

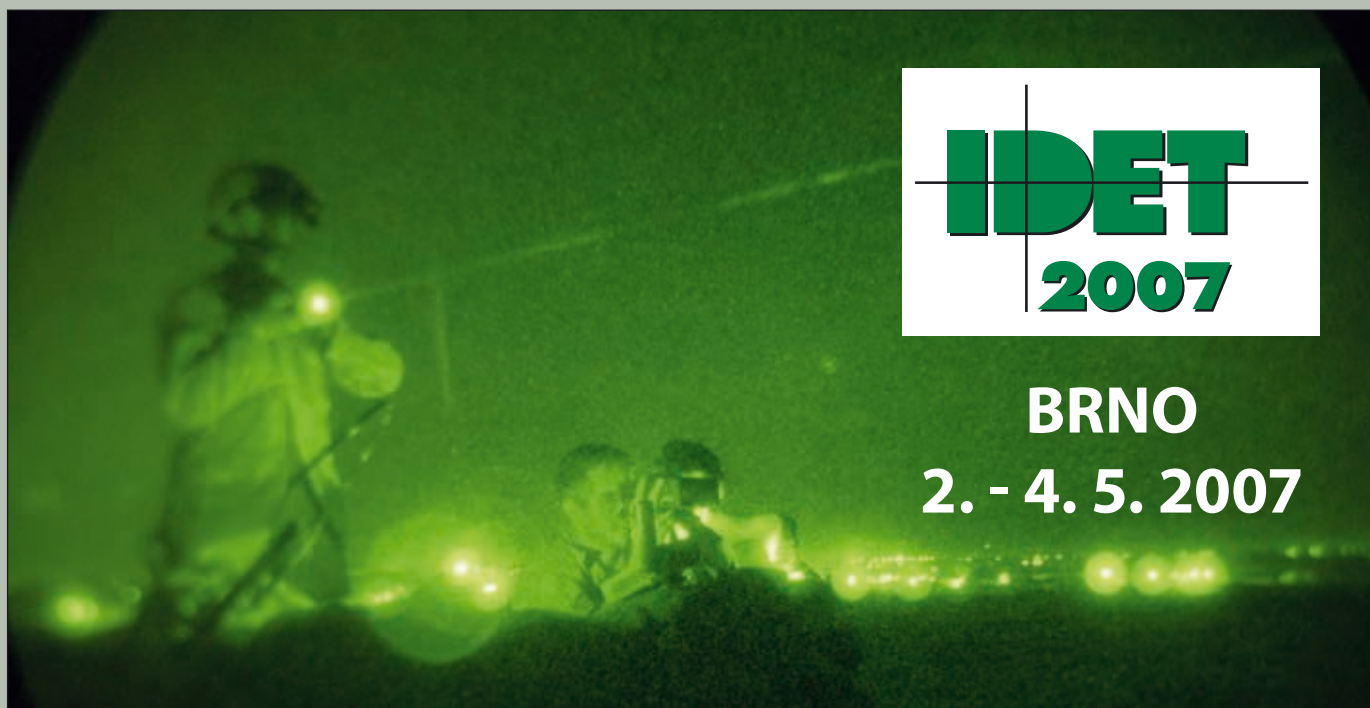
4
2007

JMO

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA FINE MECHANICS AND OPTICS



BRNO
2. - 4. 5. 2007



Komplet vojáka



kiloPAN

Komplet vojáka podporuje jeho činnosti v noci a na digitalizovaném bojišti. Základem kompletu je osobní přístroj nočního vidění, datový terminál (PDA) a rádiová stanice pro spojení ve skupině (Intercom).

Komplet velitele týmu



miliPAN

Komplet velitele týmu je oproti kompletu vojáka rozšířen o zbraňový akviziční komplet (LTWS + LRF/DMC) a ruční VKV rádiovou stanici. Tyto rozšiřující prvky jsou určeny k řízení činnosti a palby střeleckého týmu.

Komplet velitele družstva



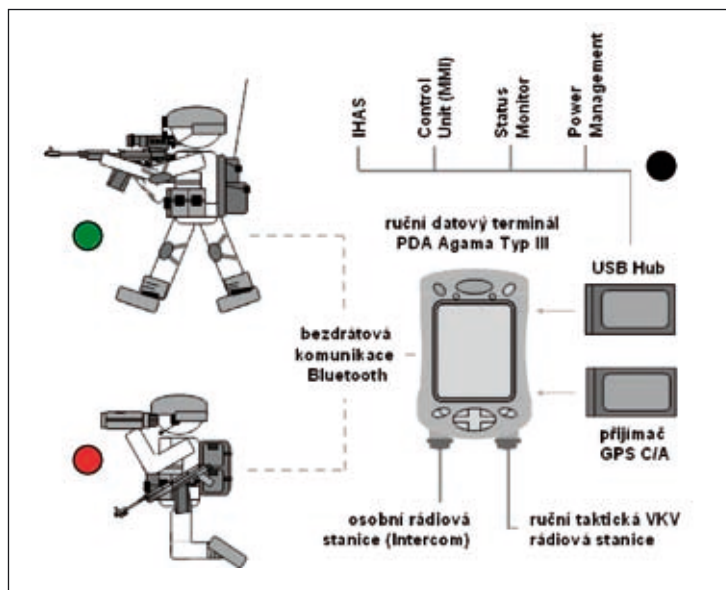
mikroPAN

Komplet velitele družstva využívá kombinace multifunkčního laserového dálkoměru (DCH, LRF, DMC) a ruční VKV rádiové stanice. S jeho pomocí lze provádět pozorování, ženíjný průzkum a řízení palby na úrovni družstvo / četa.

*Integrované komplety vojáka, týmu a družstva
pro podporu akvizice a navigace*

XPAN

Komplet vojáka, týmu a družstva



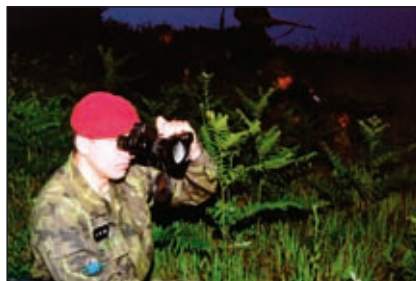
Komplety vojáka, týmu a družstva jsou určeny pro podporu situačního vědomí na úrovni malých jednotek. Pro vojáka jsou rovněž bránou do prostředí taktického Internetu a umožňují mu základní práci na digitalizovaném bojišti. Základem všech těchto kompletů je osobní datový terminál typu PDA s integrovaným přijímačem GPS, osobní rádiová stanice (Intercom) a osobní prostředek nočního vidění. Komplety velitele týmu a družstva jsou rozšířeny o akviziční systémy miliPAN a mikroPAN.



Příslušníci střeleckých týmů jsou vybaveni i nočními zaměřovači MEO 50, které využívají noktovizní technologii. Tento zaměřovač je možno použít k zaměřování různých druhů pušek, kulometů a pancéřovek. Dosah je až 500 m.



Velitelé střeleckých týmů jsou vybaveni nechlazeným termovizním zaměřovačem LTWS. Mohou tak detekovat nebezpečí a cíle dřív než vojáci s noktovizory. Ve spojení se zbraňovou akviziční jednotkou (LRF / DMC) mohou řídit palbu do 1 000 m.



Osádky vozidel mají k dispozici brýle nočního vidění KLÁRA. V případě velitelů je možno je doplnit afokální předádkou a vytvořit tak noční binokulární dalekohled. Tyto brýle jsou kompatibilní i s dálkoměry řady Vector (komplet mikroPAN).

REDAKČNÍ RADA

Předseda: RNDr. Miloslav VYCHODIL, CSc., Meopta-optika, s.r.o., Přerov

Členové: RNDr. Ing. Ján BARTL, CSc., ÚM SAV, Bratislava, doc. Dr. RNDr. Zdeněk BOUCHAL, UP, Olomouc, Ing. Igor BREZINA, Bratislava, prof. Ing. Pavol HORŇÁK, DrSc., STU, Bratislava, prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, RNDr. Vladimír CHLUP, Olomouc, RNDr. Lubomír JASTRABÍK, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Karol KAROVIČ, DrSc., ÚM SAV, Bratislava, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, RNDr. Josef KRÁSA, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, Ing. Jiří KRŠEK, VUT, Brno, doc. RNDr. Vojtěch KRÉSÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno, prof. RNDr. Bohumila LENCOVÁ, CSc., ÚPT AV ČR, Brno, doc. Ing. Martin LIBRA, CSc., ČZU, PRAHA, prof. RNDr. Miroslav LIŠKA, DrSc., VUT, Brno, RNDr. Zdeněk LOŠŤÁK, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, prof. Ing. Petr LOUDA, CSc., TU, Liberec, Ing. Vladimír MATELA, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Ing. Monika MÍČHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava, doc. RNDr. Miroslav MILER, DrSc., ÚFE AV ČR, v.v.i., Praha, prof. RNDr. Jan PEŘINA, DrSc., UP, Olomouc, prof. Ing. Jaromír PIŠTORA, CSc., VŠB - TU, Ostrava, prof. RNDr. Ing. Jaroslav POSPÍŠIL, DrSc., UP, Olomouc, Jan ŘÍDKÝ, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Dagmar SENDEŘÁKOVÁ, Ph.D., UK, Bratislava, RNDr. Petr SCHOVÁNEK, SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, prof. Ing. Karel STUDENOVSKÝ, DrSc., ČVUT, Praha, prof. RNDr. Anton ŠTRBA, CSc., UK, Bratislava

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Moores University, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Rodney J. SOUKUP, University of Nebraska-Lincoln, U. S. A.; M. C. TEICH, Boston University, U. S. A.; Emil WOLF, University of Rochester, U. S. A.

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

Vydává Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i. za spoluúčasti The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) v Nakladatelství Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, v.v.i.

Ředitel FZÚ AV ČR: Ing. Karel JUNGWIRTH, DrSc.

Odpovědný zástupce vydavatele: Jan ŘÍDKÝ, CSc.

Šéfredaktor: dipl. tech. Jaroslav NEVŘALA

Adresa redakce v Olomouci (předplatné, nakladatelské služby):

SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc,
tel.: 585 631 576, fax: 585 631 531, e-mail: pelclova@optnw.upol.cz

Adresa redakce v Přerově (šéfredaktor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov,
tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

Otisk povolen se svolením redakce a se zachováním autorských práv. Nevyžádané materiály se nevrací. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Předplatné: Celoroční 420,- Kč/rok. Ceny jsou jednotné pro Českou i Slovenskou republiku. Do všech ostatních zemí je časopis JMO distribuován za jednotnou cenu 10 EUR/ks. Pro členy SPIE/CS činí předplatné 120,- Kč/rok. Předplatné pro studenty Bc., Mgr., Ph.D. a studenty středních škol při osobním odběru činí 120 Kč/rok; v případě zaslání poštou 300,- Kč/rok.

Rozšiřuje vydavatel a Podniková prodejna Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov.

V Slovenské republice je kontaktní místo: prof. RNDr. Anton Štrba, CSc., katedra experimentální fyziky FMFI UK, Mlynská dolina F2/148, SK - 842 48 Bratislava, tel.: 00421 2 65 426 706, e-mail: Strba@fmph.uniba.sk

V Slovenské republice rozšiřuje a objednávky přijímá:

prof. Ing. Ivo Čáp, CSc., Žilinská univerzita - FPV, Hurbanova 15, SK - 010 26 Žilina, tel.: +421 415 136 350, e-mail: ivo.cap@fpv.utc.sk

Tiskne TYPOservis Holešov, Masarykova 650, 769 01 Holešov, tel.: 573 398 746, e-mail: dtp@typoservis.cz

Inzerce: redakce, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

Odborné články jsou lektorovány.

© JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA 2007

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS
ROČNÍK 52 4/2007

OBSAH

Předsunutí pozorovatelé a návodčí u sesednutých jednotek a jejich vybavení (V. Chlup)	95
Mobilní pracoviště předsunutých leteckých návodčích MP TACP (J. Hornýš, T. Perner, V. Chlup)	107
Odhalení, rozpoznání, identifikace (V. Chlup)	118
SPIE/CS – společnost optiků informuje	124
Detektory infračerveného záření používané v optoelektronických přístrojích sesednutých jednotek armád NATO (F. Chlup)	125
Vidět a nebyť viděn v noci – přístroje nočního vidění řidiče se značkou Meopta	132
IDET 2007 - největší zbrojní veletrh v Evropě	133
Přístroj řidiče CDND-1 (L. Haubelt, V. Kohout).....	134
Z technické knihovny (I. Brezina, J. Novák)	135

Obsah časopisu Jemná mechanika a optika je uveden na internetu: <http://jmo.fzu.cz>

Informace o předplatném podá, objednávky přijímá, objednávky do zahraničí vyřizuje: SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 223 936, fax: 585 631 531.

Cena čísla 40 Kč včetně DPH

ADVISORY BOARD

Chairman: Miloslav VYCHODIL - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.)

Members: Ján BARTL - Inst. of Measurement Science Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slovak Rep.), Zdeněk BOUCHAL - Palacky Univ. (Czech Rep.), Igor BREZINA - Bratislava (Slovak Rep.), Bohumila LENCOVÁ - Inst. of Scientific Instruments of Czech Academy of Science, Brno (Czech Rep.), Pavol HORŇÁK - Slovak Tech. Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav HRABOVSKÝ - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Vladimír CHLUP - Olomouc (Czech Rep.), Lubomír JASTRABÍK - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Pavel KLENOVSKÝ - Czech Metrology Inst., Brno (Czech Rep.), Josef KRÁSA - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Jiří KRŠEK - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Vojtěch KRÉSÁLEK - Tomas Bata Univ. in Zlín (Czech Rep.), Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s.r.o., Brno (Czech Rep.), Martin LIBRA - Czech Univ. of Agric. Praha (Czech Rep.), Miroslav LIŠKA - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Zdeněk LOŠŤÁK - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Petr LOUDA - Tech. Univ., Liberec (Czech Rep.), Vladimír MATELA - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Ing. Monika MÍČHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav MILER - Inst. of Photonics and Electronics of Academy of Sciences, v.v.i., Praha (Czech Rep.) Jan PEŘINA - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jaromír PIŠTORA - Tech. Univ., Ostrava (Czech Rep.), Jaroslav POSPÍŠIL - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jan ŘÍDKÝ - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Dagmar SENDERÁKOVÁ - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Petr SCHOVÁNEK - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Karel STUDENOVSKÝ - Czech Tech. Univ., Praha (Czech Rep.), Anton ŠTRBA - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.),

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Moores University, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Rodney J. SOUKUP, University of Nebraska-Lincoln, U. S. A.; M. C. TEICH, Boston University, U. S. A.; Emil WOLF, University of Rochester, U. S. A.

FINE MECHANICS AND OPTICS

Published by Institute of Physics Academy of Sciences of the Czech Republic under participation of The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) in the Publishing House of the Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

Director of Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic: Karel JUNGWIRTH

Editor: Jan ŘÍDKÝ

Managing Editor: Jaroslav NEVŘALA

Address of the Editor's office in Olomouc (subscription, publisher services): SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, Czech Republic, phone: ++420 585 631 576, fax: ++420 585 631 531, e-mail: pelclova@optnw.upol.cz

Address of the Editor's office in Přerov (Managing Editor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, Czech Republic.

Reproduction only with permission of the Editor and under observing the copyright. Unasked manuscripts are not sent back. The authors are responsible for originality and correctness of their contributions.

Subscription fee: Annual fee is 420,- CZK. This price of subscription is the same for both Czech and Slovak Republics. Fine Mechanics and Optics journal is distributed into other countries for uniform price 10 EUR/Pcs. For members of SPIE/CS the annual subscription fee is 120,- CZK. For Bc., Mgr., Ph.D. and secondary school students the subscription fee is 120,- CZK per year, annual subscription including postage is 300,- CZK.

Distribution: by the Publisher, Company Sales shop of Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, Czech Republic.

Contact place for the Slovak Republic: Anton Štrba, Department of Experimental Physics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Mlynská dolina F2/148, SK - 842 15 Bratislava, phone: 00421 2 65 426 706, e-mail: strba@fmph.uniba.sk

Printing: TYPOServis Holešov, Masarykova 650, CZ-769 01 Holešov, phone: 573 398 746 (from abroad: ++420 573 398 746). e-mail: dtp@typoservis.cz

Advertising: editor's office, Kabelíkova 1, CZ-750 02 Přerov, fax: 581 242 222. Papers are reviewed.

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2007

FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL
VOLUME 52 4/2007

CONTENTS

- Forward Observers and Forward air Controllers in the dismantled units and their equipment** (V. Chlup) 95
- Mobile workplace of the Forward Air Controllers MP TACP** (J. Hornyš, T. Perner, V. Chlup) 107
- Detection, diagnosis, identification** (V. Chlup) 118
- SPIE/CS – optical society informs** 124
- Infrared radiation detectors in optoelectronic systems of unmounted units of NATO Armies** (F. Chlup) 125
- To observe and to be invisible at night - night vision instruments for drivers from Meopta** 132
- IDET 2007- the largest military trade fair in Europe** 133
- Driver's instrument CDND-1** (L. Haubelt, V. Kohout) 134
- From technical library** (I. Brezina, J. Novák) 135

You can also find the contents of the Journal on Internet:
<http://jmo.fzu.cz>

Information on subscription rate and on ordering gives the SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 223 936, fax: 585 631 531.

Price for single copy: 40 Kč incl. VAT

Předsunutí pozorovatelé a návodčí u sesednutých jednotek a jejich vybavení

Idea nasazení předsunutých pozorovatelů (FO – Forward Observer) a předsunutých leteckých návodčích (FAC – Forward Air Controller) je v dějinách vojenství poměrně novým prvkem. První pozorovatelé a návodčí se přímo v sestavách malých jednotek (rota / četa) objevili přibližně před padesáti lety. I když mezi činnostmi pozorovatele a návodčích existuje jistý rozdíl, tak v praxi často dochází k prolínání jejich funkcí. Primárním úkolem pozorovatele je vyhledávat na bojišti cíle, zjišťovat jejich polohu a následně na jejich eliminaci žádat příslušnou palebnou podporu. Návodčí má naopak daný cíl nejen zajistit, ale i označit tak, aby na něj mohla být tato palebná podpora často autonomně navedena. Pozorovatelé se tedy používají především pro řízení palby dělostřelectva, návodčí zase pro přímou palebnou podporu letectva. Nyní jsou však obě funkce často spojovány a jsou vytvářeny kombinované týmy pozorovatelů a návodčích. Nové optoelektronické prostředky navíc umožňují zautomatizovat akvizici cíle tak, aby se stal součástí pomyslného digitalizovaného bojiště, což umožňuje podstatně zkrátit všechny reakční časy.

Spolupráci pozemních jednotek s bojovým letectvem lze datovat již do 1. světové války, ale takováto spolupráce v reálném čase je podstatně mladšího data. Na první pohled nemusí být mezi leteckou podporou a přímou leteckou podporou znatelný rozdíl, ale praxe je podstatně jiná. Letecká podpora počítá s tím, že letectvo bude působit ve prospěch pozemních jednotek dle předem stanoveného plánu s tím, že důraz je položen na sladění činností obou částí armády v čase. To umožňuje velení naplánovat akce, kontrolovat jejich průběh, případně změnit jejich cíle. Možnost ovlivnění této činnosti ze strany pěšáků či malých jednotek je minimální – vše řídí vyšší štáby vojsk. Naopak přímá letecká podpora je určena pro podporu malých jednotek dle jejich potřeby a na jejich vyžádání. To znamená, že existuje přímý kontakt mezi letounem a pozemními jednotkami v boji. Záleží tedy jen a jen na pěšácích, kdy si „své“ letadlo zavolají a použijí. Z toho vyplývá, že přímá letecká podpora CAS (Close Air Support) je odvislá od příslušného výcviku vzdušných a pozemních sil, a také závisí na odpovídajícím materiálním vybavení.

Po celé 20. století, tedy již od vynálezu letadla, se české ozbrojené síly zabývaly jen leteckou podporou. Československá armáda neměla technické možnosti rozvinout přímou leteckou podporu a Československá lidová armáda (ČSLA) o tom ani neuvažovala. Představa generality ČSLA, že na úrovni roty či dokonce čety bude někdo zasahovat do dispozice letectva byla nepředstavitelná. Vojáci u bojových jednotek byli chápáni jako masa, jež se musí bezvýhradně podřídit rozkazům a jejichž osobní iniciativa je možná jen s ohledem na dosažení stanovených cílů. I to způsobilo, že CAS je dnes na začátku 21. století v Armádě České republiky (AČR) zcela novým prvkem, částečně stále nepochopeným. Původní členské státy NATO však tuto formu bojové činnosti s úspěchem používají více jak 50 let. Rozdíl mezi leteckou podporou a přímou leteckou podporou (CAS) odpovídá i rozdílnému pojetí vojáka – jednotlivce v kultuře Západní Evropy vůči pojetí vojáka – „mužika“ v bývalém Sovětském Svazu a státech Varšavské smlouvy. Pro AČR je nejvyšší čas vrátit se ke kořenům a problematiku CAS dále rozvinout.

1. VZNIK A ÚLOHA PŘEDSUNUTÝCH POZOROVATELŮ

Letectvo není jedinou složkou armády, která používá pozorovatele pro řízení palby. Již na počátku 19. století začali být pozorovatelé používáni pro koordinaci činnosti dělostřelectva. Tato skutečnost byla ovlivněna několika faktory, mezi něž patří větší

rozšíření pozorovacích dalekohledů, zvýšení dostřelu a přesnosti dělostřelectva a také vynálezy, které přinesly nové podněty. Jedním z nich byl balón, díky kterému se člověk poprvé podíval do oblak. Zakrátko již francouzská armáda císaře Napoleona uvažovala nejen o použití balónů pro pozorování bojiště, ale i jejich využití jako vzdušného přepravního prostředku pro invazi do Francie. S koncem napoleonských válek se svět vrátil ke konzervativnějším metodám vedení bojové činnosti. Průmyslový pokrok však pokračoval a zdánlivě zapomenuté myšlenky byly dále rozvíjeny. Pokud tedy v napoleonských válkách dostřelila houfnice účinně na 1 500 m, tak v bitvě u Hradce Králové v roce 1866 měla již účinný dostřel 3 000 m. Definitivně odešel tento starý svět s již zmíněnou 1. světovou válkou – tehdy již dostřelily 155 mm houfnice na dálku 10 000 m známá „tlustá berta“ (houfnice ráže 230 mm) dokonce na 15 km a vše začalo být jinak.

První světová válka sebou přinesla i pozorovatele pro řízení palby, kteří byli od té doby organicky začleněni do struktur armád. Strnulost západní fronty umožnila oprášit i myšlenku pozorovatelů v upoutaných balónech. Každý armádní sbor USA tak podporovalo pět takovýchto balónů a také 72 dvoumístných pozorovacích letadel. První „předsunutí“ pozorovatelé byli součástí leteckých jednotek. Tým předsunutý pozorovatel / návodčí – malé vrtulové letadlo byl používán až do války ve Vietnamu (1965 – 1973). Přímou u dělostřelectva se první pozorovatelé objevili společně s minomety velkých ráží. Např. každá americká pěší divize měla v roce 1918 tabulkově celkem 28 059 vojáků, které v jejím rámci podporovalo 48 kanónů ráže 75 mm, 24 houfnic ráže 155 mm a 36 těžkých minometů ráže 155 mm. A právě pouze u těchto tří těžkých minometných baterií bylo zařazeno po třech speciálně zřízených pozorovacích týmech o pěti osobách, které tvořili 2 předsunutí pozorovatelé, 2 telefonisté a 1 příslušník nově vytvářeného vojenského zpravodajství. Celkem tak měla celá divize k dispozici devět týmů předsunutých pozorovatelů se 40-ti osobami. Armádní sbor USA, disponující v roce 1918 standardně šesti divizemi, měl celkem 54 týmů předsunutých pozorovatelů dělostřelectva s 270-ti osobami a výše uvedené letecké pozorovací jednotky (72 letadel a 5 balónů). Tito pozorovatelé měli zabezpečit palebnou podporu pro 87 300 pěšáků připravených v rámci armádního sboru pro přímé bojové operace.

Pro další vývoj problematiky předsunutých pozorovatelů byly důležité především dvě skutečnosti, a to že část jich byla vázána na letectvo a část na dělostřelectvo - zejména pak na minometry.

Minomety byly na začátku 20. století poměrně novou zbraní. Mimo těžké minomety, které se vyvinuly z moždřů, byly do výzbroje zaváděny i lehké přenosné typy s ráží okolo 80 mm. Ty byly k dispozici přímo v pěších brigádách, a to pro přímou podporu pěchoty. Každá americká brigáda měla v 1. světové válce ve stavu celkem 12 těchto 81 mm minometů, celý sbor tedy 144 ks, což je počet jež se blíží celkem 131 skupinám předsunutých pozorovatelů, které měl sbor k dispozici. Podobnost těchto počtů není v tomto období významná, ale jak uvidíme dále, tak má svoji logiku. Hlavním pozorovacím prostředkem byl tehdy ve všech případech optický dalekohled, a to v monokulárním i binokulárním provedení.

Předsunutí pozorovatelé sice zůstávají ve stínu dalších technologických vymožeností, které se tehdy objevily, ale pro další vývoj byli stejně důležití jako kulomety, letadla a tanky. I když se po této válce cesty pozorovatelů u letectva a dělostřelectva začaly rozcházet, tak nadále zůstaly významným faktorem obou těchto částí armád.

2. PŘEDSUNUTÍ POZOROVATELÉ V OPEVNĚNÍ – HIERARCHIZACE POZOROVATELŮ

První světová válka byla pro Západní Evropu šokem s dalekosáhlými politickými, ekonomickými a vojenskými dopady. Konec monarchií, nástup masové průmyslové výroby a otázka co dál – tu si pokládali nejen vojenští teoretici a strategové. Se starým způsobem pěšho boje již nebylo možno počítat a co s kulomety, tanky a letadly? První odpověď byla nalezena v ideji rychle manévrující armády, druhá ve výstavbě sofistikovaných pevnostních systémů. Žádný stát nedal přednost první nebo druhé variantě jak se s oblibou uvádí, ale ve všech případech to byla kombinace obou. Francouzi začali v meziválečném období se stavbou Maginotovy linie, ale paralelně ji doplňovali rozsáhlými investicemi do tankových jednotek a letectva. Němci, hnaní touhou odčinit „nespravedlivou porážku“ roku 1918, dali přednost vysoce mobilním jednotkám, ale nezapomínali ani na stálé opevnění.

Nově vzniklá Československá republika byla nucena chránit své výdobytky a postavení. Expandovala pouze na hospodářské úrovni, ve vojenství se zaměřovala na obranu svého území. Již při prvních náznacích ohrožení ze strany hitlerovského Německa začala uvažovat a nakonec i realizovat souvislý pás stálého opevnění na hranici s Německem a později částečně i na jižní hranici s Rakouskem. A právě rozvoj pevnostního stavitelství sebou přinesl zcela nový pohled na předsunuté pozorovatele.

Hlavní součástí československého meziválečného opevnění nebyly četné lehké objekty nebo pěchotní sruby, ale nákladné a na svoji dobu mimořádně odolné dělostřelecké tvrze. Právě ony měly zabezpečit, že opevnění splní svůj úkol – na nezbytně dlouhou dobu zadržít a zastaví možný německý vpád. Tato nezbytně dlouhá doba (až 60 dnů) měla umožnit nejen aktivaci týlu, ale především účinné vojenské operace našich tehdejších Spojenců, zejména pak Francie. Tyto operace měly vést k oslabení Německa (nutnost boje na dvou frontách) a k jeho následné porážce. Tehdejší českoslovenští politici si byli vědomi, že samotná ČSR se Němcům nikdy neubrání, a proto požadovali takovou obrannou strategii, která by je účinně zastavila, a to až do odvetných úderů spojeneckých armád. Tehdejší německý Wehrmacht však nemohli zastavit jen kulomety v řopících ani 47 mm tankové kanóny ve srubech, ale hlavní tíha byla na výkonných houfnicích ráže 10,5 cm tvrzového dělostřelectva. Na severní hranici s Německem bylo celkem navrženo 15 dělostřeleckých tvrzí, které se měly vzájemně palebně překrývat. Mezi těmito tvrzemi pak byla postavena hlavní obranná linie pěchotních srubů a za nimi jedna až tři záchytné linie lehkých objektů vz. 37, tzv. „řopíků“. V předpolí této linie se ojediněle nacházely starší typy lehkých objektů vz. 36, které spíše připomínaly železobetonová kulometná hnízda. Velmi důležitou součástí opevnění byla i komunikační síť a v něm integrovaná postavení předsunutých pozorovatelů.

Pozorovatelé v meziválečných opevněních sebou přinesli i vzájemnou hierarchizaci. V československém opevnění byly k dispozici tři kategorie dělostřeleckých pozorovatelů a jedna skupina předsunutých pozorovatelů. Nejvyšší důležitost měli ti, kteří

organizačně spadali přímo do osádek dělostřeleckých tvrzí. Ti byli přítomni nejen na samostatných dělostřeleckých pozorovatelkách, ale i ve vybraných tvrzových srubech. Nepřímo do této kategorie spadali i dělostřelečtí pozorovatelé ze samostatných pěchotních srubů, kteří však používali stejné vybavení jako pozorovatelé v tvrzích (periskopy v pozorovacích zvonech). Druhou skupinu tvořili dělostřelečtí pozorovatelé v samostatných pěchotních srubech, kteří však neměli vlastní pozorovací stanoviště, ale využívali lehkých pěchotních zvonů srubu k pozorování (primárně tyto zvony sloužily pro ochranu okolí objektu). Třetí skupinou byli dělostřelečtí pozorovatelé na polních pozorovatelkách, které ležely mimo opevnění. Všechny typy stanovišť dělostřeleckých pozorovatelů měly být vzájemně propojeny kabeláží pro polní telefony a tato síť byla napojena na velitelská stanoviště v tvrzích i týlu. Čtvrtá skupina pozorovatelů již neřídila palbu tvrzového dělostřelectva, ale jen palbu příslušného pěchotního srubu, který byl modelově vyzbrojen dvěma tankovými kanóny vz. 36 ráže 4 cm, šesti těžkými kulomety vz. 37 ráže 7,92, šesti lehkými kulomety vz. 26 a v některých případech i 9 cm minomet vz. 38 nebo otočná kulometná věž s dvojicí těžkých kulometů ráže 7,93 mm. Každý pěchotní srub tak představoval přibližně jednotku v síle dnešní čtyř.

Pro jednotlivé kategorie dělostřeleckých pozorovatelů a pozorovatelů v československém opevnění byly vyvinuty speciální pevnostní pozorovací / zaměřovací optické přístroje. Jednalo se o:

- dělostřelecký periskop 10x/6x vz. 38, určený pro pozorovací zvony dělostřeleckých pozorovatelů, vybraných tvrzových a pěchotních srubů. Tento periskop umožňoval měřit nejen vzdálenosti, ale i horizontální úhly (směr). Primárně byl určen pro řízení palby 10,5 cm houfnic.
- dalekohled 4x periskopický vz. 38 pro pancéřové zvony AJ/N, AJ/D, určený pro vybrané pěchotní zvony vyzbrojené kulometem. Umožňoval měřit vzdálenosti i horizontální úhly. Byl určen pro řízení palby několika pěchotních srubů (většinou tří), ale i jako podpůrný zaměřovací systém tvrzových houfnic.
- polní dělostřelecké pozorovatelny byly vybaveny různými typy optických dalekohledů, zejména pak dalekohledem úplným, úhlovým, 15x vz. 31/33, který umožňoval měřit vzdálenosti a horizontální i vertikální úhly a různými typy polních kukátek – např. standardně zavedeným typem 6x30 vz. 9/13 nebo typy 8x30 či 8x40.
- pozorovací dalekohled 1,1x pro pancéřovou kopuli JA/M, JA/D, určený pro pěchotní zvony a kopule. Byl určen především pro řízení palby jednotlivých pěchotních srubů, tedy ne pro dělostřelecké pozorovatele, ale jen pro pozorovatele ve srubu.

I když tři typy přístrojů byly vázány na užití ve statickém opevnění, tak jejich rozvoj a použití dokazovaly sílící úlohu dělostřeleckých pozorovatelů. Pro současný optický průmysl v ČR je zajímavé, že všechny tyto přístroje vyráběla nebo měla vyrábět přerovská firma Optikotechna, přímý předchůdce dnešní společnosti Meopta – optika v Přerově.

Speciální konstrukce optických přístrojů pro jednotlivé úrovně pozorovatelů umožnily lepší využití zbraní a zjednodušily řízení palby. Nejvýkonnější systém (10x/6x vz. 38) odpovídal úrovni prapor / tvrz, další systém (4x vz. 38) úrovni rota / 3 pěchotní sruby, následoval systém (1,1x JA/M, JA/D) pro stupeň četa / pěchotní srub a nakonec systémy (polní kukátka) pro jednotlivá družstva / vojáky mimo opevnění. Pokud by byly srovnatelné přístroje použity mimo opevnění, tak by byly použity na úrovních brigáda, prapor a rota, tedy min. o stupeň výše – to byl hlavní multiplikační efekt československého opevnění. Pěchotní srub obsazený jednotkou v síle čtyř odpovídal minimálně schopnostem sesednuté roty. Na obranu dlouhé československé hranice tak bylo třeba méně osob. Podobný systém, závislý na multiplikačních včetně různých úrovní pozorovatelů a návodcích, začínáme nyní používat u sesednutých jednotek. Naše perspektivní rota bude mít sílu a schopnosti současného praporu. Československé opevnění, ač statické a nedokončené, tedy můžeme považovat za důkaz významu kombinace prostředků palební podpory (houfnice v tvrzích) s předsunutými pozorovateli (dělostřelečtí pozorovatelé ve srubech).

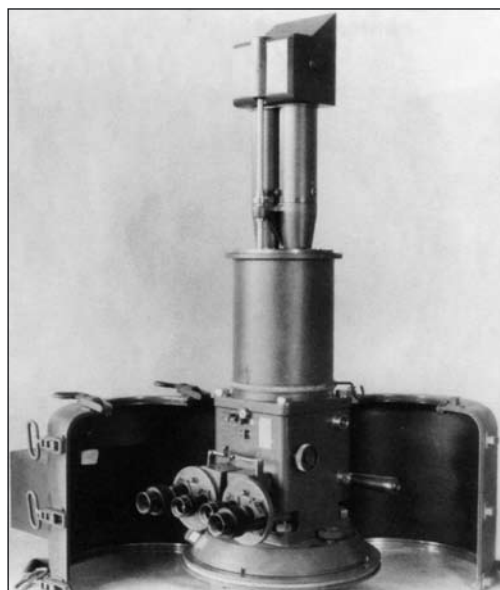
Celkem mělo být v meziválečném Československu postaveno 15 dělostřeleckých tvrzí, 1 276 pěchotních srubů a 15 463 lehkých objektů. Podařilo se však plně či částečně postavit jen 5 tvrzí, 262 srubů a asi 10 000 lehkých objektů. Pro názornost je možno uvést, že ve prospěch dostavěné tvrze Hanička v Orlických horách působilo celkem 28 pozorovatelů. Pět z nich mělo být vybaveno periskopem 10x/6x vz. 38, sedm periskopem 4x vz. 38 a zbývajících šestnáct přenosným typem 15x vz. 31/33 nebo polními kukátkami. Dnes je tento počet pozorovatelů k dispozici na úrovni brigády, což odpovídá tehdejšímu konceptu statického hraničářského praporu v opevnění, který svojí silou odpovídal brigádě. Tento koncept začíná být prosazován i nyní, ale v mobilním / sesednutém pojetí.

3. PRVNÍ PŘEDSUNUTÍ POZOROVATELŮ U SESEDNUTÝCH JEDNOTEK

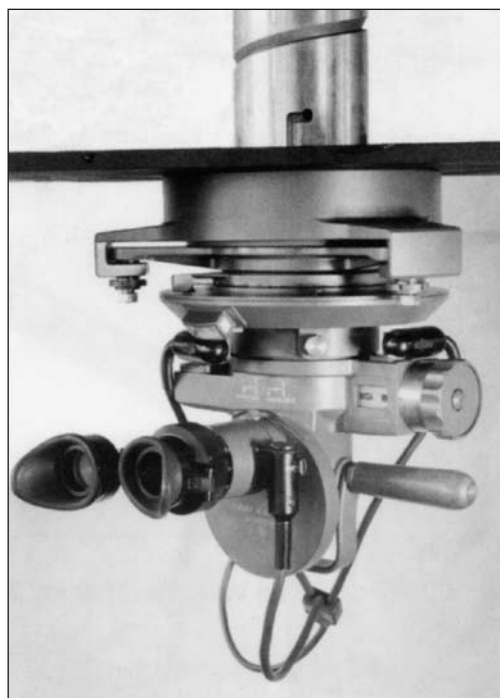
Výše uvedený exkurz byl věnován aplikaci pozorovatelů u letectva a v opevnění – statické obraně bez potřebné dynamiky. Nicméně ve 2. světové válce byl při bojových operacích položen důraz zejména na vysoké operační tempo. Mobilita jednotek vzrůstala a schopnost pružně reagovat na situaci se na bojišti stávala klíčovou. Z organizačního hlediska začaly nabývat na významu malé jednotky, a to zejména roty a čety. Byly zavedeny nové typy zbraní – samonabíjecí a automatické pušky, ruční protitankové zbraně, těžké a velkorážné kulometry a také minomety, které se postupně stávaly podpůrnými zbraněmi čet. Každá střelecká rota US Army měla v roce 1944 tři minometná družstva s přenosným minometem M2 ráže 60 mm s účinným dostřelem 1 800 m. Každé z těchto mužstev mělo pět osob a jeho velitel působil i jako sesednutý předsunutý pozorovatel schopný řídit palebnou podporu ve prospěch čety, ke které bylo toto družstvo dle potřeby přiřazeno.

Velitel minometného družstva střelecké roty mohl řídit palbu nejen pomocí binokulárního dalekohledu s dálkoměrnou destičkou, ale minomet využíval i k osvětlení bojiště ve prospěch těžkých zbraní roty (protitankové zbraně a kulometry) nebo dýmovými granáty označoval cíle, na které měla být soustředěna palebná podpora tanků, dělostřelectva a letectva. Samotný minomet tak sloužil nejen k palebné podpoře roty nebo jejích čet, ale i k řízení palebné podpory. Podobně působila na úrovni pěšího praporu i minometná četa se šesti 81 mm minomety M1, které měly účinný dostřel až 3 000 m.

Na tomto místě si vzpomeňme na poznámku, že existuje důležitá souvztažnost mezi počtem minometů a počtem předsunutých pozorovatelů. A právě ve 2. světové válce bylo toto pravidlo naplněno, neboť každý přenosný minomet měl svého velitele, který mohl fungovat i jako předsunutý pozorovatel ve prospěch jednotky, ke které byl tento minomet přiřazen. Primárním úkolem tohoto vojáka však bylo velet minometnému družstvu, funkci pozorovatele zastával poněkud „dobrovolně“. Pěší prapor US Army tak disponoval šesti „pozorovateli“ pro stupeň prapor / rota a šesti pro stupeň rota / četa. Celkem tak můžeme u sesednutého praporu mluvit o 12-ti vojácích, kteří mohli plnit funkci předsunutých pozorovatelů. Další „pozorovatelé“ se začali rýsovat i na úrovni družstev, kde byli dva vojáci vyčleněni pro průzkumné účely. Tento dvoučlenný tým mohl být přeměněn na tým pozorovatel – odstřelovač. Odstřelovač většinou vyměnil standardně používanou samonabíjecí pušku M1 za přesnější opakovací pušku 1903A4, která vznikla úpravou zbraně, jež používala americká pěchota za 1. světové války. Pozorovatel býval nejčastěji vyzbrojen puškou M1 nebo karabinou M1. Ta mohla být v případě potřeby vybavena i nočním zaměřovačem Sniperskope, což byl jeden z prvních přenosných systémů nočního vidění. Aktivní infračervený zaměřovač Sniperskope se skládal z infračerveného reflektoru, zaměřovače se zesilovačem jasu a zdroje. Světlomet i zaměřovač byly namontovány na zbraní, zdroj nesl voják na opasku. I když nebyl systém zvláště výkonný (dosah byl do 100 m), tak znamenal nemalý přínos především při boji s Japonci v tmavé džungli. První kusy tohoto zaměřovače byly nasazeny již v roce 1945 a celkem jich bylo dodáno asi 300 ks.



Obr. 1 Dělostřelecký periskop 10x/6x vz. 38 pro pozorovací zvony ZD



Obr. 2 Dalekohled 4x periskopický vz. 38 pro pancéřové zvony AJ/N, AJ/D



Obr. 3 Pozorovací dalekohled 1,1x pro pancéřovou kopuli JA/M, JA/D

Zajímavá je i skutečnost, že koncepci tohoto infravizoru převzala i sovětská armáda a státy Varšavské smlouvy, které ve 20. století používaly vylepšené typy od konce padesátých let do začátku let devadesátých (jednalo se např. o identicky konstruovaný přístroj NSP-2, kterým měl být dle tabulek vybaven od šedesátých let 20. století každý velitel družstva).

Možnosti malých jednotek podpořila i další novinka na bojišti – bezdrátová rádiová komunikace. Na konci války se u Spojenců staly standardem i první přenosné rádiové stanice. Na úrovni čety byl u Američanů k dispozici ruční typ SCR 536 zvaný „Handie-Talkie“, velení roty zase disponovalo přenosnou stanicí SCR 300. I když se z dnešního pohledu jednalo o málo výkonné radiostanice, tak tenkrát významně přispěly ke koordinaci činnosti malých jednotek.

Za skutečné předsunuté pozorovatele můžeme u US Army ve 2. světové válce považovat především kapacity, které byly u mechanizovaných jednotek a dělostřelectva. Ti, však nebyli určeni pro sesednuté nasazení. Každý mechanizovaný prapor disponoval dvěma tanky pro řízení palby, které byly k dispozici na rotě velení. Od běžných strojů se odlišovaly jen výkonnějšími radiostanicemi. U každého dělostřeleckého praporu byla zase k dispozici dvě lehká letadla (typicky Piper L-4), jejichž úkolem bylo provádět řízení palby, a to zejména pomocí značení cílů dýmovými pumami. Podobně byla organizována i německá armáda - Wehrmacht. Nicméně ve všech případech šlo o mechanizované jednotky a pozorovatelé nebyli přímou součástí sesednutých skupin. Od té doby tak lze sledovat dva základní trendy – na jedné straně snahu umožnit vznik předsunutých pozorovatelů a návodčích u malých sesednutých jednotek, a na straně druhé začlenit do těžkých a dělostřeleckých jednotek sofistikované systémy řízení palby. I když 2. světová válka nevedla k vytvoření speciální funkce předsunutých pozorovatelů u sesednutých jednotek, tak jednoznačně umožnila vykročení tímto směrem. Pomohly tomu zejména minometná družstva, odstřelovači a nové technologie – rádiové komunikace a systémy nočního vidění.

4. VÁLKA V KOREJI – ÚKOLOVÁ USKUPENÍ A PRVNÍ TACP

Válka v Koreji (1950 – 1953) byla prvním větším střetnutím studené války, ve kterém se proti sobě postavili nedávní Spojenci – SSSR a USA. Zatímco americká angažovanost byla na korejském bojišti přímá (pod hlavičkou vojsk OSN), tak Sověti bojovali v rámci korejských a čínských jednotek, především jako specialisté a poradci. Z hlediska bojových operací se jednalo o další rozpracování taktiky známé z 2. světové války, ale objevily se zde i nové prvky, z nichž nemálo se týkalo problematiky nejen předsunutých pozorovatelů, ale nově i předsunutých návodčích. Právě zde byl totiž poprvé v praxi ověřen koncept přímé palebné podpory letectva CAS (Close Air Support), jež byl teoreticky přijat v roce 1946 v polním manuálu FM 31-35 Aviation in Support of Ground Forces. U pozemních jednotek se tak od roku 1950 objevily první skupiny TACP (Tactical Air Control Party), které pomocí map, busoly a radiostanic naváděly na cíle letadla podporující pěchotu.

Zatímco pozemní jednotky začaly přímo spolupracovat s letectvem, tak dělostřelectvo se začalo bojovým jednotkám poněkud vzdalovat. Ne, že by nepůsobil v jejich prospěch (to bylo nadále jeho hlavním úkolem), ale technický pokrok umožnil dělostřelectvu řídit svoji palbu s větší samostatností. U sborového dělostřelectva byl vytvořen speciální prapor dělostřeleckých pozorovatelů, který byl vybaven další novinkou – mobilním dělostřeleckým radiolokátorem. Jedním z prvních byl typ SCR784, který umožňoval vypočítat z dráhy nepřátelské střely postavení dělostřelectva protivníka na vzdálenost až 28 km. Pro předsunuté pozorovatele dělostřeleckých oddílů (praporů) zůstala k dispozici vždy dvě lehká vrtulová letadla. Nově však byly pro tento účel zkoušeny i první vrtulníky – lehké Bell H-13 Sioux, ale letadlům byla i nadále dána přednost.

Největším přínosem války v Koreji tak byla snaha o vytvoření přímé součinnosti mezi pozemními jednotkami a letectvem. Přispěly k tomu i tzv. „task forces“ budované v té době nejčastěji v podobě Regimental Combat Team (RCT). Každé takovéto úko-

lové uskupení zahrnovalo mechanizovaný pluk (tři mechanizované prapory, tanková rota, těžká minometná rota, zdravotnická rota) dělostřelecký oddíl, prapor protiletadlové obrany, ženijní bojovou rotu a další části potřebné pro splnění úkolu. Mezi nimi se objevily i první skupiny TACP, tehdy jen s jednoduchým pozorovacím vybavením, ale již s rádiovou komunikací.

5. VIETNAM – PŘEDSUNUTÍ POZOROVATELŮ U MALÝCH JEDNOTEK

Americká angažovanost při obraně Jižního Vietnamu (1965 – 1973) přinesla definitivní změnu v historii předsunutých pozorovatelů, neboť od té doby je tato funkce nedílnou součástí sesednuté pěší roty a čety. Na úrovni roty měl na starosti koordinaci palebné podpory přímo zástupce velitele (důstojník FSC – Fire Support Coordinator). U jednotlivých čet byli k dispozici předsunutí pozorovatelé, a to v rámci pětičlenné skupiny velení sesednuté čety. Funkce předsunutého pozorovatele (FO) je od té doby tabulkovou součástí čety. Funkce FSC a FO zastávali od té doby vojáci, kteří nepatřili ani dělostřelectvu ani letectvu, ale byli to patřičně vycvičení pěšáci. Tento přístup byl dále rozpracováván a ověřován v mnoha bojových střetech v různých terénních profilech. Jelikož se osvědčil, tak vedl až k dnešní struktuře předsunutých pozorovatelů a návodčích u pozemních sil (US Army, USMC).

Dále byly používány i první skupiny leteckých návodčích (TACP – Tactical Air Control Party). Mimo pozorovatele na zemi byly k dispozici, tak jako v předchozích konfliktech, zejména létající předsunutí letečtí návodčí (FAC-A). Ty používaly jak vojskové letectvo, tak vojenské letectvo (USAF). Základní rozdíl byl v použitých letadlech. Návodčí vojskového letectva používali nejčastěji lehké vrtulníky, ať již malé OH-6A Cayuse LOH (Light Observation Helicopter) nebo lehké bitevní AH-1G Hueycobra. Cíle byly nejčastěji označovány dýmovými pumami se žlutým dýmem. Na takto označené cíle pak útočila různá bojová letadla. Letectvo používalo ke stejnému účelu podzvukové proudové letouny OA-37 Dragonfly nebo vrtulové letouny O-1, O-2 a OV-10 Bronco.

Námořní pěchota přišla s další novinkou – s tzv. týmy ANGLICO (Air – Naval Gunfire Liaison companies). Jejich úkolem nebylo pouze koordinovat leteckou podporu pozemních jednotek (CAS), ale i řídit palbu amerického námořnictva. Kanóny bitevních lodí (ráže až 416 mm), křižníků (ráže 208 mm) a torpédoborců (ráže 127 mm) mohly v pobřežních vodách poskytovat bojujícím námořním pěšákům podporu srovnatelnou se standardní výzbrojí polního dělostřelectva (kanóny ráže 175 mm nebo houfnice ráže 155 mm a 208 mm). K řízení palby dělostřelectva a letectva tak přibýlo i řízení palby námořnictva. Každá divize americké námořní pěchoty (USMC – US Marine Corps) měla k dispozici jednu rotu ANGLICO, která mohla na jednotlivé prapory a roty poskytnout dle potřeby čtyř - až šestičlenné týmy. Mimo řízení palby polního dělostřelectva a námořního dělostřelectva byli tito vojáci určeni i k řízení přímé palebné podpory ze strany námořního letectva a letectva USMC, které operovalo z letadlových lodí.

Pro zaměřování cílů používali všichni sesednutí pozorovatelé a návodčí ověřené metody a tradiční prostředky (dalekohled, busolu a mapu). Co se však zásadně změnilo, tak byly komunikační prostředky. Nová přenosná rádiová stanice AN/PRC-25 zvaná „Prick 25“ byla první taktickou rádiovou stanicí, která odpovídá dnešním zvyklostem. K dispozici ji měli velitelé rot, spojaři čet i předsunutí pozorovatelé na úrovni čety. Používali ji i předsunutí letečtí návodčí ze skupin TACP a týmy ANGLICO, kteří své cíle označovali po vzoru létajících kolegů dýmovnicemi (a také minometnými dýmovými granáty). Stanice AN/PRC-25 vážila 11 kg a pracovala v pásmu VHF FM. Po ní následoval zvenku zcela shodný typ AN/PRC-77, který však byl již zcela tranzistorový. Takto zdokonalená stanice vydržela ve službě až do roku 1987, kdy začal být zaváděn nový taktický komunikační systém SINGGARS se skokovou změnou frekvence (Frequency Hopping). Za 30 let služby (1962 – 1992) bylo celkem vyrobeno 130 000 ks rádiových stanic řady AN/PRC-25 / AN/PRC-77.

Roku 1965 byly k testování dodány i první speciální přenosné rádiové stanice pro předsunuté pozorovatele a návodčí. Jednalo se např. o typ AN/PRC-71, který mohl používat různé moduly pro frekvence HF, VHF FM, VHF AM, UHF AM a UHF FM. Jednalo se však o velmi těžký a rozměrný systém, a proto byly pro komunikaci s letectvem nouzově používány ruční stanice AN/URC-64, které byly původně určeny pro komunikaci se sestřelenými piloty. Tyto stanice měly frekvenční rozsah 225 – 285 MHz a výkon 200 mW. Důraz na přenositelnost byl následně aplikován u radiostanic AN/PRC-66 a AN/PRC-75, které začali předsunutí letectví používat od roku 1970. Tyto stanice byly nahrazeny až v osmdesátých letech 20. století stanicí AN/PRC-113, kterou lze považovat za první moderní přenosnou radiostanici pro TACP.

6. KONEC 20. STOLETÍ – NÁSTUP NOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Takřka padesát let vývoje vojenství, od první světové války až po americkou angažovanost ve Vietnamu, bylo ve znamení významných změn. Válka se stala totální a bojové akce byly ve srovnání s minulostí kontinuální po celou dobu konfliktu. Nové zbraně vedly k nesmírnému nárůstu obětí. Změnila se i taktika. Nasazení prvních předsunutých pozorovatelů a návodčích toho bylo důkazem. Nešlo již o to postavit se protivníkovi tváří v tvář, ale udeřit na něj co nejdříve a s co největší silou beztoho, aby jsme se sami vystavili nebezpečí. Tento způsob boje podporoval i hlavní fenomén studené války – jaderné zbraně.

Přes tento veškerý „pokrok“ však návodčí museli nadále používat k zaměření cílů optické dalekohledy, busolu a mapu. Existence přenosných elektronkových radiostanic jim sice umožnila samostatnou existenci, neboť ta byla dána právě možností přímé komunikace mezi nimi a palebným prostředkem, ale nijak jim neulehčila práci při samotné akvizici cílů. Nadále museli dle svých schopností odhadnout vzdálenost i směr cíle a následně odečíst jeho polohu z mapy. Tento proces zahrnoval velké množství omezujících faktorů od špatných výpočtů v bojovém stresu po nemožnost zaměření cíle za snížené viditelnosti a v noci. Použití aktivních

přenosných infravizorů bylo sice přínosem, ale jejich dosah byl řádově v desítkách či stovkách metrů. Bylo proto žádoucí, aby byly vyvinuty nové technologie a systémy, které by co nejvíce zpřesnily a zautomatizovaly proces zaměření cíle do souřadnicového systému (tzv. akvizici cíle). A právě rozvoj mikroelektroniky, nastartovaný od přelomu 60-tých a 70-tých let tomu měl zásadně pomoci.

Abyste mohlo být dosaženo příslušného pokroku, musely být vyvinuty nové systémy se schopností:

1. označit co nejpřesněji cíl, případně určit jeho vzdálenost;
2. vidět účinně v noci a za snížené viditelnosti i na větší vzdálenosti;
3. určit co nejpřesněji směr (azimut) a případně i sklon (elevaci) cíle;
4. určit co nejpřesněji vlastní polohu a následně i polohu cíle;
5. automaticky přepočítat polohu cíle i pozorovatele a vyznačit je na mapě;
6. předat všechny získané informace k prostředku palebné podpory.

Pouze současně splnění všech těchto bodů mělo umožnit plnou automatizaci palebné podpory tak, aby byla dosaženo zásadní změny bojové taktiky. V budoucnu tak měly vzniknout malé jednotky (tzv. bojová uskupení), ve kterých by byli předsunutí pozorovatelé a návodčí organicky začleněni. Cílem nasazení těchto malých „task forces“ byla snaha dosáhnout dominance v tzv. asymetrickém boji, kde proti sobě stojí relativně malá armáda s vyspělými zbraňovými systémy a početná masa bojovníků s lehkou výzbrojí a nesmírným odhodláním. O tom, že takováto válka je těžká se Američané přesvědčili právě ve Vietnamu, prvním velkém bojišti tohoto typu. A právě změna taktiky společně s novými technologiemi měly přinést kýžený výsledek. V následujícím období tak musely být vyvinuty systémy, které umožnily nasazení nových technologií u sesednutých jednotek.

6. 1. Lasery a jejich aplikace

První technologií, která zásadním způsobem změnila práci FO/FAC se stal laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Do války ve Vietnamu označovali návodčí své cíle dýmovými (ve dne) nebo zápalnými (v noci) bombami a granáty. Toto řešení mělo podstatnou nevýhodu – nepřítel věděl, že na něj



Obr. 4 Tým předsunutých pozorovatelů ANGLICKO ve Vietnamu

bude zahájena palebná podpora a mohl se dané situaci přizpůsobit. Útočící letoun se také musel dostat až nad označený cíl, kde mohl být vystaven účinkům protivzdušné obrany. Rovněž přesnost těchto útoků byla malá. Řešení problému jak přesně zaútočit na malý cíl bez toho aniž by to nepřítel čekal byla nalezena v aplikaci laserem naváděné munice. První takovýto útok byl podniknut za války ve Vietnamu, a to 13. 5. 1972, kdy byl zničen most Than Hoa, důležitá část Ho-či-minovy stezky, po které proudila do jižního Vietnamu severovietnamská armáda.

První funkční laser byl představen v roce 1960 v laboratořích společnosti Hughes (významný vojenský koncern, nyní součást vojenskoprůmyslového koncernu Raytheon). Záhy začala být posuzována i vhodnost této technologie pro vojenské účely. Práce se zintenzívnily v roce 1965, kdy Američané oficiálně vstoupili do bojů ve Vietnamu, kde pociťovali potřebu přesného bombardovacího systému. Již o rok později vznikla první vládní laboratoř pro výzkum vojenských aplikací taktických laserů. V té době (od roku 1963) již probíhaly práce na prvním laserovém ozařovači pro navádění laserem řízených pum. První testy přídavného kitu pro laserové navedení konvenční munice / bomby započaly v roce 1968 a vyvrcholily výše zmíněným úspěšným útokem ve Vietnamu.

Princip nasazení tohoto nového zbraňového systému byl teoreticky jednoduchý. Laserový ozařovač (vysocí výkonný zdroj laserového paprsku) ozářil určený cíl nebo jeho část. Na cíli bylo tímto způsobem generováno energetické pole, které zachytila naváděcí hlavice pumy a pomocí pomocných stabilizačních a řídicích křídílek začal v pumě umístěný gyroskop udržovat pumu ve směru na cíl, a to až do jeho zásahu. První laserové ozařovače byly umístěny na palubách letounů (např. proudového F-4). Jeden letouny cíl ozařoval, druhý v určeném směru a výšce odhodil řízenou pumu.

Systémy užívající tuto technologii nesly ve svém názvu akronym PAVE (Precision Avionics Vectoring Equipment). Tak vznikly pumy Paveway, používané již ve čtvrté generaci dosud, a první letecké podvěsné kontejnery s laserovými ozařovači – Paveway I pro letecké pumy se vyznačovaly 68% spolehlivostí a stály okolo 2 000 – 4 000 USD za kus. Ve srovnání s 17 000 USD za televizní naváděcí kit pro pumy GBU-8 to byla přijatelná částka. Přesnost a cena přispěly k nemalému rozvoji této technologie.

6. 2. Nové systémy nočního vidění – infračervené / termovizní kamery

Schopnosti nepozorovatelného a přesného označení cíle pro potřeby palebné podpory tak bylo dosaženo pomocí laseru. Tato technologie však nemohla řešit potřebu zabezpečení možnosti ozáření laserem nejen ve dne, ale i v noci. Bylo tedy nutné vyvinout i nový systém nočního vidění, který by již nevyužíval viditelnou část elektromagnetického spektra (světlo a blízké infračervené záření), ale byl by schopen pasivně pracovat v jiných oblastech. To vedlo k aplikaci infračervených kamer zachytávajících tepelné vyzařování předmětů v oblasti 8 – 12 μm nebo 3 – 5 μm . Dnes tyto kamery označujeme obecně jako pozorovací termovizní kamery typu FLIR (Forward Looking Infrared).

První pokusy s termovizním zobrazením byly provedeny v roce 1958, kdy byl testován první infračervený řádkový skener. Vývoj v praxi použitelných systémů však trval až do počátku 70-tých let 20. století. Americké ozbrojené síly získaly k testování první takovéto kamery v roce 1971. A až roku 1976 byla zahájena sériová výroba 1. generace kamer typu FLIR. Ty byly osazeny řádkovými detektory chlazenými kapalným dusíkem a obraz byl načítán pomocí řádkového skenovacího mechanismu. Většina těchto kamer byla také velmi těžká a rozměrná – byly tedy používány především v tancích, vrtulnících a letadlech.

Vybrané jednotky však již v první polovině 70-tých let obdržely první nechlazenou termovizní kameru AN/PAS-7. Jednalo se o poměrně malé ruční zařízení s těžkými externími zdroji. Celková hmotnost systému byla 5,5 kg. Kamera se zorným polem 12° x 6° načítala pomocí mechanického skeneru obraz rychlostí 15 snímků

za sekundu. PbSe detektor s 46 elementy, stabilizovaný termoelektrickým chladičem a citlivý v oblasti 3 – 5 μm , měl rozlišení 2 mrad. Obraz sledoval uživatel pomocí okuláru na malé CRT (Cathode Ray Tube) obrazovce. I když se nejednalo o nijak výkonný systém, tak šlo o první vlastovku nové technologie, schopnou nasazení u sesednutých jednotek. Samotní vojáci však dávali více přednost novým pasivním noktovizorům s mikrokanálovými zesilovači jasu obrazu (MKZJO), které se k jednotkám dostaly již v roce 1975 (např. zaměřovač AN/PVS-4 nebo brýle nočního vidění AN/PVS-5).

6. 3. Digitální kompas a gyroskop

Nástup mikrotechnologií umožnil větší miniaturizaci systémů i jejich částí. Tento pokrok bylo možno sledovat napříč technickými obory, tedy nejen v elektronice, optice, ale např. i v jemné mechanice. Zde vedl i k vytvoření malých, v poli použitelných mechanických a později i optických gyroskopů a digitálních kompasů. Ty umožnily poměrně přesné měření odměru a náměru – např. na trojnožce posazených optoelektronických senzorů. K lídrům v této oblasti patří švýcarská společnost Leica (dnes Vectronix, součást francouzského Sagemu, evropské jedničky v gyrokompacech) a britská společnost Instro. Americké společnosti v této oblasti (mimo kosmický a letecký průmysl) příliš nedominovaly a soustředily se na spolupráci s Evropou.

6. 4. Systémy družicové navigace

Mimo určení směru a sklonu bylo důležité zjistit i vlastní polohu. Zde byly původní inerciální navigační systémy postupně doplněny družicovými navigačními systémy. Prvním a nejvýznamnějším je jednoznačně americký NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite And Ranging Global Positioning System). Výstavba tohoto systému započala vypuštěním první družice v roce 1978 a nyní je pro potřeby tohoto systému k dispozici 30 družic ve výšce 20 200 km nad Zemí.

První přijímače signálu GPS se objevily ve vozidlech, kde doplnily nebo zcela nahradily inerciální navigační systémy. Sesednuté jednotky mohly tento systém poprvé operačně využít od roku 1988 kdy byly zahájeny dodávky přenosného přijímače AN/PSN-8. Do roku 1993 bylo vyrobeno celkem 1 400 ks těchto systémů, z nichž některé byly použity i v operaci Desert Storm v roce 1991. Jednalo se však o rozměrná přenosná zařízení velikosti dnešní přenosné / zádové zádové stanice.

6. 5. Datové terminály s mikroprocesory a digitalizované mapy

O významu počítačů pro současnou společnost nemá smysl polemizovat. Jejich „vliv“ je velký, a proto je překvapivé, že celá tato historie začala teprve před 26 lety. Tehdy byl dán na trh první počítač třídy PC od společnosti IBM. Vše sice nastartoval dřívější (roku 1971) vynález mikroprocesoru od firmy Intel, ale k hlavnímu nástupu počítačů došlo až na přelomu osmdesátých a devadesátých let 20. století.

Nyní jsou tedy osobní počítače i nezbytným vybavením předsunutých pozorovatelů a návodčích. Tyto zodolněné datové terminály mají podobu osobních (PDA), ručních (laptop) i přenosných (notebook) zařízení. Pro podporu taktické komunikace jsou osazovány datovými modemy, které umožňují distribuci standardizovaných zpráv pomocí taktických rádiových stanic. Samotné počítače však nic neznamenají bez odpovídajícího softwarového vybavení. FO/FAC tedy používají nejen speciální akviziční software, ale i programy podporující situační vědomí. Ty pracují s digitalizovanými mapami, které tak doplňují klasické papírové podklady. Většina činnosti je pomocí počítačů zautomatizována a zrychlena. To má nesmírný význam., neboť to nejen omezuje chyby při hlasové komunikaci, ale také to umožňuje větší akceschopnost na bojišti.

6. 6. Nové typy rádiových stanic - SDR

Poslední skupina technologií se objevila u rádiových stanic. Do devadesátých let 20. století byly při taktické komunikaci používány volné frekvence a utajení bylo řešeno pomocí externích utajovačů. Rychlý vývoj výpočetní techniky, mikroprocesorů (CPU) a signálových procesorů (DSP) postupně umožnil konstrukci

nových přenosných a později i ručních rádiových stanic. Ty bylo možno softwarově konfigurovat a spojení bylo zabezpečeno nejen šifrováním, ale i specifickou vlnovou formou, která zajišťovala přenosovou bezpečnost (TRANSEC). V taktické komunikaci se nejrozšířenější technologií TRANSEC stal tzv. skokový přenos (Frequency Hopping) při němž několikrát za sekundu změnil stanic dle daného klíče komunikační frekvenci.

Prvním novým komunikačním systémem tohoto typu byl a stále je americký SINGARS (Single Channel Ground & Airborne Radio), který plně umožňuje naplnit taktiku Air – Land Battle kombinovaných operací. Stanicemi jsou vyzbrojena nejen vozidla a sesednuté jednotky, ale i vrtulníky a bojové letouny. Celá taktická komunikace se tak odehrává v jednom jasně definovaném a strukturovaném systému („Single Channel“). Malé sesednuté jednotky na bojišti byly vybaveny přenosnou rádiovou stanicí AN/PRC-119. Tento typ je ve službě již 20 let a za tu dobu byl neustále zlepšován a upravadován. Během tohoto vývoje se stanice zmenšila na polovinu, snížil se počet použitých součástek a přibýly do ní nové funkce. Výchozí model RT-1439 VRC měl i se zdroji hmotnost 8 kg a neměl integrovanou funkci COMSEC. Za sekundu udělal 100 skoků a neobsahoval žádné komerční součástky. Za deset let poté (1998) byl již k dispozici rozměrově poloviční model RT-1702E ATCS o hmotnosti 3,6 kg se zdroji, s integrovaným COMSEC i TRANSEC (300 skoků / s) a s vnitřním datovým modemem, který byl zcela založen na komerčních součástkách. Tato radiostanice již umožňovala vytvořit taktickou hlasovou a datovou síť.

7. PROGRAMY PRO PODPORU PŘEDSUNUTÝCH NÁVODČÍCH A POZOROVATELŮ

Všechny výše uvedené technologie byly do vybavení sesednutých jednotek ozbrojených sil USA implementovány během deseti let (v letech 1980 – 1990). Cílem nebylo je zavádět pouze jednotlivě, ale i systémově, tedy v rámci kompletů, které umožňovaly kompletní akvizici cíle a navádění řízené munice na něj. Proto současně s nástupem nových systémů probíhala i jejich systémová integrace. Ta měla pro uživatele stejný význam jako nové technologie. V následujících deseti letech (1991 – 2000) proběhlo několik na sebe navazujících projektů jejichž výsledkem je definitivní podoba vybavení sesednutých FO/FAC pro první čtvrtinu 21. století. Společným jmenovatelem těchto projektů bylo slovo „Strike“, tedy úder. Současní FO/FAC by tedy měli být schopni udeřit na jakýkoliv cíl, v jakýchkoliv podmínkách, a to samostatně i ve prospěch malých sesednutých jednotek.

7. 1. Projekt CAS Strike (1980 - 1985)

Rozvoj laserové technologie a úspěšné letecké nasazení laserem řízených pum ve Vietnamu (1972) vedlo i k úvahám na vytvoření pozemních naváděcích týmů. Tyto myšlenky podpořily i práce na nových leteckých PTRS Hellfire a Maverick, u kterých se počítalo s jejich naváděním po laserovém paprsku. Na počátku sedmdesátých let 20. století byl v USA zahájen vývoj pozemních přenosných laserových ozařovačů pro CAS (Close Air Support).

Týmy pozemních navodčích (TACP) získali první takovéto ozařovače již před rokem 1980 a s jejich pomocí mohli navádět PTRS Hellfire, RS Maverick a laserem řízené dělostřelecké granáty Cooperhead. Již během operace Just Cause v roce 1989 bylo z vrtulníků AH-64 Apache odpáleno 7 střel Hellfire a všechny zasáhly vybrané cíle. Apache s Hellfire rovněž otevřely 17. 1. 1991 svým úderem proti kontrolní radarové stanici bojové operace v Iráku v rámci operace Desert Storm.

Speciální jednotky v té době používaly ruční laserový ozařovač AN/PAQ-1 LTD (Lightweight Laser Designator), pozemní jednotky US Army typ AN/TVQ-2G/VLLD (Ground / Vehicular Laser Locator and Designator) a sesednuté jednotky USMC typ AN/PAQ-3 MULE (Modular Universal Laser Equipment). Posledně dva jmenované typy měly vestavěny i laserové dálkoměry a úhломěrné hlavice. Mohly tedy provádět nejen ozařování, ale i akvizici cíle. Pro pozorování v nočních podmínkách mohly být rozšířeny o pře-



Obr. 5 Přesunutý letecký navodčích s ručním laserovým dálkoměrem AN/PVS-6 MELIOS, laserovým ozařovačem AN/TVQ-2G/VLLD a ručním přijímačem navigačního software GPS AN/PSN-11 PLGR



Obr. 6 Bezpilotní letoun UAV MQ-1 Predator s řízenými střelami Hellfire

nosnou termovizní kameru AN/TAS-6 NODLR (Night Observation Device, Long Range). Rozlišení této chlazené termovizní kamery 1. generace bylo již použitelných 0,167 mrad a spektrální citlivost byla v rozmezí 7,5 – 11,6 μm . Samotný detektor měl 56 použitelných elementů a lineární skener. Stejný modul termovizní kamery byl použit i v zaměřovači AN/TAS-4 pro protitankové řízené střely TOW a v zaměřovači AN/TAS-5 pro střely Dragon. Dosah systémů G/VLLD a MULE byl ve dne i v noci 5 000 m na stojící cíle a 3 000 m na pohybující se cíle. Na tuto vzdálenost mohl být cíl lokalizován nebo ozařován. Typ G/VLLD byl od roku 1982 k dispozici i v mobilním provedení M981 FISTV (Fire Support Team Vehicle). Toto vozidlo, využívající podvozek pásového obrněného transportéru M113 a upraveného odpalovacího zařízení M901 pro umístění ozařovače G/VLLD i kamery AN/TAS-4, obdržely postupně všechny nově budované skupiny COLT a FIST mechanizovaných a pěších jednotek. Ozařovače G/VLLD a MULE však nemůžeme označit za přenosné, nýbrž jako výnosné. Důvodem je především jejich vysoká hmotnost. Např. sestava o něco lehčího typu MULE byla v základním provedení 19 kg, s termovizní kamerou pak plných 50 kg.

7. 2. Projekt Sure Strike (1995)

Po efektivním nasazení TACP s laserovými ozařovači při bojích v Panamě (1989) a Perském zálivu (1990 – 1991) bylo rozhodnuto zvýšit možnosti předsunutých leteckých navodčích pomocí technologie GPS. Při bojích v Bosně (1995) obdrželi američtí TACP kom-

plet Sure Strike, který jim umožnil předávat přesné údaje o lokaci cílů přímo na palubu letounů F-16C Block 40. Pilot mohl následně tyto informace zadat do řídicích hlavic pum a střel, které pro své navedení používají příjem družicového navigačního signálu GPS. Návodčí tak byli vybaveni prvními ručními laserovými dálkoměry, ručními přijímači signálu GPS a přenosnými multifrekvenčními rádiovými stanicemi.

Vývoj laserových dálkoměrů započal již v šedesátých letech 20. století. Realizace ručního laserového dálkoměru však musela počkat až do poloviny osmdesátých let, kdy se u amerických jednotek objevil typ AN/GVS-5. Stejně jako všechny shora uvedené ozařovače používal i on pro lidský zrak nebezpečný Nd:YAG laser (vlnová délka 1,064 μm). Vysoká energetická náročnost laseru a malá kapacita tehdejších baterií umožnila uskutečnit na jeden zdroj jen asi 100 měření až do 9 900 m s přesností $\pm 10\text{ m}$, a to rychlostí 1 měření za sekundu. I když byl tento dálkoměr přínosem, tak jeho nasazení omezoval nebezpečný laserový paprsek, a proto byl zahájen vývoj nového bezpečnějšího typu. V polovině 90-tých let se tak k jednotkám dostal typ AN/PVS-6 MELIOS (Mini-Eyesafe Laser Infrared Observation Set).

Dosud stále používaný dálkoměr MELIOS používá pro oko bezpečný laser typu Erbium:Glass (vlnová délka 1,54 μm), ale umožňuje měřit vzdálenosti pouze s rychlostí 1 měření za 6 sekund. Ve srovnání s AN/GVS-5 je však přesnější ($\pm 5\text{ m}$) a má také vestavěný digitální kompas společnosti Leica / Vecronix. Tato kombinace dálkoměru a kompasu byla prvním krokem k budoucím akvizičním jednotkám. Mimo vzdálenosti cíle určí tento přístroj i jeho směr (azimut) a případně i sklon (elevaci). Dálkoměr má i sériový výstup pro export dat do datových terminálů a lze jej tak použít u prvních ručních systémů řízení palby / akvizice cílů.

Ani typ MELIOS však nebyl konečným řešením (objektivně řečeno na to se čeká dosud). V souvislosti s operacemi v Bosně byl k vybraným americkým představeným pozorovatelům a návodčím zaveden v roce 1995 komplet Sure Strike. Tento komplet je umístěn v jednom taktickém batohu (možně malé polní) a zahrnuje ruční laserový dálkoměr Mk. VII, ruční navigační přijímač GPS AN/PSN-11 PLGR, ruční datový terminál HTU s datovým modemem a přenosnou rádiovou stanicí AN/PRC-117D. Kombinaci všech těchto komponent by měl být jeden voják nebo dvoučlenný tým pozorovatelů schopný provádět akvizici cílů do vzdálenosti min. 10 km ve dne a okolo 1 km v noci. Ruční laserový dálkoměr Mk. VII jde ještě dále než typ MELIOS. Mimo optického dalekohledu (7,3x18), laserového dálkoměru (Nd:YAG s technologií OPO) a digitálního kompasu obsahuje i noktovizní pozorovací přístroj (4x50) s MKZJO pro noční pozorování. Použitý laser typu Nd:YAG je opatřen OPO konvertorem, jež mění původní vlnovou délku 1,064 μm na pro oko bezpečných 1,57 μm . Za minutu lze provést až 6 měření. Zlepšila se i přesnost ($\pm 3\text{ m}$) a dosah (více jak 19 km). Nicméně cena tohoto systému je značná (okolo 70 000 USD), a proto tento systém nedoznal většího rozšíření. Uvolněné místo načas zaujaly laserové dálkoměry řady Vector, zavedené do US Army pod názvem Viper (Vector IV) a Viper II (Vector 21).

Laserové dálkoměry Mk. VII slouží v kompletu Sure Strike ke získání informace o vzdálenosti a směru cíle, které jsou předány do datového terminálu HTU (Handheld Terminal Unit, počítač Tacter-31A). Zde je k nim přičtena aktuální pozice pozorovatele z ručního přijímače GPS typu PLGR. Tento přijímač pracuje i s vojenským P/Y kódem, přijímá tedy na frekvenci L1 i L2. Po zjištění všech těchto hodnot provede terminál výpočet polohy cíle a připraví jej k odeslání pomocí multifrekvenční rádiové stanice. Data jsou posílána ve speciálních formátech / standardizovaných formulářích tak, aby mohla být automaticky přijata vyššími systémy řízení palby. U kompletu Sure Strike byl podporován formát AFAPD, který používají některé bojové letouny řady F-16C/D.

Výsledkem nasazení kompletu Sure Strike bylo zjištění, že aplikace přijímače GPS a všech ostatních podstatně zrychluje a zpřesňuje akvizice cíle v reálném čase. Systém se jednoznačně osvědčil a vedl k vývoji nových řízených pum a dělostřeleckých

granátů, naváděných pomocí signálu GPS. Jako první byly v roce 1999 zavedeny do výzbroje letectva pumy JDAM (Joint Direct Attack Munition) a nyní je dokončován vývoj dělostřeleckého granátu Excalibur ráže 155 mm.

7. 3. Projekt Gold Strike (1997)

Na projekt Sure Strike (navádění pomocí GPS) navázal v roce 1997 projekt Gold Strike, který byl zaměřen na přenos obrazu mezi návodčím a letounem. Datové terminály letounu i návodčích byly rozšířeny o schopnost přenosu obrazu. Návodčí tak byl schopen cíl zaznamenat, vyznačit jej na snímku, opatřit popisky a přesnou souřadnicovou lokací a odeslat přímo do letounu nebo na nadřazený stupeň. Schopnosti leteckých návodčích tímto byly rozšířeny o možnost obrazového zpravodajství (IMINT – Imagery Intelligence) a navádění zbraní, které mimo GPS používají i obrazové informace.

Cílem projektu Gold Strike bylo ověřit možnost výměny obrazové informace pro navádění zbraní letectva, a to pomocí klasických taktických rádiových stanic. Potvrdilo se, že lze obrázek přenést, ale současně bylo konstatováno, že přenos v pásmech HF, VHF i UHF je pro řízení navádění velmi pomalý. Pro dokumentaci cíle návodčím (např. před zásahem a po něm) je však tento postup použitelný, a to podle hesla, že obrázek vydá za tisíc slov. Sekundárním výsledkem této iniciativy bylo, že došlo k většímu rozšíření modemu řady IDM (Improved Data Modem), které se nyní staly standardem pro taktický datalink.

Kombinace modemu IDM a obrazového modulu PRISM (Photo Reconnaissance Intelligence Strike Module) na palubách letadel vedlo i k vytvoření jejich polního ručního ekvivalentu v podobě terminálu MMR (Military Micro-RIT), který se stal součástí komplexního systému LVRS (Lightweight Video Reconnaissance System) – viz JMO č. 10/2003 str. 304 – 307. Projekt Gold Strike jednoznačně dokázal, že výměna obrazových informací přispívá k větší informovanosti a podporuje vzdušné údery. Následkem tohoto projektu začala být rozpracována problematika výměny obrazu mezi bezpilotními prostředky UAV a sesednutými představenými pozorovateli a návodčími.

7. 4. Projekt Viper Strike (2003)

Poté co byla v rámci projektu Gold Strike zvládnuta distribuce obrazu mezi letounem a návodčím pomocí standardních rádiových stanic, tak byly zahájeny práce na společném nasazení představených návodčích a taktických bezpilotních letounů (TUAV). V srpnu 2003 byly provedeny první úspěšné zkoušky navedení laserem řízené munice (BAT) z TUAV RQ-5B Hunter prostřednictvím TACP. Tato taktika byla následně bojově použita v Jemenu a Afghánistánu. Při těchto operacích používali návodčí všechny výše uvedené procesy – tedy ozařené cíle ozařovači, lokalizaci pomocí GPS a přenos obrazu. Tento projekt také odstartoval novou éru v taktice CAS, neboť potvrdil možnost systémového spojení návodčí / bezpilotní letoun.

Všechny tyto poznatky z programu Viper Strike jsou nyní využívány v Afghánistánu a Iráku, kde od počátku konfliktu operují UAV řady Predator. Vyzbrojený typ MQ-1 byl poprvé použit v roce 2004, kdy na cíl zaútočil pomocí protitankových střel Hellfire, které dosud používaly jen bitevní vrtulníky. O intenzitě nasazení těchto stojů svědčí skutečnost, že v polovině roku 2006 měly za sebou 200 000 letových hodin a 10 961 bojových letů. Mimo střely Hellfire používají i munici BAT. Přípravovaná větší a těžší verze MQ-9 může dokonce nést i řízené pumy Paveway (např. současně 2x pumu GBU-12 a 2x řízenou střelu Hellfire). Maximální náklad tohoto zdokonaleného typu je až 14 ks střel Hellfire, což je sfla, kterou dosud disponoval jen vrtulník AH-64 Apache. Na rozdíl od něj může být tento UAV nad bojištěm k dispozici celých 14 hodin.

Výše uvedené projekty vedly k aplikaci příslušných technologií a systémů v rámci nově budované architektury C4IRSTA. Tento přístup umožnil sdílet technologie a procesy v rámci digitalizovaného bojiště. Využití konkrétních technologií a jejich systémová integrace na každé z organizačních úrovní se stalo klíčovým faktorem / multiplikátorem síly a možností malých jednotek.

TABULKA Č. 1 TECHNOLOGIE POUŽITÉ U C4IRSTA SYSTÉMŮ US ARMY

	SESEDNUTÝ VOJÁK	VELENÍ ČETY	ČETA	ROTA (RÚU)	PRAPOR (PÚU)	BRIGÁDA (BÚU)
Target Acquisition	polovodičové lasery		laser Nd:YAG s OPO	laser Nd:YAG		
Surveillance	noktovizní MKZJO	nechlazená termovizní kamera		chlazená termovizní kamera 3 – 5 μm	chlazená termovizní kamera 8 – 12 μm	speciální senzory citlivé v 1 064 nm
Reconnaissance						
Intelligence	HUMINT			IMINT		
Computer	PDA	UMPC	tablet	notebook		
Communication	UHV FM	VHV FM	UHV FM/AM	UHV FM/AM	HF (ALE 3G)	pásmo Ku, C, L
Control	GPS SAASM					
Command	C2CE	C2PC		StrikeLink	AFATDS	FBCB2

8. PŘEDSUNUTÍ POZOROVATELÉ A NÁVODČÍ V 21. STOLETÍ

Nasazení nových technologií a systémů a jejich následná systémová integrace vedly k značným změnám ve využití a organizaci předsunutých pozorovatelů a návodčích. Nezůstal doslova kámen na kameni. Tyto funkce byly organicky začleněny na úroveň čety, roty, praporu i brigády. Každý stupeň dostal svého vojáka či skupinu pro řízení palebné podpory. V rámci projektu integrovaného kompletu vojáka (Land Warrior) se začala schopnost akvizice cílů šířit i na úroveň družstva a bojového týmu. Ve všech případech přitom mluvíme o vojácích působících nejen na vozidle, ale i mimo něj (jako sesednutí). Přímě k sesednutým jednotkám se tak dostávají přesné systémy pro řízení palebné podpory z odstupu. Uvědomíme-li si, že dostřel nejnovějších houfnic je standardně 40 km, letadla mohou operovat dle potřeby a vyzbrojené bezpilotní letouny mohou nad bojištěm operovat neustále, tak pochopíme, že mnohé se na bojišti mění, a to ve prospěch malých flexibilních jednotek – např. praporek (PÚU) či rotních (RÚU) úkolových uskupení. Nejdále je tento proces opět v US Army, a proto si můžeme představit zdejší strukturu podrobněji.

8. 1. Forward observer (FO) čety

S prvními organicky začleněnými pozorovateli jsme se setkali již za války ve Vietnamu. Nyní však neřídí jen palbu minometů vyčleněných ve prospěch čety (ráže 60 mm) nebo roty (ráže 81 mm), ale i palbu dělostřeleckého oddílu brigády (155 mm houfnice), vojskového letectva (vrtulníky AH-64 Apache) a dle potřeby i vojenského letectva (letouny F-16, F-15, F/A-18, AV-8B atd.). Co se však změnilo zásadně je vybavení těchto pozorovatelů, neboť jejich práce je plně digitalizována.

Do 21. století vstupují FO US Army se systémem LTLS (Laser Target Locating Systems), jehož vznik navázal na program Sure Strike. Tento komplet zahrnuje ruční laserový dálkoměr Viper II nebo Mk. VII, ruční datový terminál AN/PSQ-10 PFED (Pocket-sized Forward-Entry Device) třídy PDA, ruční přijímač signálu GPS typu AN/PSN-13 DAGR s funkcí SAASM pro větší odolnost v podmínkách elektronického boje a ruční rádiovou stanicí AN/PRC-148 MBITR. Tento systém jim umožňuje navádět přímou palebnou podporu dělostřelectva i letectva, a to především pomocí signálem GPS řízených zbraní. Vysokou přesnost však systém vykazuje i při použití konvenční munice.

Ještě většího pokroku by mělo být dosaženo zavedením první americké ruční akviziční jednotky Mk. VIII TALON. Ta má s dálkoměrem Mk. VII společnou pouze část jména, neboť se jedná o zcela nový systém, který zahrnuje optický dalekohled, nechlazenou termovizní kameru, laserový dálkoměr Nd:YAG s OPO konvertorem, digitální kompas a přijímač signálu GPS. Do konce roku 2007 by mělo být k jednotkám dodáno prvních 438 systémů,

kteří by měly zabezpečit ve dne akvizici cílů na vzdálenost 7 km a v noci do 1,5 km (cíl typu tank). Pro tuto akviziční jednotku bude zaveden i nový ruční datový terminál typu UMPC (např. modifikovaný CDA-T velitele čety) a ruční VKV / UKV / UKV SATCOM rádiová stanice AN/PRC-152. Tuto podobu kompletu LTLS lze považovat za konečné řešení pro léta 2010 – 2020.

8. 2. Fire Support Team (FIST) roty

První týmy palebné podpory se v US Army objevily v polovině 90-tých let 20. století a dnes jsou nedílnou součástí mechanizovaných i lehkých rot. Těžké mechanizované jednotky používaly nejprve již zmíněná obrněná vozidla M981 a od roku 1997 i vozidla M7 BFIST na podvozku bojového vozidla pěchoty Bradley. U obou těchto konstrukcí spočívalo speciální vybavení v kombinaci ozařovače / dálkoměru G/VLLD s termovizní kamerou řady AN/TAS-4.

Do 21. století vstupují týmy FIST s akvizičním setem AN/PED-1 LLDR (Lightweight Laser Designator Rangefinder), který navázal na systémy G/VLLD a MULE z projektu CAS Strike. Tento set je plně přenosný a v poli jej může obsluhovat pouze jeden voják. Hmotnost celého setu se zásobou energie na 24 hodin provozu je pouze 16 kg. Vlastní set LLDR zahrnuje přenosnou akviziční jednotku TLM (Target Location Module), modul laserového dálkoměru LDM (Laser Designator Module), trojnožku s úhloměrnou hlavicí a externí box se zdrojem. Pomocí setu LLDR lze navádět laserem řízenou municí do 5 000 m a řídit palebnou podporu do 10 000 m, a to ve dne i v noci.

Přenosná akviziční jednotka TLM setu LLDR zahrnuje CCD kameru, chlazenou termovizní kameru 3. generace (detektor 640x480 InSb citlivý v pásmu 3 – 5 μm), laserový dálkoměr Nd:YAG s OPO konvertorem, digitální kompas a GPS přijímač typu SAASM. Celková hmotnost této jednotky je 5,8 kg. Modul laserového ozařovače LDM používá Nd:YAG laser a pracuje se všemi kódy dle standardu NATO (tzv. STANAG 3733). Hmotnost modulu LDM je 4,85 kg. Rektifikace obou modulů je tzv. paprsk. Po mechanickém elektrickém propojení je obsluhou sesouhlasen paprsek ozařovače se zorným polem termovizní kamery, která je pro tento účel přepnuta do režimu sledování paprsku s vlnovou délkou 1,064 μm (pro tento účel je instalován speciální filtr).

Akviziční set LLDR není většinou používán samostatně, ale je součástí vyšších přenosných / výnosných systémů. V USMC nese takovýto přenosný akviziční komplet název TLDHS (Target Location, Designation and Hand-off System). Mimo akviziční set LLDR zahrnuje i přenosný datový terminál MRT typu tablet s integrovaným taktickým modemem a přijímačem GPS SAASM a dále i přenosnou multifrekvenční VHF / UHF rádiovou stanicí AN/PRC-117F, která umožňuje i spojení UKV SATCOM. Pomocí tohoto kompletu je tak možno řídit palebnou podporu dělostřelectva, letectva i námořnictva. První komplety TLDHS se do výzbroje USMC dostaly v roce 2003.

8. 3. Combat Observation Lasing Team (COLT) brigády či praporu

Přenosný set LLDR je i součástí nového vybavení týmů COLT, které byly dosud největším uživatelem systémů M707 Knight (kombinace G/VLLD a NODLR). Primárním úkolem této jednotky je řízení palby dělostřelectva brigády, a proto její velení disponuje většinou čtyřmi takovými týmy. Ty mohou být následně přiřazeny k jednotlivým bojovým praporům. Mobilní platformy týmů COLT vycházejí z typu jednotlivých brigád. Lehké brigády používají terénní automobily řady HMMWV, brigádní bojové týmy SBCT příslušnou verzi kolového bojového vozidla Stryker a adekvátně tomu těžké brigády specializovanou verzi bojového vozidla pěchoty Bradley (M7 BFIST). Až na typ BFIST jsou obě ostatní verze vybavovány novým výnosným senzorickým kompletem LRAS3, který po spojení s modulem LDM setu LLDR vytvoří výnosný / vozidlový akviziční systém FS3 (Fire Support Sensor System).

Výnosný multisenzorický systém AN/TAS-8 LRAS3 (Long-Range Advanced Scout Surveillance system) patří k nejvýkonnějším senzorům taktického průzkumu současnosti. Jeho největším uživatelem jsou jednotky taktického průzkumu s vozidly HMMWV a Stryker. V PÚU US Army mohou mít průzkumníci k dispozici až 16 ks těchto systémů a další čtyři kusy jsou u skupin FIST-V a COLT. V rozměrném boxu jednotky LRAS je integrována již třetí generace společných chlazených termovizních modulů – tzv. SADA II (Standrad Advanced Dewar Assembly). Nejedná se o třetí generaci, ale spíše o 2,5 generaci, která používá senzor s rozlišením 488x4 (8 – 12 μm) a tomu odpovídá i efektivní dosah. Ve srovnání se stávajícími kamerami 2. generace by měl být dosah až o 30% větší. Mimo chlazenou termovizní kameru je v jednotce LRAS3 i výkonný laserový dálkoměr, denní TV kamera s vysokým rozlišením, digitální kompas / gyroskop a přijímač signálu GPS SAASM.

Pro navádění laserem řízených zbraní se systém LRAS3 kombinuje s modulem TDM. Spojení obou senzorů nese označení FS3. K rektifikaci obou zařízení se nepoužívá termovizní kamera, ale TV kamera systému LRAS3, citlivá i v oblasti 1,064 μm , kterou používá paprsek laserového ozařovače. Systém FS3 nepatří mezi přenosné systémy, ale může být i v sestavě sesednutých jednotek (z vozidla nebo z trojnožky). Jako akviziční software používají týmy COLT systém řízení palby dělostřelectva AFATDS (Advanced Field Artillery Tactical Data System). Ke komunikaci slouží především pásmo VHF s modulací FM v rámci taktického Internetu (např. SINCGARS). Pro průzkumné operace se systémem LRAS3 je využíváno komunikační pásmo HF a vlnová forma ALE 3G.

8. 4. Tactical Air Control Party (TACP) praporu a brigády

Součástí PÚU US Army může být i skupina TACP, která spadá pod vzdušné síly (USAF). Předstunutí letečtí návodčí USAF patří ke speciálním jednotkám letectva a tomu odpovídá nejen jejich výcvik, ale i vybavení. Standardně používají lehké komplety pro akvizici cílů a navádění laserem řízených zbraní, a proto mohou být nasazeny i ve značně hloubce nepřátelského týlu. Standardně používají ruční systémy podobného typu jako LTLS a lehký přenosný systém, jehož základem je lehký laserový ozařovač AN/PEQ-1 SOFLAM, kombinovaný s pozorovacím systémem.

Laserový ozařovač SOFLAM má bez externího zdroje hmotnost 5,6 kg. Lze jej používat nejen na trojnožce, ale i z jakékoliv opory. Mimo funkci ozařovače cílů je v něm implementován i laserový dálkoměr a optický dalekohled se zvětšením 10x. Ozařování cílů je možné až na vzdálenost 10 000 m a měření vzdáleností do 19 995 m. Přes tyto výkony je jeho nedostatkem skutečnost, že chlazení laseru je vzduchové, což snižuje dobu nasazení i rozsah pracovních teplot. Tento typ je tedy vhodný především pro dobře vyškolené obsluhy, které provádí ojedinělé, ale velmi účinné útoky. Pro použití v noci se ozařovač SOFLAM kombinuje se speciálním noktovizním (AN/PVS-13) nebo termovizním (AN/PAS-21) zaměřovačem. Oba pracují ve spektrální oblasti 1 064 nm a ozařovač je tak zaměřován přímo po paprsku (tedy bez přesnější rektifikace).

Podobně jako týmy FIST jsou i jednotlivé komponenty skupin TACP integrovány do přenosných akvizičních kompletů. Centrální komponentou je v tomto případě již zmíněný datový terminál / tablet MRT. Mimo speciální akviziční software (např. StrikeLink, MilX) obsahuje i systém pro 3D mapové zobrazení (Falcon View) a podporu přenosu obrazu, která souvisí s jeho napojením na jednotku ROVER. Terminál ROVER je přijímací / vysílací zařízení, které umožňuje přenos pohyblivého obrazu v reálném čase. Používá se především ke komunikaci s bezpilotními prostředky (UAV Predator, TUAV RQ-7 Shadow)) a se speciálními akvizičními kontejnerovými podvěsy bojových letadel (např. Litening). Pomocí tohoto zařízení mohou skupiny TACP provádět nejen IMINT, ale především vést bojové operace s využitím UAV tak, jak bylo popsáno v části 7. 4. Podporován je analogový signál i digitální MPEG-2 a obrazový záznam ve formátu .wmv. Systém ROVER vysílá v pásmu Ku, C a L (pro každé je k dispozici speciální anténní systém).

Každá úroveň předstunutých pozorovatelů a návodčích využívá odpovídající komplety a systémy. Přehled těchto systémů je uveden v tabulce č. 2 – systémy C4IRSTA používané v rámci US Army..

9. FO/FAC JAKO TANK PRO 21. STOLETÍ

Po skončení studené války stála před mnoha vojenskými teoretiky otázka co dál. Nakonec převládla teorie střetu kultur a hledání prostředků a taktiky, které by přivedly v této možné válce USA a západoevropské státy k vítězství. Dnes je více jak patnáct let po rozpadu Varšavské smlouvy a teoretické scénáře se naplňují. Státy NATO vedou bojové operace v Afghánistánu, Iráku a připravují se na neklidný africký roh (Somálsko, Súdán). Ve všech těchto konfliktech spočívá hlavní bojová síla na oněch „task forces“ velikosti rot a čet, jejichž úkolem je kontrolovat svěřené území a dosáhnout na něm vojenské převahy – tu těmto malým jednotkám propůjčuje vojskové a vojenské letectvo pomocí operací typu CAS. Těžké mechanizované jednotky s bojovými tanky a bojovými vozidly pěchoty jsou používány jako mobilní polní opevnění, které vytváří závory na důležitých komunikacích, opěrných bodech a centrech. Při jedné prezentaci ideje integrovaného kompletu vojáka Land Warrior kdosi v roce 1995 prohlásil, že o třicet let později (tedy v roce 2025) bude voják disponovat stejnou palebnou silou jako tehdejší nejmodernější americký tank M1A2 se 120 mm kanónem. Mnozí se tomu podivovali a řešili jakým způsobem ponese tento voják onen 120 mm kanón. Předpokládám, že tento článek na tuto otázku alespoň částečně odpověděl. Onen pěšák žádný kanón neponese, ale bude mít k dispozici malý systém řízení palby, jež mu umožní dle potřeby – na zavalanou (call-to-fire) – použít dělostřelecké a letecké systémy. Mohou to být i zcela autonomně odpalované síťové střely (NetFires) ale stále čekající bojové bezpilotní prostředky.

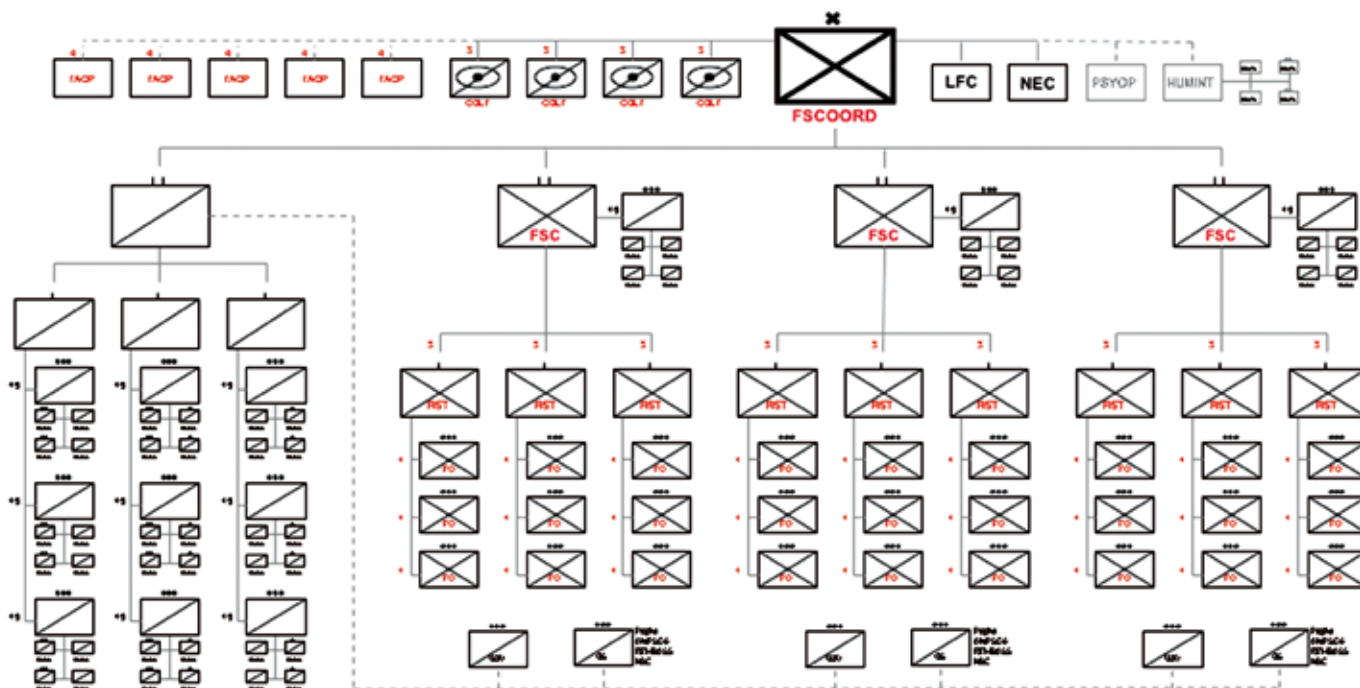
V první polovině 21. století by tak měla mít US Army k dispozici okolo 1 305 předstunutých pozorovatelů (FO) s komplety LTLS, 622 předstunutých týmů FIST s komplety LLDR, 363 vozidel řízení palby jednotek COLT se systémem FS3 a 345 skupin předstunutých návodčích (TACP) disponujících různými bezpilotními bojovými letouny. Všechny těchto 2 635 předstunutých pozorovatelů a návodčích (FO/FAC) by mělo přímo v poli chránit a podporovat okolo 40 000 sesednutých pěšáků, jejichž jednotlivá síla a možnosti se budou přibližovat bojovým tankům Abrams ...

10. A CO MALÉ STÁTY SEVEROATLANTICKÉ ALIANCE?

Výše uvedený popis významu pozorovatelů a návodčích v US Army se z pohledu armády velikosti AČR může zdát nedostížný. Hlasy, že takto to nikdy nebudeme mít organizováno, neboť nejsme Američané, jsou časté a mnohdy i vlivné. Rozhodně nejde o to, abychom přejali bezesbytku něčí organizaci a postupy. To v praxi ani nejde. Cílem by mělo být stávající stav rozebrat a navrhnout řešení správným směrem – a aplikace architektury C4IRSTA v rámci malých sesednutých jednotek tím správným směrem rozhodně je. Touto cestou se vydaly i další členské státy, včetně těch, které jsou počtem obyvatel a rozlohou srovnat s námi. Jde například o Nizozemí a Norsko, které schopnosti FO/FAC soustřeďují především u skupin TACP.

ARCHITEKTURA ISTAR BCT (Brigade Combat Team)

sesednutá / bojová část příslušníků ISTAR (86) a průzkumníků (180) v rámci BÚU SBCT



TABULKA Č. 2 SYSTÉMY C4IRSTA POUŽÍVANÉ V RÁMCI US ARMY

	sesednutá četa		sesednutí předsunutí pozorovatelé a návodčí			
	SESEDNUTÝ VOJÁK	VELENÍ ČETY	ČETA	ROTA (RÚU)	PRAPOR (PÚU)	BRIGÁDA (BÚU)
Typ jednotky:	sesednutá četa		FO	FIST	COLT	TACP
Počet v BÚU:			27	12	4	5
Target Acquisition	AN/PEQ-2A	STORM	Mk. VIII TALON	AN/PED-1 LLDR	AN/TAS-8 LRAS3	AN/PEQ-1 SOFLAM / AN/PVS-13 AN/PAS-21
Surveillance	AN/PVS-14/-7D	CLU Javelin				
Reconnaissance	AN/PAS-13					
Intelligence	HUMINT		digi. fotoaparát	AN/PVH-1/-2 LVRS		
Computer	PDA	CDA-T	AN/PSG-10	MRT s IDM a GPS SAASM		
Communication	MicroLight	AN/PRC-148	AN/PRC-152	AN/PRC-117F	AN/PRC-150(C)	ROVER III
Control	integrované GPS a EPLRS		AN/PSN-13 DAGR			
Command	C2CE-CNR	C2PC-CNR	StrikeLink			

Nizozemská armáda má stejně jako AČR dvě mechanizované brigády a na každé z nich jsou k dispozici tři skupiny TACP a jedna skupina styčného důstojníka (ALO – Air Liaison Officer) pro spolupráci s letectvem. Skupiny TACP jsou stejně jako v AČR čtyřčlenné. Další 12 dvoučlenných týmů FAC je k dispozici u jediné vzdušné – výsadkové brigády. Tito vojáci plní úkoly předsunutých pozorovatelů, ale disponují i laserovými ozařovači, takže naplňují schopnosti FAC. Vlastní skupiny TACP s funkcemi FO/FAC má i letectvo (7x čtyřčlenná skupina TACP), speciální síly (8x čtyřčlenná skupina TACP) a námořnictvo (2x tříčlenná skupina TACP). Celkem tak mají Nizozemci k dispozici 114 vojáků se schopnostmi FO/FAC a 35 laserových ozařovačů cílů. Jejich cílem je však zvýšit počet vojáků se schopnostmi FO/FAC min. o polovinu, tedy na asi 170 osob.

Norové nyní disponují asi 40-ti osobami se schopnostmi FO/FAC, ale do roku 2010 chtějí tento počet zvýšit na 70 vojáků. Tento počet odpovídá polovině počtu nizozemského, což je v korelaci, neboť norská armáda je proti nizozemské asi poloviční. Každý rok chtějí do 12-ti měsíčního kursu přijmout 12 osob s tím, že tento



Obr. 7 předsunutý pozorovatel (FO) s ručním laserovým dálkoměrem Mk. VII



Obr. 8 předsunutý letecký návodčí (FAC) s přenosným kompletem AN/PED-1 LLDR

kurs dokončí 10 vojáků. Všichni frekventanti by měli splnit podmínky pro získání NATO standardu STANAG 3797. Standardní skupina norských TACP je pětičlenná a skupiny jsou dislokovány na třech základnách.

Jaká je situace FO/FAC v AČR? Výstavba skupin TACP je jedním z jejích klíčových závazků v rámci NATO. Máme stejně jako Nizozemci dvě mechanizované brigády s celkem šesti bojovými prapory / PÚU. Proto bychom měli mít stejně jako oni nejméně šest praporečnických skupin TACP a dvě brigádní skupiny TACP / ALO. Minimálně tedy osm čtyřčlenných skupin s celkem 32 vojáky. Další skupiny by mělo mít k dispozici letectvo a speciální síly. Počet vojáků se specializací FO/FAC by tak měl být srovnatelný s Nizozemci. Pokud bychom aplikovali současný americký model, který bude do roku 2015 standardem, tak Pozemní síly AČR potřebují asi 150 osob s kvalifikací FO/FAC a asi 24 laserových ozařovačů. Toto množství má například i městský stát Singapur. Pokud bychom tedy připravovali cca 18 osob ročně, tak jsme schopni tohoto stavu v roce 2015 skutečně dosáhnout. Pokud se touto cestou nevydáme, tak AČR s velkou pravděpodobností nebude schopna splnit své alianční závazky a tedy nebude schopna ani zabezpečit obranu České republiky.

Mobilní pracoviště předsunutých leteckých návodčích MP TACP

Činnost předsunutých leteckých návodčích (FAC), organizovaných ve skupinách TACP, je jednou z nejdůležitějších aktivit mezi sesednutými jednotkami na současném bojišti. Sesednuté roty či čtyři armád NATO nemohou nyní spoléhat jen na sílu svých zbraní, ale musí být schopny využít palebné síly dělostřelectva a především letectva. A právě letečtí návodčí, zařazení do těchto sesednutých jednotek, jim mohou tuto palebnou podporu zprostředkovat. Bez nich jsou možnosti sesednutých vojáků takřka vyrovnané s nepřítelem, který vyvažuje technologickou nadvládu (prostředky C4IRSTA) malých jednotek států NATO a ABCA kvantitou svých bojovníků. Přímá i nepřímá palebná podpora sesednutých jednotek je jen jednou z aktivit skupin TACP. Stejně významné je i jejich nasazení v hloubce nepřátelského týlu, které umožňuje vést přesné letecké úderů nebo podporovat zpravodajskou činnost (HUMINT, IMINT) s využitím leteckých systémů.

Zástupci České republiky podepsali dne 12. března 1999 Washingtonskou smlouvu a naše země se tak stala členem Severoatlantické aliance (NATO). Současně se svým přistoupením se zavázala i k vybudování odpovídající armády, která by se mohla stát součástí armád NATO. První větší jednotkou, která by měla být do NATO začleněna je 4. brigáda rychlého nasazení (4. bRN), a to k 31. prosinci 2008, tedy zhruba deset let od počátku naší politické angažovanosti v rámci této aliance. Tento závazek je tzv. cílem Force Goal (FG) a netýká se jen samotné brigády, respektive jen jejich tří bojových praporů, ale tzv. brigádního úkolového uskupení (BÚU), jež zahrnuje i příslušné podpůrné a zabezpečovací síly. K těm patří např. průzkumná a ženijní rota, jednotka chemického průzkumu a ochrany a také několik skupin TACP. Pro toto BÚU se předpokládá potřeba 4 skupin – jedné pro úroveň brigády a zbývající tři by měly být vyčleněny pro jednotlivé bojové prapory. O významu těchto skupin svědčí i skutečnost, že měly být postaveny již ke konci roku 2004 (tzv. FG 2004) a jejich potřeba byla zmiňována ve většině aliančních dokumentů, které byly v souvislosti s modernizací AČR projednávány. Roku 2004 byl tedy celý projekt nazvaný MP TACP (Mobilní Pracoviště TACP) zahájen a vyvrcholil koncem března 2007, kdy byly AČR předány první dvě soupravy MP TACP pro dvě skupiny TACP.

1. POČÁTKY VÝSTAVBY JEDNOTKY TACP A JEJÍ PRVNÍ VYBAVENÍ

Počátky prací na soupravě MP TACP lze sledovat až do první poloviny devadesátých let 20. století, kdy vznikly celkem tři iniciativy jejichž vyústěním jsou dodané soupravy MP TACP. Na prvním místě je nutno zmínit aktivitu skupiny lidí z 22. základny taktického letectva (22. zTL) v Náměšti nad Oslavou. Zde pod vedením pana Jana Vachka, pozdějšího generála a velitele Vzdušných sil AČR, vznikl zárodek jednotky TACP. Druhým počínem je vývoj a výroba automobilu leteckého návodčího (ALENA), realizovaná Vojenským technickým ústavem letectva a protivzdušné obrany (VTÚL a PVO) na základě požadavků 22. zTL v polovině devadesátých let a konečně třetím počínem je vývoj a dodávka přenosného kompletu pro FAC speciálních sil AČR, jež provedla společnost PRAMACOM-HT v letech 1995 – 2004.

1. 1. Výstavba jednotky TACP Vzdušných sil AČR

Potřeba jednotky TACP nebyla dána jen vstupem do NATO. Ještě předtím musela v roce 1993 vzniklá AČR řešit problém jak bránit samostatnou ČR, která se načas ocitla v bezpečnostním vakuu a musela se začít spoléhat jen sama na sebe. Bylo jasné, že pomocí,

do té doby v rámci Varšavské smlouvy, používané lineární taktiky nebylo možno nově vzniklý stát ubránit. Znamenalo by to nasazení značného množství lidí a astronomické finanční náklady. Hledala se tedy cesta změny. Částečně byla nalezena v možnosti lepší koordinace součinnosti pozemních a vzdušných sil v reálném čase odvislé od vývoje situace na bojišti. Tento koncept, známý též jako Air – Land Battle, nebyl v rámci socialistických armád používán, neboť v nich byla tato spolupráce plánována před zahájením operací a bylo požadováno, aby byl tento časový plán dodržován, a to bez ohledu na reálnou situaci. Malé jednotky tak neměly ani možnost přímé komunikace s vrtulníky a letouny, které je měly podporovat.

Změnu podpořilo i rozhodnutí o zahájení vývoje a budování dodávkách letounů L-159A ALCA. Tento lehký bitevník byl pro přímou palebnou podporu malých jednotek přímo ideální, a proto bylo nutné zajistit, aby obě strany byly schopny plné koordinace. Nakonec bylo objednáno a nakoupeno celkem 72 ks těchto letadel, což jednoznačně vedlo k podpoře argumentu výstavby jednotky TACP. O významu vztahu mezi letouny ALCA a jednotkou TACP svědčí i to, že obrys tohoto letounu je i součástí znaku jednotky (viz obálka tohoto čísla).

Prvními nositeli nového konceptu spolupráce pozemních jednotek a letectva se stali příslušníci 601. skupiny speciálních sil z Prostějova. S jejich pomocí byly položeny i základy samostatné jednotky TACP Vzdušných sil AČR. To co začalo nejprve jako aktivita v rámci 22. zTL nakonec vyústilo v samostatnou jednotku TACP, která začala systematicky pracovat od roku 2001.

1. 2. Automobil leteckého návodčího (ALENA)

Snaha o vybudování jednotky TACP našla brzy i odezvu v programu na její materiálové zabezpečení. Již v roce 1997 se objevily první úvahy o systému, který by leteckým návodčím umožnil komunikaci a spolupráci s letadly. Následně byly v roce 1998 dodány dva typy mobilních pracovišť, které umožňovaly hlasovou komunikaci země – vzduch. Prvním byl tzv. automobil RAL (Rádiový Automobil Letectva), druhý pak nesl označení ALENA (Automobil Leteckého Návodčího) – obr. 1. Oba automobily zhotovil VTÚL a PVO na podvozku lehkého terénního automobilu Land Rover Defender 110. Pro nově budovanou jednotku leteckých návodčích byly v letech 1998 – 1999 dodány celkem tři automobily ALENA, které tito vojáci používají dosud.

Automobil leteckého návodčího ALENA je koncipován jako mobilní pracoviště umožňující komunikaci „země – vzduch“ v pásmu VKV a především v 1.(VKV AM) a 2. (UKV AM) leteckém pásmu. Předpokládá se, že návodčí budou letouny navádět přímo



Obr. 1 Automobil leteckého návodčího (ALENA)



Obr. 2 Přenosný komplet pikoPAN

z vozidla, které je vybaveno výkonným VKV a UKV komunikačním systémem, který zahrnuje stanice RF-1350 a vozidlové provedení URC-200 s příslušnou speciální anténou. Vozidlo má i vlastní elektrocentrálu.

Pro podpůrné činnosti je k dispozici výnosný akviziční komplet, skládající se z ručního laserového dálkoměru Viper (Vector IV), ručního přijímače GPS typu PLGR s příjmem C/A kódu a přenosné rádiové stanice URC-200. Celý tento výnosný komplet je přenášán na univerzálním nosiči UR N1. Pro noční nasazení dálkoměru je možno jej rozšířit o noktovizní předsádku KN 250.

1. 3. Přenosný komplet „pikoPAN“ pro předsunuté návodčí

Myšlenka přenosné soupravy pro letecké návodčí se ve společnosti PRAMACOM-HT zrodila v roce 1995. Přibližně ve stejném období byl v USA realizován vývoj přenosného akvizičního systému TLDHS, který zahrnoval přenosnou akviziční jednotku, laserový ozařovač cílů, úhloměrnou hlavici, ruční datový terminál a multifrekvenční rádiovou stanici. Systém TLDHS však není možno z USA kvůli exportním omezením získat, a proto bylo rozhodnuto zahájit vývoj vlastního systému s využitím komponent od amerických i evropských výrobců.

Výsledkem tohoto snažení byl přenosný komplet „pikoPAN“ (obr. 2), jehož dva kusy byly v roce 2004 v podobě jednotlivých komponent dodány speciálním jednotkám AČR. Tento komplet zahrnoval přenosnou akviziční jednotku JIM LR, laserový ozařovač cílů DHY-307, osobní datový terminál Agama a ruční rádiovou stanici AN/PRC-148 MBITR. Přenosný akviziční komplet „pikoPAN“ mohl být ještě doplněn ručním akvizičním kompletem „VOJÁK

21“, který zahrnuje ruční laserový dálkoměr Vector 21, osobní datový terminál Agama a ruční rádiovou stanici AN/PRC-148. Ruční i přenosný komplet lze kombinovat tak, aby vyhověly konkrétním operačním požadavkům. V roce 2006 byly komplety „VOJÁK 21“ a části kompletů pikoPAN bojově nasazeny v Afghánistánu.

2. Nové požadavky – zrod soupravy MP TACP

Historie všech tří výše uvedených aktivit (jednotka TACP, automobil ALENA a komplet pikoPAN) spadá ještě před rokem 1999, tedy před náš vstup do NATO, který znamenal nový impuls pro problematiku FAC. Závazek výstavby dvou BÚU (prvního do roku 2009, druhého do roku 2012) sebou přinesl nutnost problematiku jednotky TACP dále rozvinout a to podle standardů NATO, tedy dle norem STANAG nebo MIL-STD. To se promítlo i do závazku FC 2004, který již obsahoval i požadavek na čtyři skupiny TACP pro BÚU 4. bRN.

V letech 2003 – 2004 byly zpracovány příslušné studie, jejichž výsledkem bylo přijetí nové koncepce soupravy pro skupinu TACP, která v sobě kombinovala jak mobilní prostředek, tak přenosný komplet. Roku 2005 se tak setkaly dosud nezávislé aktivity VTÚL a PVO (automobil ALENA) s aktivitami společnosti PRAMACOM-HT (komplet pikoPAN). Výsledkem jejich spolupráce byl návrh nové soupravy MP TACP. Smlouva na dodávku dvou kusů této soupravy byla mezi MO ČR a VTÚL a PVO podepsána v prosinci roku 2005 a následně byla podepsána příslušná smlouva mezi VTÚL a PVO a společností PRAMACOM-HT.

Nová souprava MP TACP již byla navržena dle standardů NATO, jejichž naplnění je nutné pro efektivní naplnění činnosti skupiny TACP v aliančním prostředí a na digitalizovaném bojišti. Z pohledu těchto standardů lze soupravu MP TACP rozdělit do tří vzájemně propojených a přenosných subsystémů a jednoho mobilního subsystému, umožňujícího transport a podporu skupiny TACP.

2. 1. Akviziční subsystém soupravy pro FAC

Akviziční subsystém měl zabezpečit vyhledání, identifikaci a lokalizaci cílů na bojišti ve dne i v noci na vzdálenost okolo 5 000 m (cíl typu tank). Mimo lokace cíle do souřadnicového systému měl tento subsystém umožnit i navedení laserem řízené munice na cíl, a to pomocí tzv. NATO kódů, které odpovídají STANAG 3733.

Součástí akvizičního subsystému měla být také přenosná akviziční jednotka sdružující v jednom kompaktním tělese optický dalekohled, termovizní kameru, laserový dálkoměr, digitální kompas a přijímač signálu GPS. Tato jednotka by měla být použitelná společně s laserovým ozařovačem cílů, který je rovněž nedílnou součástí požadovaného akvizičního subsystému.

Pro operace typu CCO (boj na krátkou vzdálenost) měl být v soupravě k dispozici laserový značkováč s funkcí osvětlovače a označovače i infračervený maják. Tyto dva prostředky měli mít ideálně všichni členové skupiny TACP.

2. 2. Datový subsystém soupravy pro FAC

Datový subsystém měl umožnit příjem informace o lokaci cílů z akvizičního subsystému nebo jeho manuální zadání. Následně měl být v rámci tohoto systému cíl automaticky zobrazen na digitalizované mapě, která by byla součástí softwarového vybavení datového terminálu. Nakonec mělo být možno odeslat informace o cíli rádiovou cestou, a to v NATO kompatibilních formátech.

Součástí datového subsystému měl být datový terminál s akvizičním softwarem, který by umožnil vytváření standardizovaných zpráv pro taktickou komunikaci v rámci NATO. Pro spolupráci s letectvem měly být podporovány min. formáty AFAPD, IDL, MTS, VMF, pro taktický Internet norma MIL-STD-188-220B a pro datové satelitní spojení norma MIL-STD-188-184. Výměna informací s dělostřelectvem měla odpovídat formátu TACFIRE, který je kompatibilní např. s dělostřelectvy USA, Velké Británie a Německa. Mapové podklady měly být rovněž dle standardů NATO – např. CADRG. Rovněž datový modem měl být standardu IDM, což je nyní v NATO akceptovaný taktický datalink.



Obr. 3 Současný stav soupravy MP TACP
komplet mikroPAN s dálkoměrem Viper II z automobilu ALENA, komplet attoPAN s přenosnou akviziční jednotkou Nestor,
komplet pikoPAN s laserovým ozařovačem cílů DHY-307 a v pozadí vozidlo MP TACP

Mimo datový terminál s akvizičním software a integrovaným datovým modemem měl být součástí datového subsystému i ruční navigační přijímač signálu GPS, kompatibilní se signálem P/Y a odolný proti rušení pomocí funkce SAASM. Tento přijímač družicové navigace měl být schopen propojení jak s akviziční jednotkou, tak se sestavou laserového ozařovače cílů či s příslušnými radiostanicemi.

2. 3. Komunikační subsystém soupravy pro FAC

Komunikační subsystém měl být schopen spojení pomocí všech NATO kompatibilních vlnových forem pro taktický stupeň, mezi něž patří:

- ALE (MIL-STD-188-141) pro operační komunikaci v pásmu KV;
- 3G (STANAG 4538) pro operační komunikaci v pásmu KV;
- Have Quick I/II (STANAG 4246) pro spojení s letectvem v pásmu UKV s modulací AM;
- DAMA (MIL-STD-188-181 / -182 / -183) pro přímé a satelitní spojení v pásmu UKV FM.

Mimo tyto čtyři vlnové formy s příslušným přenosovým zabezpečením (TRANSEC) měly být všechny typy stanic opatřeny odpovídajícím šifrováním v reálném čase (COMSEC), a to US Type 1, který se v NATO používá v rámci zpravodajské a TACP komunity.

Opomenuto nemělo být ani taktické VKV rádiové spojení s modulací FM, kde měly stanice vyhovět normě MIL-STD-188-220B pro taktický Internet, včetně přenosu standardizovaných zpráv VMF (MIL-STD-47001).

Celkem byly požadovány tři typy rádiových stanic. Ruční pro spojení v rámci skupiny a jako záloha pro komunikaci s letectvem. Tato stanice měla zvládat pásmo VKV a UKV v rozsahu 30 – 512 MHz. Stejný frekvenční rozsah měl být k dispozici i u přenosné

multifrekvenční rádiové stanice s výkonem do 20 W, která byla primárně určena pro komunikaci s letectvem či pro strategické satelitní spojení. Třetí stanicí měla být přenosná stanice pro KV komunikaci, tedy pro spojení s velícími strukturami nebo mezi skupinami na velké vzdálenosti. Obě přenosné stanice měly být umístitelné do vozidla tak, aby bylo jejich výkon několikanásobně zvýšit (pomocí vozidlových zesilovačů).

2. 4. Mobilní pracoviště pro FAC nebo ALO

Čtvrtým subsystémem soupravy MP TACP mělo být vozidlo, určené pro přepravu celé čtyřčlenné skupiny TACP spolu s její výstrojí a výzbrojí. Dále zde měly být umístěny zesilovače pro přenosné radiostanice a místo pro jejich obsluhu. Toto vozidlo mělo také umožnit i logistickou podporu jednotky – zejména dobývání zdrojů pro jednotlivé přístroje.

Vozidlo mělo být koncipováno tak, že mimo skupinu TACP by ji mohl používat i styčný důstojník letectva (ALO). Tento důstojník by byl přidělen k bojovému praporu ze stavu Vzdušných sil AČR (tedy podobně jako celá skupina TACP) a jeho úkolem by byla koordinace součinnosti této jednotky s letectvem. Samotná skupina TACP by pak mohla působit přímo v rámci jeho praporu nebo v jeho předpolí.

Jak je vidět byl celý návrh soupravy MP TACP poměrně komplexní a zahrnoval množství standardů – více jak 15. Pro jejich realizaci bylo tedy nutno patřičně upravit jak mobilní pracoviště, tak přenosný komplet. samotné práce byly zahájeny ihned po podpisu smlouvy a probíhaly v celkem pěti státech (ČR, Francie, SRN, USA a Velká Británie). Testování prvních souprav kompletů začalo v říjnu 2006 a do konce roku byl systém hotový. Dnes jsou první dvě soupravy MP TACP předány k dispozici Vzdušným silám AČR.



Obr. 4 Pohled do interiéru vozidla MP TACP s komunikačními prostředky

3. SOUPRAVA MP TACP A JEJÍ KOMPLETY

Součástí soupravy MP TACP jsou jednotlivé komponenty, které může zařadit do akvizičního, datového či komunikačního subsystému, nebo z nich můžeme vytvořit tři typy kompletů pro různé úkoly a profily nasazení skupiny TACP. První způsob dělení (dle subsystémů) je tradičně označován jako vertikální a požadavky na něj byly popsány v předcházející části. Pro uživatele je důležitější uvažovat o jednotlivých kompletech, z nichž každý zahrnuje prostředky pro akvizici cíle, zpracování dat a komunikaci. Toto dělení soupravy MP TACP se označuje jako horizontální, neboť v každém horizontu / úrovni je k dispozici konkrétní prostředek pro akvizici, zpracování dat a komunikaci. Dle horizontální dělení se souprava MP TACP skládá z osobního akvizičního kompletu, přenosného akvizičního kompletu, přenosného naváděcího kompletu a mobilního pracoviště skupiny TACP.

3. 1. Osobní akviziční komplet (miliPAN)

Předsunutý letecký návodčí (FAC) je voják, který musí během svého výcviku i operačního nasazení zvládnout množství bojových technik. Musí být tedy řádně vycvičen a obdařen potřebnými schopnostmi. Podmínkou uznání jeho kvalifikace je v rámci NATO získání certifikátu STANAG 3797 (Minimum Qualifications for Forward Air Controllers). Jelikož však příslušníci skupin TACP patří ke speciálním silám vojenského letectva, tak je pro ně získání tohoto certifikátu pouze výchozím bodem. Následně si musí osvojit schopnosti činnosti při přímé letecké podpoře (CAS), přímé bojové činnosti (CCO) v různých terénních profilech včetně zastavěných oblastí (MOUT) a komplexního terénu. Mimo podporu bojové činnosti jsou cvičeni i ve zpravodajských aktivitách, včetně operací typu IMINT a HUMINT. Pro takového vojáka jsou technické prostředky především podporou a nikoliv cílem. I když mu speci-

ální vybavení poskytuje nemalé možnosti, tak musí být schopen vykonávat svoji činnost i s pouhou mapou, buzolou a prostředkem pro komunikaci, kterou je nejčastěji radiostanice.

Nemalý význam má tedy v rámci soupravy MP TACP dodané osobní vybavení, které zahrnuje ruční rádiovou stanici AN/PRC-148 nebo PRC-6809 (obě patří do řady stanic MBITR), laserový značkovací cíl GCP-2B a infračervený maják TacAIR. Všechny tyto přístroje slouží ke koordinaci činnosti s letectvem tak, aby ji mohl dělat každý příslušník skupiny TACP. Infračervený maják se používá k označení pozice v nočních podmínkách. Jeho vyzářování je viditelné shora osobními noktovizními přístroji, tedy i noktovizními pilotními brýlemi (NVG). Pomocí majáku může být označena vlastní pozice nebo jiný cíl. Podobně, taktéž v noci, může návodčí použít k označení cíle i laserový značkovací GCP-2B. Toto se nejčastěji používá při přímé bojové činnosti, kdy jsou protivníci v kontaktu a síly jsou promíchány. Značkovací GCP-2B může být používán jako ruční nebo může být rektifikován s osobní zbraní (automatickou puškou) a mimo označení cíle může sloužit i k zaměřování této zbraně. Funkce značkovací (tečka vyzářená na cíli) je určena právě pro tento účel, pro zvýšení dosahu noktovizorů může být využita funkce osvětlovače (kužel světla) a k označení cíle funkce označovače (spojený mód značkovací a osvětlovače – tečka v kuželu světla). Maják i značkovací vyzářují v blízkém infračerveném spektru – okolo 830 nm.

Ruční rádiové stanice řady MBITR představují bojem prověřený standard pro komunikaci uvnitř i vně skupiny TACP. I když jsou na trhu pouze pět let, tak jich bylo vyrobeno již přes 80 000 ks a představují standard pro komunikaci speciálních jednotek států NATO a ABCA. Stanice MBITR jsou multifrekvenční a umožňují komunikaci v rozsahu 30 – 512 MHz. Mimo volné frekvence mohou ve verzi AN/PRC-148 používat i vlnové formy SINCGARS (VKV FM), HaveQuick I/II (UKV AM) a ANDVT (UKV FM).

Lze je s omezením použít i pro satelitní komunikaci přes družice UFO. Pro šifrování komunikace lze použít COMSEC US Type 1 nebo DES (Type 3). Stanici AN/PRC-148 lze používat i pro datové přenosy z terminálu LT-450R s modemem PCIDM, a to v pásmu VKV (30–90 MHz) a UKV (90–512 MHz).

Mimo tyto přístroje se předpokládá, že každý člen skupiny TACP má k dispozici i osobní přístroj nočního vidění – noktovizní monokulár (MNVD) nebo brýle nočního vidění (NVG). V AČR jsou používány především přístroje řady KLÁRA, které plně vyhovují soudobým požadavkům. Je však třeba dbát na to, aby byly tyto prostředky vybaveny moderními mikrokanálovými zesilovači jasu (min. třídy XD-4). Podobný důraz je třeba dbát i na ostatní výstroj a výzbroj.

3. 2. Přenosný akviziční komplet (attoPAN)

Přenosný akviziční komplet (vývojové označení attoPAN) je určen k pozorování bojiště a akvizici cílů na něm, a to ve dne i v noci do vzdálenosti 5 000 – 10 000 m (dle povahy a velikosti cíle). Jeho základem je přenosná akviziční jednotka Nestor a centrem přenosný datový terminál LT-450R třídy z odolněný subnotebook. Společné nasazení obou komponent umožňuje provádět akvizici cílů dle standardů NATO na digitalizovaném bojišti, a to především ve prospěch konvenční a pomocí signálu GPS naváděné munice. Pro zvýšení přesnosti systému nebo při jeho nasazení v podmínkách elektronického boje je možno tyto dvě komponenty doplnit ručním přijímačem GPS typu AN/PSN-13 DAGR.

Přenosná akviziční jednotka Nestor je přístrojem, který v jednom kompaktním těle o hmotnosti 4,5 kg integruje optický dalekohled 7x42, chlazenou termovizní kameru řady Attica, laserový dálkoměr typu Nd:YAG s pro lidský zrak bezpečnou vlnovou délkou 1,55 μm , digitální kompas a přijímač navigačního signálu GPS v kódu C/A. Pomocí stisku jediného tlačítka tak může jednotka Nestor určit souřadnice cíle ve formátu UTM. Tyto souřadnice může operátor odečíst z displeje jednotky nebo je po kabelu i bezdrátově (pomocí malého externího vysílače Bluetooth) předat do datového terminálu, respektive do akvizičního software. Mimo tento kompletní výstup lze zjišťovat prostou vzdálenost cíle, směr cíle a vlastní pozici pozorovatele. Pokud známe přesnou souřadnicovou polohu některých cílů v pozorované oblasti, tak můžeme s využitím jednotky Nestor zjistit i vlastní polohu nebo polohu jiného cíle. Zajímavou funkcí je i možnost provádění korekce zaměření dělostřelectva na základě chybných zásahů.

Významnou součástí přenosného akvizičního kompletu je i akviziční software MilX, který je instalován na uvedeném datovém terminálu. Tento software umožňuje nejen práci s digitalizovanou mapou (včetně formátu CADRG) či ortomapou a jeho součástí je uživatelské rozhraní AMPGUI pro ovládání datového modemu PCIDM umístěného v terminálu. Kombinace tohoto softwaru a modemu umožňuje generovat a posílat standardizované zprávy ve formátech AFAPD, IDL, MTS a TACFIRE, nebo používat datové komunikační protokoly MIL-STD-188-220B pro taktický Internet (pásmo VKV FM) a MIL-STD-188-184 pro satelitní a přímé spojení (pásmo UKV FM).

Získané či v datovém terminálu generované informace mohou být odeslány pomocí některé z taktických rádiových stanic ve frekvenčním rozsahu 1,6–512 MHz. V rámci soupravy MP TACP jsou nyní pro tento účel k dispozici následující rádiové stanice, a to včetně výcvikové / vozidlové varianty: AN/PRC-150(C) (RF-5800H-MP / AN/VRC-104), AN/PRC-117F (RF-5800M-MP / AN/VRC-103) a AN/PRC-148 (PRC-6809 / N/A). Přenosný akviziční komplet lze kombinovat s kteroukoliv z těchto radiostanic. Pro kooperaci s letectvem se používají především stanice AN/PRC-117F a AN/PRC-148, pro průzkumné operace a řízení palby dělostřelectva stanice AN/PRC-150(C), která umožňuje činnost v rozsahu 1,6–60 MHz a pokrývá tedy pásmo KV i VKV. Pomocí operační komunikace v pásmu KV může být skupina TACP v kontaktu s velením. Touto cestou získává rozkazy pro jednotlivé úkoly nebo naopak podává hlášení o průběhu svých aktivit. Taktické pásmo VKV (modulace FM) umožňuje vést komunikaci s ostatními pozemními aliančními



Obr. 5 Přenosný naváděcí komplet (ozářovač DHY-307) s nasazenou přenosnou akviziční jednotkou Nestor

jednotkami nebo koordinovat činnost s aliančním dělostřelectvem. S pomocí protokolu MIL-STD-188-220B a směrování TCP/IP může být skupina TACP zapojena i do prostředí taktického Internetu, kompletu a mobilního pracoviště skupiny TACP.

3. 3. Přenosný naváděcí komplet (pikoPAN)

Přenosný naváděcí komplet (vývojové označení pikoPAN) je určen k akvizici cílů a k navádění laserem řízené munice na vybrané cíle. Laserové navádění je v rámci AČR poměrně novým prvkem, ale v rámci sil NATO se používá stále častěji, a to nejen na operačním (bojové letouny, houfnice ráže 155 mm), ale i taktickém stupni (bitevní vrtulníky, minomety). Nyní se laserem naváděná munice užívá i na bezpilotních prostředcích (UAV) operační (např. UAV Predator se střelami Hellfire) a taktické (např. UAV Hunter s minicí BAT) úrovně. Vyvíjena je i nová kategorie tzv. síťových střel (NetFires) s dostřelem až 50–70 km nebo nové autonomní minomety (např. Dragoon) a laserem naváděnou municí (např. PGMM). Všechny tyto stávající i nové zbraňové systémy poskytují předem nastaveným leteckým návodčím značnou autonomii a velkou palebnou sílu. Význam skupin TACP s FAC tak stále roste.

Navádět laserem řízenou municí umožňují předem nastaveným návodčím přenosné laserové ozářovače cílů. Tyto optoelektronické jednotky obsahují výkonný laser (nejčastěji Nd:YAG s vlnovou délkou 1,064 μm) s jehož pomocí je na zvoleném cíli vyzářeno energetické pole, které je detekováno a zachyceno naváděcími hlavicemi laserem řízených zbraní. Aby bylo možno navádět na bojišti několik laserem řízených střel či pum současně, tak je vyzářovaný laserový paprsek patřičně kódován / vyslán v přesně daných časových intervalech. Konkrétní časová sekvence (jde řádově o nanosekundy) je pak určena vždy pro konkrétní střelu. Pro lepší orientaci jsou tyto sekvence unifikovány v tzv. naváděcích kódech. Státy NATO používají celkem 488 kódů, rozdělených do dvou pásem, které odpovídají standardu STANAG 3733. Další 200 kódů používá např. ruská armáda a mnohé další státy si vytváří i vlastní národní kódy.

KOMPLETY SOUPRAVY VULCAN (MP TACP)

osobní akviziční
komplet **miliPAN**



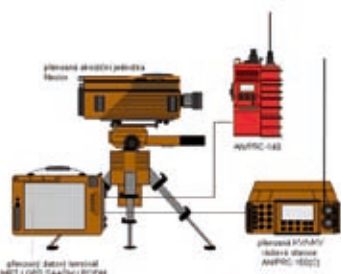
Osobní akviziční komplet **miliPAN** umožňuje každému příslušníku skupiny MP TACP navádět palebnou podporu letectva v přímém boji (CCO). Dále podporuje jeho situační vědomí a činnost v nočních podmínkách. Celý komplet je umístěn přímo na taktické vestě nebo částečně i na osobní zbrani (automatické pušce).

ruční akviziční
komplet **mikroPAN**



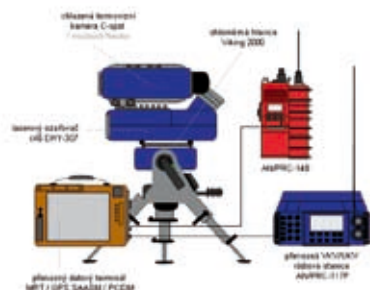
Ruční akviziční komplet **mikroPAN** je určen pro velitele skupin TACP i LRRU. Je vhodný pro rychlou akvizici cíle, a to jak při CCO, tak při CAS. Současně také podporuje vojskové zpravodajství typu HUMINT / IMINT a situační vědomí malé jednotky (SUO/SAS). Celý komplet je přenášen v taktickém batohu BFM.

přenosný akviziční
komplet **attoPAN**



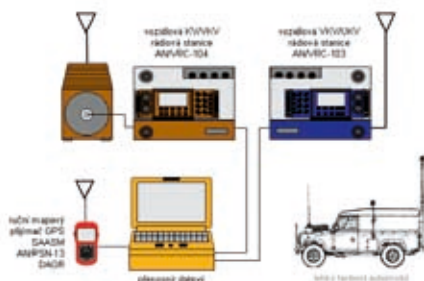
Přenosný akviziční komplet **attoPAN** je určen pro průzkumné operace sesednutých skupin LRRU. V rámci operační jednotky ISTAR jej mohou používat i skupiny TACP, a to jak celek, tak samotnou přenosnou akviziční jednotku Nestor. Jednotlivé komponenty kompletu jsou uloženy ve čtyřech taktických batohách BFM.

přenosný naváděcí
komplet **pikoPAN**



Přenosný naváděcí komplet **pikoPAN** slouží primárně k navádění laserem řízené munice na cíl. Lze jej však použít i k akvizici cílů na velké vzdálenosti. Je určen pro skupiny TACP a jeho jednotlivé části jsou uloženy ve 2 - 4 taktických batohách BFM.

mobilní pracoviště
TACP (femtoPAN)



Mobilní pracoviště **MP TACP** je určeno k řízení a velení činnosti skupin TACP a LRRU. Mohou je používat jednotlivé skupiny nebo může být součástí mobilních míst velení roty, praporu a brigády (v tomto případě jej ovládá styčný důstojník ALO nebo S-2). Pracoviště je umístěno na vozidle Land Rover a umožňuje i přepravu skupin a jejich vybavení.



Obr. 6 rozložené výnosné komplety soupravy MP TACP připravené k použití

Laserové ozařovače cílů států NATO tak musí být kompatibilní se standardem STANAG 3733, ale neškodí, když mohou používat i jiné typy naváděcích kódů. Důležitým faktorem ozařovače je také co největší stabilita paprsku a jeho nejmenší divergence. Nezanedbatelným faktorem není ani rozsah operačních teplot či doba po kterou může být ozařovač v provozu. Z tohoto pohledu je klíčové především jeho chlazení. Nejčastěji používané přenosné ozařovače jsou chlazeny vzduchem. To snižuje stabilitu paprsku (při chlazení dochází k třepání) a snižuje či dokonce znemožňuje ozařování v teplém až horkém klimatu. Mnohem výhodnější je tedy kapalinové chlazení, nicméně ním vybavené ozařovače jsou zase často velmi těžké a rozměrné. Pro soupravu MP TACP a přenosný naváděcí komplet byl nakonec vybrán laserový ozařovač cílů DHY-307, který v sobě splňuje výhody obou skupin.

Laserový ozařovač cílů DHY-307, který je hlavní komponentou přenosného naváděcího kompletu, je malý výkonný přístroj s kapalinovým chlazením, který patří k nejmodernějším konstrukcím svého druhu. Je jej možno používat v teplotním rozsahu - 40 °C až +50 °C, a to kontinuálně až po dobu min.10 minut. Pro srovnání – stejně velký a v armádách NATO používaný ozařovač GLTD II má rozsah operačních teplot - 30 °C až +40 °C a kontinuálně může být v provozu pouze dvě minuty a poté musí být delší dobu chlazen. Na tomto příkladu lze vidět zásadní rozdíl mezi kapalinovým a vzduchovým chlazením ozařovačů. Rozměry ozařovače odpovídají rozměrům přenosné rádiové stanice AN/PRC-117F, která je rovněž součástí soupravy, a je považována za základní komunikační prostředek jednotek TACP. Design ozařovače DHY-307 tak zohledňuje zaměnitelnost obou komponent v rámci nosných systémů skupiny. Ozařovač i radiostanice mohou navíc používat ke svému napájení stejný typ zdroje – LiION akumulátor BB-2590/U.

Paměť ozařovače DHY-307 umožňuje pojmout až 800 kódů a je kompatibilní se všemi kódy NATO i Ruska a navíc je možno používat i okolo 100 vlastních uživatelských kódů. Naváděcí kódy nejsou umístěny přímo v ozařovači, ale v malé externí ovládací jednotce RCU. Toto řešení přispívá k bezpečnosti jeho užití. Bez připojené jednotky RCU a externího zdroje je ozařovač nefunkční. V případě ohrožení obsluhy ozařovače může 8 kg těžký ozařovač

ponechat na místě a s sebou vzít pouze 400 g vážící jednotku RCU s citlivými naváděcími kódy. Součástí ozařovače DHY-307 je i laserový dálkoměr a optický dalekohled se zvětšením 7x. Laserový dálkoměr umožňuje měřit vzdálenosti až do 20 km. Pro lepší stabilitu při ozařování či měření vzdáleností je možno ozařovač umístit i na úhломěrnou hlavici Viking 200.

Kombinaci ozařovače DHY-307 a úhломěrné hlavičky Viking 2000 lze používat i jako akviziční systém. Ozařovač je schopen určit vzdálenost a hlavička pomocí vestavěného digitálního kompasu směr cíle. Pokud je k hlavičce připojen i přijímač GPS (např. v soupravě obsažený AN/PSN-13 DAGR), tak je její vnitřní počítač schopen vypočítat i souřadnicovou polohu cíle. Pokud externí GPS připojena není, tak může hlavička získané informace o dálce a směru cíle odeslat do datového terminálu, který pomocí vestavěné nebo externí GPS (pro tento účel je v soupravě ruční přijímač GPSmap 60CSx) rovněž určí souřadnicovou polohu cíle. V soupravě použitý datový terminál LT-450R a akviziční software MilX jsou plně kompatibilní s úhломěrnou hlavičkou Viking 2000. Za denních podmínek lze takto provádět akvizici cílů až na vzdálenost 20 km. V noci je třeba k ozařovači připojit příslušný noční pozorovací přístroj. Pro tento účel je ozařovač vybaven dvěma mechanickými rozhraními. Menší rozhraní dle standardu MIL-STD-1913 umožňuje použít afokální předsádku KN 250, která je součástí soupravy ALENA. Větší rozhraní typu SMART je určeno pro připojení termovizní kamery, tedy především pro akviziční jednotku Nestor z přenosného akvizičního kompletu. Pomocí termovizní větve jednotky Nestor je možno provádět pomocí přenosného naváděcího kompletu i ozařování a akvizici cílů v nočních podmínkách – dosah je v tomto případě limitován především dosahem termovizní kamery.

Přenosný naváděcí komplet lze tedy propojit s datovým terminálem LT-450R stejně jako přenosný akviziční komplet. Pomocí softwaru MilX a modemu PCIDM lze vytvářet standardizované zprávy, včetně žádostí o přímou palebnou podporu typu CAS (nejčastěji 9-line CAS) ve formátech AFAPD, IDL,MTS a VMF, které používá většina moderních bojových letounů a bitevních vrtulníků armád NATO. Naváděcí komplet attoPAN je tak součástí digitalizovaného bojiště a klíčovou komponentou řízení palebné

podpory letectva. Pro tento účel jsou data z terminálu odesílána nejčastěji pomocí přenosné rádiové stanice AN/PRC-117F. Ta umožňuje komunikaci s letectvem dle NATO standardu HaveQuick I/II (pásmo UKV AM) nebo přímé spojení DAMA (pásmo UKV FM), využívané pro rychlé datové přenosy mezi jednotkami nebo k satelitní komunikaci. Satelitní spojení v pásmu UKV FM lze považovat především za strategickou komunikaci, a to nejčastěji s aliančními místy velení. Stanice AN/PRC-117F může být použita ve vojenských satelitních komunikačních systémech UFO (USA), SkyNet 5 (Velká Británie) a Itálie.

3. 4. Mobilní pracoviště MP TACP na vozidle Land Rover

Posledním kompletem, či spíše pracovištěm, je v rámci soupravy MP TACP lehký terénní automobil, speciálně upravený a vybavený pro potřeby jedné čtyřčlenné skupiny TACP. Při jeho vývoji a výrobě vycházel VTÚL a PVO ze svých zkušeností s vozidly RAL a ALENA. Základem je vozidlo Land Rover Defender 110 s vznětovým motorem v provedení Space Wagon. Vozidlo má zesílený podvozek a zvýšenou nosnost. V korbě vozidla bylo vytvořeno spojovací pracoviště a místo pro uložení batohů s výnosnými komplety soupravy MP TACP i pro polní batohy vojáků.

Komunikační subsystém vozidla zahrnuje vozidlové zesilovače pro přenosné rádiové stanice a anténní systém umožňující komunikaci v rozsahu 1,6 – 512 MHz. Pro KV/VKV rádiovou stanici AN/PRC-150(C) nebo RF-5800H-MP je instalována příslušná verze 150W zesilovače RF-5833H. Pro KV spojení je v zadní části vozidla k dispozici úchyt pro prutovou anténu SB-16. Tuto anténu lze použít i pro NVIS spojení, tedy pro KV komunikaci v rozsahu 0 – 500 km, pro její směřování je k dispozici nylonový úchyt k vozidlu. VKV/UKV rádiovou stanici AN/PRC-117F nebo RF-5800M-MP je možno ve vozidle umístit do vozidlového zesilovače řady RF-5800M-VAU, který je napojen na dva typy antén, umístěných na předních blatnicích automobilu. Anténa RF-387 je určena pro VKV spojení v rozsahu 30 – 90 MHz s výkonem až 50 W. Anténa RF-390 slouží ke komunikaci v pásmu VKV i UKV v rozsahu 90 – 512 MHz. Pomocí tohoto zesilovače lze vést komunikaci země – vzduch v pásmu UKV a modulací AM až s výkonem 20 W. Ve vozidle je rovněž umístěna i skládací satelitní anténa RF-3080 (známa také jako „deštník“). Tuto anténu lze používat jak s přenosnou radiostanicí AN/PRC-117F, tak s vozidlovým zesilovačem řady RF-5800M-VAU, když je v něm tato stanice umístěna.

Významnou součástí vozidla MP TACP jsou i v něm uložené prostředky logistické podpory. Mimo nářadí a příslušenství vozidla k nim patří především přenosné nabíječe zdrojů. Pro nabíjení LiION akumulátorů přenosných radiostanic a akumulátoru pro laserový ozařovač slouží kufříkový nabíječ PP-8490/ s až osmi pozicemi pro různé typy zdrojů. Ten je umístěn pod lavičí pro polní batohy. Dále do vozidla je pod touto lavičí i druhý kufr s dokumentací a dalšími nabíječi (pro jednotku Nestor, stanice MBITR) a primárními zdroji.

Vozidlo MP TACP má velmi dobrou průchodnost terénem. Mimo přepravu skupiny TACP může být použito i jako štábní vozidlo pro styčného důstojníka letectva (ALO), který by měl být v budoucnu k dispozici u každého bojového praporu. Jeden z operačních scénářů předpokládá, že jednotka TACP bude s výnosnými komplety nasazena v předpolí nebo v sestavě bojové jednotky a styčný důstojník ALO bude její činnost koordinovat právě z tohoto vozidla, které bude součástí mobilního místa velení.

4. DALŠÍ MOŽNÝ VÝVOJ SOUPRAVY MP TACP – PROJEKT VULCAN

Koncepce dodaných souprav MP TACP je výsledkem dlouhých diskusí mezi uživatelem a dodavateli. Během těchto rozhovorů byly posuzovány různé varianty řešení soupravy, použití konkrétních komponent i směry dalšího vývoje. Tento dialog pokračoval i během vývoje, výroby a testování souprav MP TACP. Poměrně dlouhý čas zkoušek (říjen 2006 až březen 2007) umožnil oběma stranám podrobné seznámení se s problematikou. Nemálo poznatků vneslo do této diskuse i speciální síly, které při své bojové

misí v Afghánistánu v roce 2006 používaly komplety VOJÁK 21 a komponenty kompletu pikoPAN. Výsledkem bylo poznání, že pro úplné zabezpečení činnosti skupin TACP je třeba v rámci soupravy MP TACP provést dílčí rozšíření a nově zavést ruční akviziční komplet.

4. 1. Doplnění osobního akvizičního kompletu

Voják – návodčí je základ jednotky TACP. Tento důraz na jednotlivce není zanedbatelný, a proto by každý příslušník skupiny měl mít k dispozici osobní akviziční komplet, který by mu umožnil provádět hlasové a v omezené míře i datové navádění letectva. Mimo ruční rádiovou stanici by tak součástí takového kompletu měl být i osobní datový terminál typu PDA. Nově existuje i speciální verze software MilX (nazvaná PocketMilX) určená pro PDA, a proto po technické stránce nic nebrání tomu, aby byl každý voják vybaven setem PDA – ruční multifrekvenční radiostanicí. Mimo akviziční software je možno uvažovat i o vybavení terminálu situačním software kompatibilním s armádami NATO. Mezi nejrozšířenější patří software C2CE-CNR, které používají americké a britské jednotky, tedy síly se kterými čeští TACP cvičí a bojují nejčastěji.

Software C2CE-CNR umožňuje každému návodčímu používat digitální mapu a ortomapu, provádět navigaci ve formátech Lat/Long, UTM a MGRS, přijímat a odesílat standardizované zprávy ve formátu VMF, včetně žádostí o palebnou a zdravotnickou podporu. Software podporuje přímé propojení s novou ruční rádiovou stanicí AN/PRC-152, kterou lze v osobním kompletu použít místo typu AN/PRC-148 (ten by měl dále najít své uplatnění u ručního akvizičního kompletu).

Ruční rádiovou stanici AN/PRC-152 lze s nadsázkou považovat za značně zmenšenou, ale pouze méně výkonnou (5W proti 10–20 W) obměněnou stanici AN/PRC-117F. Tato stanice s frekvenčním rozsahem 30 – 512 MHz umožňuje používat vlnové formy SINC-GARS, HaveQuick I/II, ANDVT i DAMA. Pro šifrování se používá COMSEC US Type 1. Podobně jako její větší sestra AN/PRC-117F má vestavěný přijímač GPS, což podporuje systémy situačního vědomí (např. software C2CE-CNR) a stanice také umožňuje TCP/IP směřování v taktických sítích (včetně normy MIL-STD-188-220B). Vestavěný modem umožňuje datové přenosy až teoretickou rychlostí 16 kbps. Stanice AN/PRC-152 se pomalu stává novým standardem v komunitě leteckých návodčích států NATO a měla by zajišťovat komunikaci jak uvnitř tak vně skupiny TACP. Výhodou pro její použití na území ČR a v AČR je i její schopnost provozu v COMSEC Citadel, který mohou používat i přenosné stanice AN/PRC-150(C) a AN/PRC-117F. Pro komplexní komunikační systém uvnitř i vně skupiny tak lze použít jeden TRANSEC / COMSEC, nezávislý US Type +, což zjednodušuje výcvik.

Mimo datový terminál RF-3587 se softwarem C2CE-CNR, který je propojen se stanicí AN/PRC-152, tvoří osobní akviziční komplet FAC také osobní noktovizní přístroj řady KLÁRA, laserový značkovač GCP-2B a infračervený maják TacAIR. Jde tedy o již používané komponenty, které je třeba jen doplnit na počet příslušníků jednotky, a to v příslušném rozsahu a kvalitě (odpovídající MKZJO u noktovizorů). Každý z příslušníků jednotky TACP by měl mít i osobní ochranné prostředky zraku. Jde o bojové (Profile TurboFan) a taktické brýle (ICE), které mohou být opatřeny zorníky s ochrannou proti nebezpečnému laserovému záření, jehož zdrojem jsou ozařovače a značkovače. zákaznické řešení pro soupravu MP TACP poskytuje ochranu ve vlnové délce 830 nm s densitou 4 a ve vlnové délce 1 064 nm s densitou 6. Posledním osobním systémem je taktický batoh BFM s integrovaným pitným systémem, ve kterém jsou nesené komponenty jednotlivých akvizičních a naváděcích systémů.

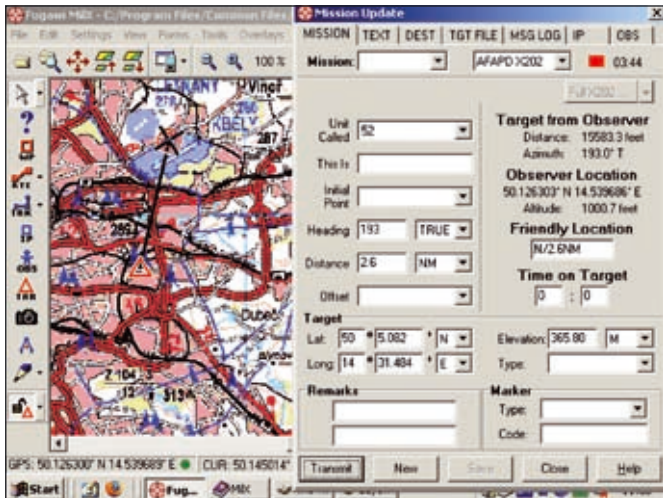
4. 2. Ruční akviziční komplet

Jedním z nejdůležitějších poznatků ze zkoušek soupravy MP TACP a z nasazení speciálních sil v Afghánistánu je potřeba malého akvizičního kompletu, který by mohl obsluhovat jediný voják a jenž by byl při nasazení okamžitě k dispozici. Přenosný

SYSTÉMOVÁ MATICE SOUPRAVY VULCAN (MP TACP)

kompletní souprava pro akvizici cílů a navádění laserem řízené munice

TYP KOMPLETU	osobní akviziční komplet	ruční akviziční komplet	přenosný akviziční komplet	přenosný naváděcí komplet	mobilní pracoviště TACP
AKVIZIČNÍ SUBSYSTÉM	laserový značkovač	ruční akviziční jednotka	přenosná akviziční jednotka	přenosný laserový ozařovač	-
- typ systému:	GCP-2B	OPUS-H	Nestor	DHY-307	-
- denní optická větev:	-	7x3	7x42	7x42	-
- noční optická větev:	brýle nočního vidění řady KLÁRA	nechlazená termovizní kamera	chlazená termovizní kamera	nízkoúrovňová CCD kamera C-Spot	-
- spektrální oblast noční větve:	830 nm	7 – 12 μm	3 – 5 μm	1 064 nm	-
- laser:	značkovač 830 nm	dálkoměr Nd:YAG s OPO	dálkoměr Nd:YAG s OPO	ozařovač / dálkoměr Nd:YAG	-
- digitální kompas:	-	ano	ano	Viking 2000	-
- typ přijímače GPS:	-	C/A	C/A	C/A	P/Y SAASM AN/PSN-13 DAGR
Efektivní dosah (den / noc): cíl typu „tank“	- / 1 km	20 km / 2 km	10 km / 5 km	5 km / 5 km	-
DATOVÝ SUBSYSTÉM	osobní datový terminál (PDA)	ruční konvertibilní tablet (UMPC)	přenosný datový terminál (tablet)		zodolněný notebook
- typ systému:	RF-3587	CF-19	MRT		CF-30
- velikost displeje:	3,5"	10,4"	10,4"		13,3"
- akviziční software:	PocketMilX	MilX			
- zpravodajský software:	C2CE-CNR	C2PC-CNR	-		C2PC-CNR
- typ přijímače GPS:	-	-	P/Y SAASM		-
- integrovaný datový modem:	-	PC Card PCIDM			
KOMUNIKAČNÍ SUBSYSTÉM	ruční VKV/UKV rádiová stanice	ruční rádiová VKV/UKV stanice se zesilovačem	přenosná KV/VKV rádiová stanice	přenosná VKV/UKV rádiová stanice	vozidlové zesilovače
- typ systému:	AN/PRC-152	AN/PRC-148 MA 7035	AN/PRC-150(C)	AN/PRC-117F	AN/VRC-104 AN/VRC-103
- frekvenční rozsah:	30 – 512 MHz	30 – 512 MHz	1,6 – 60 MHz	30 – 512 MHz	1,6 – 512 MHz
- max. výkon stanice:	5 W	5 W (20 W)	20 W	20 W	150 W / 50 W
- forma ALE-3G (KV):	-	-	ano	-	ano
- forma SINGARS (VKV FM):	ano	ano	ano	ano	ano
- forma HaveQuick I/II (UKV AM):	ano	ano	-		
- forma ANDVT (UKV FM):	ano	ano	ano	ano	ano
- forma DAMA (UKV FM) / SATCOM:	ano	částečně	-	ano	ano
COMSEC:	US Type 1				
Vývojové označení	miliPAN	mikroPAN	attoPAN	pikoPAN	femtoPAN
počet členů obsluhy	1	1 - 2	3	4	1 - 2
Max. hmotnost kompletu:	4 kg	15 kg	30 kg	40 kg	3 500 kg



Obr. 7 Screenshot akvizičního programu MilX s rozhraním AMPGUI

akviziční komplet (attoPAN) je sice výkonný, ale jeho příprava pro nasazení je poměrně dlouhá (5 – 10 minut, omezující je především příprava stanoviště a doba chlazení termovizního senzoru). Situaci neřeší ani začlenění laserových dalekoměrů řady Vector, známých z automobilu ALENA nebo kompletu VOJÁK 21. Důvodem je skutečnost, že dalekoměry Vector používají polovodičové lasery, které mají např. v afghánských podmínkách poměrně nízký výkon. Toto zjištění učinily i ostatní armády NATO – např. US Army, která patří k největším uživatelům dalekoměru Vector.

Řešením je tedy použití výkonných ručních laserových dalekoměrů typu Erbium nebo Nd:YAG s technologií RAMAN nebo OPO. Především posledně jmenovaný typ laseru (Nd:YAG s OPO) je nadějnou technologií, neboť ve srovnání s oběma ostatními je výrobně jednodušší a poskytuje dostatečný výkon pro opakovaná měření (jedno měření za sekundu vůči jednomu měření za 6 sekund u laseru typu Erbium). Technologie RAMAN nebo OPO se u Nd:YAG laserů používají pro posunutí vlnové délky laseru z pro oko nebezpečných 1 064 nm (standardní vyzařování laseru Nd:YAG) na bezpečných 1 540 nm. S jejich pomocí je tak možno změnit nebezpečný laser IV. třídy (standardní Nd:YAG) na pro oko přijatelný laser IIIA. třídy (Nd:YAG s RAMAN) či dokonce zcela bezpečný laser I. třídy (Nd:YAG s OPO). Z těchto důvodů Američané nahrazují dosud používané ruční laserové dalekoměry AN/PVS-6 MELIOS (Nd:YAG s RAMAN) a řady Vector (polovodičové lasery) poměrně novým typem Mark VII s technologií Nd:YAG s OPO.

Ruční laserový dalekoměr Mark VII však není jen dalekoměr, ale spíše jednoduchá akviziční jednotka. Mimo laserový dalekoměr obsahuje i optický dalekohled 7x18, noktovizní pozorovací přístroj 4x50 a digitální kompas. Pro jeho změnu na plnohodnotnou ruční akviziční jednotku byl zahájen program TALON, jehož výsledkem má být ruční akviziční jednotka Mark VIII. Ta mimo dalekoměru, pozorovacího dalekohledu a digitálního dalekoměru zahrnuje i nechlazený termovizní přístroj a přijímač družicové navigace GPS s funkcí SAASM. Kvůli oběma novým technologiím je však tento systém z USA exportovatelný, a to i pro spojence z řad armád NATO. Vývoj obdobného systému však byl zahájen i u společnosti Zeiss, která v tomto úzce spolupracuje se společností PRAMACOM-HT. Výsledkem má být ruční akviziční jednotka OPUS-H, která by mohla být základem ručního akvizičního kompletu. Výhodou je i to, že používá stejná mechanická a elektrická rozhraní jako její větší sourozec Nestor. To zjednodušuje výcvik, logistiku i servis.

Ruční akviziční jednotka OPUS-H integruje v jednom kompaktním těle s hmotností do 2,5 kg optický dalekohled 7x35, nechlazenou termovizní kameru s rozlišením 640x480, laserový dalekoměr Nd:YAG s OPO, digitální kompas a přijímač GPS typu C/A. Ve dne

lze vzdálenosti měřit až na dálku 20 km, v noci je efektivní dosah podmíněn výkonem nechlazené termovizní kamery – tank je možno detekovat až na 5 000 m, osobu na 2 000 m (vzdálenosti pro rozpoznání jsou přibližně poloviční). Ve srovnání s jednotkou Nestor jde o poloviční hodnoty, ale na rozdíl od ní je OPUS-H připraven pro pozorování v noci takřka okamžitě (do 30 s) a jeho provoz je zcela bezhlučný. OPUS-H umožňuje i ruční vzdálenosti – typicky lze provést ruční měření až do 5 km, pro delší vzdálenosti by měl být umístěn na stativ či trojnožku. OPUS-H lze rovněž upevnit na ozařovač DHY-307, a to na stejný úchyt jako Nestor.

I když lze pro ruční akviziční komplet využít datový terminál typu PDA z kompletu osobního, tak se jako výhodnější jeví použití rozměrnějšího terminálu typu UMPC nebo konvertibilního tabletu. Výhodnější se jeví druhá varianta, a to zejména s ohledem na použití systému nejen pro akviziční, ale i zpravodajské úkoly (HUMINT, IMINT). Použití rozměrnějšího terminálu je výhodné zejména s ohledem na výkon jednotky OPUS-H (dosah dalekoměru), neboť výsledky měření jsou lépe čitelné na větším displeji (LCD s úhlopříčkou min. 7"). Tento terminál by měl být rovněž typu PC, aby mohl lépe používat datový modem PCIDM. Disponoval by tedy podobnými schopnostmi jako již popsany typ LT-450R a navíc by na něm byl instalován i situační software C2PC-CNR s jehož pomocí by bylo možno řídit terminály PDA se software C2CE-CNR. I toto by podporovalo nejen akviziční, ale i zpravodajské zaměření ručního akvizičního kompletu.

Pro distribuci dat lze v ručním akvizičním kompletu používat všechny dosud zmíněné rádiové stanice. Pozornost by však měla být soustředěna na typ AN/PRC-148, který lze rozšířit o přenosný zesilovač MA7035 s výkonem 20W. Jeho využití umožňují lepší rozložení komponent a hmotností v rámci čtyřčlenné skupiny TACP. Velitel stanice (spojář) může totiž při sesednutém nasazení nést pouze jednu z přenosných rádiových stanic, a to AN/PRC-150(C) nebo AN/PRC-117F. Z hmotnostních a rozměrových důvodů nést obě stanice současně nemůže, a proto se jeví jako ideální současné nesení přenosné KV/VKV rádiové stanice AN/PRC-150(C) a ruční rádiové stanice AN/PRC-148 se zesilovačem MA7035.

Ruční akviziční komplet (vývojové označení mikroPAN) tedy zahrnuje ruční akviziční jednotku OPUS-H, ruční datový terminál UMPC / tablet s modemem PCIDM a ruční rádiovou stanici AN/PRC-148 s 20W přenosným zesilovačem MA7035. Může jej obsluhovat jeden člověk nebo může být rozdělen mezi jednotlivé členy skupiny (např. velitele a spojáře). Použití tohoto kompletu je možné nejen pro CAS, ale i pro průzkum a vojskové zpravodajství.

4. 3. Změny v přenosném a naváděcím kompletu

Přenosný a naváděcí komplet soupravy MP TACP představují řešení, které odpovídá počátku 21. století a lze předpokládat, že mohou být bez větších změn používány až do roku 2025. Případné změny se tak dotknou především možných upgrade – větší rozlišení termovizní kamery jednotky Nestor, nový firmware pro všechny komponenty atd. Jedinou komponentou, která bude muset být pro další možné dodávky měněna je tak jen datový terminál. Výroba typu LT-450R byla již ukončena a většina armád přechází na datové terminály typu tablet. v rámci komunity TACP v NATO je používán především tablet typu MRT s integrovaným modemem PCIDM a přijímačem GPS s funkcí SAASM. Jako akviziční software lze i nadále používat program MilX, který se stává v Evropě pomalu stává standardem. Tablet MRT lze použít jak u přenosného akvizičního, tak i přenosného naváděcího kompletu.

Nově lze u naváděcího kompletu také použít speciální kameru pro zaměřování ozařovače přímo po paprsku – to je vhodné zejména v nočních podmínkách. Na trhu existují dva takovéto systémy – termovizní kamera SeeSpot a nízkourovňová kamera C-Spot. Oba typy jsou citlivé v oblasti 1 064 nm, ale používají rozdílné detektory. Nízkourovňový systém C-Spot je však podstatně levnější. Kameru lze umístit přímo na ozařovač na stejné mechanické rozhraní jako jednotku Nestor.



Obr. 8 Celkový pohled na soupravu MP TACP

4. 4. Úprava mobilního pracoviště MP TACP

Mobilní pracoviště MP TACP lze považovat za vyvážené řešení. Lze však uvažovat o jeho rozšíření o datový terminál typu notebook, který by bylo možno využít ke konfiguraci a obsluze jednotlivých součástí soupravy MP TACP. Některé aplikace (programátory rádiových stanic a ozařovače) jsou lépe použitelné na počítačích s větším rozlišením a displejem. Pro podporu velení a řízení může být i tento notebook rozšířen o datový modem PCIDM, akvizitní software MilX a software pro vojenské zpravodajství / situační vědomí C2PC-CNR.

5. ZÁVĚR

Předsunutí letečtí návodčí (FAC) jsou stále důležitější silou na bojišti, a to nejen v rámci speciálních jednotek, ale i přímo na bojišti u pozemních sil. Proto, aby byla AČR schopna dostát svým mezinárodním závazkům a zejména také národní odpovědnosti, tak musí do této oblasti nemálo investovat. Nejde jen o finanční krytí skupin TACP, ale také o správný výběr kádrů, jejich výcvik a motivaci. Bez smysluplného využití předsunutých leteckých návodčích přímo u mechanizovaných jednotek nelze vést efektivní střety se stále početnějším a odhodlanějším nepřítelem. Se skupinou TACP přichází na bojový prapor nebo rotu schopnost disponovat

v reálném čase a dle potřeby palebnou silou aliančního letectva – to je největší síla, kterou mohou sesednutí vojáci malé jednotky použít. Často to také jsou nejničivější konvenční zbraně, které mají armády k dispozici.

Armáda České republiky by tak nejpozději do roku 2012 měla disponovat skupinou TACP u každého bojového praporu (jde o šest bojových praporů). Tento cíl předpokládá dodat všem skupinám TACP příslušný materiál nejpozději do roku 2010, aby mohla být ve zbývajícím čase zabezpečena potřebná úroveň výcviku a připravenosti. V následném období by měly být skupiny TACP dále rozšiřovány na úrovni bojových rot / rotních úkolových uskupeních (RÚU), tedy u jednotek, které lze považovat za nejnižší samostatně nasaditelné útvary.

Z technického hlediska je možno říci, že výše nastíněný projekt VULCAN (do něž patří i souprava MP TACP) je schopen špičkové vybavení skupin TACP české armády minimálně do roku 2020. Přesto je třeba věnovat pozornost dalšímu zdokonalování jednotlivých komponent a kompletů. Stranou by neměly zůstat ani taktické možnosti – důraz by měl být položen především na výcvik součinnosti s perspektivními bezpilotními bojovými letouny a vrtulníky nebo na využití jednotek TACP v rámci vojenského zpravodajství (zejména pro IMINT).

Odhalení, rozpoznání, identifikace

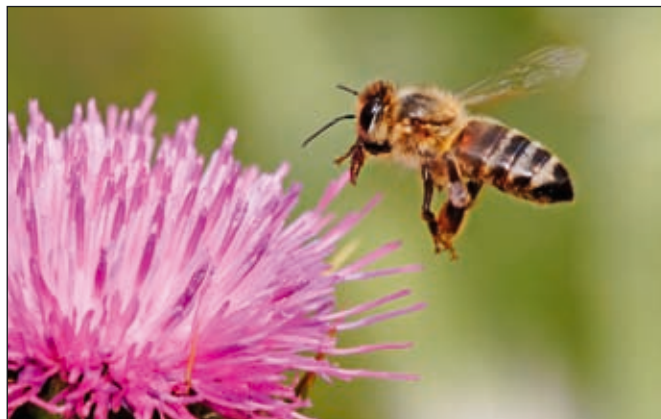
Článek popularizující formou pojednává o principech zobrazení, které se používá při vyhledávání a akvizici cílů specializovanými jednotkami TACP.

Každý živočišný druh disponuje prostředky, které mu umožňují orientaci v prostoru. Úroveň informací o okolních objektech lze zhruba rozdělit do tří stupňů.

Odhalení (Detection) - zjištění, že někde existuje určitý objekt
Rozpoznání (Recognition) - zjištění třídy odhaleného objektu
Identifikace (Identification) - jednoznačné přiřazení rozpoznaného objektu k elementu zjištěné třídy

Čidla, která jsou k uvedeným zjištěním použita, jsou různého typu. Důležitá jsou čidla reagující na elektromagnetické záření, která mimo vlastní rozpoznání umožňují na velkou vzdálenost určit i relativně přesně polohu objektu.

Oči chřestýše (*obr. 1*) jsou jednoduché a neposkytují zdaleka možnosti jako oči člověka. Tento jedovatý noční predátor je ale vybaven i dvěma receptory tepla, které vidíme jako dva důlky mezi očima a jazykem. Tyto receptory zjistí v okolí i teplotní rozdíly $0,003\text{ }^{\circ}\text{C}$ a umožní hadovi lovit i v naprosté tmě [1]. Druhým příkladem je medonosná včela (*obr. 2*) jejíž složené oko je citlivé i na UV záření, které jí usnadní rozlišit květy se sladkým nektarem a nebude ji mást rudými květy vlčích máků, protože červenou barvu oko včely nevidí [2].

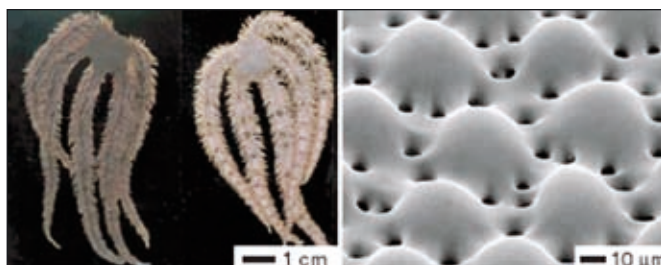


Obr. 2 Medonosná včela vidí i v UV oblasti

Zajímavé jsou i tisíce „očí“ trilobita, či dodnes žijoucí hadice *Ophiocoma wendtii* (*obr. 3*) s čočkou z uhlíkatu vápenatého. Tato anorganická čočka je tvarována tak, že koriguje optické aberace. Oči *Ophiocoma wendtii* jsou biologickou fotonickou strukturou, která



Obr. 1 Termocitlivé jamky chřestýše zjistí teplotní rozdíly $0,003\text{ }^{\circ}\text{C}$



Obr. 3 Mikrooči *Ophiocoma Wendtii* jsou fotonickou strukturou



Obr. 4 Oči ptáků mají 4 typy barvocitlivých čidel

našla uplatnění miliony let před vznikem fotoniky. Svému nositeli umožňují rozlišit blížíci se stín nepřítel a pak změnit barvu a skrýt se [3]. Oko orla (*obr. 4*) je pronikavější než oko člověka. Oči ptáků jsou oproti oku lidskému vybaveny čtyřmi typy barvocitlivých čidel, která pokrývají oblast od blízké ultrafialové oblasti až po červenou [4].

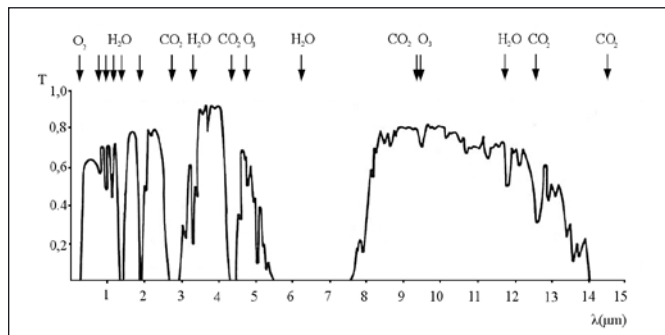
Každý z živočišných druhů je vybaven dary, které mu umožňují žít v prostředí, které je mu vlastní. Lidské oko nemá některé schopnosti, které mají oči jiných živočichů. Jako celek je ale nejdokonalejší ze všech pozemských očí. Roku 1608, kdy se Liperschimu v Holandsku našťestí nepodařilo podat patentovou přihlášku na dalekohled, započala cesta technického vylepšování lidského zraku. Tím byly odstraněny jisté handicapy lidského oka oproti očím jiných živočichů.

Uvedené pojmy: odhalení, rozpoznání, identifikace představují v různých oblastech různé věci. Člověk se může identifikovat podle své fotografie, otisku palce, oční duhovky a když ani to nestačí tak podle DNA. Ve smyslu vojenské terminologie se k těmto pojmům přiřazují jednoznačné kvantitativní údaje, vyjadřující kolik detailů se na pozorovaném a definovaném objektu dá rozpoznat.

1. SPEKTRÁLNÍ PROPUSTNOST OVZDUŠÍ

Pro pozorování na dálku je důležitá spektrální propustnost atmosféry a přítomnost fotonů, které obraz zprostředkují.

Propustnost zemské atmosféry je proměnná a závislá na jejím složení i směru šíření záření. Známý graf podle Hudsona a Gebbieho [7] je uveden na *obr. 5*. Ukazuje spektrální propustnost atmosféry v rozsahu až do 15 μm změřenou na vzdálenost 1828 m ve vodorovném směru nad hladinou moře. Molekuly odpovědné za absorpční pásy jsou uvedeny v horní části grafu. Pro pozorování a měření na větší vzdálenosti je tak prakticky nepoužitelná oblast kolem 1,35 μm , 1,8 μm a celá pásma 2,5 μm až 3 μm a 5 μm až 8 μm . Uvedený graf je typickým příkladem. Propustnost atmosféry je výrazně závislá na stavu ovzduší a rozhodujícím způsobem ovlivňuje možnosti pro odhalení, rozpoznání a identifikaci určitého objektu. Nehledě na uvedenou proměnnost můžeme rozlišit základní spektrální oblasti, které jsou v principu využitelné.

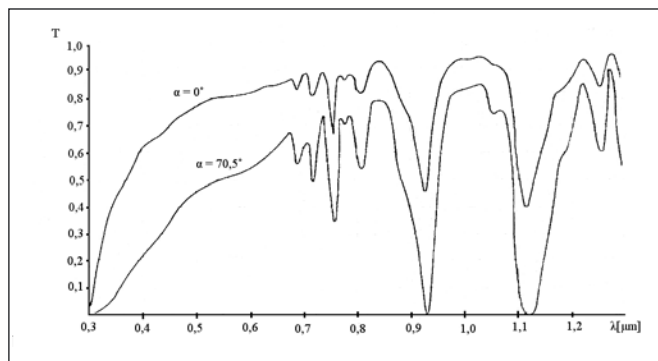


Obr. 5 Spektrální propustnost zemské atmosféry

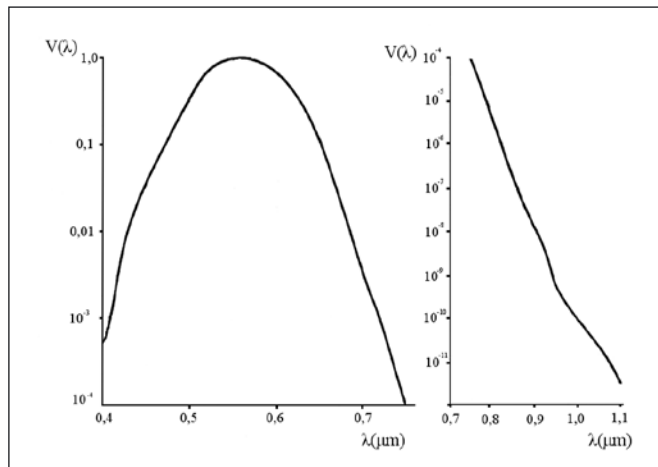
Z hlediska propustnosti atmosféry jsou pro „vidění“ k dispozici v podstatě 4 pásma:

- 0,22 μm – 1,2 μm (UV, VIS a část SWIR),
- 1,4 μm – 2,4 μm , mimo 1,8 μm , (SWIR short wave infrared - krátkovlnné infračervené pásmo)
- 3 μm – 5 μm (MWIR medium wave infrared – středněvlnné infračervené pásmo),
- 8 μm – 15 μm (LWIR long wave infrared – dlouhovlnné infračervené pásmo).

Z hlediska přítomnosti nosičů obrazové informace (fotonů) je důležité pásmo 0,3 μm – 1,2 μm . Na *obr. 6* jsou uvedeny křivky spektrální propustnosti atmosféry měřené od země na vzdálenost 1 km při vlhkosti 60 % a teplotě 25 °C pro různé zenitové úhly [5]. Horní křivka přitom odpovídá měření pro zenitový úhel 0° a dolní křivka pro zenitový úhel 75°. V této oblasti Slunce poskytuje největší hustotu fotonů. Spektrální maximum slunečního vyzařování 0,55 μm je prakticky totožné s maximum citlivosti fotopického vidění lidského oka (*obr. 7*).



Obr. 6 Spektrální propustnost atmosféry v pásmu 0,3 μm – 1,3 μm



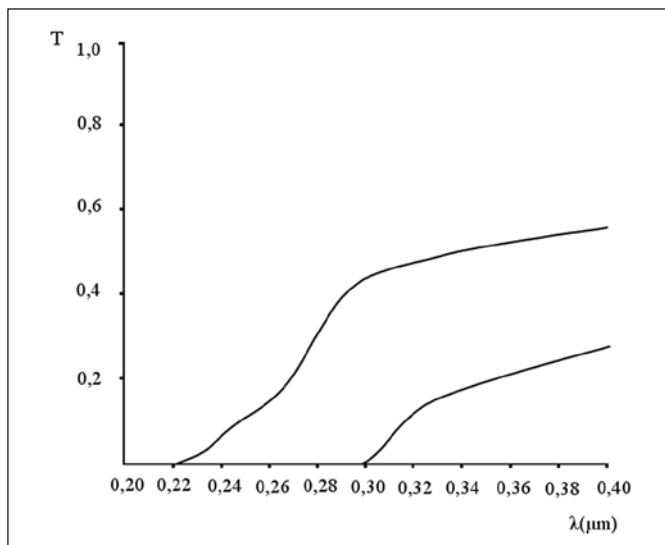
Obr. 7 Spektrální citlivost lidského oka v pásmu 0,4 μm - 1,1 μm

Obr. 7 ve své pravé části zdůrazňuje velký spektrální rozsah citlivosti lidského oka, na který se často zapomíná. Lidské oko je schopno reagovat i na záření delší než 1 μm . Spektrální citlivost oka pro 1,05 μm , je oproti maximum své citlivosti asi o 11 řádů nižší, nicméně to stačí k registraci intenzivního laserového záření Nd:YAG laseru. Lze předpokládat, že pro vlnovou délku 1,15 μm bude odezva oka menší než u kůže, takže záření této a delších vlnových délek bude vnímáno spíše jako teplo než jako světlo v oku. Následkem toho lze předpokládat, že v jistých podmínkách je možno vnímat i takové záření. Nicméně důsledkem může být trvalé poškození zraku.

Ozonová vrstva v horních vrstvách atmosféry Země brání průchodu slunečních paprsků v oblasti 0,22 μm až 0,30 μm , k jejímu povrchu (sluneční slepota). Nicméně v dolních vrstvách je vzduch v tomto pásmu ještě propustný (*obr. 8*).

Absence dostatečného množství fotonů v tomto UV pásmu umožňuje jeho využití pro zobrazení na povrchu Země jen ve speciálních případech. Je zajímavé, že oči much jsou schopny vnímat i v tomto pásmu UV. Musíme věřit, že mouchy nebudou mít příležitost využít této své komparativní výhody vidět v UV, kdyby došlo k rozšíření ozonových děr a ony začaly oproti lidem lépe vidět. Výhoda pozorovat v UV oblasti ve vojně spočívá v okolnosti, že neexistence přirozených zdrojů UV záření zajišťuje dostatečnou „tmu“ v této oblasti a nebude se vyskytovat šum detektorů. Umělé zdroje UV záření jsou pak snadno detekovatelné. Například teplota raketových motorů (2000 K) vytvoří dostatečný zdroj i v UV oblasti (250 - 300 nm), který je možno UV detektorem zachytit i na vzdálenost několika kilometrů i na jasné denní obloze, která je pro UV detektor „černá“.

Na straně druhé umělý zdroj UV záření v oblasti 230 nm nemůže proniknout daleko. Takový zdroj pak lze využít za tmavé noci k osvětlení malé části prostoru, ve kterém s výbavou brýlí umožňujících vidění v UV, lze provádět určité práce bez obav, že by taková činnost byla pozorovatelná z větší vzdálenosti, protože atmosféra záření na větší vzdálenost nepropustí.



Obr. 8 Sluneční slepota v pásmu 0,22 μm - 0,3 μm

Výhodou UV záření vzhledem ke krátkým vlnovým délkám je menší rozptyl na částicích obsažených ve vzduchu. Některé typy mlhy výrazně omezují viditelnost běžných zábleskových majáků, která navádějí letadla. Předběžné testy ukazují, že při vizuální viditelnosti 250 m lze UV zábleskový maják odhalit i na vzdálenost 990 m.

Pro celou oblast spektra 0,3 μm až 1,2 μm je důležité, že pozorované objekty, které se na zemském povrchu vyskytují, v ní vykazují absorpční selektivitu, která je velmi různorodá. To zajišťuje dostatečný barevný kontrast potřebný k jejich rozlišení.

Druhé důležité pásmo dostatečně široké pro přenos obrazové informace je pásmo 8 μm až 15 μm . Toto pásmo odpovídá maximum tepelného záření těles kolem 30 $^{\circ}\text{C}$, tedy teplot, které jsou na zemi nejběžnější. Výhodou tohoto pásma také je, že vodní opar snižuje propustnost tak silně, jak tomu je ve vizuální oblasti (viz obr. 5 – absorpční pásy vody). Zobrazení v tomto pásmu dává schopnost získat nové informace o rozdělení teplot a teplotních rozdílech v pozorovaných objektech, vzhledem k vlastnímu vyzařování těchto objektů. K vlastnímu pozorování není potřeba externí zářivé zdroje (Slunce, Měsíc, hvězdy) ozařující objekty. Záření 8 μm až 15 μm nelze prakticky použít jako ozařovač, protože z hlediska absorpce pozorovaných objektů nejeví dostatečnou variabilní selektivitu.

Alternativně připadá v úvahu i pásmo 3 μm až 5 μm i když z hlediska přítomnosti fotonů to již není nejvýhodnější.

Pásmo 1,4 μm – 2,4 μm je příliš úzké a přerušované absorpčními čarami, než aby mohlo být využito pro přenos obrazové informace. Nicméně laserové monochromatické intenzivní zdroje mohou toto pásmo využívat k různým měřicím účelům.

2. POZOROVÁNÍ PROSTÝM OKEM

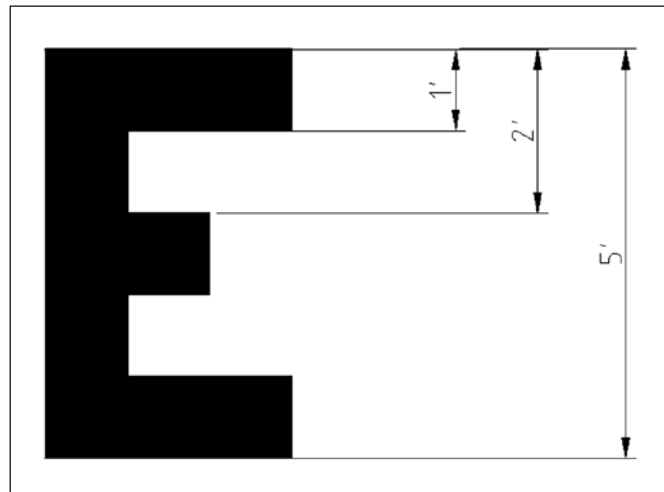
Schopnost oka rozlišit nejmenší detaily vyjadřuje vizuální rozlišovací mez. Vizuální rozlišovací mez se uvádí v úhlových jednotkách (minutách), pod kterými vidíme nejmenší detaily pozorovaného objektu. Převrácená hodnota rozlišovací meze je rozlišovací schopnost.

Pro standardní oko a standardní podmínky pozorování se uvádí rozlišovací mez 1', čemuž odpovídá rozlišovací schopnost 1 (100%). To například znamená, že oko rozliší velké písmeno E, jestliže spojnice vedené z okraje každé čáry písmene E do oka pozorovatele vzájemně svírají úhel 1' (obr. 9). Ve vodorovném směru písmeno E v podstatě tvoří tři vodorovné tmavé čáry oddělené dvěma světlými čarami. Jestliže chceme rozlišovací schopnost 1' vyjádřit v počtu rozlišených čar, pak můžeme říct, že standardní oko rozliší 0,5 páru čar na úhlovou minutu. Párem se rozumí jedna

čára tmavá a jedna bílá. Slovo pár se obvykle v české odborné literatuře vynechává, protože když se mluví o čarách, automaticky musí být čáry spojeny s mezerami. Jestliže pozorujeme bílý papír, na kterém je zapsáno jediné písmeno E, pak abychom písmeno identifikovali, musíme papír umístit do vzdálenosti, ve které by paprsky vycházející z okrajů písmene do oka vzájemně svíraly úhel 5'. Jestliže svírají úhel jen 1' jsme schopni pouze odhalit, že na papíře je nějaký objekt.

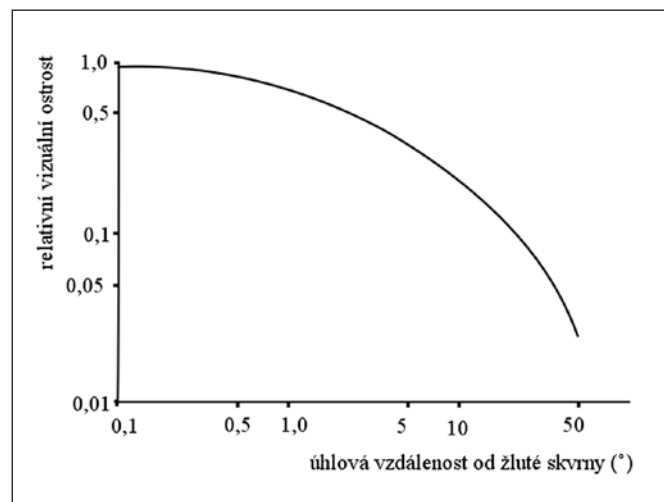
Standardní podmínky jsou idealizované podmínky, které se vyskytují jen mimořádně. Skutečně zjišťované hodnoty rozlišovací meze budou záviset zejména na:

- kontrastu pozorovaného objektu,
- jasů pozorovaného objektu,
- stavu ovzduší – propustnosti, rozptylu, turbulenci.



Obr. 9 Identifikace písmena E

Při soustředěném pozorování cíle se obraz vytváří na sítnici v místě žluté skvrny (fovea centralis), kde je největší hustota barvocitlivých čípků. Samostatné oko přehlédne zorné pole v rozsahu přibližně 150° x 120°. Spojnice pozorovaného cíle s žlutou skvrnou je osa vidění. S rostoucí vzdáleností od žluté skvrny hustota čípků na sítnici klesá a ostrost vidění se zhoršuje (obr. 10). Uvedený graf říká, že při soustředěném pozorování vzdáleného objektu, jehož úhlová velikost odpovídá rozlišovací mezi oka, zaregistrujeme jiný objekt, který leží jen 2' vedle pouze v případě, že jeho úhlová velikost je alespoň dvojnásobná. Abychom zaregistrovali objekt ve vzdálenosti 20', musela by být jeho úhlová velikost minimálně



Obr. 10 Průběh ostrosti vidění na sítnici

10x větší. Vizuální rozlišovací schopnost pro místo zorného pole, které je vzdálené od osy vidění 50°, dosahuje méně než padesátinu foveální rozlišovací schopnosti. Na druhé straně okrajové oblasti sítnice obsahují světlocitlivé tyčinky, které umožňují registrovat i velmi slabé světelné záblesky.

Oko je schopno registrovat svítící předměty, jejichž úhlová vzdálenost je pod rozlišovací mezí oka. Například plamen svíčky je za noci zjistitelný i na vzdálenost téměř 30 km, tedy za podmínek, kdy úhlová velikost plamene je 300x menší než rozlišovací mezí oka. Jiným takovým příkladem jsou viditelné hvězdy noční oblohy. Lidské oko je schopno registrovat řádově i jednotky fotonů. Přitom za slunného dne vstupuje do oční pupily 10¹⁴ fotonů/s. Schopnost adaptovat se na různě úroveň osvětlení přesahuje u lidského oka 14 řádů.

Rozlišovací mez je krajní hodnota kvality vidění, která se vztahuje jen k ohodnocení zobrazení nejjemnějších pozorovatelných detailů. Často jsou důležité i hrubší detaily, které jsou ale vidět s různou kvalitou zobrazení. Pak nelze jediným číslem ohodnotit kvalitu, ale potřebujeme znát celou funkci, která popíše kvalitu zobrazení detailů různé velikosti. Takové funkci říkáme funkce přenosu kontrastu (FPK). Jedná se o funkci, která pro různé velké detaily pozorovaného objektu řekne s jakou kvalitou (kontrastem) jsou tyto detaily pozorovány.

U objektů, které mají čárovou strukturu, můžeme jednoduše definovat kontrast. Světlé čáry mají hodnotu jasu L1, tmavé čáry mají jas L2. Kontrast takové struktury definujeme vztahem:

$$k = (L1 - L2) / (L1 + L2). \quad (1)$$

Pro případ L2 = 0 dostaneme k = 1. Pro případ, kdy oba jasy jsou stejné, to je L1 = L2, bude k = 0. Pro přesný popis se uvažují čáry, u kterých změna jasu odpovídá sinusovému průběhu. Pro jednoduchost však v dalším uvádíme čáry jen s ostrou hranou průběhu jasu.

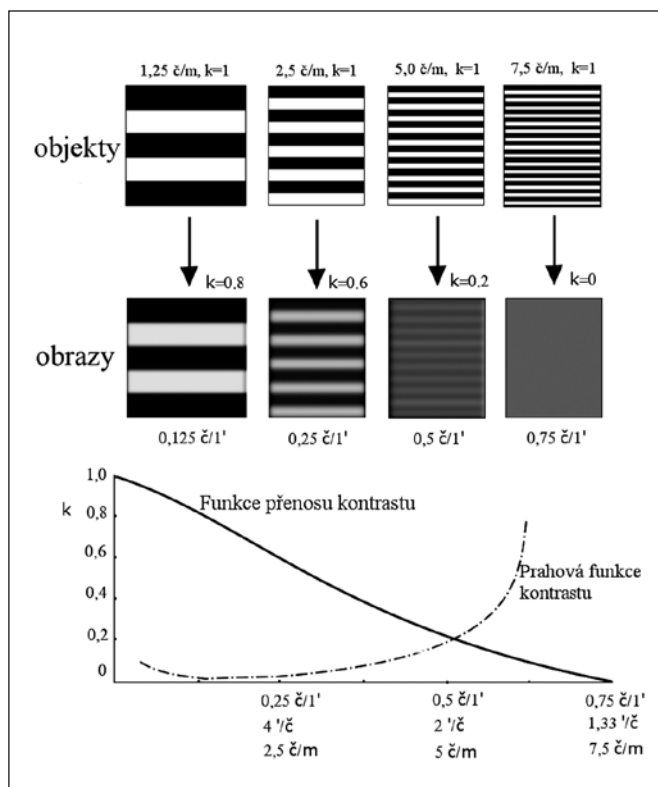
Uvažujme čtyři terče vysoké 1,5 m pokryté bílými a černými pruhy různé šířky s kontrastem k = 1 (obr. 11). Terč s nehrubším dělením má jen 3 pruhy černé a 2 bílé, každý o šířce 30 cm. Na tomto terči je celkem 2,5 čar a čárová (prostorová) frekvence tedy je 1,25 čar/m. Terč s nejjemnějším dělením má 15 tmavých a světlých pruhů šířky 10 cm, čemuž odpovídá prostorová frekvence 7,5 č/m. Další dva terče mají hustotu čar mezi výše uvedenými hodnotami. Terče budeme pozorovat ze vzdálenosti 300 m. Obrazy, které se vytvoří na sítnici, můžeme charakterizovat zase prostorovou frekvencí, kterou ale nyní vyjádříme v čarách na úhlovou jednotku, tak jak je to uvedeno na obrázku. Vlivem přenosu obrazu atmosférou, optických aberací oka a difrakci světla na pupile oka však nedostaneme na sítnici jednotkový kontrast, ale kontrast nižší. V uvedeném příkladu pro terč s prostorovou frekvencí 7,5 č/m (0,75 č/1') bude již k = 0. Zaznamenáme-li pro každou prostorovou frekvenci výslednou hodnotu kontrastu obrazu na sítnici, dostaneme funkci přenosu kontrastu.

Vjem pozorovatele však nebude závislý jen na kontrastu, který je vytvořen na sítnici. Každý detektor dokáže rozlišit jen určitou velikost kontrastu, která je také funkcí prostorové frekvence. Příklad typické prahové funkce kontrastu pro oko je uveden na obr. 11 čerchovaně. Průsečík funkce přenosu kontrastu s funkcí prahového kontrastu určuje mezní prostorovou frekvenci, kterou je oko schopno ještě rozlišit (0,5 č/1').

Rozlišovací schopnost oka kolísá od pozorovatele k pozorovateli a za standardních pozorovacích podmínek závisí zejména na:

- očních vadách pozorovatele,
- stáří pozorovatele,
- psychické a fyzické kondici pozorovatele,
- průměru oční pupily.

Standardní pozorovatel je za ideálních pozorovacích podmínek schopen odhalit objekt, který přísluší lidské postavě na jasném pozadí při k = 1, na vzdálenost 2 km (úhlová velikost rozestupu ramen postavy se předpokládá je 60 cm). Kontrast pozorovaného



Obr. 11 Funkce přenosu kontrastu a Funkce prahového kontrastu

objektu a velikost jeho jasu významně ovlivňují rozlišovací mez. Závislosti rozlišovací meze standardního oka na hladině jasu pozorovaného objektu jsou pro různé úrovně kontrastu uvedeny na obr. 12 [11]. Grafy jsou získány za předpokladu, že průměr vstupní pupily oka je 6 mm. Z grafu je také patrné, že rozlišovací mez 1' je pro většinu podmínek pozorování tvrdé kritérium. Proto se používají i jiná kritéria, která vhodněji vystihují podmínky a důvody pozorování. Johnsonovo kritérium (tab. 1) je vztaheno k typickému terči a je určeno vzdáleností (dosahem), na kterou jsou rozlišeny stanovené počty čar na terči. Standardně se používají dva typy terčů: terč typu osoba o rozměrech 0,6 m x 1,5 m a terč typu tank o rozměrech 3,5 m x 2,5 m.

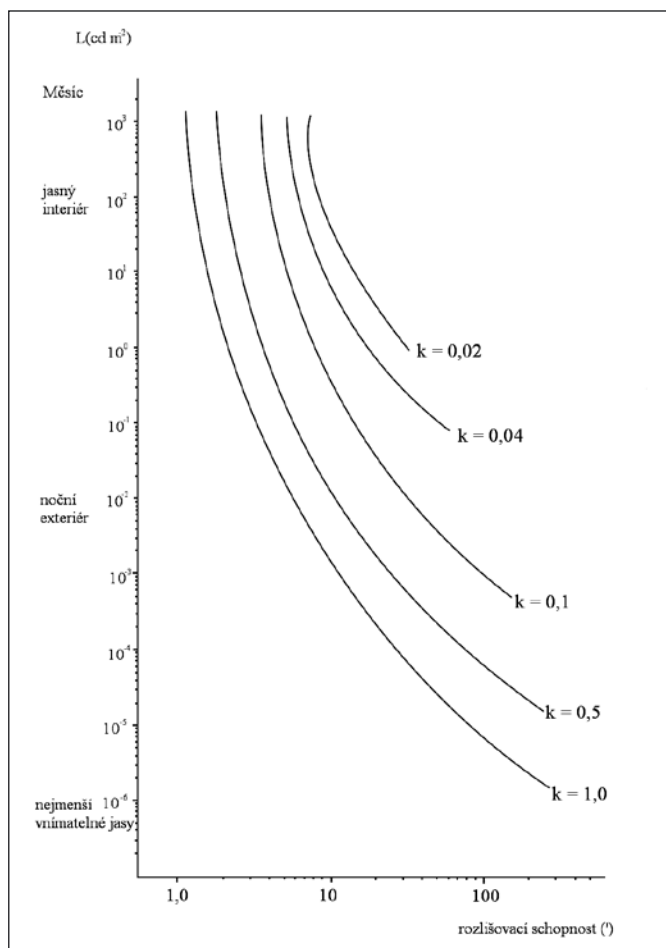
Tab. 1

úroveň zjištění	minimální počet čar na terči
odhalení	1
rozpoznání	3
identifikace	6

Pro terče se siluetou člověka o šířce 60 cm, různé úrovně jasu a různé hodnoty kontrastu a standardní oko jsou dosahy vidění pro různé úrovně zjištění uvedeny v tab. 2.

Tab. 2

úroveň zjištění	1*10 ³ cd m ⁻² k = 1	1 cd m ⁻² k = 1	1 cd m ⁻² k = 0,1	1*10 ⁻² cd m ⁻² k = 0,5	1*10 ⁻² cd m ⁻² k = 0,1
odhalení	1000 m	500 m	110 m	90 m	30 m
rozpoznání	330 m	165 m	37 m	30 m	10 m
identifikace	165 m	80 m	18 m	15 m	5 m



Obr. 12 Závislost rozlišovací schopnosti na jasu a kontrastu

3. DENNÍ POZOROVÁNÍ S DALEKOHLEDEM

Dalekohled zůstal téměř dvě století od svého rozšíření důležitým nástrojem vědy a jeho využití ve vojenství nebylo významné. Mohou za to zejména obtíže s odstraněním barevných vad, vzhledem k nedokonalosti technologie výroby optických skel, což vynucovalo rozměrné, pro pohyblivou armádu nevhodné konstrukce.

Hlavním úkolem dalekohledu při vojenských operacích bylo odhalit, rozpoznat a identifikovat nepřítele.

Hlavní funkce dalekohledu tedy spočívá v přiblížení pozorovaného objektu a tedy ve zvětšení úhlu, pod kterým se tento objekt jeví.

V polních jednotkách se ustálil jako typický binokulární dalekohled s parametry: zvětšení $\Gamma = 7x$, průměr vstupní pupily $D = 42\text{ mm}$, zorné pole $2\tau = 6,5^\circ$. Další parametry neuvádíme, protože nejsou v naší tematice důležité. Tyto parametry je možno chápat jako optimální kombinaci, která zajišťuje dobrou kvalitu zobrazení v denních i soumrakových podmínkách, příznivé rozměry a hmotnost dalekohledu a také pohodlné pozorování objektů z ruky. Obrazová kvalita takových dalekohledů odpovídá ve středu zorného pole prakticky fyzikálně dokonalé soustavě. To znamená, že vliv optických aberací na pozorování se neprojeví a kvalitu obrazu ovlivňuje jen difrakce světla na vstupní pupile dalekohledu. Objektív dalekohledu je schopen rozlišit dva body, jejichž úhlová vzdálenost α je dána vztahem

$$\alpha = 1,22 \lambda / D, \quad (2)$$

kde λ je vlnová délka použitá při zobrazení. Pro uvedený typ dalekohledu a pro $\lambda = 0,55\ \mu\text{m}$ dostaneme $\alpha = 0,000015$ rad, což odpovídá $\alpha = 3''$. Dalekohled zvětší tento úhel za okulem na hodnotu $\alpha \Gamma = 21''$, což je stále ještě 3x menší hodnota než rozli-

šovací mez standardního oka, takže dalekohled nebude tuto mez omezovat. Rozlišovací mez oka ve spojení s dalekohledem RM_{o+d} je pak dána vztahem

$$RM_{o+d} = RM_o / \Gamma, \quad (3)$$

kde RM_o je rozlišovací mez samotného oka. Pro průměr výstupní pupily dalekohledu D' platí:

$$D' = D / \Gamma. \quad (4)$$

Pro uvedený příklad dalekohledu pak je $D' = 6\text{ mm}$, takže je možno využít grafy na obr. 12 tím, že údaje na ose x se musí dělit zvětšením Γ . Přibližné údaje o dosahu vidění pro standardní oko ve spojení s dalekohledem se dostanou z tab. 2 tak, že každou zde uvedenou hodnotu vynásobíme zvětšením dalekohledu Γ . Přitom jsme zanedbali vliv propustnosti dalekohledu a funkci přenosu kontrastu dalekohledu. Ve skutečnosti bude situace méně příznivá, protože plošné předměty pozorované dalekohledem se jeví na rozdíl od bodových předmětů méně jasné.

Současný trend ve vývoji vojenských binokulárních dalekohledů spočívá v doplnění dalších funkcí, potřebných při identifikaci. Zejména se jedná o určení polohy identifikovaného objektu a přenesení těchto informací na vzdálená místa. Přístroj Vector 21 je příkladem takového dalekohledu, který je doplněn o přijímač GPS signálu a laserový dálkoměr.

4. POZOROVÁNÍ S NOKTOVIZORY

Úloha dalekohledu spočívá v přiblížení pozorovaného objektu. Subjektivní jas pozorovaných plošných předmětů se nezvyšuje, naopak se snižuje. Za soumraku a noci denní dalekohled nemůže plnit svoji funkci. Úkolem noktovizorů je umožnit pozorování v noci. Historicky se nejprve uplatnily aktivní noktovizory, přístroje, které pracovaly ve spojení s ozařovací cíli v blízké IR oblasti. Teprve později se objevily pasivní noktovizory, které dokázaly zesílit zbytkové světlo tmavé noci. Počátky noktovizorní techniky byly tedy silně spojeny s rozvojem IR technologií. Současná technologie pasivních noktovizorů však pokrývá zejména oblast VIS a jen v určitých případech i blízkou IR. Ztotožňovat proto noktovizorní technologie s IR technologiemi je v mnohém ohledu matoucí.

Vojenské organizace začaly experimentovat s infračervenými brzy po roku 1900. V I. světové válce však nebylo žádné zařízení nasazeno. První země, která rozmístila infrapřístroje na bojiště, bylo Německo. Německá vojska používala infra komunikační systém Lichtsprecher v africké poušti při tankových bitvách od roku 1941 do roku 1943. Jejich maximální dosah byl 8 km. Existence Lichtsprecher zůstala utajena až do října 1942, kdy se ho zmocnila britská vojska v bitvě u El Alamein. V roce 1943 Němci integrovali obrazový převaděč do systému řízení palby u tanku, který byl od roku 1944 používán na východní frontě a umožňoval boj v noci. Toto zařízení nebylo použito na západní frontě. Když spojenci získali leteckou převahu nad kontinentem, umožnil noční řídicí systém německé armádě přesouvat zbraně V-2 přes Německo a Holandsko až na odpalovací rampy. Rychlost, se kterou to bylo děláno, mála spojeneckou rozvědku, která nevěděla o schopnostech německého nočního řízení. Nejznámější americké infrazářiči II. světové války byl odstřelovací zaměřovač, který měl obrazový konvertor a osvětlovač, který se montoval na karabinu. Za úplné tmy mohl voják střelit na cíle vzdálené 75 m. Tento odstřelovací dalekohled byl poprvé použit v boji o Okinawu v dubnu 1945.

4.1 Aktivní noktovizory

První vidění v noci umožnily převaděče obrazu, které zviditelnily infračervený obraz vytvořený v pásmu 0,75 až 1,3 μm . Noktovizor se skládal z elektronického dalekohledu, IR reflektoru a zdroje vysokého napětí. Snaha zachovat tmu, aby nedošlo k identifikaci světlometu, vyžadovala použít strmé infračervené filtry s hranou kolem 0,8 μm . Značné problémy působil rozptýl záření v atmosféře vyvolaný IR světlometem, což vede k poměrně složitým výpočtům dosahu aktivního noktovizoru [11].

Zajímavé řešení jak omezit šum způsobený rozptylem záření světlometu spočívalo v zavedení synchronizovaného pozorování. Při synchronizovaném pozorování světlomet ozařoval objekty krátkodobými IR pulzy (např. 100 ns). Světlomet tedy vysílal průřezovaně záření jen v úzkých páslech (30 m). Změnou časové prodlevy mezi jednotlivými pulzy a zajištěním synchronizace registrace obrazu, se určovala pozorovaná oblast. Po dobu než záření vyslané světlometem překonalo dráhu k cíli a zpět k převaděči, nebyl převaděč aktivní. Jestliže se nastaví prodleva mezi dvěma ozařovacími pulzy na 1 μ s znamená to, že systém je nastaven na vzdálenost 150 m.

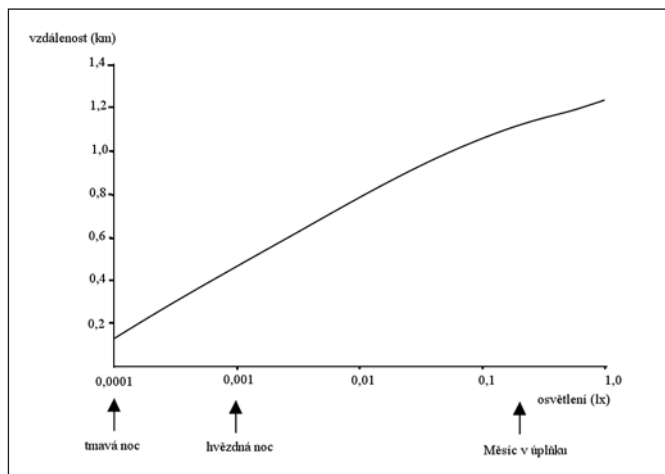
Základním nedostatkem aktivních noktovizorů je jejich snadná odhalitelnost pomocí jednoduchých čidel. Z tohoto důvodu jsou v armádě tyto systémy věci již minulosti, jejich využití se dále uplatňuje jen v civilních oblastech.

4.2 Pasivní noktovizory

Pasivní noktovizory v současné době patří v mnoha armádách k základnímu vybavení každé ho vojáka. O principech funkce kanálového převaděče bylo v tomto časopise v nedávné době publikováno více článků [12], [13], [14]. Z hlediska námi sledované problematiky upozorňujeme jen na dvě spektrální oblasti, ve kterých současně pasivní noktovizory pracují:

- VIS oblast (0,4 μ m - 0,9 μ m) s katodou na bázi GaAs (3. generace)
- SWIR oblast (1 μ m - 1,7 μ m) s katodou na bázi InGaAs

Kurbitz [5] uvádí typický graf dosahu noktovizního systému 3. generace ve VIS oblasti v závislosti na úrovni osvětlení terénu pro systém se zorným polem 6° (obr. 13). U jiných systémů budou relace mezi osvětlením a dosahem noktovizoru obdobné. U zařízení tohoto typu v případě malé úrovně osvětlení rozhoduje o hranici dosahu poměr šumu a signálu. Pro vyšší úrovně osvětlení je hranice dosahu dána geometrickým rozlišením, které souvisí s funkcí přenosu kontrastu převaděče.

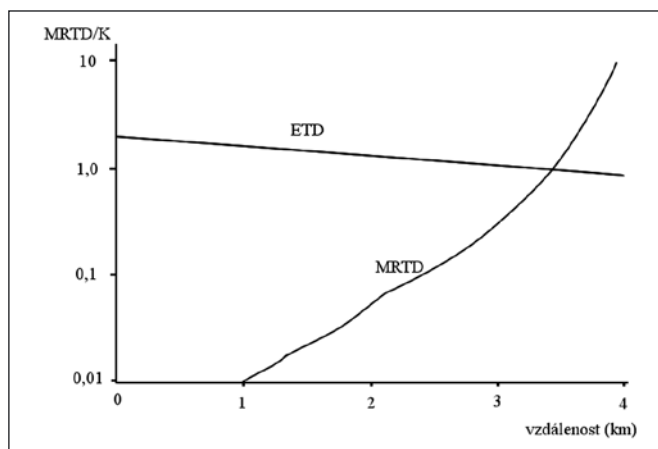


Obr. 13 Příklad dosahu noktovizoru pro různé úrovně osvětlení

Pasivní noktovizory v SWIR oblasti jsou méně rozšířeny a nemáme o nich mnoho informací. Z hlediska rozlišení podle vztahu (2) vyžadují oproti systémům VIS pro stejnou kvalitu zobrazení dvojnásobné rozměry. Nicméně výhodou těchto noktovizorů je, že zářivost noční oblohy je v pásmu 1,5 μ m až 1,8 μ m v této oblasti vyšší. Důvod tohoto jevu není zcela jasný.

5. TERMOVIZNÍ SYSTÉMY

Termovizním systémům je v tomto čísle časopisu věnován samostatný článek [16]. Na tomto místě si jen více povšimneme jednoho důležitého kvalitativního parametru termovizního systému, kterým je dosah. Standardizované terče, které jsou využívány k ohodnocení dosahu ve smyslu Johnsonova kritéria musí mít jiné vlastnosti



Obr. 14 Příklad dosahu termovizního systému

než terče denních či noktovizních přístrojů. Definice těchto terčů je obsažena ve standardu NATO STANAG 4347. Terč o velikosti 2,3 m x 2,3 m má 3 páry čar, které se vzájemně liší teplotou o 2 K. Při pozorování takového terče dochází při průchodu záření atmosférou k extinkci, která snižuje uvedený teplotní rozdíl. Pro typické letní počasí je extinkční koeficient < 0,2 km⁻¹. Výsledkem tedy je, že do termovizního systému dopadá záření s menším teplotním rozdílem a to tím menším, čím je terč vzdálenější. Výsledný teplotní rozdíl označujeme jako ETD (effective temperature difference).

Dalším důležitým pojmem je MRTD což je minimální teplotní rozdíl, který umožňuje pozorovateli rozeznat detaily na termovizním obraze objektu. MRTD je funkcí prostorové frekvence a závisí na teplotě objektu. Dosah termovizního systému je pak dán průsečíkem křivky ETD s křivkou MRTD (obr. 14).

Při termovizním zobrazení se výrazněji uplatňuje difrakce záření. Vztah (2), který jsme použili při zjišťování kvality denního dalekohledu zůstává v platnosti. Střední vlnová délka použitá při termovizním pozorování v LWIR pásmu je ve srovnání se střední vlnovou délkou při vizuálním denním pozorování 20x větší. V uvedeném příkladě jsme zjistili, že objektiv standardního denního dalekohledu 7x42 je schopen rozlišit detaily 3". To dává za okulárem hodnotu 21", což oko není schopno rozlišit. Z tohoto hlediska by stačilo, aby denní dalekohled měl průměr vstupní pupily pouze 14 mm. Větší průměr vstupní pupily denního dalekohledu však mimo jiné umožňuje dosáhnout i větší kontrast u zobrazovaných detailů. Kdybychom chtěli vytvořit termovizní dalekohled se stejnou kvalitou rozlišení, jako uvedený denní dalekohled, musela by mít jeho vstupní pupila průměr 840 mm. Difrakce záření je tedy významným omezujícím faktorem kvality zobrazení pro optické systémy v pásmu LWIR. V pásmu MWIR je situace asi 2,5x příznivější.

6. OZAŘOVÁNÍ CÍLŮ

Vývoj zbraní s laserovým naváděním je nejdůležitějším pokračováním vývoje od 2. světové války. Po jednoznačné identifikaci nepřátelského cíle obvykle dochází k jeho označení - ozáření kódovaným laserovým signálem, který se stává zdrojem, na který je navedena nějaká střela. Obranou proti tomuto systému jsou detektory ozáření umístěné na objektech či lidech, které ozáření indikují a informují o nebezpečí. Na straně druhé sebelepší technologické systémy nemohou zabránit chybám a jsme svědky, že při všech větších konfliktech dochází k tragédiím a omylům, kdy nejmodernější technologie vedou střely do vlastních řad. Zajistit větší bezpečnost má nový systém, který po ozáření cíle má schopnost zjistit zda se jedná o přítele, či nepřítel. Tento systém SCOUT (Secure Communicating Optical Ultra-Small Transponder) je velikosti zápalkové krabičky a může být umístěn na uniformě každého vojáka. Využívá MEMS modul a aktivní zrcadla. V případě ozáření kódovaným signálem, který zná je aktivován a vyšle úzký svazek s kódem k ozařovači, který ukončí činnost.

Literatura

- [1] Cambell, A. L., Naik, R.R., Sowards, L., Stone, M. O.: Biological infrared imaging and sensing. *Micron* 33 (2002), 211-225.
- [2] Vorobyev, M., Marshall, J., Osoroio, D., Hempel de Ibarra, N., Menzel, R.: Colorful Objects Through Animal Eyes. *Color Res. and Apl.* 26 (1999), 214-216.
- [3] Aizenberg, J., Tkachenko, A. Weiner, S., Addati, L., Hendler, G.: Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittlestars. *Nature* 412 (2001), 819-822.
- [4] Ghim, M. M.: Spatial contrast sensitivity of birds. University of Maryland at College Park. Dissertation 2003.
- [5] Kurbitz, G.: Electro-optic Imaging. at Brown, Th. G. et al.: *The Optics Encyclopedia*, Wiley-VCH Verlag, Weinheim (2004), 549-585.
- [6] Zissis, G. J.: *Infrared Technology Fundamentals*, (1985), SPIE Proc. 513, 3-16.
- [7] Hudson, R. D. jr., Hudson, W.: *The Military Applications of Remote Sensing by Infrared*, (1985), SPIE Proc. 513, 17-41.
- [8] Smith, W. J.: *Modern Optical Engineering*. McGraw-Hill, 2000.
- [9] Fischer, R. E., Tadic-Galeb, B.: *Optical System Design*. McGraw-Hill, 2000.
- [10] Havelka, B.: Zamyšlení nad optickým zobrazením. *JMO*, 16 (1972), 2-5 a 32-34.
- [11] Langer, V.: *Energetika optických soustav*. UP v Olomouci, 1987.
- [12] Chlup, V., Javorský, M., Kajnar, V.: Osobní přístroj nočního vidění pro armádu České republiky. *JMO*, 48 (2003), 283-290.
- [13] Medřík, T.: Mikrokanálkové plátky - MCP. *JMO*, 50 (2005), 291-293.
- [14] Jedlička, M.: Poznámka k článku „Mikrokanálkové plátky - MCP“. *JMO*, 51 (2006), 57-58.
- [15] Keprt, E.: Volba parametrů dalekohledu. *JMO*, 4 (1957), 101-104.
- [16] Chlup, F.: Detektory infračerveného záření používané v optoelektronických přístrojích sesednutých jednotek armád NATO. *JMO*, 52 (2007), 125-131.

RNDr. Vladimír Chlup, katedra optiky Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci, Tř. 17. listopadu 50, 727 07 Olomouc

SPIE/CS – společnost optiků informuje

Nabízíme k odprodeji následující sborník SPIE:

Proceeding of SPIE

Microwave and Optical Technology 2003

Jaromir Pistora, Kamil Postava, Technical Univ. of Ostrava (Czech Republic); Miroslav Hrabovsky, Palacky Univ. Olomouc (Czech Republic); Banmali S. Rawat, Univ. of Nevada
11-15 August 2003, Ostrava, Czech Republic
Vol. 5445

Cena: pro členy SPIE/CS 400,- Kč/ks + poštovné
pro nečleny SPIE/CS 800,- Kč/ks + poštovné

Dále nabízíme následující volné sborníky SPIE k prodeji:

Proceeding of SPIE:

Photonics, Devices, and Systems II

(26-29 May 2002, Prague, Czech Republic)

Vol. 5036

Cena 200,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 40 %.

Classical and Quantum Interference

(25-26 October 2001, Olomouc, Czech Republic)

Vol. 4888

Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 40 %.

12th Czech-Slovak-Polish Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics

(12-15 September 2000, Velké Losiny, Czech Republic)

Vol. 4356

Cena 150,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 40 %.

Photonics, Devices, and Systems (Proceedings from Photonics Prague '99)

(21-23 June 1999, Prague, Czech Republic)

Vol. 4016

Cena 150,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 40 %.

11th Slovak-Czech-Polish Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics

(21-25 September 1998, Stará Lesná, Tatra Mountains, Slovak Republic)

Vol. 3820

Cena 150,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 40 %.

Iodine Lasers and Applications

(18-22 September 1995, Trest Castle, Czech Republic)

Vol. 2767

Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 40 %.

Advanced Laser Technologies

(8-13 November 1993, Prague, Czech Republic)

Vol. 2332

Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 40 %.

Poznámka

Sborníky lze objednat u pí Kučerové v knihovně SPIE/CS na adrese:

SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc

Tel.: 585631504, 585631535, e-mail: elena.kucerova@upo.cz

Prodej volných sborníků proběhne do vyčerpání zásob v pořadí dle došlých žádostí.

Detektory infračerveného záření používané v optoelektronických přístrojích sesednutých jednotek armád NATO

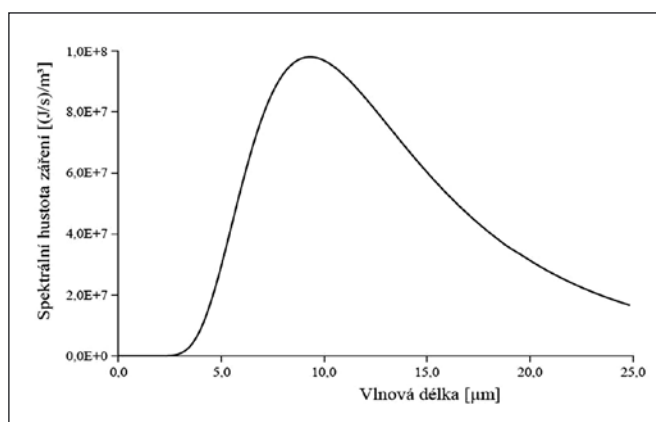
Současná strategie armád NATO vyzdvihuje důležitost vojáka jako jednotlivce. Za pomoci nejmodernější technologie se mu snaží zajistit informační a technologickou nadvládu na bojišti, aby byl schopen zvládnout svůj úkol za jakýchkoliv podmínek. Specifické úkoly vojáka - jednotlivce, týmu, družstva, čety a roty vyžadují určitou technologickou hierarchizaci, která se odráží i ve specifických vlastnostech detektorů infračerveného záření. Ty jsou umístěny v zaostřovací rovině objektivů optoelektronických systémů v podobě matice mikrodetektorů, která je známa pod akronymem IRFPA (InfraRed Focal Plane Array). V současné době nastupuje 3. generace IRFPA, která brzy pronikne i do oblastí sesednutých jednotek armád NATO.

Klíčová slova: FPA, HgCdTe, chladiče, kvantové jámy, mikrobolometr, molekulární svazková epitaxe.

Proč se používají v armádách NATO detektory citlivé na infračervené záření? Považujeme-li objekty určené k detekci při bojových operacích za absolutně černá tělesa, pak díky jejich teplotě nám z Wienova zákona vyplývá, že spektrální hustota vyzařování je maximální právě v infračervené oblasti (tab. 1). Z Planckova zákona určíme spektrální rozdělení hustoty vyzařování nejdůležitějšího pozorovaného objektu, kterým je lidské tělo o průměrné teplotě 37 °C (obr. 1).

Tab. 1 Polohy maxim spektrální hustoty vyzařování různých objektů

Objekt	Teplota [°C]	λ_{\max} [μm]
lidské tělo	37	9,3
motor tanku	70	8,5
mezikontinentální balistická střela	1000	2,3



Obr. 1 Spektrální hustota vyzařování lidského těla (T = 37 °C)

IRFPA určené pro sesednuté vojenské aplikace pracují ve dvou různých pásmech infračerveného záření, které jsou vymezeny propustností atmosféry: dlouhovlnná oblast 8 μm - 12 μm (LWIR - Long Wavelength Infrared) a oblast středně dlouhých vln 3 μm - 5 μm (MWIR - Mid Wavelength Infrared). Z uvedeného obr. 1 a tab. 1 můžeme učinit závěr, že při nočních podmínkách je nejvíce fotonů v oblasti LWIR (v LWIR je na Zemi průměrně 10¹⁷ fotonů / (cm².s) oproti 10¹⁵ fotonů / (cm².s) v MWIR [1]), a že pro běžné vojenské operace se nejlépe hodí detektory citlivé právě v této oblasti. Technologická zkušenost však ukazuje, že je třeba zahrnout i ostatní faktory rozhodující o vhodnosti infračerveného pásma. Jedná se především o poměr signál/šum (lepší v oblasti LWIR), rozlišitelnost s ohledem na difrakční optickou limitu (lepší v MWIR) nebo atmosférické vlivy (vysoká vlhkost působí méně na MWIR, prašné prostředí působí méně na LWIR). Akceschopnost bojových jednotek pak klade důraz na okamžitou připravenost optoelektronických systémů, hmotnost a životnost detektorů. V neposlední řadě rozhoduje i cena.

Na úrovni družstva se vyčlenily levnější nechlazené detektory v oblasti LWIR s nižší citlivostí, ale připravené téměř okamžitě k použití. Těmto požadavkům nejlépe vyhovují detektory s mikrobolometrickými IRFPA. Přeřizovací oblast je na úrovni čety, která v zaměřovačích a kamerách používá citlivější a těžší chlazené detektory v MWIR, čemuž vyhovují polovodičové technologie na bázi MCT (Mercury Tellurid Cadmium) nebo InSb. Konečně rota disponuje nejcitlivějšími detektory využívajícími různých předností MWIR nebo LWIR (technologie QWIP (Quantum Well Infrared Photodetector), MCT, InSb).

1. VLASTNOSTI DETEKTORŮ INFRAČERVENÉHO ZÁŘENÍ

V armádách NATO se v optoelektronických systémech používají především polovodičové IRFPA. Dle technologie výroby rozlišujeme:

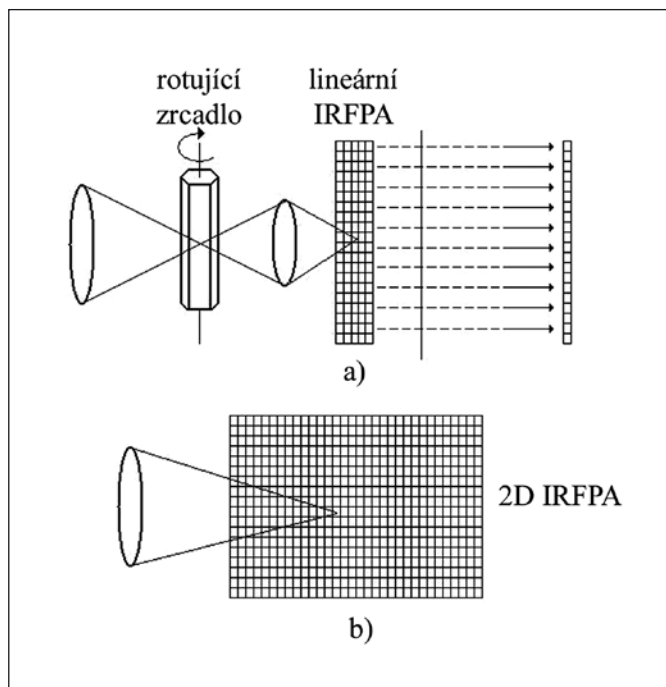
- monolitické IRFPA, kdy se matice detektorů a čtecí integrovaný obvod nacházejí na jedné podložce (např. křemíkové nebo transparentní CdTe) - to umožňuje shodná krystalická konstanta detektoru a substrátu, důsledkem čehož jsou minimální dislokace vznikající při pěstování IRFPA
- hybridní IRFPA, kdy se matice detektorů a čtecí integrovaný obvod vypěstují zvlášť na různých substrátech a jednotlivé pixely se spojí měkkým kovem (např. bílým indiem)

Dle způsobu čtení informace z matice detektorů rozlišujeme následující IRFPA:

- skenovací IRFPA - noční scéna je promítána na matici detektorů pomocí rotujícího zrcadla nebo systému naklánějících se zrcadel
 - paralelní skenování** - jeden řádek lineárního IRFPA (většinou tvoří 1 až 12 pixelů) dostane informaci o celém horizontálním řádku zorného pole, kterou pomocí multiplexu přenáší do čtecího integrovaného obvodu - rychlost rotace zrcadla musí být rovna minimálně obnovovací frekvenci videosignálu (typicky 60 Hz - viz obr. 2 a))
 - sériové skenování** - každý pixel lineárního IRFPA dostává informaci z celého zorného pole ovšem vyhodnocuje ji s určitým časovým zpožděním
- sériově-paralelní**

- mozaikové IRFPA - dvojrozměrné pole detektorů je skenované elektronicky, což je ideální pro menší optoelektronické systémy (viz obr. 2 b))

Detektory absorbují dopadající záření po kvantech s určitým pravděpodobnostním rozdělením, které je dáno nejen typem polovodičové detekční látky, ale také jejím okamžitým stavem, protože šířka zakázaného pásma ΔE_g je teplotně závislá. Navíc proces excitace molekul nebo atomů po absorpci záření je spojen s tepelnými ztrátami energie za vzniku fononů. Proto důležitou roli při detekci slabých signálů z noční scény hrají chladičí zařízení, která musí být přijatelných rozměrů, tichá, dostatečně rychlá a s malou náročností na energii.



Obr. 2 Snímací systémy IRFPA
a) skenovací IRFPA - paralelní typ, b) mozaikové IRFPA

1.1. Chladičí systémy detektorů infračerveného záření

Výše uvedeným požadavkům vyhovuje Stirlingův mikrochladič (SMC – Stirling Micro Cooler). Funguje v protichůdném termodynamickém směru než známý Stirlingův motor. V chladičím Stirlingově cyklu je mechanická práce dodávána z vnějšku (elektricky poháněné písty) a vytváří se teplotní gradient, který může být využíván k ochlazení až na 22 K v závislosti na pracovním plynu.

SMC má dlouhou životnost, protože se jedná o tzv. uzavřený chladič (close-cycle cooler), což znamená, že chladičí náplň se nikdy nedostane do přímého kontaktu ze substancí, kterou má ochlazovat. Tepelná výměna s vnějším okolím probíhá skrz zásobník (regenerátor, tepelná houba), kterým proudí plyn mezi chladnějším a teplejším pístem.

U SMC je dále rozhodující typ vykonávané vnější práce (typ mechanického pohybu), který má rozhodující dopad na hlučnost, životnost a hmotnost SMC. Mechanický pohyb může být rotační, lineární nebo pulzní. Stavba SMC udává rozměry, integrovatelnost do optoelektronických systémů a rozhoduje o velikosti přenášených vibrací na citlivý detektor. Rozlišujeme tak integrální SMC, které jsou přímo spojené s vakuovou Dewarovou nádobou (vakuum znemožňuje přítomnost vodních parám a tedy vytváření vrstvičky ledu na ploše detektoru), ve které je umístěno IRFPA, a oddělené SMC, kdy je kompresor SMC a Dewarova nádoba s IRFPA spojena přes tepelný kanálek.

Důležité kvalitativní parametry SMC jsou:

- chladičí kapacita (schopnost ochlazovat substanci na požadovanou teplotu v závislosti na okolní teplotě a příkonu chladiče – typicky kolem nebo pod 1 W (někdy se udává v jednotkách BTU/h – British Thermal Unit; 1 W \approx 3,14 BTU/h))
- chladičí čas (typicky pod osm minut)
- příkon (v desítkách wattů)
- průměrnou životnost (MTBF – Mean Time Between Failures; udává dobu pravděpodobně bezporuchové činnosti systému – v tisíci hodinách)
- minimální dosažitelná teplota (v kelvinech – většinou pod nebo kolem bodu varu tekutého dusíku, tj. 77 K)
- možnost elektronického regulování teploty

Základní sestavy SMC užívané v optoelektronických systémech v sesednutých armádách NATO tedy jsou:

- integrální rotační SMC (Integral Rotary Microcooler – např. MC3LP od firmy FLIR SYSTEMS určený pro lehké termovizní kamery, viz obr. 3)
 - oddělený rotační SMC (Rotary Split Cycle Microcooler – např. SC025-DRS od firmy AIM INFRAROT-MODULE))
 - oddělený lineární SMC (Linear Split Cycle Cooler - např. SL035 od firmy AIM INFRAROT-MODULE, viz obr. 4)
 - pulzní SMC (nejnovější typ od firmy AIM, který bude představen v dubnu 2007 s teoretickou životností až 50 000 hodin [2])
- Parametry jednotlivých typů SMC jsou v tabulce 2.

Tab. 2 Parametry Stirlingových mikrochladičů

	MC3LP	SC025-DRS	SL035
Kapacita*	0,39 W	0,4 W	0,35 W
Chl. čas**	6,5 min	5 min	4,5 min
Příkon*	2,5 W	35 W	40 W
MTBF	12 000 h	1 000 h	4 000 h
Hmotnost	0,275 kg	1,3 kg	2,2 kg
Určeno pro:	Ruční systémy s malým IRFPA (četa)	Přenosné systémy s velkou IRFPA (rota)	Přenosné systémy s velkou IRFPA (rota)

* okolní teplota 23 °C, ochlazení na 80 K

** okolní teplota 23 °C, ochlazení na 77 K

Kromě chladičů Stirlingova typu se užívají i otevřené chladiče (open-cycle cooler) založené na Joule-Thomsonově jevu. Ty se po nějaké době musí znovu plnit plynem, který je udržován pod vysokým tlakem (200 – 400 kPa). Z těchto důvodů se Joule-Thomsonovy chladiče pro chlazení IRFPA používají čím dál méně.

Stirlingův chladič je často dodáván přímo v kompletní chladičí sadě IDCA (Integrated Detector Cooler Assemblies, viz obr. 5), která krom SMC obsahuje Dewarovu nádobu určenou k ochraně IRFPA, integrovaný obvod pro čtení z IRFPA (ROIC – ReadOut Integrated Circuit), elektroniku pro kontrolu a převod analogového video signálu do digitálního signálu (např. CCIR 601 (ITU-R BT.601), VGA, 14 bit LVDS) a také video procesor, který pomocí speciálních algoritmů (např. SAICA – Self Adaptive Iterative Correction Algorithm [3]) zvyšuje kontrast a stabilitu obrazu. Výsledný obraz zprostředkovaný detektorem infračerveného záření je v režimu tzv. falešných barev (false-color). Dříve se jednalo o zeleno-černou kombinaci barev, dnes se používá spíše černo-bílá, protože lidské oko má spíše než čípkou citlivější tyčinky, které zprostředkovávají pouze černobílé vidění.

Chladičí systémy jsou důležité pro zvyšování citlivosti detektoru, protože se v něm generují elektron-děrové páry i za nepřítomnosti dopadajícího záření (vlivem tepelné excitace, tunelování). Velikost tohoto tzv. temného proudu roste s teplotou a snižuje se se šířkou



Obr. 3 Integrální rotační mikrochladič MC3LP od firmy FLIR SYSTEMS



Obr. 4 Oddělený lineární mikrochladič SL035 od firmy AIM INFRAROT-MODULE

zakázaného pásu. V prvním přiblížení platí, že ideální polovodičové materiály pro detektory infračerveného záření jsou materiály s širokým zakázaným pásmem zchlazeny na nízkou teplotu. V detekci infračerveného záření však vystupuje ještě mnoho jiných šumů.

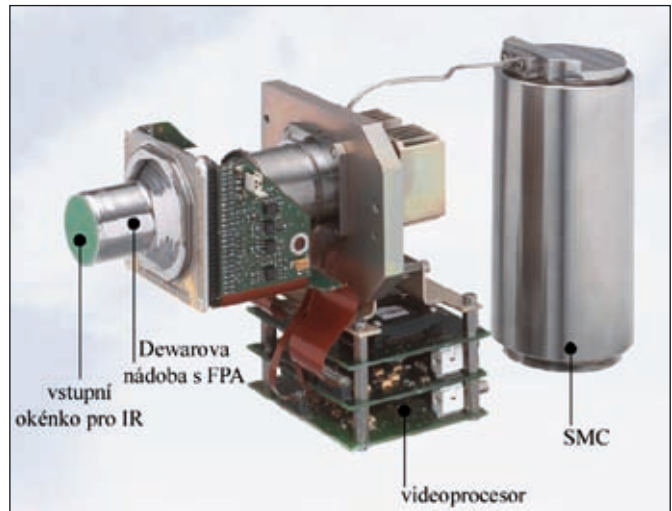
1.2. Šumy detektorů infračerveného záření

Skutečnost, že detektory neměří přímo zářivou energii, ale pouze hodnoty sekundární fyzikální veličiny, jež se mění v případě absorpce infračerveného záření, vede k výskytu různých šumů. K nutným šumům způsobeným ne zcela deterministickými vlastnostmi dopadajícího záření se tak ještě při cestě záření – elektronický obvod přidávají další. V detektorech infračerveného záření se jedná hlavně o tyto šumy:

- $1/f$ šum (blikavý šum) – jeho hodnota roste obecně se vzrůstající hodnotou vlnové délky, a proto je nejvíce škodlivý pro detektory v LWIR
- šum tepelného záření pozadí (radiační) – příčinou je špatná izolace FPA, na který dopadá i nescenní záření (např. záření z objímek a ze součástek kolem Dewarovy nádoby)
- fotoelektronový šum – způsobený omezenou kvantovou účinností detektoru
- Johnsonův (Nyquistův) šum – jeho příčina spočívá v chaotickém pohybu (tepelném) nosičů elektrického náboje v odporových prvcích – projevuje se zvláště u mikrobolometrických FPA
- šumy elektronických obvodů

V praxi se váhy jednotlivých šumů určují pouze teoreticky. Celková kvalita detektoru je vyjádřena naměřenou hodnotou šumového ekvivalentního výkonu (NEP – Noise-Equivalent Power), který odpovídá detekovanému optickému výkonu při stejném výkonu šumu v určitém frekvenčním pásmu.

Pro korekci šumů se užívají prostorové filtry. Protože šum je většinou silnější než signál v oblasti vysokých prostorových frekvencí a bodová rozptylová funkce detektoru (Point-Spread Function nebo tzv. sensor blurring function) má často gaussovský tvar, užívá se pro korekci šumů prostorový filtr ve tvaru inverzní gaussovské funkce (tzv. deblurring filtr). Přesný tvar této funkce je stanoven iteračními algoritmy nebo rychlejšími adaptivními algoritmy, kde stačí určit pouze frekvenční bod zlomu, kdy si je velikost šumu a signálu rovna (Noise Separation Frequency Point), a tvar inverzní křivky se dopočte v jednom kroku [3].



Obr. 5 Chladič sada IDCEA

1.3. Citlivost detektorů infračerveného záření

U většiny detektorů se kvalita detekce vyjadřuje pomocí NEP nebo detektivity D . U detektorů infračerveného záření se schopnost detekce vyjadřuje ještě pomocí teplotního rozdílu ekvivalentnímu k šumu signálu – NETD (Noise-Equivalent Temperature Difference). Hodnotu NETD určíme pomocí vztahu:

$$NETD = \frac{4 \cdot F^2 \cdot (\Delta f_n)^{1/2}}{(a \cdot b)^{1/2} \cdot n_s^{1/2} \cdot \tau_0 \cdot \pi \cdot W \cdot D_p^*}, \quad (1)$$

kde F je clonové číslo objektivu; a, b je horizontální a vertikální rozměr detektoru [cm]; n_s je počet detektorů; τ_0 je propustnost optického systému; Δf_n je ekvivalentní šumová šířka pásma [Hz]; D_p^* je detektivita vztahující se k chlazenému krytu detektoru [$W \cdot cm^{-1} \cdot Hz^{1/2}$] a W je dána vztahem:

$$W = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\partial L(\lambda, T)}{\partial T} \cdot R_n(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

kde $L(\lambda, T)$ je spektrální zářivost absolutně černého tělesa zářícího na vlnové délce λ při teplotě T [$W \cdot cm^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$] a $R_n(\lambda)$ je normalizovaná spektrální citlivost detektoru. Pro zvýšení citlivosti detektoru snižujeme hodnotu NETD např. zvyšováním detektivity, zvětšením průměru vstupní pupily, vhodnou volbou materiálu pro detektor, ... Typická hodnota NETD je v řádu desítek milikelvinů.

Samotná NETD však nezávisí na vzdálenosti detektor-cíl. Příjemnější veličinou pro určení jmenovitého statického dosahu detektoru je hodnota minimálního rozlišitelného teplotního rozdílu (MRTD – Minimum Resolvable Temperature Difference). Hodnota MRTD je přímo úměrná vzdálenosti detektor-cíl, velikosti zorného

pole, NETD, a nepřímo úměrná funkci přenosu kontrastu celého systému, která je dána jako součin všech dílčích MTF včetně MTF oka pozorovatele. Hodnota MRTD se liší díky nesymetrii některých komponent (např. velikost detektoru) v horizontálním a vertikálním směru. Pro přesné určování a měření MRTD u detektorů používaných v sesednutých jednotkách armád NATO se používají standardizační dohody NATO (STANAG – Standardization Agreement NATO) [4]-[6].

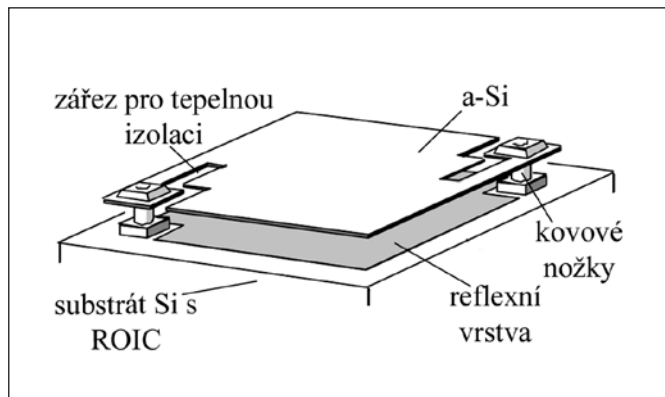
2. SOUČASNÉ TYPY DETEKTORŮ

2.1. Mikrobolometrická pole

Ačkoliv technologie výroby mikrobolometrů byl známa již v 80. letech 20. století v laboratořích amerického gigantu Honeywell na zakázku amerického ministerstva obrany, masivního použití v sesednutých jednotkách NATO se dočkala až po svém odtažení v roce 1992 v tzv. druhé generaci infračervených detektorů.

Proces detekce zářivé energie je založen na měření změny elektrického odporu vzniklé při ohřevu přijímací plošky vlivem dopadajícího infračerveného záření. Detekční ploška je tvořena z polovodičového materiálu (teplotní součinitel odporu, který je přímo úměrný relativní změně odporu, nabývá největších hodnot pro polovodiče) citlivého v LWIR oblasti. Nejpoužívanějšími polovodiči jsou oxid vanadia VO_x (např. firma DRS Technologies) nebo amorfní křemík a-Si (např. firma ULIS-IR). Technologie a-Si byla vyvinuta ve francouzských státních laboratořích LETI/LIR (Laboratoire d'Electronique de Technologie de l'Information / Laboratoire Infrarouge) v roce 1987 a je neustále zlepšována [7]. Díky ní lze mikrobolometrická pole spolu se čtecími integrovanými obvody pěstovat na jednom substrátu (monolitické IRFPA), což ještě snižuje jejich cenu.

Hlavní výhodou mikrobolometrů je, že nepotřebují chladičí systémy. Citlivý senzor je oddělený od čtecího integrovaného obvodu tenkou mezerou (viz obr. 6).



Obr. 6 Schéma mikrobolometru

S čtecím obvodem je detekční ploška spojena přes tenkou kovovou nožičku kolem které je zářez pro tepelnou izolaci plošky. Výhody a-Si jsou krom vysoké absorpce infračerveného záření i dobré mechanické vlastnosti, které způsobují u této jemné struktury odolnost vůči vibracím.

Hlavní šum vyskytující se u mikrobolometrických IRFPA je 1/f šum, protože mikrobolometry pracují v LWIR. Původ tohoto šumu není zcela jasný a stále existuje více přístupů k jeho popisu a minimalizaci. Hooge [8] publikoval v roce 1969 empirický zákon pro 1/f šum s vysvětlením, že původ tohoto šumu je spojen s pohyblivostí nosičů náboje, které v detekční látce podléhají různým rozptylovým mechanismům, jako je např. rozptyl na fononech či rozptyl na nečistotách. Ukázal, že 1/f šum je spojen s objemem detekčního členu. Pro minimalizaci tohoto šumu má detekční ploška u mikrobolometrů typu a-Si tloušťku jen 0,1 μm.

Další zlepšení NETD přináší zvětšení absorpčního koeficientu pomocí reflexní hliníkové vrstvy umístěné na substrátu Si. Ta odráží neabsorbované záření zpátky na detektor a spolu se zadní plochou detektoru vytváří optický rezonátor. Tloušťka mezivrstvy je několik mikrometrů.

Pro identifikaci temného proudu mikrobolometrických IRFPA je umístěn v každém řádku tzv. slepý bolometr, na který dopadají pouze tepelně excitované fotony ze samotného přístroje. Slepý bolometr je dalším důvodem, proč mohou být mikrobolometry nechlazené.

Pro každý typ mikrobolometru je třeba najít optimální vzdálenost mezi středy sousedících pixelů (pixel pitch) pro správné vyvážení poměru citlivost/časová konstanta detektoru. Časová konstanta mikrobolometru určuje jeho reakci na dopadající foton, který způsobí jeho zahřátí a změnu elektrického odporu. Typické hodnoty časové konstanty jsou v desítkách mikrosekund. Další zmenšování velikosti pixelů by vedlo k vzrůstu šumu, a proto lze říci, že se u mikrobolometrických polí dosáhla jistá teoretická hranice velikosti pixelů a hranice NETD. Srovnání mikrobolometrů s jejich typickými hodnotami je uvedeno v tab. 3.

Mikrobolometrické IRFPA jsou tedy v budoucnosti vhodným levným kandidátem pro implementaci do optoelektronických systémů i na úrovni vojáka jednotlivce z důvodu jejich předpokládané masové produkce (např. v rámci evropském projektu ICAR - Infrared Camera for cAR [9]).

Tab. 3 Mikrobolometrické IRFPA

Mikrobolometr	BIRD	U3000	UL 03 08 1
Velikost FPA	320 x 256	320 x 240	384 x 288
Firma	SemiConductor Devices	DRS Technologies	ULIS
Typ polovodiče	VO _x	VO _x	a-Si
Rozteč mezi pixely [μm]	25	-	35
Spekt. citlivost [μm]	8-14	8-14	8-14
Časová konst. [ms]	5 nebo 12	-	7
NETD [mK]	50 *	40 – 100 *	85 **

* pro časovou konstantu 12 ms, okolní teplotu 300 K a obnovovací kmitočet 60 Hz

** pro časovou konstantu 7 ms, okolní teplotu 300 K a obnovovací kmitočet 60 Hz

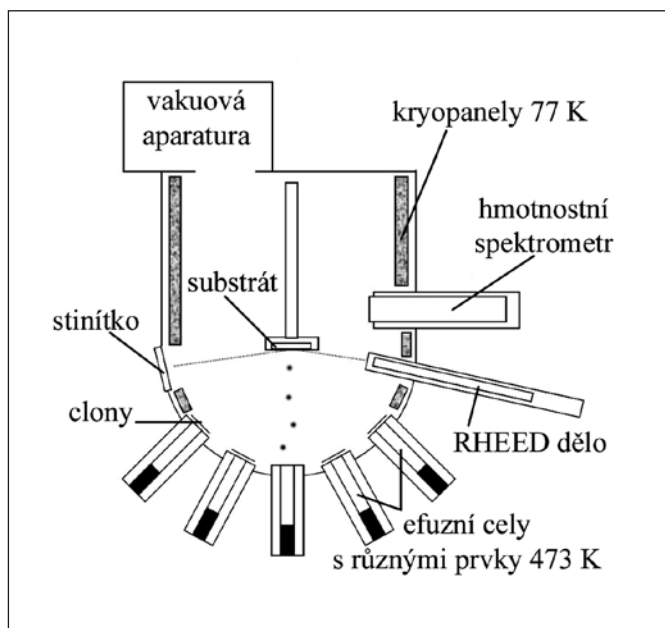
2.2. Detektory na bázi HgCdTe

Do vlastních ternárních polovodičů na bázi Hg_xCd_{1-x}Te se v posledních letech vkládá velká naděje, protože by mohly být vhodnými kandidáty pro třetí generaci detektorů infračerveného záření. Jejich největší výhodou je laditelná šířka zakázaného pásu pouze změnou parametru *x*, protože binární polovodiče HgTe a CdTe mají téměř shodnou mřížkovou konstantu (kolem 6,5 Å). Dostaneme tak různé stabilní krystalické struktury s přímým přechodem v oblasti 1 μm–15 μm. Skutečnost podobné mřížkové konstanty vede dále k tomu, že IRFPA na bázi HgCdTe můžeme pěstovat na substrátě Cd_{1-y}Zn_yTe (pouze s velmi málo procenty zinku) nebo Ge s malou dislokací.

Klíčovým prvkem těchto polovodičových detektorů je velmi přesná metoda jejich pěstování, kterou je epitaxe z plynné fáze, konkrétně molekulární svazková epitaxe (MBE – Molecular Beam Epitaxy). Epitaxe (z řeckého „epi-taxis“ uspořádaně na) umožňuje krystalický růst na substrátě (např. Cd_{1-y}Zn_yTe) polovodičovým strukturám, které tvoří diodová pole (mesa, planární, Loopholové) citlivé na infračervené záření. Epitaxe má obecně dvě fáze – fyzi-

sorpce, kdy dojde k usazení odpařené molekuly na povrchu substrátu a chemisorpce, kdy dojde k navázání molekuly na krystalickou strukturu. MBE probíhá ve speciální aparatuře v ultra-vysokém vakuu (10^{-8} Pa), tak aby střední doba letu molekul byla větší než rozměr aparatury. Molekuly jsou odpařovány z efuzních cel za nízké teploty ($200\text{ }^{\circ}\text{C}$), aby bylo dosaženo pomalého odpařování a tedy pomalého růstu vrstev ($0,001\text{ }\mu\text{m} - 0,3\text{ }\mu\text{m}$ za minutu). Význam „svazková“ epitaxe tedy vyjadřuje, že se molekuly na cestě k substrátu neovlivňují mezi sebou a ani s jinými molekulami, protože stěny aparatury jsou opatřeny kryopanely, které zabraňují odpařování nechtěných molekul ze stěn aparatury.

Tloušťka pěstované vrstvy se reguluje pomocí teploty odpařování a clon umístěných před efuzními celami a kontroluje se hmotnostním spektrometrem. Rovinnost vrstev se vyhodnocuje z difrakčního obrazce vznikajícím po odrazu elektronů od povrchu substrátu vysílaných pod malým úhlem (pod 5°) z elektronového děla (RHEED – Reflection High Energy Electron Diffraction, obr. 7, [10]).



Obr. 7 Princip MBE pro HgCdTe

Detektory infračerveného záření se strukturou HgCdTe tvoří výhradně hybridní IRFPA se skenovací či mozaikovou technikou čtení signálu. Mají obecně menší NETD (také díky chlazení) než mikrobolometrická pole. Srovnání některých typů IRFPA dodávaných do sesednutých jednotek armád NATO je uvedeno v tab. 4.

Tab. 4 Srovnání IRFPA na bázi HgCdTe

Název a rozlišení detektoru	PLUTON LW 288 x 4	SCORPIO MW 640 x 512	256 x 256
Firma	Sofradir	Sofradir	Aim Infrarot-Module
Snímání signálu	Skenovací IRFPA	Mozaikové IRFPA	Mozaikové IRFPA
Chladič	Integrovaný rotační Stirlingův	Integrovaný rotační Stirlingův	Oddělený lineární Stirlingův
Rozteč mezi pixely [μm]	28 x 43	15	40
Operační teplota [K]	77 - 90	90 - 110	neuveďeno
Spekt. citlivost [μm]	8 - 12	3 - 5	3 - 5
NETD [mK]	neuveďeno	16*	10*

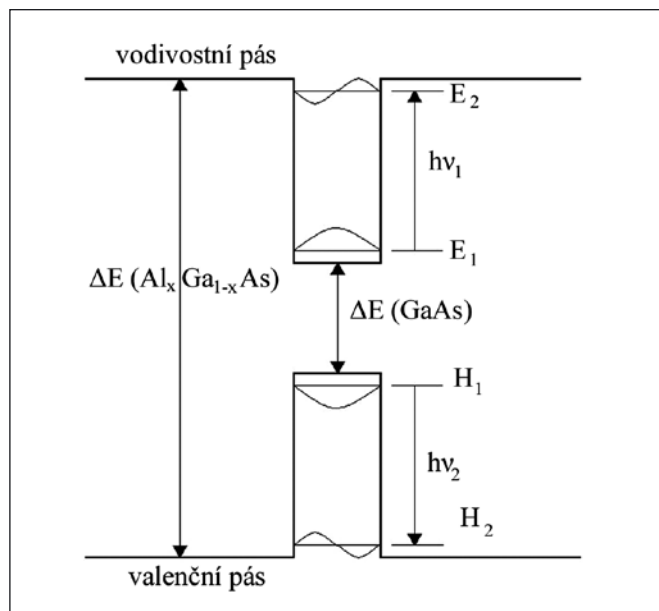
* při okolní teplotě 293 K s obnovovacím kmitočtem 100 Hz

Dále tyto detektory mohou mít velká zorná pole (např. detekční ploška 2048×2048 pixelů [11]), mohou se pěstovat jako vícevrstvé heterostrukтуры, které jsou citlivé na několik oblastí infračerveného záření najednou (např. LWIR a MWIR [12]). Mluvíme pak o barevných detektorech infračerveného záření. Tyto výhody HgCdTe technologie jsou z ekonomických důvodů využívány zatím jen v astronomii a v jiných vojenských oblastech (detektory mezikontinentálních balistických raket) než jsou sesednuté jednotky.

V následujících letech by cena těchto detektorů měla klesnout, protože technologie HgCdTe se stala jednou z nejvíce sledovaných oblastí IRFPA. Svědčí o tom např. francouzský projekt Minalogic, který je určen na podporu detektorů infračerveného záření třetí generace a do kterého francouzská vláda 5. února 2007 investovala $23\text{ M}\text{€}$.

2.3. Kvantové jámy (QWIP)

Kvantová potenciálová jáma vzniká v „sendviči“ tvořeném dvěma různými polovodiči (dvojitý heteropřechod), přičemž prostřední polovodič má menší šířku zakázaného pásu než krajní (viz obr. 8). Z uvedeného obrázku vyplývá, že dopadající fotony s energií $h\nu_1$ nemohou vytvořit fotoproud, protože jejich energie je menší než šířka zakázaného pásu. Proto technologie QWIP užívá nevlastní polovodiče (většinou typu n) s koncentrací příměsí $10^{17} - 10^{19}\text{ cm}^{-3}$. Abychom mohli mluvit o „kvantové“ jámě, musí mít prostřední polovodič submikronovou šířku (typicky 50 \AA). V takovém případě



Obr. 8 Kvantová jáma GaAs/ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$

můžeme použít k nalezení diskretních energetických hladin, které se vytvářejí ve valenčním a vodivostním pásu, model nekonečně hluboké pravouhlé jámy z kvantové mechaniky. Z tohoto modelu volbou polovodičových materiálů (určují hloubku jámy) a šířky prostředního polovodiče (šířka jámy) vytvoříme potenciálovou jámu pouze se dvěma energetickými hladinami.

Umístění první excitované hladiny nad základní energetickou hladinou je rozhodující pro velikost temného proudu, který je dominantním negativním jevem u QWIP. (Velikost temného proudu je spojena s faktem, že tato technologie používá dotované polovodiče.) Např. Gunapala [13] z centra pro kosmickou mikroelektroniku rozlišuje 18 základních typů QWIP založených hlavně na umístění první excitované hladiny. Většinou se používá vázaně-kvazivázané uspořádání hladin (bound-to-quasibound) v polovodiči typu n, kdy první excitovaná hladina kopíruje hranu vodivostního pásu.

Alternativou ke snížení velikosti temného proudu je ochlazení na teplotu pod 40 K (IRFPA založené na HgCdTe pracují kolem teploty 77 K), což by ovšem vyžadovalo nákladnější chladič zařízení.

Změnou parametrů kvantové jámy dostáváme IRFPA citlivé v různých oblastech spektra. Nabízí se tedy opět možnost barevných IRFPA, ovšem ani s touto technologií se barevné IRFPA v sesednutých jednotkách armád NATO zatím nepoužívají.

Následným skládáním sendvičů na sebe (typicky 40 – 100 kvantových jam) zvyšujeme pravděpodobnost absorpce fotonů. Mluvíme tak o vícenásobných kvantových jámách.

Typickými materiály pro QWIP mohou být GaAs (tvoří jádro sendviče) a $Al_xGa_{1-x}As$, jehož šířka zakázaného pásu je snadno laditelná změnou parametru x . Oba tyto polovodiče mají široký zakázaný pás (ΔE (GaAs) = 1,42 eV, ΔE ($Al_xGa_{1-x}As$) = (1,42-2,25) eV), což je upřednostňuje pro epitaxní technologie (MBE). IRFPA, složené z těchto polovodičů, mohou být citlivé na záření v oblasti 6 μm – 20 μm .

QWIP neabsorbují záření, které dopadá kolmo na detektor, protože nemá elektrickou složku kolmo na vrstvu (ve směru jejího růstu při pěstování pomocí MBE). Z toho důvodu musí na QWIP dopadat záření pod úhlem 45°. Jak toho dosáhnout? Stačí na poslední vrstvě umístit kovovou mřížkovou strukturu, která kolmo dopadající světlo difraguje zpět do IRFPA v různých směrech a difrakčních řádech.

QWIP detektory jsou chlazené většinou těsně pod teplotu tekutého dusíku (77 K), hybridní a mozaikové. Srovnání různých typů QWIP je uvedeno v tab. 5.

Tab. 5 Detektory na bázi QWIP

Firma	Aim Infrarot -Module	Qwiptech
Velikost IRFPA	640 x 512	640 x 512
Rozeč mezi pixely [μm]	24	25
Operační teplota [K]	neuveďeno	65 -68
Spekt. citlivost [μm]	8 – 10	8 - 10
NETD 1 [mK]	40*	35**
NETD 2 [mK]	10***	25****

* pro časovou konstantu 1,5 ms, okolní teplotu 300 K a optiku $f/2$

** pro časovou konstantu 15 ms, okolní teplotu 300 K, teplotu IRFPA 68 K, optiku $f/2$

*** pro časovou konstantu 30 ms, okolní teplotu 300 K a optiku $f/2$

**** pro časovou konstantu 15 ms, okolní teplotu 300 K, teplotu IRFPA 60 K, a optiku $f/2$

3. OPTOELEKTRONICKÉ SYSTÉMY S IRFPA V SESEDNUTÝCH JEDNOTKÁCH NATO

IRFPA se používají od úrovně družstva v systémech jako jsou termovize, termovizní zaměřovače, ruční akviziční jednotky (spolu s termovizí obsahují laserový dálkoměr, digitální kompas a přijímač GPS signálu) a přenosné akviziční jednotky (přesnější a těžší než ruční akviziční jednotky, a proto jsou umístěné na úhloměrné hlavici). Tab. 6 udává některé optoelektronické systémy s IRFPA používané v armádách NATO.

4. ZÁVĚR

Po druhé generaci infračervených detektorů záření, která přinesla díky CMOS strukturám možnost rychlého čtení informace (mozaikové IRFPA) a rozlehlé formáty IRFPA (běžně 640 x 512 pixelů), nastupuje generace další. Očekává se od ní další zvyšování

Tab. 6 Přehled optoelektronických systémů s IRFPA v armádách NATO

Název přístroje	X200xp	TWS-3000	Tasman	Jim MR	Nestor	FOI 200
Typ přístroje	Monokulární termovize	Termovizní zaměřovač	Binokulární termovize	Ruční akviziční jednotka	Přenosná akviziční jednotka	Přenosná akviziční jednotka
Určeno pro	družstvo	družstvo	četa	četa	rota	rota
Firma	L3 Communications	DRS Technologies	Thales	Sagem DS	Zeiss Optronik	Simrad Optronics
IRFPA	Mikrobolometr a-Si	Mikrobolometr VO_x	HgCdTe (Sofradir)	Mikrobolometr a-Si	HgCdTe (AIM)	QWIP
Počet pixelů	160 x 120	320 x 240	288 x 4	320 x 240	384 x 288	320 x 240
Spekt. citlivost [μm]	7 - 14	8 - 12	8 - 12	8 - 12	3 - 5	8 – 12
Zorné pole*	11° x 8°	15°	4° x 3° 8° x 6°	3,5° x 2,6° 12° x 9°	8° x 4°	3° x 2° 12° x 8°
Chladič	není	není	Stirling	není	Stirling	Stirling
Chladič čas	-	-	6 min	-	8 min	neuveďeno

* uvedené hodnoty jsou v pořadí horizontální x vertikální hodnota zorného pole

počtu pixelů IRFPA (např. astronomické detektory 1024 x 1024 od firmy FLIR nebo 1280 x 1024 od firmy Sofradir), multispektrální a barevné IRFPA (např. barevné QWIP IRFPA [14]) nebo 3D aktivní zobrazování v blízké infračervené oblasti. Většina z těchto očekávání se již splnila v laboratořích nebo v jiných oblastech než jsou sesednuté jednotky armád NATO. Pronikne-li tato generace i do této oblasti armád NATO, stane se pak díky masové produkci levnější a přístupnější i pro civilní sektor.

Literatura

- [1] Kozlowski J. L., Kosonocky W. F.: Infrared detector arrays, Handbook of optics, kapitola 23, McGraw-Hill, 1997.
- [2] Rühlich I., Wiedmann Th., Mai M., Petrie J.: Flexure Bearing Compressor in the One Watt Linear Interface, SPIE, Vol. 6542-14, Orlando, Florida, USA, April 2007.
- [3] Young S. Susan et al.: Adaptive deblurring of noisy images, Applied optics, Vol. 46, No. 5, 10 February 2007.
- [4] STANAG 4347, Ed.1, Amendment 1: Definition of nominal static range performance for thermal imaging systems, 1. 7. 1996.
- [5] STANAG 4349, Ed.1, Amendment 1: Measurement of the minimum resolvable temperature difference (MRTD) of thermal cameras, 19. 6. 1996.
- [6] STANAG 4350, Ed.1, Amendment 0: Calculation of minimum resolvable temperature difference (MRTD) for thermal imaging systems, 18. 7. 1995.
- [7] Mottin E. et al.: Uncooled amorphous silicon technology enhancement for 25 μm pixel pitch achievement, SPIE, Vol. 4820, 2002.
- [8] Hooge F.H.: 1/f noise is no surface effect, Physics Letters, A29, 139-140, 1969.

- [9] Crastes A.: Low cost uncooled IRFPA and molded IR lenses for enhanced driver vision, SPIE, Vol. 5252, Oct. 2003.
- [10] Rinaldi F.: Basic of Molecular Beam Epitaxy, Annular Report 2002, Optoelectronics Department, University of Ulm, 2002.
- [11] Garnett J. D et al.: 2K x 2K molecular beam epitaxy HgCd-Te detectors for the James Webb Space Telescope NIRCcam instrument, SPIE, Vol. 5499, 2005.
- [12] Tribolet P., Destefanis G.: Third generation and multi-color IRFPA developments: a unique approach on DEFIR, SPIE, Vol. 5783, Orlando, 2005.
- [13] Gumapala S. D.: Quantum Well Infrared Photodetector (QWIP) Focal Plane Array, Semiconductors and Semimetal, Vol. 62, 1999.
- [14] Gunapala S.D. et al.: 640 x 512 Pixel Four/Band, Broad-Band, and Narrow-Band Quantum Well Photodetector Focal Plane Arrays, SPIE, Vol. 4820, Jan 2003.

Internetové adresy firem uvedených v článku:

Aim Infrarot-Module: www.aim-ir.com
DRS Technologies: www.drs.com
Flir Systems: www.flir.com
L3 Communications: www.L-3Com.com
Qwiptech: www.qwip.com
Sagem Défense Sécurité: www.sagem-ds.com
SemiConductor Devices: www.scd.co.il
Simrad Optronics ASA: www.simrad-optronics.no
Sofradir: www.sofradir.com
Thales Corporate: www.thalesgroup.com
Ulis: www.ulis-ir.com
Zeiss Optronik GmbH: www.zeiss-optronik.com

Bc. Filip Chlup, PRAMACOM-HT spol. s.r.o., telefon 606 683 014, email: filip@chlup.net

Technické pokyny pro autory

Příspěvky se přijímají v elektronické formě.

Požadavky na textovou část: Text musí být pořízen v editoru MS WORD, doporučuje se font Times New Roman, velikost písma 12, dvojitě řádkování, formát stránky A4. Ve všech částech příspěvku používejte stejný font. Text pište do jednoho sloupce se zarovnáním k levému okraji, klávesu ENTER používejte pouze na konci odstavce.

Rovnice a vzorce uváděné na samostatných řádcích musí být vytvořeny modulem pro matematiku editoru MS WORD, rovnice a vzorce, které jsou součástí textu na řádku, zapisujte pomocí vložených symbolů, nikoliv zmíněným modulem. Při psaní matematických a chemických výrazů dodržujte základní pravidla: Veličiny pište kurzívou, matice tučně stojatě (antikva), vektory a skaláry tučnou kurzívou. Úplný (totální) diferenciál „d“ vždy stojatě. Ludolfovo číslo „ π “ stojatě. Indexy, pokud vyjadřují veličinu, pište kurzívou, v opačném případě stojatě (např. max, min apod.). Imaginární jednotku „i“ stejně jako „j“ v elektrotechnice pište stojatě.

Dodržujte pravidla českého pravopisu; za interpunkčními znaménky je vždy mezera. Rovněž tak před a za znaménky „+“, „-“, „=“ apod. je vždy mezera.

Požadavky na obrázky a grafy: Grafickou část příspěvku nevěšujte do textu, ale dodávejte ji jako samostatné grafické soubory typu *.CDR, *.EPS, *.TIF, *.JPG a *.AI (vektorovou

grafiku jako *.EPS nebo *.AI soubory, bitmapovou grafiku jako *.TIF nebo *.JPG soubory). V žádném případě nedodávejte obrázky v souboru typu *.doc. Bitmapové soubory pro černobílé kresby musí mít rozlišení alespoň 600 dpi, pro černobílé fotografie nejméně 200 dpi a pro barevné nejméně 300 dpi. Při generování obrázků v COREL DRAW do souboru typu *.EPS převedte text do křivek. U souborů typu *.JPG používejte takový stupeň komprese, aby byla zachována co nejlepší kvalita obrázku. Velikost písma v obrázcích by neměla klesnout pod 1,5 mm (při předpokládané velikosti obrázku po zalomení do tiskové strany).

Pokyny k předávání příspěvku

Ke každému textu nebo grafice musí být přiložen kontrolní výtisk nebo fotografie.

Dále je třeba, aby k článku autor dodal překlad resumé a názvu článku do anglického (českého – slovenského) jazyka, klíčová slova, jména všech autorů včetně titulů, jejich plných adres, telefonického spojení a případně e-mailové adresy.

Soubory je možno dodat na disketu, CD nebo na médium ZIP 100 MB.

Ke každému příspěvku připojte seznam všech předávaných souborů a u každého souboru uveďte pomocí jakého software byl vytvořen.

Příspěvky zasílejte na adresu: Redakce časopisu JMO, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov.

VIDĚT A NEBÝT VIDĚN V NOCI

Přístroje nočního vidění řidiče se značkou



Schopnost nočního vidění je nyní klíčovým faktorem vedení bojové činnosti. První přístroje nočního vidění se objevily během II. světové války v armádách Německa a USA. Po II. světové válce se jedním z největších výrobců přístrojů tohoto typu stal český podnik MEOPTA v Přerově.

Společnost MEOPTA byla založena v roce 1933 s názvem Optikotechna. Jejími prvními výrobky byly pozorovací a zaměřovací přístroje pro opevnění a tanky. Nyní tato společnost s více jak 2 300 pracovníky vyrábí množství optických přístrojů pro komerční trh i pro vojenské použití.

ŘEŠENÍ PRO BMP-1/-2/-3

Hlavní nevýhodou prvních typů přístrojů nočního vidění byla jejich aktivní funkce s nutností osvětlování cíle. Tímto nedostatkem trpí i originální přístroje řidiče tanků T-72 a vozidel řady BMP-1/-2/-3. Aktivní funkce těchto přístrojů nočního vidění je pro tato vozidla vyloženě nebezpečná, neboť je možno je detekovat pomocí brýlí nočního vidění až na několik kilometrů

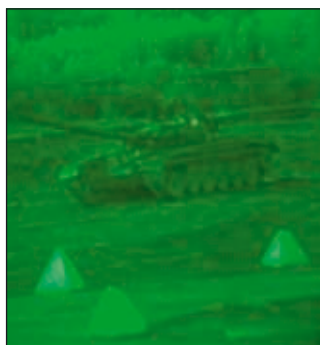


Kolový obrněný transportér Steyr Pandur

1 a 2 ukazují srovnání pohledu na vozidlo vybavené původními aktivními přístroji nočního vidění (obr. 1) a na vozidlo vybavené novými pasivními kombinovanými přístroji (obr. 2).



Obr. 1



Obr. 2

MEOPTA proto pro tato vozidla vyvinula řadu nových, zcela pasivních, přístrojů nočního vidění. Všechny tyto přístroje jsou navíc kombinované – denní i noční – a není třeba je při přechodu den / noc zaměřovat. Zcela nový je kombinovaný přístroj řidiče DND-5 a modernizovány byly přístroje řidiče (TKN-3) a střelce (BPK-3), které MEOPTA v minulosti vyráběla. Nová řada přístrojů se tedy vyznačuje zcela pasivní funkcí. To výrazně ztěžuje možnost detekce vozidla a současně zvyšuje dosah uvedených přístrojů. Obrázky



Obrněné vozidlo BMP



MEO 50 - noktovizní zaměřovač pro ruční palné zbraně



KLÁRA - noktovizní pozorovací přístroj



DND 5 - kombinovaný denní /noční přístroj řidiče BVP-2



TKN - 3BP - kombinovaný noční/ denní přístroj velitele BVP-2

VOLBA PRO PANDUR

Koncepce kombinovaného denního / nočního přístroje řidiče se ve vozidlech řady BMP osvědčila, a proto byla českou armádou vybrána i pro nové kolové obrněné vozidlo Steyr Pandur II. Nový přístroj CDND-1 používá ještě modernější architekturu a koncepcí než přístroj DND-5.

KOMPLETNÍ SORTIMENT

MEOPTA nyní vyrábí kompletní sortiment moderních přístrojů nočního vidění pro jednotlivce i vozidla. Významná je také nabídka denních optických přístrojů pro lovecké i vojenské použití. Vysocí hodnoceny jsou např. zaměřovače pro odstřelovače.

Na veletrhu IDET 2007 nás najdete v pavilonu Z, stánek č. 35.

IDET 2007 - největší zbrojní veletrh v Evropě



Mezinárodní veletrh obranné a bezpečnostní techniky IDET se za osm svých dosavadních ročníků stal jednou z nejvýznamnějších evropských i světových akcí. „Stěžejním tématem letošního IDETu bude obrana proti mezinárodnímu terorismu,“ říká v rozhovoru vedoucí manažer veletrhu Karel Torn.

Hned první otázka možná trochu troufalá, ale potvrdí IDET letos, že se v současnosti řadí mezi největší evropské veletrhy?

„Určitě ano. I přesto, že minulý ročník byl rekordní po všech stránkách, tak data naznačují nárůst např. u výstavní plochy na 106 procent, očekáváme větší expozice Spojených států, Německa a Slovenska, řadu novinek připravujeme také v rámci doprovodného programu, např. zasedání České euroatlantické rady, svou účast potvrdila řada významných osobností včetně premiéra Miroslava Topolánka.“

Každý ročník je zaměřen na určitou oblast obranných technologií. Jaká je nosná myšlenka toho letošního, devátého ročníku?

„Stěžejním tématem letošního IDETu je obrana proti mezinárodnímu terorismu, který je tématem číslo jedna celosvětového obranného systému. Ze zkušeností minulých let a současného dění ve světě si civilizovaný svět zatím nemůže dovolit nebyť připravený vůči případnému nebezpečí ze strany vnějšího agresora. S tím souvisí také druhé stěžejní téma veletrhu, což je sblížení armádních a bezpečnostních struktur a třetí představovanou oblastí je úkol a funkce armádních složek při přírodních a průmyslových katastrofách.“

V čem bude IDET 2007 stejný jako předešlé ročníky a v čem se naopak od nich bude lišit?

„Osmý mezinárodní veletrh obranné a bezpečnostní techniky IDET 2005 byl jak jsem již uvedl historicky rekordní. Rozloha celkové výstavní plochy se tehdy oproti předešlým ročníkům zvýšila o 60 % na 48 804 m². Špičkové technologie představilo 286 firem z 26 zemí. Branami brněnského výstaviště prošlo celkem 27 419 návštěvníků, což je o 5 622 více než v roce 2003. K letošnímu 18. dubnu se počet přihlášených firem vyšplhal již na 288, přičemž registrujeme zájemce ze 25 zemí. Zvýšená pozornost se letos obrací na přibližování funkce klasické policie a klasické armády a využití vojenské výzbroje a výstroje pro policejní složky a v souvislosti s dalším rozšiřováním EU očekáváme účast zástupců z nových členských zemí.“

Již přívlastek mezinárodní dává tušit, že i na letošním ročníku bude silné zastoupení vystavovatelů ze zahraničí?

„To je pravda, účast potvrdily firmy z desítek zemí, některé se představí dokonce s většími expozicemi oproti minulým ročníkům a např. Thajsko bude vystavovat vůbec poprvé. Ze světových firem návštěvníci uvidí např. Patrii, Lockheed-Martin, Rafael, Saab Microwave Systems, Raytheon, Diehl, Rheinmetall, Iveco a řadu dalších.“

Co se týče návštěv ze zahraničí, letos odešla pozvánka ministryně obrany do 69 zemí celého světa. Pozváni jsou vždy ministři obrany dané země a dále vždy konkrétní osoby na pozici náčelníka generálního štábu a národního ředitele pro vyzbrojování. Jako už tradičně do Brna přiletí speciál z Bruselu, který přiveze jednotlivé národní zástupce akreditované v centrále NATO, zástupce Evropské obranné agentury a další významné hosty.“

A co čeští vystavovatelé? Nenechali se zahanbit?

„Z českých firem obranného průmyslu jsou již dlouho přihlášeny všechny klíčové – jmenovat mohou např. Tatra, Ompol, VOP 025 Nový Jičín, VOP 026 Šternberk, SVOS Přelouč, E-COM Slavkov či společnou expozici Czech NBC Teamu. Své zastoupení na letošním IDETU bude mít i NAMS, logistická agentura NATO, jejíž přítomnost na veletrhu představuje velkou šanci pro přítomné firmy, jak rozšířit své pole působnosti.“

Jak bude vypadat letošní účast Armády České republiky?

„Účast Armády ČR dozná proti té minulosti určitých změn. Armáda tentokrát bude v nejmodernějším pavilonu F a na volné ploše Z a M. Presentovat se zde budou jako každý IDET všechny důležité armádní složky. Nemění se také princip, který zaručuje, že v armádním pavilonu bude vystavovatelům a zahraničním delegacím k dispozici prakticky každý, kdo v Armádě ČR rozhoduje o akvizicích. Armáda se rovněž bude podílet na odborném doprovodném programu včetně dynamických ukázek techniky na terénním polygonu.“

Můžete prozradit Váš tip, co nebo kdo bude největším tahákem letošního ročníku?

Nyní už to můžu prozradit. Svou účast potvrdil americký brigádní generál Robert Crear, velitel Mississippi Valley Division, který velel rozsáhlým záchranným akcím v New Orleans po hurikánu Katrina a který se kromě jiného přijede podívat na unikátní expozici protipovodňových opatření.

Určitě připravujete i řadu zajímavých akcí v rámci doprovodného programu?

Na odborném doprovodném programu se kromě organizátorů veletrhu podílejí i Asociace obranného průmyslu ČR, AFCEA ČR, Armáda ČR, Univerzita obrany Brno a další instituce. Pokud bych měl vyzdvihnout nějaké akce, pak bych se rád zmínil o konferenci CATE, v jejímž rámci proběhne např. 8. mezinárodní symposium o zbraňových systémech, konference Vojenské technologie, konference Simulace a distanční vzdělávání, konference Bezpečnost a ochrana informací, 9. odborný seminář Materiály a technologie ve výrobě speciální techniky, mezinárodní konference Ekonomika, logistika, ekologie v ozbrojených silách nebo konference Příprava profesionálů v obranných a bezpečnostních silách z pohledu společenských věd a jazykového vzdělávání. Česká pobočka AFCEA organizuje Mezinárodní konferenci ITTE, po šesté pořádá Česká protipovodňová asociace ve spolupráci s Veletrhy Brno, a.s. praktické ukázky protipovodňových opatření. Návštěvníci budou moci opět sledovat řešení nejrůznějších situací, kdy vodní živel přímo ohrožuje lidské životy a majetky.

Na co vy se osobně těšíte?

Kromě již uvedených částí programu IDETU 2007 jsem zvědav na premiérové představení firem ze sdružení NBC, které se zabývá ochranou proti nukleárním, biologickým, chemickým, jaderným a radiologickým zbraním. A samozřejmě kromě dalších také na první osobní setkání s novou ministryně obrany Vlastou Parkanovou.

Už přemýšlíte, jak za dva roky oslavíte kulaté výročí?

Nezlobte se, ale to teď stejně nemohu prozradit. Nejdříve je nutné zanalyzovat IDET 2007 po jeho skončení a dále sledovat evropskou konkurenci. Pro nás je nejdůležitější, aby si IDET udržel pozici nejprestižnějšího veletrhu obranných technologií v novém prostoru NATO a tomu podřídíme všechny naše aktivity.

PR IDETu

Přístroj řidiče CDND-1

Přístroj CDND-1 je kombinovaný přístroj řidiče umožňující řízení vojenské vozidlové techniky, a to jak ve dne, tak i v noci. Přístroj je vyvíjen ve společnosti Meopta-optika, s.r.o na základě technických specifikací a požadavků AČR pro kolový obrněný transportér Pandur II.

Koncepce přístroje je postavena tak, aby přístroj splnil i ty nejnáročnější požadavky kladené na výkonové parametry přístroje, na jeho ergonomii, ale také na obsluhu přístroje jako celku.

Celý přístroj v sobě zahrnuje kombinaci denního pozorovacího kanálu a větve pro noční pozorování. Touto stavbou je CDND-1 jedním z mála přístrojů tohoto typu, které mohou být používány v celodenních podmínkách, aniž by bylo nutno provádět jakoukoliv demontáž denního periskopu a následnou montáž nočního přístroje nebo naopak. Uživatel tuto skutečnost docení zejména při změnách viditelnosti v terénu v průběhu provádění jednotlivých operací.



Denní pozorovací kanál je periskopického typu s velikostí zorného pole 90° horizontálně a 45° vertikálně. Denní větev je vybavena antilaserovým filtrem pro vlnové délky 800, 900, 1064 a 1540 nm, který zajišťuje ochranu uživatele před účinky laserové záření uvedených vlnových délek. Součástí denní větve je rovněž elektro-ohřev vnějších optických ploch, který zabraňuje jejich orosování vlivem teplotních změn okolního prostředí, uživateli je tudíž umožněn plnohodnotný komfort při pozorování terénu v jakýchkoliv podmínkách (např. za deště, sněhu, mlhy, apod.). Denní kanál umožňuje uživateli stereoskopické vnímání pozorovaného terénu a tím uživatel může reálně vyhodnocovat vzniklé situace s ohledem na potřeby řízení celého vozidla (např. rekognoskace terénu, identifikace označených cílů, odhad vzdáleností k jednotlivým překážkám, apod.).

Optická větev pro noční pozorování je u CDND-1 noktovizní, tzn. pracuje na principu zesílení zbytkového světla. Jako zesilující prvek je v tomto přístroji použitý mikrokanálový zesilovač jasu obrazu typu XD-4, který je možno také označit jako zesilovač III. generace. Jeho součástí je integrovaná funkce AUTOGATING a možnost regulace zisku jasu obrazu včetně našeho určitého know-how v oblasti optické stavby soustavy.

Funkce AUTOGATING poskytuje svému uživateli komfort při pozorování terénu bez ohledu na momentální světelné podmínky, neboť dokáže bezproblémově reagovat na náhlé změny osvětlení terénu, kdy například vyjíždí vozidlo z velmi tmavých oblastí do oblastí naopak přesvětlených nebo dochází-li k neustálému oslňování řidiče vlivem např. protijedoucích vozidel, pouličním osvětlením nebo také vlivem intenzivních záblesků při střelbě na bitevní poli. AUTOGATING dokáže všechny tyto vlivy eliminovat a zachovat tak potřebný kontrast pozorovaných objektů, proto

aby byl řidič schopen bezpečně a přesně řídit vozidlo dle potřeby. Nespornou výhodou této funkce je bezesporu i skutečnost, že tato funkce umožňuje použití noční větve pro pozorování za dne a sice jako nouzové řešení v případě nepoužitelnosti denní větve, např. z důvodu poškození denního hranolu apod.)

Funkce regulace zisku jasu obrazu je další vynikající vlastností tohoto mikrokanálového zesilovače, neboť umožňuje uživateli regulovat jas stínítka zesilovače a tím jeho šum dle své potřeby v závislosti na osvětlení okolního prostředí, což má za následek zvýšení komfortu pozorování noční větve. V praxi to znamená, čím menší je zisk zesilovače, tím je menší šum obrazu a tím je možné rozeznávat větší detaily pozorovaného objektu bez zvýšení námahy zraku uživatele. Naopak, čím větší je zisk, tím větší je šum a jednotlivé detaily na pozorovaném objektu zanikají a uživatel musí více namáhat svůj zrak.

Dalším prvkem noční větve zlepšující komfort pozorování přístrojem CDND-1 je elektricky zaostřovaný objektiv, pomocí kterého má uživatel možnost zaostřit si přístroj na optimální vzdálenost v závislosti na terénu, viditelnostních podmínkách apod.

Mezi další pozitivní fakta patří to, že rovněž vnější optické plochy noční větve jsou vybaveny elektro ohřevem, který plní stejnou funkci jako ohřevy v denní větvi.



Koncepčně je noční větev navržena tak, že pozorování obrazu terénu je řešeno pomocí biokulárové čočky, která umožňuje uživateli pozorovat daný obraz oběma očima ze vzdálenosti cca 70 mm. Uživatel má proto podstatně jednodušší práci při sledování ostatních přístrojů ve vozidle (displeje s navigačními systémy, displeje s údaji o vozidle, apod.) a neztrácí tak orientační smysl a přehled o dění kolem jako při pozorování klasickými jedno nebo dvou okulárovými přístroji.

Základní výkonové parametry celé noční větve jsou zorné pole v horizontální rovině 45°, ve vertikální rovině 25°, zvětšení 1x. Přístroj CDND-1 je určen pro použití při úrovni osvětlení od 3×10^{-3} lx a s dosahem vidění, umožňující řidičům bezpečné řízení vojenských vozidel v závislosti na daných světelných podmínkách.

Lukáš Haubelt, Vilém Kohout

Kontakt: Lukáš Haubelt, Ing. Vilém Kohout, Meopta – optika, s.r.o., Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, tel.: 581 243 123

OSANNA, P. H. – DURAKBASA, M. N. – AFJEHI-SADAT, A.: Quality in Industry. (Kvalita v priemysle). 2. vyd., TU Wien, Abteilung Austauschbau u. Messtechnik, Wien 2004, 147 s., ISBN 3-901888-23-3

Vysoká úroveň kvality produkcie sa dá doceliť len tak, že meranie integrujeme do produkčného procesu. Kvalita v rozhodujúcej miere vplyva na ekonomické parametre produktu, jeho konkurencieschopnosť, spokojnosť zákazníka atď. Téma kvality je teda zrejme aktuálna aj vo výukovom procese.

Trojica skúsených pedagógov z Tech. univerzity vo Viedni sa v recenzovanej monografii zaoberá širokou paletou aspektov, súvisiacich s kvalitou v priemyselnej praxi. Hoci ide v podstate o publikáciu typu študijnej pomôcky pre poslucháčov strojárske fakúlt, svojím obsahom i formou spracovania sa môže dobre uplatniť aj v praxi.

Dielo je prehľadne zostavené do trinástich kapitol (za každou kap. je uvedená relevantná literatúra). V dvoch úvodných kapitolách autori predovšetkým definujú základné prvky managementu kvality, poslanie metrologie, ako aj výklad jednotlivých termínov z oblasti kvality.

3. kap. sa zaoberá kvalitou v priemysle a v službách, nasledovná kap. objasňuje rôzne koncepcie managementu kvality (uvedené sú základné princípy autorov: Juran, Deming, Crosby, Feigenbaum a Ishikawa), ako aj oceňovanie kvality v medzinárodnom meradle. Dve ďalšie kapitoly sa zaoberajú tzv. „totálnym managementom kvality“ (Feigenbaumov koncept), jeho princípmi a tiež otázkami nákladov na zabezpečenie kvality.

Zaujímavý obsah má kap. 7, kde sa rozoberajú otázky metrologického charakteru, vo vzťahu ku kvalite. Vysvetlené sú tu základné metrologické termíny, úloha meracej techniky v moderných produkčných procesoch (napr. stať o súradnicovej metrologii, resp. optoelektrických metódach merania parametrov obrobkov), ako aj súvisiace otázky kalibrácie súradnicových meracích strojov.

8. kap. stručne pojednáva o managemente kvality v modernej produkcii – ako príklad sa uvádza pružná meracia buňka, aplikovaná na pracovisku autorov monografie pre kvantifikáciu rozmerových parametrov obrobkov (ide o tzv. „inteligentné“ meranie!). Následný text 9. kap. nadväzuje na predošlý výklad – ide o problematiku inteligentných meracích systémov, zviazaných s aplikáciou súradnicovej meracej techniky, resp. so systémom DMIS (Dimensional Measuring Interface Specification).

Desiata kap. monografie podrobne rozoberá otázky systémov managementu kvality a nástroje, vedúce ku kvalite. Zvlášť zaujme stať o štatistickej kontrole kvality a príslušných grafických dokumentoch. 11. kap. je obsahovo zameraná na problematiku hodnotenia kvality a na metódy zlepšovania kvality (QFD, FMEA). Nasledovná kap. objasňuje experimenty vo sfére zlepšovania kvality, ako aj porovnanie rôznych metód, vyskytujúcich sa v týchto pokusoch.

Záverečná 13. kap. akcentuje trvalý úspech v budovaní systémov kvality na základe aplikácie systému „Six Sigma“. Autori tu vysvetľujú podstatu tohto systému v kontexte zvyšovania kvality, aj s doplnujúcimi informáciami pri jeho aplikácii.

Vecný index, ktorý poslúži čitateľovi pri práci s textom monografie, finalizuje text tejto užitočnej publikácie. Záverom len toľko: monografia môže byť užitočnou učebnicou nielen pre študentov, ale aj pre praktikov v priemyselnej praxi (najmä v strojárstve), ktorí majú v svojej pracovnej náplni problematiku kvality produkcie.

I. Brezina

Schnars, D. – Jueptner, W.: Digital Holography: Digital Hologram Recording, Numerical Reconstruction, and Related Techniques. Springer Verlag, Berlin 2005, 164 s., ISBN 3-540-21934-X, cena: 62 USD

Optické metódy vo vede a priemysle v poslednej dobe prechádzajú obrovským rozvojom, ktorý je vo veľkej miere spôsobený rýchlym vývojom moderných optických a optoelektronických prvků, detektorů

a počítačové techniky. Klasické optické metódy jsou digitalizovány a vyhodnocovací proces je prováděn pomocí počítačových programů. Tím dochází ke zjednodušení měřicích a zobrazovacích zařízení z hlediska jejich konstrukce, typu záznamového média, rychlosti a přesnosti vyhodnocení, apod. Jednou skupinou metod, který tento proces vývoje prodělaly je holografie a holografická interferometrie. Holografická metoda od svého vynalezení D. Gaborem v roce 1948 prodělala mnoho změn. Nicméně klasická holografie neumožňovala určit přímo fázi předmětového vlnového pole a způsob zpracování byl dosti zdlouhavý. Proto v posledních letech v důsledku vývoje moderních optoelektronických detektorů (CCD) byla vyvinuta tzv. metoda digitální holografie resp. digitální holografické interferometrie, která v současné době umožňuje provádět záznam, měření a vyhodnocení v reálném čase.

Autoři patří k průkopníkům metody digitální holografické interferometrie. Jejich cílem bylo napsat knihu, která by popisovala podrobně principy digitálních holografických metod, vyhodnocovací algoritmy a použití těchto digitálních metod ve vědě a průmyslu. Publikace je tématicky rozdělena na sedm kapitol a dva dodatky. Je vhodně doplněna obrázky schématického i aplikačního charakteru, velmi podrobným věcným rejstříkem a rozsáhlým seznamem odborné literatury, týkající se klasických i digitálních holografických metod.

Úvodní kapitola se stručně zabývá historií a vývojem holografických metod, přičemž popisuje některé zásadní kroky ve vývoji a současný stav v oblasti digitální holografie a digitální holografické interferometrie. Dále následuje část, zabývající se optickými základy holografie a holografické interferometrie. Zde jsou uvedeny principy klasických holografických technik a základní pojmy (např. interference, difrakce, koherence, koherenční zrnitost) nutné pro výklad. Třetí kapitola je již zaměřena na metodu digitální holografie. Zejména jsou diskutovány parametry optoelektronických detektorů pro záznam, různé způsoby záznamu, numerické rekonstrukce a metod pro vyhodnocování digitálních hologramů. Ve čtvrté kapitole je popisována metoda digitální holografické interferometrie. Autoři se především zaměřují na použití metody pro měření deformací, analýzu napětí, zjišťování indexu lomu materiálů a nedestruktivního testování materiálů a konstrukcí. V kapitole je uveden princip měření, různá experimentální zařízení a příklady zmíněných aplikací. Pátá kapitola ve stručnosti popisuje možnost použití digitálních holografických technik v oblasti optické mikroskopie. V šesté části knihy jsou poté uvedeny některé speciální metody použití digitální holografie jako např. holografická endoskopie, komparativní holografie, optická rekonstrukce digitálních hologramů, kódování informace pomocí digitální holografie, apod. Sedmá kapitola prezentuje ve stručnosti optické měřicí metody využívající koherenční zrnitosti (speklu). Jsou zde popsány metody elektronické spekl interferometrie (ESPI), digitální stříhové interferometrie, digitální spekl fotografie a na závěr je provedeno vzájemné porovnání výhod a nevýhod metod klasické holografické interferometrie, spekl interferometrie a digitální holografické interferometrie. Publikace je zakončena dvěma dodatky, ve kterých jsou vysvětleny některé základní pojmy z oblasti optického zpracování informace.

Knihy i přes svoji relativní stručnost poskytují velice dobrý přehled v oblasti digitálních holografických metod a možnosti jejich praktického uplatnění ve vědě a průmyslu. Je zde uveden jak teoretický základ dané problematiky tak implementace pro počítačové vyhodnocovací algoritmy a ukázky některých praktických aplikací popisovaných metod. Pro prohloubení znalostí lze též s výhodou využít velmi rozsáhlý seznam odborné literatury, uvedený na konci knihy. Publikaci je možno doporučit vědeckým pracovníkům, inženýrům i studentům, kteří se danou problematikou zabývají nebo se s ní chtějí podrobněji seznámit.

J. Novák

Bäumer, S. (Ed.): Handbook of Plastic Optics. John Wiley & Sons, New York 2005, 199 s., ISBN 3-527-40424-4, cena: 129 USD

Oblast optiky je jednou z několika perspektivních oblastí, jež se v posledních letech výrazně vyvíjejí, zejména technologicky. Optické prvky jsou běžnou součástí každodenně používaných zařízení. U velké části těchto zařízení se nejedná o klasické prvky (čochy, hranoly, apod.) vyráběné z optického skla, ale o optické prvky vyráběné ze speciálních plastických hmot. Tyto plastové optické prvky se vyrábějí technologií vstřikování do forem. Používání plastových prvků má oproti sklu některé nepochybné výhody, z nichž nejdůležitější jsou nižší nákladovost výroby, rychlost výroby, jednoduchost výroby komplikovaných tvarů, snadnost miniaturizace a integrace do různých zařízení. To umožňuje snadné rozšíření těchto prvků v hromadné výrobě. Nicméně existují jisté nevýhodné vlastnosti, zejména v oblasti životnosti a odolnosti proti vlivům okolního prostředí. Tato kniha popisuje podrobně většinu aspektů, které se vyskytují při návrhu, výrobě a kontrole kvality plastových optických prvků. Cílem autorů bylo vytvořit dostatečně podrobnou příručku se zaměřením na její praktické použití v oblasti vývoje, výroby a kontroly kvality výroby optických prvků z plastických hmot.

Publikace se skládá z šesti tematických částí, z nichž každá podrobně popisuje jednotlivé oblasti návrhu, technologie výroby a kontroly jakosti plastových optických prvků. Je vhodně doplněna množstvím schématických obrázků a fotografií, seznamem odborné literatury a přehledným věcným rejstříkem.

Úvodní kapitola je věnována stručnému přehledu současného použití plastové optiky v průmyslových aplikacích a vyjmenování

výhod a nevýhod současné výroby plastových prvků oproti prvkům z optického skla. Druhá kapitola je zaměřena na optomechanické vlastnosti plastových optických prvků z hlediska jejich návrhu, přesnosti výroby a následného použití. Ve třetí kapitole knihy jsou podrobně popsány principy a zařízení pro výrobu plastových optických prvků technologií vstřikování do forem. Čtvrtá kapitola se poté zabývá měřicími metodami a postupy, které jsou používány pro kontrolu tvaru a centrování optických prvků. Zde jsou uvedeny relativně stručně běžně užívané optické měřicí metody pro kontrolu kvality povrchu, tvaru, defektů a centrace optických prvků. V páté kapitole jsou podrobně vysvětleny jednotlivé fyzikální a chemické vlastnosti plastických hmot, které jsou v současnosti běžně používány pro výrobu. Poslední kapitola pté velmi obsažně popisuje velmi důležitou problematiku nanášení tenkých vrstev na plastové optické prvky. Jsou zde uvedeny jak jednotlivé průmyslové metody nanášení tenkých vrstev tak i optické vlastnosti těchto vrstev.

Předložená publikace podává velmi dobrý přehled odborné problematiky v oblasti návrhu, výroby, kontroly a aplikací optických prvků z plastických hmot. I přes relativní stručnost v některých částech knihy se autorům podařilo napsat velmi dobrou příručku, která komplexně popisuje současný stav dané problematiky. Knihu je tak možno doporučit vědeckým pracovníkům a pracovníkům v optickém průmyslu, kteří se danou problematikou zabývají. Je též vhodná jako doplňková příručka pro studenty optiky, jež se chtějí podrobněji seznámit s problematikou výroby optických prvků z plastických hmot.

J. Novák

CONTENTS

Forward Observers and Forward Air Controllers in the dismantled units and their equipment (V. Chlup)95

The idea of the Forward Observers (FO) and the Forward Air Controllers (FAC) use is relatively new element in the history of the armies. The first observers and the Controllers have appeared directly in the compositions of the small units (the company, the platoon) approximately fifty years ago. Although the specific difference between the activities of the observer and the controller exists, in practise their functions blend together often. The primary task of the observer is to search out the targets on the battlefield to ensure their location and afterwards to ask for the relevant fire support because of their elimination. The controller shall not only ensure the target but also mark it so that this fire support could be guided to it often autonomous. The observers are used chiefly for the artillery fire's direction. The controllers are used for direct fire support of the air power. Nowadays both functions are often joined together and the combined teams of observers and controllers are formed. In addition, the new optoelectronic devices enable us to automate acquisition of the target so that it becomes the part of the imaginary digitalize battlefield. This permits to cut down all reactive times markedly.

Mobile workplace of the Forward Air Controllers MP TACP

(J. Hornyš, T. Perner, V. Chlup) 107

The activity of the Forward Air Controllers (FAC), organized in the groups TACP, is the one of the most important activities among the dismantled units on the current battlefield. The dismantled companies or the platoons of the NATO armies cannot rely only on the force of their weapons, but they have to be able to utilize the firepower of the artillery and chiefly the air force. Only just the air controllers, incorporated in dismantled units, can mediate this fire support. Without controllers, the possibilities of dismantled soldiers are almost in balance with their enemies, who neutralize the technological hegemony (the device C4IRSTA) of the small units of NATO states and ABCA with

quantity of their warriors. The direct and indirect fire support of the dismantled units is only one of the activities of TACP groups. Their use in the depth of the enemy area is equally significant and it enables to lead the precision air attacks or to support the secret service activities (HUMINT, IMINT) with utilization of the air systems.

Detection, diagnosis, identification (V. Chlup) 118

This article popularises image principles employed for targets detection and their acquisition by specialised units TACP.

SPIE/CS – optical society informs 124

Infrared radiation detectors in optoelectronic systems of unmounted units of NATO Armies (F. Chlup) 125

The contemporary strategy of the NATO Armies emphasizes the importance of soldier as the individual. It tries to secure for him the informational and technological domination on the battlefield by means of the modernist technologies. The soldier should be able to fulfil his task under any conditions. The specific assignments of the soldier, the team, the squad, the platoon and the company necessitate the certain technological hierarchization, which reflects off the specific attributes of the infrared radiation detectors. These are situated in the focal plane of the objectives of the optoelectronic systems in the form of the micro detector array (IRFPA – InfraRed Focal Plane Array). Keywords: cooler, Focal Plane Array, HgCdTe, microbolometer, Molecular Beam Epitaxy, QWIP.

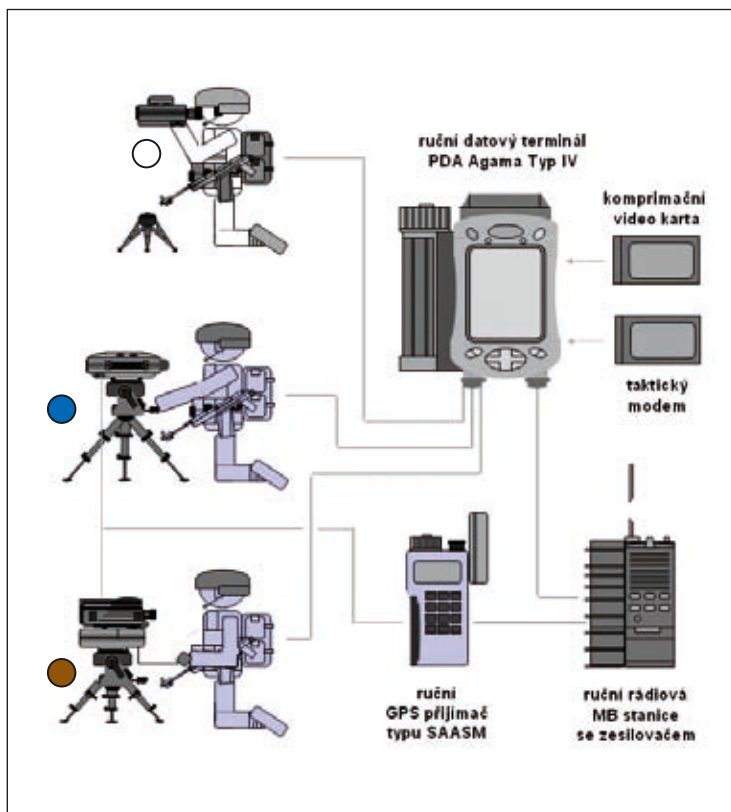
To observe and to be invisible at night - night vision instruments for drivers from Meopta 132

IDET 2007- the largest military trade fair in Europe 133

Driver's instrument CDND-1 (L. Haubelt, V. Kohout) 134

From technical library (I. Brezina, J. Novák) 135

Senzorický komplet čety, roty a uskupení



Senzorické komplety čety a roty jsou určeny především pro podporu průzkumu, pozorování a akvizice cílů (RSTA). Jsou určeny pro velitele čety a představené pozorovatele, kteří řídí palebnou podporu ze strany letectva a dělostřelectva. Jejich základem je vždy akviziční jednotka, obsahující kombinaci termovizní kamery (TI), denní větve (DCH), CCD kamery (CCD), laserového dálkoměru (LRF), digitálního kompasu (DMC) a přijímače navigačního signálu GPS (GPS). Všechny tyto jednotky mají nejen datový, ale i obrazový výstup. Rovněž i datový terminál PDA je koncipován tak, aby mohl zaznamenávat, editovat a distribuovat nejen datové, ale i obrazové informace.

Pro podporu průzkumu a zaměřování podpůrných zbraní čety je v rámci konceptu xPAN na této úrovni k dispozici i souprava chlazeného termovizního zaměřovače M/HTWS. Účinný dosah tohoto systému je až 6 000 m (cíl typu vozidlo).

K zabezpečení průzkumu a pozorování na stupni četa / rota je určena i chlazená termovizní kamera MATIS HH. Pro akvizici cílů ji je možno kombinovat s dálkoměry řady Vector. Dosah této kamery je až 10 km.



RSTA subsystém čety



nanoPAN

Základem RSTA subsystému čety je ruční akviziční jednotka s uTI, DCH, LRF, DMC a GPS. Jako doplněk je k dispozici lehká trojnožka. Tento komplet slouží k řízení palby podpůrných zbraní čety a roty.

RSTA subsystém roty



pikoPAN

Rotní subsystém RSTA zahrnuje ruční akviziční jednotku s cTI, CCD, LRF, DMC a GPS. V případě potřeby může být rozšířen o trojnožku, laserový ozařovač a úhломěrnou hlavici. Slouží k řízení palby taktického letectva.

RSTA subsystém uskupení



attoPAN

Pro rotní bojové uskupení je určena přenosná multisenzorická jednotka s cTI, DCH, LRF, DMC a GPS. Součástí tohoto kompletu je i úhломěrná hlavice. Systém slouží pro průzkum a řízení palby dělostřelectva.

Dokonalé obranné technologie jsou stále nutností



IDEET 2007

CZECH REPUBLIC
BRNO 2. - 4. 5.

9. mezinárodní veletrh
obrné a bezpečnostní techniky

WWW bvv.cz/idet



Ve spolupráci s Asociací
obrného průmyslu ČR

In cooperation with the Association
of Defence Industry of the Czech Republic



Veletrhy Brno, a.s.
Trade Fairs Brno
Výstaviště 1
CZ - 647 00 Brno
Czech Republic
Tel.: +420 541 153 272
Fax: +420 541 153 054
idet@bvv.cz

Central European
Exhibition Centre



BVV



Veletrhy
Brno