

Noktovizní přístroje a měření jejich parametrů

Roman Mitáš

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Roman Mitáš**

Osobní číslo: **A12576**

Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Noktovizní přístroje a měření jejich parametrů**

Téma anglicky: **Night Vision Devices and the Measurement of Their Parameters**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte typy a parametry noktovizorů.
2. Vysvětlete problémy při měření parametrů noktovizních přístrojů.
3. Zpracujte požadavky armády.
4. Navrhněte metody měření a ověřování parametrů noktovizorů.
5. Navrhněte využití noktovizních přístrojů v průmyslu komerční bezpečnosti.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. TP 31-577-1297-10. Příkladný noční dalekohled NV-Mag 3. 1. vyd. Přerov: Meopta - optika, s.r.o., 2010.
2. MIL-I-49040E. MIL PRF 49040 Revision E: Image Intensifier Assembly 25 Millimeter, Microchannel Inverter Mx-9644/Uv - Revision E. 1992. USA: US Military Specs/Standards/Handbooks.
3. MIL-I-49052F. MIL PRF 49052 Revision F: Image Intensifier Assembly, 18 Millimeter Microchannel Wafer, Mx-9916/Uv - Revision F. 1992. USA: US Military Specs/Standards/Handbooks.
4. MIL-I-49052G. MIL PRF 49052 Revision G: Image Intensifier Assembly, 18 Millimeter Microchannel Wafer, Mx-9916/Uv - Revision G. 1999. USA: US Military Specs/Standards/Handbooks.
5. NEW NOGA LIGHT LTD. Aviator's Night Vision Imaging System NL-93. Israel, 2006.
6. PHOTONIS GROUP. PHOTONIS: Image Intensifier specification. USA, 2014.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Rudolf Drga, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

6. února 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2015

Ve Zlíně dne 6. února 2015

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



L.S.

Ing. Jan Valouch, Ph.D.
ředitel ústavu


Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 22.5.2015


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá oblastí parametrů noktovizních přístrojů, konstruovaných pro použití jednotlivcem. Práce je členěna do pěti kapitol. V první kapitole jsou shrnuty dosavadní poznatky a popsány parametry a vlastnosti noktovizních přístrojů. Druhá kapitola je zaměřena na problematiku měření vybraných parametrů a předkládá řešení, jak docílit dobrých výsledků. V další části práce je jako modelový příklad zpracován požadavek na noktovizní přístroj. Čtvrtá kapitola podchycuje oblast měření parametrů a vyhodnocení sebraných dat. V poslední části bakalářské práce jsou popsány příklady účelného využití noktovizorů firmami bezpečnostního průmyslu.

Klíčová slova: Noktovizní přístroj, noktovizor, mikrokanálkový zesilovač jasu obrazu, parametr, měření parametrů.

ABSTRACT

This thesis is concerned with the parameters of night vision devices, designed for use by individuals. Work is divided into five chapters. The first chapter summarizes the current knowledge and describes the parameters and characteristics of night vision devices. The second chapter is focused on the measurement of selected parameters and presents solutions on how to achieve good results. Another article shows processing a request for a night vision device as a model example. The fourth chapter captures the area of measurement of parameters and evaluation of collected data. The final section describes examples of effective use of the night vision devices in the commercial security industry.

Keywords: Night Vision Device, Microchannel Image Intensifier, Parameter, Measuring of Parameters.

Poděkování

Chtěl bych tímto velmi poděkovat Ing. Rudolfu Drgovi, Ph.D. za cenné podněty a věnovaný čas při vedení mé bakalářské práce.

Poděkování patří také RNDr. Ivaně Grebeňové za podporu při realizaci měření parametrů noktovizních přístrojů.

Závěrečné poděkování patří mé rodině za trpělivost a oporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TYPY A PARAMETRY NOKTOVIZORŮ	11
1.1 HISTORIE A SOUČASNOST NOKTOVIZNÍCH PŘÍSTROJŮ	11
1.2 PRINCIP NOKTOVIZNÍHO PŘÍSTROJE	11
1.3 ROZDĚLENÍ NOKTOVIZORŮ PODLE PRINCIPU	14
1.4 ROZDĚLENÍ NOKTOVIZORŮ PODLE GENERACE VÝVOJE	14
1.4.1 Generace 0	14
1.4.2 Generace 1	14
1.4.3 Generace 2	15
1.4.4 Generace 3	16
1.4.5 Generace 4	17
1.5 ROZDĚLENÍ NOKTOVIZORŮ PODLE POUŽITÍ	18
1.5.1 Noktovizní přístroj vozidla.....	18
1.5.2 Noktovizní přístroj jednotlivce.....	19
1.6 ROZDĚLENÍ NOKTOVIZORŮ JEDNOTLIVCE DLE PROVEDENÍ	20
1.6.1 Monokulární noktovizor s manuálním držením	20
1.6.2 Monokulární noktovizor s možností uchycení pomocí hlavového setu	20
1.6.3 Binokulární noktovizor s manuálním držením.....	21
1.6.4 Bi-okulární noktovizor s jedním objektivem, s manuálním držením.....	21
1.6.5 Binokulární brýle s možností uchycení pomocí hlavového setu.....	21
1.6.6 Bi-okulární brýle s jedním objektivem, s možností uchycení pomocí hlavového setu.....	22
1.6.7 Monokulární noktovizor se zbraňovým úchytem.....	23
1.7 PŘÍSLUŠENSTVÍ K NOKTOVIZNÍM PŘÍSTROJŮM	23
1.8 PARAMETRY A SPECIÁLNÍ VLASTNOSTI NOKTOVIZORŮ	24
1.8.1 Základní parametry	24
1.8.2 Ostatní parametry	29
1.8.3 Bezpečnostně-strategický parametr.....	30
1.8.4 Speciální vlastnosti noktovizorů	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
2 PROBLÉMY PŘI MĚŘENÍ PARAMETRŮ NOKTOVIZORŮ	33
2.1 SPECIFIKA PŘI MĚŘENÍ PROPUSTNOSTI	33
2.1.1 Měření propustnosti.....	33
2.2 SYSTÉMOVÝ ZISK	34
2.2.1 Postup měření systémového zisku.....	35
3 ZPRACOVÁNÍ POŽADAVKU ARMÁDY	36
3.1 ZADÁNÍ POŽADAVKU NA NOKTOVIZNÍ PŘÍSTROJ	36
3.1.1 Základní takticko-technické požadavky.....	36
3.1.2 Ostatní požadavky na vzhled a speciální vlastnosti	37
3.2 ŘEŠENÍ POŽADAVKU NA NOKTOVIZNÍ PŘÍSTROJ	37
3.2.1 Proces zpracování požadavku	37
3.2.2 Výstup řešení požadavku	38

3.2.2.1	Popis zvoleného noktovizního přístroje	39
3.2.2.2	Porovnání takticko-technických dat noktovizoru s požadavkem.....	40
3.2.2.3	Výčet vybraných vlastností a funkcí noktovizního přístroje	41
3.3	VÝSLEDEK ŘEŠENÍ ZPRACOVÁNÍ POŽADAVKU	41
4	MĚŘENÍ A OVĚŘOVÁNÍ PARAMETRŮ NOKTOVIZORŮ	42
4.1	POPIS MĚŘENÝCH NOKTOVIZNÍCH PŘÍSTROJŮ	42
4.2	MĚŘENÍ PARAMETRŮ NOKTOVIZNÍCH PŘÍSTROJŮ – ÚVOD	43
4.2.1	Optická lavice.....	44
4.2.2	Optický stůl	45
4.3	MĚŘENÍ OPTICKÝCH PARAMETRŮ	47
4.3.1	Rozsah dioptrické korekce okuláru.....	47
4.3.2	Ověření nastavení „0“ dpt.....	48
4.3.3	Mrtvý chod ostření okuláru.....	49
4.3.4	Rozsah ostření objektivu	50
4.3.5	Rozlišovací mez	52
4.4	MĚŘENÍ FOTOMETRICKÝCH PARAMETRŮ.....	53
4.4.1	Systémový zisk.....	53
4.5	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ VÝLEDKŮ MĚŘENÍ	55
4.6	ZÁVĚR Z MĚŘENÍ A OVĚŘOVÁNÍ PARAMETRŮ NOKTOVIZORŮ	55
4.7	NÁVRH ALTERNATIVNÍ METODY OVĚŘOVÁNÍ SYSTÉMOVÉHO ZISKU.....	56
4.7.1	Použitá zařízení a pomůcky.....	56
4.7.2	Schéma navržené metody	56
4.7.3	Popis metody.....	56
5	VYUŽITÍ NOKTOVIZNÍCH PŘÍSTROJŮ V PKB.....	58
5.1	MOŽNOSTI VYUŽITÍ NOKTOVIZNÍHO PŘÍSTROJE V PKB.....	58
5.1.1	Fyzická ostraha stávajících objektů.....	58
5.1.2	Fyzická ostraha areálů, kde probíhá výstavba.....	58
5.1.3	Fyzická ostraha pozemků se zemědělskou produkcí – plodinami	59
5.1.4	Fyzická ostraha chovů užitkových zvířat na ohrazených pastvinách.....	59
5.1.5	Detektivní činnost - shromažďování informací, sledování subjektů.....	59
5.2	PŘÍKLADY VYUŽITÍ NOKTOVIZNÍHO PŘÍSTROJE V PKB	60
5.2.1	Skládka odpadů a stavebních hmot	60
5.2.2	Průmyslový podnik	62
5.2.3	Fotovoltaická elektrárna	64
5.3	VÝHODY VYUŽITÍ NOKTOVIZORŮ V PRŮMYSLU KOMERČNÍ BEZPEČNOSTI	66
	ZÁVĚR.....	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK.....	75

ÚVOD

Pojem noktovizní zařízení prezentuje optoelektronický přístroj pro noční vidění, což je zařízení, s jehož pomocí lze sledovat noční scénu za světelných podmínek, které jsou již pro lidský zrak nevyhovující. [1]

Principem noktovizního přístroje je schopnost zesílit zbytkové světlo. Pozorovatel tak vidí v okuláru přístroje výsledný monochromatický obraz, jehož barva může být v závislosti na použitém mikro-kanálovém zesilovači jasu obrazu například zelená, žlutá či šedá.

Na rozdíl od přístrojů, pracujících na principu termovize, jsou noktovizní přístroje energeticky mnohem úspornější a mají menší rozměry.

Výhodou noktovizních přístrojů je, že se proti jejich použití nelze ubránit tepelnou izolací, jako je tomu u termovizních přístrojů, nevýhodou fakt, že již existují speciální materiály, které byly vyvinuty pro moderní vojenské uniformy, u nichž je potlačena odrazivost v dotčeném pásmu elektromagnetického záření.

Soudobé noktovizory umožňují v pasivním režimu za světelných podmínek již kolem tří mililuxů detekovat objekt o velikosti člověka až na vzdálenost několika set metrů.

V nejnovějších noktovizních přístrojích je integrován systém noktovizoru s funkcionalitou, která umožňuje zobrazení obrazu a dat z externího zdroje, jako jsou mapové podklady, taktické údaje či obraz z připojitelného externího termovizního zařízení. [2]

V současné době představují noktovizní přístroje významný a v podstatě již nepostradatelný prvek, používaný především bezpečnostními složkami při operacích za extrémně nízké hodnoty osvětlení v exteriéru nebo s pomocí IR přísvitů v rozsáhlých uzavřených tmavých prostorech bez možnosti účinného umělého osvětlení, jako jsou například jeskynní komplexy či podzemní dutiny.

Zvolením vhodného typu zařízení pro noční vidění se stávají akce bezpečnostní agentury, policie, armády, pozemní či letecké záchranné služby a dalších uživatelů, například střelců při nočním odlovu škodné zvěře, vysoce efektivní.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TYPY A PARAMETRY NOKTOVIZORŮ

1.1 Historie a současnost noktovizních přístrojů

Zásadní rozdíl mezi v minulých letech vyrobenými a současnými typy přístrojů pro noční vidění je, že u starších typů přístrojů byly aplikovány elektro-optické převaděče obrazu, které převáděly snímaný obraz z neviditelné oblasti infračerveného záření do oblasti, pro lidské oko viditelného světla o vlnové délce 400 až 700 nm elektromagnetického spektra.

U moderních typů noktovizních přístrojů je použit optoelektronický zesilovač jasu obrazu, jehož specifické vlastnosti umožňují zesílit jas pozorované scény. [1]

1.2 Princip noktovizního přístroje

Přirozené zdroje světla, jako jsou hvězdy, měsíc či umělé zdroje světla, vysílají nebo odrážejí permanentně množství fotonů. I když za určitých podmínek, které jsou obecně nazývány tmou, množství fotonů nepostačuje lidskému oku k rozpoznání předmětu, který je vysílá nebo odrážejí, přesto je kvantum fotonů dostatečně velké na to, aby jej bylo schopno detekovat speciální zařízení.

Vývoj zařízení, vyvinutého v době 2. světové války, od té doby významně pokročil. Uživatel soudobého noktovizního přístroje může rozlišit postavu o výšce 180 centimetrů až na vzdálenost několik stovek metrů, a to při světelných podmínkách, které odpovídají nočnímu prostředí se světelností 0,003 luxu, což je osvětlení Měsícem, který se nachází ve své čtvrtině. [3]

Noktovizní přístroje jsou vhodné nejen pro sledování scény za šera a tmy, ale při použití vhodné barevné varianty výsledného zesíleného obrazu, což závisí na druhu použitého mikrokanálového zesilovače jasu obrazu, mohou zlepšit komfort pozorování objektu i v mlze. [1]

Pro možnost použití v naprosté tmě, například v uzavřeném prostoru, jsou přístroje vybaveny infračerveným přísvitem, kterým lze dle potřeby ozářit prostor umělým infračerveným světlem o vlnové délce kolem 810 nm. [4]



Obr. 1 Přístroj pro noční vidění [5]

Základní komponentou zařízení, koncipovaných s použitím zesilovačů jasu obrazu, je zesilovací trubice s tělesem mikrokanálového zesilovače jasu obrazu, v níž dochází k přeměně zbytkového světla na elektrickou energii, k zesílení proudu elektronů a následně k přeměně elektronů na fotony, tj. na obraz, viditelný lidským okem.

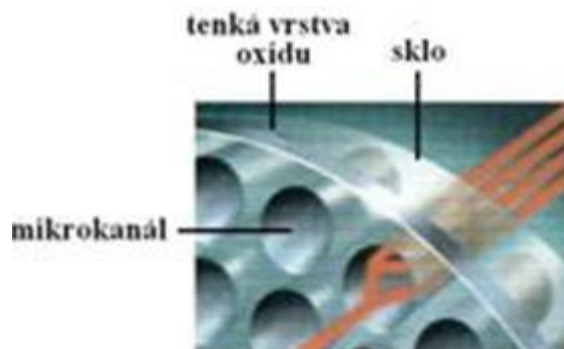
Fotony, detekované optickou čočkou, jsou převedeny do tělesa zesilovače jasu obrazu. Ve fotokatodě, Obr. 2, probíhá převod fotonů na elektrony prostřednictvím vnějšího fotoefektu, kdy jsou elektrony uvolňovány z povrchu katody.



Obr. 2 Fotokatoda [3]

Napětím je elektronům uděleno zrychlení, a tyto narážejí na desku s mikrokanály, Obr. 3. Deska o tloušťce několik setin milimetrů obsahuje velké množství šikmo situovaných mikrokanálků.

Elektrony, jež se do nich dostávají, nárazy na stěny uvolňují další elektrony, v důsledku čehož se rapidně zvětšuje původní počet elektronů. Občasně vzniklým, kladně nabitým iontům, je znemožněn pohyb zpět k fotokatodě. Napětí na desce zapříčiňuje pohyb elektronů skrze mikrokanálky.



Obr. 3 Destička s mikrokanály [3]

Následně vzniklé napětí opět urychlí elektrony, které narážejí na stínítko s fluorescenční vrstvou, viz následující obrázek. Nárazem elektronů jsou ze stínítka uvolněny fotony. [3]



Obr. 4 Fluorescenční stínítko [3]

1.3 Rozdělení noktovizorů podle principu

- Aktivní noktovizory převádějí infračervené záření, vyslané z IR ozařovače, do viditelné oblasti elektromagnetického spektra.
- Pasivní noktovizory zesilují několika tisícinásobně zbytkové světlo.
- Kombinované noktovizory s volitelnou možností IR přísvitů.

1.4 Rozdělení noktovizorů podle generace vývoje

Každý vývojový krok kupředu znamenal zavedení další generace noktovizorů. Vývoj zaznamenal pět generací, z nichž používány jsou v současné době čtyři generace noktovizních přístrojů.

V těchto noktovizorech jsou používány zesilovače jasu obrazu, které se odlišují zejména:

- zesílením obrazu,
- kvalitou obrazu,
- dosahem. [6]

1.4.1 Generace 0

System byl vyvinut pro armádu Spojených států amerických a byl postaven na principu elektrooptických převaděčů obrazu. Přístrojem promítaný paprsek se odrážel od objektů a vracel do objektivu přístroje. Pro urychlení elektronů byla využívána anoda s katodou. Zrychlení elektronů způsobovalo deformaci obrazu a snížení životnosti trubice násobiče. Podstatným problémem při využití přístroje pro vojenské účely byla skutečnost, že uživatel přístroje mohl promítaný paprsek prozradit nepřátelským jednotkám. [6]

Vzhledem k nízké citlivosti fotokatody byly obdobné přístroje využity jen jako infračervené aktivní zaměřovací jednotky u palných zbraní. [1]

1.4.2 Generace 1

Noktovizní přístroje první generace disponují fotokatodou s citlivostí do 250 mA/lm a vyšší spektrální citlivostí, než předchozí generace noktovizních přístrojů, tj. 300 až 820 nanometrů.

To znamená, že pracují již i na principu pasivní noktovize, tudíž vedle infračerveného paprsku zesilují zbytkové světlo.

Při dostatku zbytkového světla jsou obdobné přístroje schopny poskytnout relativně jasný obraz. Avšak při zatažené obloze a absenci měsíčního svitu je funkčnost přístroje této generace omezená. [7]

Průvodní negativní jevy noktovizorů první generace jsou:

- obraz, viděný v okuláru, bývá u okrajů mírně rozostřený,
- zelená záře slabé intenzity nějaký čas po vypnutí přístroje,
- ve tmě při osvětlení blízkých objektů IR přísvitom dochází k extrémnímu rozjasnění obrazovky, čímž je zcela znemožněno sledování scény za osvětlenými objekty, přičemž může dojít i k poškození zesilovací jednotky. [4]

Se zvyšujícím se výkonem ozařovače se zvyšuje kvalita obrazu a dosah až 100 metrů. Životnost měniče bez světelných excesů je přibližně 1000 hod.



Obr. 5 Při zatažené obloze bez IR přísvitom [4]

1.4.3 Generace 2

U noktovizních přístrojů druhé generace je nedílnou součástí destička s mikrokanálky, označovaná jako MCP, která umožňuje zesílit zbytkové světlo několika tisícinásobně.

Citlivost fotokatody dosahuje 350 až 800 mA/lm. Přístroje druhé generace pracují v rozsahu spektra 300-850 nm přístroje jsou plně funkční i při nízké úrovni zbytkového světla, bez měsíčního přísvitom.



Obr. 6 Při zatažené obloze bez IR přísvitů [4]

Díky technologii s MCP dochází k menšímu zkreslení a kvalita výsledného obrazu je podstatně vyšší, než u generace 1. Skutečný dosah přístroje podle typu použitého měniče může být až 400 metrů a životnost měniče až 15000 hodin. Nejvýkonnější měniče mohou být vybaveny technologií, která umožňuje použití přístroje v podmínkách s rozdílnou intenzitou světla, v noci při umělém osvětlení či za denního světla. Měníč může být krátkodobě vystaven přesvětlení, aniž by došlo k jeho poškození, avšak ve dne musí být krytka objektivu uzavřena.

Současné technologie umožňují zobrazení i černobílého obrazu, kdy více vyniknou detaily, a je zvýšen komfort pro lidské oko. [4]

Tato zařízení nacházejí uplatnění zejména v profesionálních bezpečnostních aplikacích, a to zvláště u policejních jednotek. [7]

1.4.4 Generace 3

Zásadní změnou, oproti druhé generaci, je obohacení katody MKZJO vysoce citlivým polovodičem arzenidem galia. Tím je dosaženo vysoké citlivosti fotokatody 1500 až 2700 mA / lm ve spektrálním pásmu 450 – 950 nanometrů.

Podstatného potlačení šumu i prodloužení životnosti mikrokanálového zesilovače jasu obrazu je dosaženo vrstvou iontové bariéry, kterou je vybavena destička s mikrokanálky.

Přístroje třetí generace poskytují dobrý obraz s vyšším jasnem a ostrostí i za zhoršených světelných podmínek. [4]



Obr. 7 Při zatažené obloze bez IR přísvitů [4]

1.4.5 Generace 4

U noktovizních přístrojů 4. generace je využito nových typů fotokatod s vysokou citlivostí 2100 až 2700 mA/lm. Pracovní oblast MKZJO této generace je v rozmezí 450 až 950 nm a zesílení může být 30 000 až 70 000 krát, což umožňuje noktovizorům 4. generace dosahovat vysokého výkonu i při velmi nízké hodnotě zbytkového světla, oproti třetí generaci noktovizorů nejméně trojnásobné zlepšení rozlišení a výrazné potlačení obrazového šumu. [5]



Obr. 8 Bez IR přísvitů [7]

V denním režimu jsou noktovizory proti přesvětlení katody chráněny filtry a ochrannými clonami, v nočním režimu při náhodném záblesku nemůže dojít k poškození zraku uživatele přístroje. Při každém přesvětlení fotokatody však dochází k postupnému snižování její citlivosti. [4]

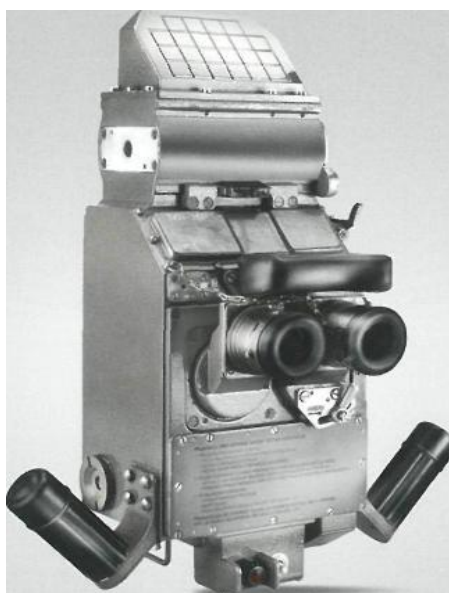
1.5 Rozdělení noktovizorů podle použití

- Noktovizní přístroj vozidla, určený pro instalaci a použití především ve vojenské vozové technice.
- Noktovizní přístroj jednotlivce, používaný ve variantě jako manuální, náhlavní nebo zbraňový. [8]

1.5.1 Noktovizní přístroj vozidla

Pro vojenská vozidla jsou tyto noktovizory konstruovány jako přístroje, určené pro střelce, řidiče či velitele vozidla. Obsahují denní i noční kanál pozorovacího přístroje, a pouhým přepínáním je volen požadovaný režim. Noční větev pracuje z důvodu bezpečnosti v plně pasivním režimu, což znamená, že není nutné přisvícení IR reflektorem.

Například noktovizní přístroj TKN-3P velitele tanku T-72, viz Obr. 10, v kombinaci den / noc, poskytuje v nočním režimu při zvětšení 3,75x zorné pole 10,5°, účinný dosah až 800 metrů a rozlišení 1 MOA, což je 1/60 úhlového stupně, čemuž přibližně odpovídá hodnota 29,1 mm na 100 m. [8, 9]



Obr. 9 Noktovizor TKN-3P [10]

1.5.2 Noktovizní přístroj jednotlivce

- monokulární přístroj s manuálním držením.
- monokulární přístroj s možností uchycení pomocí hlavového setu nebo přilbového úchytu.
- binokulární přístroj s manuálním držením.
- bi-okulární přístroj s jedním objektivem, s manuálním držením.
- noktovizní brýle binokulární s možností uchycení pomocí hlavového setu nebo přilbového úchytu.
- noktovizní brýle bi-okulární, s jedním objektivem, s možností uchycení pomocí hlavového setu nebo přilbového úchytu.
- monokulární přístroj se zbraňovým úchytem.



Obr. 10 Noktovizní přístroj jednotlivce. [10]

Přístroje nočního vidění lze z hlediska účelu rozdělit na kategorie:

- noktovizních přístrojů pro občasný náhled na objekt, kam lze zařadit například puškohledy,
- noktovizních přístrojů pro stálé zobrazení, jako jsou například noktovizní brýle, jejichž použití je výhodné při pohybu v temném prostředí,
- speciálních aplikací nočního vidění, jako jsou digitální záznamová zařízení s integrovaným noktovizním přístrojem, určených pro sběr a záznam informací. [6]

1.6 Rozdělení noktovizorů jednotlivce dle provedení

1.6.1 Monokulární noktovizor s manuálním držením

Noktovizní přístroj do ruky je vhodný pro občasnou rekognoskaci oblastí. Patří do skupiny noktovizních přístrojů s úzkým zorným polem, obvykle pod 12° . Většinou má menší rozměry a hmotnost kolem 0,5 kg.



Obr. 11 Monokulární noktovizor [12]

1.6.2 Monokulární noktovizor s možností uchycení pomocí hlavového setu

Použití tohoto noktovizního přístroje společně s hlavovým setem spojuje výhodu noktovizních brýlí, kdy jsou obě ruce volné, s menšími rozměry, hmotností a nižšími pořizovacími náklady. Nevýhodou zůstává nutnost hlídat si zavřené druhé oko, což při delším časovém intervalu použití přístroje může být pro uživatele problém.



Obr. 12 Monokulární noktovizor [12]

Většinu současných monokulárních noktovizních přístrojů s manuálním držením lze použít společně s hlavovým setem

1.6.3 Binokulární noktovizor s manuálním držením

Při jeho použití jsou zapojeny obě oči stejně. Obraz, sledovaný očima s případnými dioptrickými anomáliemi, lze zlepšit dioptrickou korekcí. Ve chvílích, kdy není používán, bývá binokulární noktovizní přístroj nošen v ochranném pouzdře zavěšený pomocí řemene na krku, obdobně jako klasický denní binokulár. Patří do skupiny noktovizních přístrojů s úzkým zorným polem, obvykle pod 12° . Hmotnost obdobných přístrojů se pohybuje v rozmezí 1,25 až 1,5 kg.



Obr. 13 Binokulární noktovizor [12]

1.6.4 Bi-okulární noktovizor s jedním objektivem, s manuálním držením

Výhodou tohoto provedení noktovizních přístrojů je komfort zapojení obou očí, nižší pořizovací náklady a hmotnost do 1 kg, nevýhodou vzhledem k jednonálovému optoelektronickému systému je absence prostorového vidění.



Obr. 14 Binokulární přístroj [12]

1.6.5 Binokulární brýle s možností uchycení pomocí hlavového setu

Přístroj v sobě spojuje všechny výhody noktovizních zařízení jednotlivce. Dvoukanálový optický systém umožňuje stereoskopický obraz při úplné volnosti obou rukou uživatele.

Noktovizní brýle obvykle poskytují 1x zvětšení, ale lze je také použít společně se zvětšovacími sestavami pro pozorování na delší vzdálenosti. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a vzhledem k hmotnosti přístroje zátěž pro krční páteř uživatele. [13]

Patří do skupiny noktovizních přístrojů se širokým úhlem zorného pole, obvykle v blízkosti 40°. Hmotnost obdobných přístrojů nepřesahuje 0,75 kg. Uvedený přístroj je používán především profesionálními uživateli, a to jak v rámci Integrovaného záchranného systému, jako například Leteckou záchrannou službou, Leteckou službou Policie ČR, horskou službou, tak soukromými bezpečnostními agenturami s činností v oblasti hlídání neosvětlených areálů a detektivních služeb.



Obr. 15 Noktovizní brýle binokulární [12]

1.6.6 Bi-okulární brýle s jedním objektivem, s možností uchycení pomocí hlavového setu

Jedná se o lacinější variantu noktovizních brýlí s jedním objektivem a zesilovací jednotkou, a v důsledku toho s absencí prostorového obrazu. Hlavní výhodou jsou nižší pořizovací náklady a hmotnost přístroje do 0,5 kg.



Obr. 16 Noktovizní brýle bi-okulární [12]

1.6.7 Monokulární noktovizor se zbraňovým úchytem

Přístroje s univerzálním upínacím interface jsou určeny k uchycení na různé palné zbraně pomocí unifikovaných úchytů.

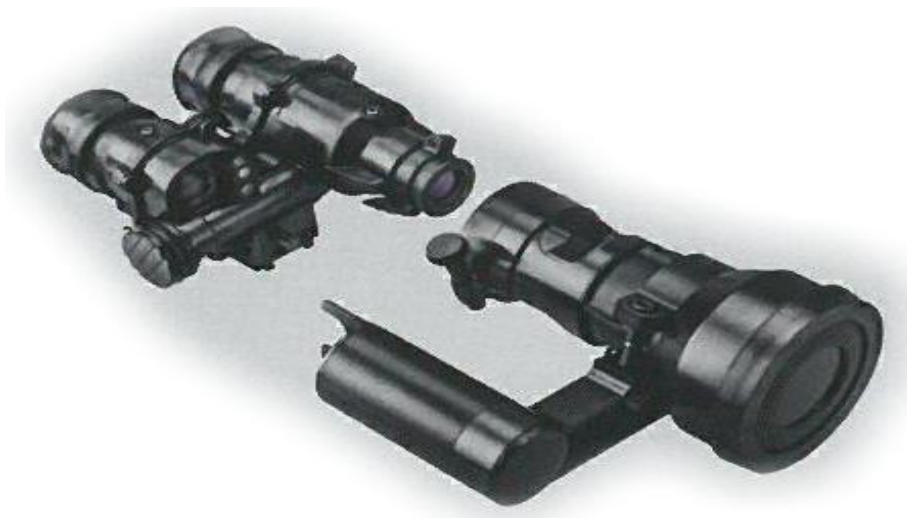


Obr. 17 Monokulární noktovizor [10]

1.7 Příslušenství k noktovizním přístrojům

Užitnou hodnotu noktovizních přístrojů zvyšuje unifikované příslušenství, mezi něž patří:

- hlavový set,
- přilbový úchyt,
- afokální předsádka s určitou hodnotou zvětšení,
- zbraňové úchyty,
- adaptér pro laserový dálkoměr,
- reflektor externího přídavného diodového nebo laserového infračerveného přísvitu.



Obr. 18 Afokální předsádka pro použití s noktovizními brýlemi [8]

1.8 Parametry a speciální vlastnosti noktovizorů

- základní parametry,
- ostatní parametry,
- bezpečnostně-strategický parametr,
- speciální vlastnosti.

1.8.1 Základní parametry

- zaostřovací vzdálenost,
- rozlišení,
- paralaxa,
- zorné pole,
- zvětšení,
- systémový zisk,
- zklenutí – zkreslení.

Zaostřovací vzdálenost

- Blízká zaostřovací vzdálenost je využita například u noktovizních přístrojů vozidel, a to v rozmezí od 8 do 150 metrů.
- Vzdálená zaostřovací vzdálenost je využita u noktovizních přístrojů jednotlivce, a to v rozmezí přibližně od 100 do 500 metrů u pozorovacích a zaměřovacích noktovizorů, a v rozmezí od 25 cm do ∞ metrů u noktovizních brýlí. [8]

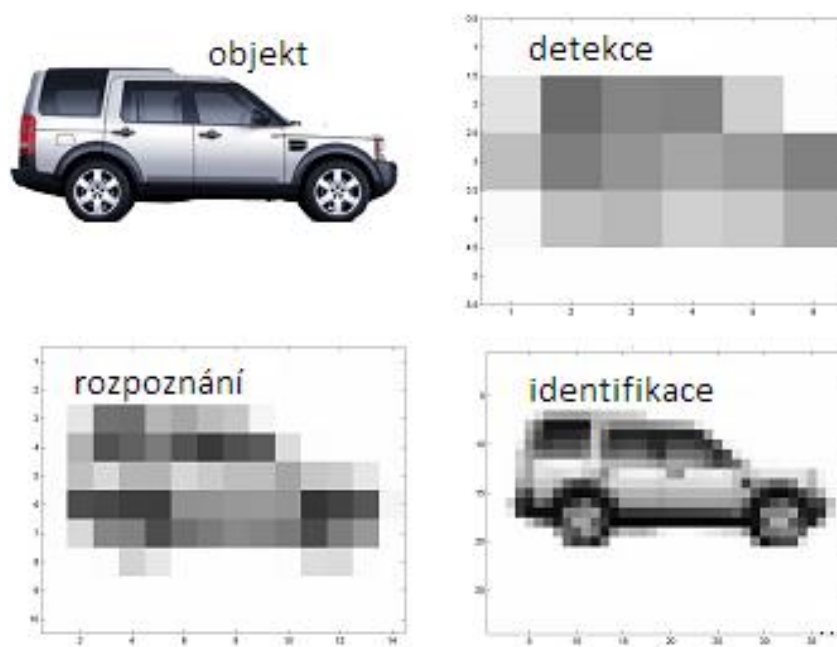
Rozlišení

Absolutní rozlišovací schopnost vyjadřuje, kolikrát je užitečný signál silnější, než úroveň šumové hladiny. Úměrně s rostoucí hodnotou výsledného čísla roste schopnost noktovizoru zobrazit lépe pozorovaný objekt i za skromných světelných podmínek. Je to jeden z nejvýznamnějších ukazatelů kvality noktovizoru. [14]

Rozlišovací schopnost je klasifikována počtem čar na mm, které je možné zrakem rozlišit.

V rámci rozlišení jsou definovány 3 stupně rozlišovacích schopností:

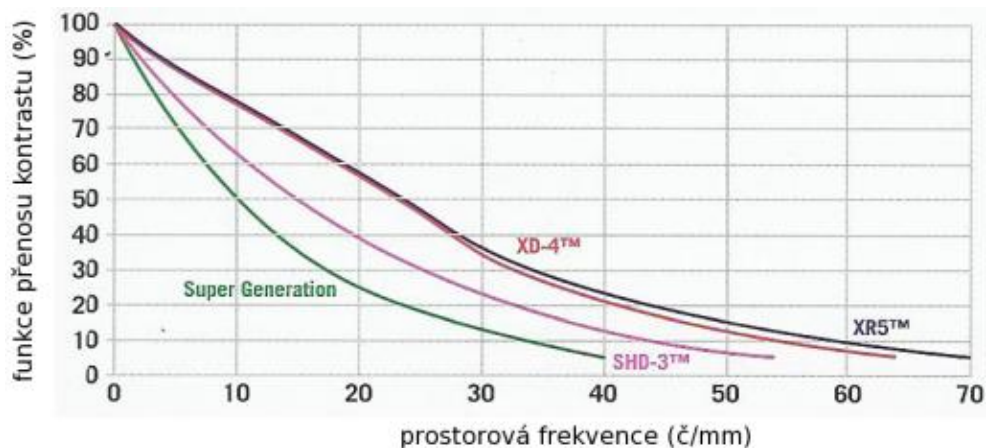
- detekce, je schopnost ve sledovaném obraze zachytit nějaký objekt,
- rozpoznání, je schopnost ve sledovaném obraze rozpoznat, zda se jedná o 1 nebo více objektů vedle sebe,
- identifikace, jako prostorová rozlišovací schopnost, je jedním z parametrů, který zásadně postihuje užitečnou vlastnost noktovizoru, zejména schopnost rozeznávat detaily v obraze. Uvádí se jako poměr počtu rozlišitelných linek na milimetr. Čím vyšší je tento poměr, tím lepší je rozlišovací schopnost noktovizoru. [14]



Obr. 19 Detekce, rozpoznání, identifikace [15]

Grafy funkce přenosu kontrastu jednotlivých generací mikrokanálového zesilovače jasu obrazu, viz Obr. 18, zobrazují rozdíl ve schopnosti vybraných typů MKZJO poskytnout kvalitu kontrastu.

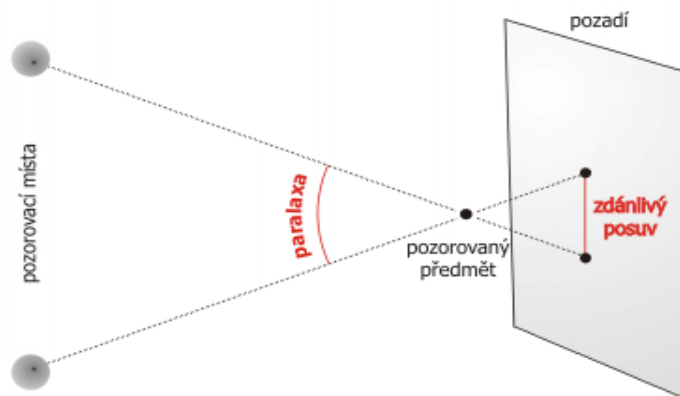
Například při ideální prostorové frekvenci 20 čar na 1 milimetr je schopen MKZJO nejstarší generace v grafu uvedené dosáhnout kontrastu 25%, zatímco moderní MKZJO XD-4 a XR-5 mohou přenést kontrast větší, než 55%. [11, 16 17]



Obr. 20 Funkce přenosu kontrastu [18]

Paralaxa

Je vyjádřena úhlem, jenž je svírán úsečkami, vedenými ze dvou různých pozorovacích bodů přes pozorovaný objekt k pozadí obrazu. Paralaxa je tedy zdánlivý posuv polohy pozorovaného objektu při pohledu ze dvou míst s odlišnou lokalitou. U binokulárních naktovizorů je efekt paralaxy způsoben vzájemnou vzdáleností okulárů přístroje, respektive očí pozorovatele.



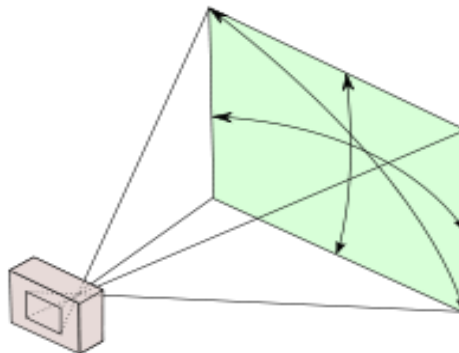
Obr. 21 Fenomén paralaxy [19]

Zorné pole

Zorné pole je určeno velikostí užitečné plochy fotokatody zesilovače jasu obrazu a ohniskovou vzdáleností vstupní optiky naktovizního systému, a je definováno jako rozsah pozorovatelného obrazu, který je vidět v každém okamžiku.

V případě optických přístrojů a snímačů se jedná o prostorový úhel, v jehož rámci je detektor citlivý na elektromagnetické záření.

Čím větší zorné pole, tím více obrazových informací pozorovatel obdrží.



Obr. 22 Měření úhlu pohledu [20]

Úhel pohledu lze měřit vodorovně, svisle nebo diagonálně.

Z hlediska zorného pole jsou noktovizory rozdělovány do dvou základních skupin:

- zařízení se širokým úhlem zorného pole, obvykle v blízkosti 40° ,
- zařízení s úzkým úhlem zorného pole, obvykle pod 12° .

Zvětšení

Je definováno jako poměr úhlové velikosti výsledného obrazu v okuláru přístroje a úhlové velikosti skutečného obrazu, pozorovaného pouhým okem.

Většího zvětšení je dosaženo za cenu zmenšení velikosti úhlu zorného pole. [5]

Systémový (světelný) zisk

Systémový zisk je dán poměrem výstupního signálu, tj. jasů obrazu na výstupu a vstupního signálu. Zisk je významně ovlivněn kvalitou optického systému a při průchodu optickými čočkami se snižuje. U noktovizorů druhé a třetí generace je hodnota zisku v rozsahu 8 tisíc až 70 tisíc. [13]

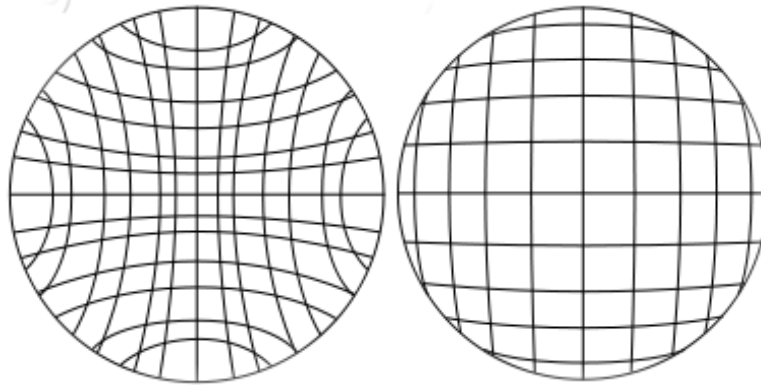
Zklenutí - zkreslení

Velikost zklenutí – zkreslení je odvislá od použitého mikrokanálkového zesilovače jasu obrazu.

Zklenutí obrazu je dáno stavem, kdy body, které se nacházejí v rovině, která je kolmá na optickou osu, jsou zobrazeny na zakřivené ploše, nikoliv v kolmé rovině. Příčinou zklenutí je skutečnost, že body s nesejnou vzdáleností od osy jsou zobrazeny s různě velkým zvětšením.

Zkreslení obrazu

- poduškovité,
- soudkovité.



Obr. 23 Poduškovité a soudkovité zkreslení obrazu [21]

Rozsah dioptrické korekce okuláru

Rozsah tohoto parametru optiky okuláru noktovizního přístroje je dán kladnou či zápornou hodnotou, udávanou v dioptriích. [14]

1.8.2 Ostatní parametry

- rázová odolnost
- odolnost vůči vibracím ve všech třech osách
- odolnost vůči manipulačním rázům
- rozsah pracovních a skladovacích teplot
- odolnost vůči teplotnímu spádu
- odolnost vůči vlhkosti při stanovené teplotě
- hermetická odolnost vůči vnějšímu přetlaku ve vodě
- napájecí napětí
- max. proudový odběr při stanoveném napájecím napětí
- minimální operační doba [14]

Rázová odolnost

Ověřuje se odolnost proti působení zpětných rázů při výstřelu. Přístroj je upnut ve svislé poloze do speciálního přípravku, a ten je upevněn na rázové zařízení tak, aby zkoušený přístroj byl orientován svisle, zadní částí nahoru. Následně je provedeno 200 rázů souběžně s osou a 50 rázů kolmo na ni o amplitudě zrychlení $5\,000\text{ ms}^{-2}$ (doba trvání rázu 1 ms, četnost rázů max. 30 min^{-1}). Po zkoušce se nesmí projevit uvolnění nebo poškození dílů konstrukce a nesmí být porušena funkce přístroje.



Obr. 24 Rázovací zařízení typ 4110 [22]

1.8.3 Bezpečnostně-strategický parametr

FOM (Figure Of Merit), definovaná veličina bez jednotek, je parametr výkonnosti noktovizního zařízení, jenž je v rámci sféry použití noktovizoru v současné době parametrem pro začlenění přístroje do oblasti vojenské či nevojenské.

Hodnota FOM je dána vztahem $FOM = (\text{signál} / \text{šum}) * \text{rozlišovací mez}$, kde:

- *signál* - do zařízení vstupující signál,
- *šum* - vedlejší světelné a elektrické vzruchy způsobené optoelektrickou soustavou,
- *rozlišovací mez* - počet čar / mm.

V současnosti stanovená hodnota $FOM = 1250$ je hraničním limitem pro vymezení možnosti použití noktovizoru ve vojenské nebo nevojenské oblasti, což je dáno vztahem:

nevojenský sektor < 1250 < vojenský sektor

Obr. 25 Vymezení oblasti použití noktovizoru [23]

Na základě neustálého vývoje noktovizních zařízení a rychlého rozvoje této techniky lze předpokládat, že hraniční hodnota FOM bude mít vzestupnou tendenci, což znamená, že s postupem času tím výkonnější noktovizní přístroje budou dány k dispozici uživatelům v nevojenské sféře. [23].

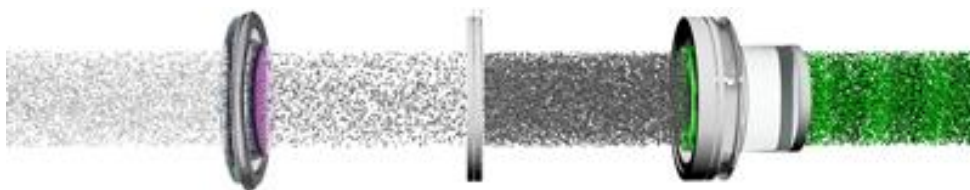
1.8.4 Speciální vlastnosti noktovizorů

Zesilovací trubice mikrokanálového zesilovače jasu obrazu je opatřena integrovanou elektronikou, která zajišťuje speciální funkci:

- Auto-Gating je funkce, při jejíž aktivaci je chráněn mikrokanálový zesilovač jasu obrazu před poškozením a uživatel noktovizoru před nebezpečným oslněním náhlým intenzivním osvětlením objektivu noktovizoru. Elektronickými obvody je neustále vyhodnocována intenzita světelného toku, mířícího na objektiv přístroje a je velmi rychle střídavě zapínáno a vypínáno napájení zesilovače jasu obrazu, a tím je dosaženo neustále vyváženého poměru jasu a kontrastu obrazu.

Výhoda Auto-Gatingu spočívá nejen v plynulém přechodu režimů noc – den, ale také za dynamicky se měnících světelných podmínek, například při náhlém osvětlení tmavého prostoru.

Auto-Gating je aplikován především v noktovizních brýlích, které jsou používány piloty, a které přispívají ke zvýšení bezpečnosti letů při létání v malých výškách, a to zvláště při vzletu a přistání. Oslnění pilota v těchto fázích by mohlo mít katastrofální následky. [23]



Obr. 26 Zesilovací trubice bez Auto-Gatingu [24]



Obr. 27 Zesilovací trubice s Auto-Gatingem [24]



Obr. 28 Obraz exploze s funkcí Auto-Gating [24]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 PROBLÉMY PŘI MĚŘENÍ PARAMETRŮ NOKTOVIZORŮ

2.1 Specifika při měření propustnosti

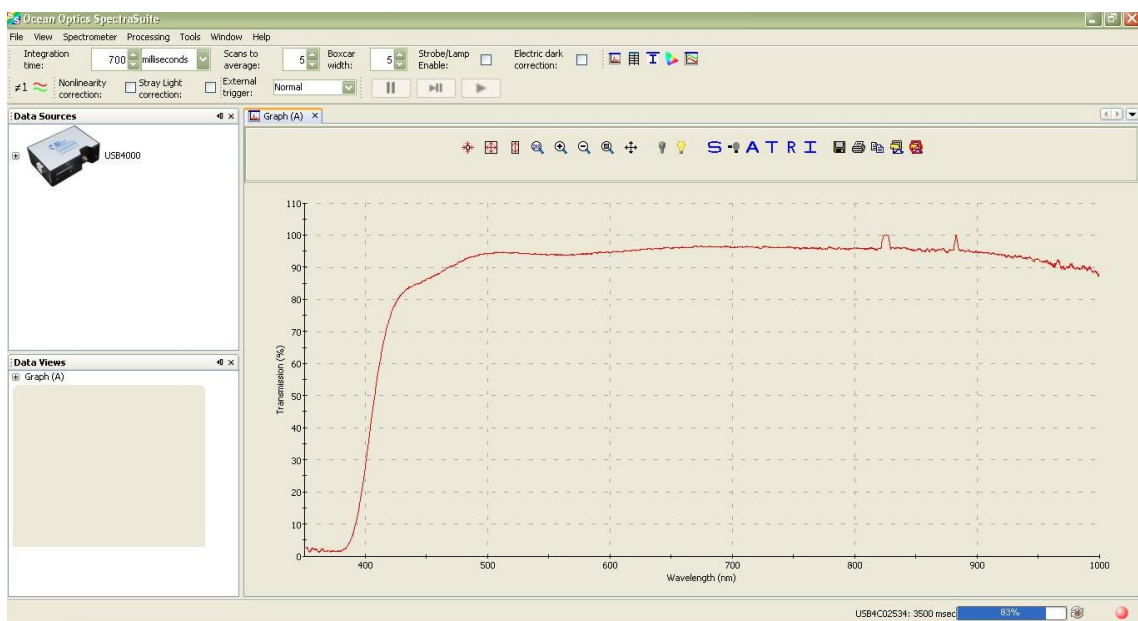
Jedním z parametrů, který má z hlediska měření noktovizních přístrojů svá specifika, je propustnost. Problém vyplývá z nemožnosti měřit propustnost celé sestavy jako celku z důvodu, že do sestavy noktovizního přístroje je zabudován mikrokanálkový zesilovač jasu obrazu. Proto je propustnost těchto zařízení měřena pouze po částech, po jednotlivých komponentách, kterými jsou objektivová část, okulárová část a případně dělič (dělí jeden světelný svazek do dvou či více světelných svazků), což je optická komponenta, tvořená většinou dvěma vzájemně stmelnými trojbokými hranoly.

2.1.1 Měření propustnosti

Propustnost je poměrová veličina, která je vyjádřena poměrem vstupního a výstupního světelného svazku.

Měří se spektrometrem, který je součástí sestavy, která je složena z:

- zdroje,
- kolimátoru,
- detektoru (spektrometr),
- počítače se softwarem pro zpracování dat.



Obr. 29 Grafické zobrazení dat pořízených spektrometrem [22]



Obr. 30 Spektrometr s počítačem [22]

2.2 Systémový zisk

Dalším z parametrů, jež má svá specifika, je systémový zisk. Vyplyvá to ze skutečnosti, že do systému noktovizního přístroje je zakomponovaný mikrokanálový zesilovač jasu obrazu, který má svou vlastní hodnotu jasového zisku, jež je však změněna vlivem použité optiky. Z tohoto důvodu je měřen systémový zisk celé soustavy, jehož hodnotu lze získat jako podíl výstupního jasu a vstupního jasu soustavy.

$$L = \frac{L_1}{L_0}$$

- L - výsledná hodnota systémového zisku (poměrová veličina)
- L_0 - vstupní hodnota osvětlení (je dána osvětlovačem)
- L_1 - výstupní hodnota (je dána výstupním jasem)

2.2.1 Postup měření systémového zisku

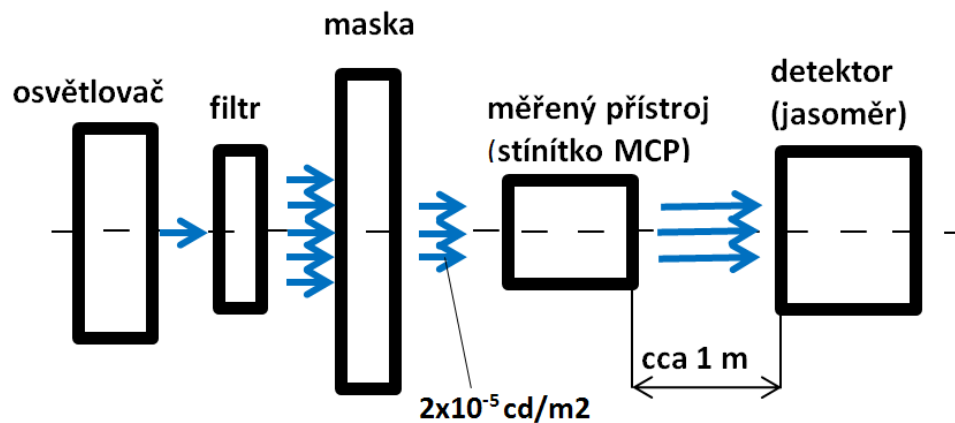
Systemový zisk je parametr, k jehož změření je nezbytná měřicí sestava.

Složení měřicí sestavy:

- optická lavice - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- osvětlovač potřebných parametrů na vstupu, v tomto případě halogenová zářivka s teplotou chromatičnosti 2850 K a sadou filtrů pro snížení intenzity světelného paprsku za účelem dosažení potřebné hodnoty na výstupu $2 \times 10^{-5} \text{ cd / m}^2$ (pracovní hladina MKZJO), [16]
- jasoměr na výstupu jako detektor.

Postup měření:

- Mezi zdroj světla a detektor je vložen měřený přístroj.
- Hodnota L_1 je odečtena na jasoměru.
- Výsledná hodnota systémového zisku je vypočtena podílem získaných hodnot.



Obr. 31 Princip měření systémového zisku

3 ZPRACOVÁNÍ POŽADAVKU ARMÁDY

V tomto bodu je řešen návrh parametrů a technických možností samotného noktovizního přístroje. Nejsou zde popsány další relevantní náležitosti, které mohou být součástí komplexní dodávky, například způsob značení, balení, skladování, vybavení servisním nářadím, náhradními díly či instrukční dokumentací.

Jako modelový příklad byl zvolen požadavek armády na noktovizní dalekohled, vhodný k integraci s lehkým kulometem ráže 7,62 mm.

3.1 Zadání požadavku na noktovizní přístroj

Noktovizní přístroj by měl splňovat následující kritéria:

- základní takticko-technické požadavky,
- ostatní požadavky na vzhled a speciální vlastnosti.

3.1.1 Základní takticko-technické požadavky

- zvětšení - minimálně 3x,
- typ zesilovače jasu obrazu - 3. generace a vyšší,
- zorné pole - minimálně 6°,
- korekce paralaxy, možnost stranové a výškové korekce,
- hmotnost s bateriemi - maximálně 1,5 kg,
- úprava vnějších optických ploch proti ulpívání kapek vody,
- schopnost detekce člověka v noci min. na vzdálenost 500 m,
- dioptrická korekce oka - -4 až +2 dioptrie,
- rozsah pracovních teplot - -30 °C až +44 °C,
- systém automatického vypnutí,
- signalizace stavu baterií,
- napájení přístroje - 1 nebo 2 x AA nebo lithiová baterie 3 V,
- životnost baterie při teplotě 20°C v pohotovostním režimu minimálně 72 hodin, v pracovním režimu minimálně 36 hodin,
- vodovzdorný přístroj do hloubky minimálně 2 m, po dobu 2 hodin,
- rázová odolnost noktovizního přístroje musí být taková, aby byl schopen zachovat svou bezchybnou funkčnost a přesnost i při nejintenzivnějším režimu střelby, kdy kulomet vydává maximální energii. [25]

3.1.2 Ostatní požadavky na vzhled a speciální vlastnosti

- pasivní noktovizní přístroj v provedení zbraňový monokulární zaměřovač, podporující komfort a přesnost střelby, samostatně integrovatelný na kulomet pomocí univerzálního uchycení,
- jednoduchá obsluha, intuitivní ovládání se snadno dostupnými ovládacími prvky s plynulým chodem,
- technická životnost 20 let nebo 20 000 výstřelů nebo 5 000 provozních hodin, podle toho, co nastane dříve,
- na přístroji nesmí být žádné ostré hrany a výrazné výstupky,
- osvětlená záměrná osnova musí být tenká, pokud možno se nezvětšující při nastavení maximálního zvětšení,
- zaměřovač musí být vybaven ochrannými krytkami proti vysoké úrovni osvětlení a proti bodovým zdrojům světla,
- zaměřovač nesmí mít demaskující účinky a musí umožňovat míření v noci i za zhoršených klimatických podmínek,
- materiály vnějšího povrchu noktovizoru musí mít minimální odrazivost světelných zdrojů, musí být nehořlavé, nárazuvzdorné, odolné proti mechanickému poškození, otěru, korozi, slané a sladké vodě, vlhku, agresivním látkám, bojovým otravným látkám a produktům vznikajících při střelbě. [25]

3.2 Řešení požadavku na noktovizní přístroj

3.2.1 Proces zpracování požadavku

Řešení požadavku na noktovizní přístroj bylo provedeno ve dvou návazných krocích:

- vyhledáním minimálně dvou adekvátních existujících noktovizních přístrojů, a následným provedením analýzy a porovnáním technicko taktických dat obou přístrojů,
 - výběrem vhodného přístroje.
1. Na základě požadavku byly vytipovány dva noktovizory evropských výrobců, které, dle deklarovaných parametrů, by byly schopny požadavku armády vyhovět:
 - a) Noktovizní dalekohled D761 běloruské výroby. [12]
 - b) Noktovizní dalekohled ZN 4 LYNX tuzemského výrobce. [8]

2. Porovnáním parametrů obou uvedených noktovizních přístrojů byl zvolen jako předmět řešení požadavku armády noktovizní dalekohled ZN 4 LYNX tuzemského výrobce. Jedním z rozhodujících faktorů pro výběr noktovizního přístroje tuzemského výrobce je uváděná hodnota provozní doby přístroje při napájení jednou baterií AA, která činí u noktovizního přístroje ZN 4 LYNX 50 hodin a u přístroje D761 25 hodin. Je nutno ovšem zmínit, že váhově je na tom lépe přístroj D761 s hmotností 1,18 kg oproti přístroji ZN 4 LYNX s hmotností 1,4 kg. [8, 12]

Tab. 1 Porovnání parametrů vytipovaných noktovizorů [8, 12]

Parametr	D761	Porovnání parametrů	ZN 4 LYNX
Zvětšení	3.7 ±1	=	4
Typ zesilovače jasů obrazu	3. generace	=	3. generace – 18 mm XD-4, užitečný průměr katody = 17,5 mm
Zorné pole	9°	=	9°
Hmotnost s bateriemi	max. 1,18 kg	Lepší/Horší	1,4 kg
Schopnost detekce člověka v noci	min. 500 m	=	min. 500 m při hodnotě 3 mlx
Dioptrická korekce oka	±4 dioptrie	=	-5 až +3 dioptrie
Rozsah pracovních teplot	-30 až +50°C	Horší/Lepší	-40 °C až +55 °C
Napájení přístroje	1 x baterie 3V nebo 1.5V AA	=	1 x baterie AA, 1,2 až 3,6 V
Životnost baterie při teplotě 20°C	1,5 V 25 hodin / 3V 60 hodin	Horší/Lepší	1,5 V 50 hodin / 3,6 V 96 hodin
Rázová odolnost	600 g	Lepší/Horší	500 g

3.2.2 Výstup řešení požadavku

Řešení požadavku na noktovizní přístroj obsahuje:

- popis zvoleného noktovizního přístroje,
- porovnání takticko-technických dat noktovizoru s požadavkem,
- výčet vybraných vlastností a funkcí noktovizního přístroje

3.2.2.1 Popis zvoleného noktovizního přístroje



Obr. 32 Noktovizní přístroj ZN 4 LYNX [10]

ZN 4 LYNX je noktovizní zaměřovač se čtyřnásobným zvětšením, jenž umožňuje uživateli pozorování, detekci a zaměření cílů pro střelbu v noci a při nízkých úrovních osvětlení. Je osazen MKZJO, který je pasivní a pracuje i v blízké IR oblasti bez demaskujících jevů.

3.2.2.2 Porovnání takticko-technických dat noktovizoru s požadavkem

Tab. 2 Porovnání takticko-technických dat noktovizoru s požadavkem [8, 25]

Parametr	Požadavek	ZN 4 LYNX
Zvětšení	min. 3x	4x
Typ zesilovače jasů obrazu	3. generace a vyšší	3. generace - 18 mm XD-4, užitečný průměr katody = 17,5 mm
Zorné pole	min. 6°	9°
Korekce paralaxy (rozsah rektifikace záměrného bodu)	stranová a výšková korekce	±30 MOA ve vertikálním i horizontálním směru. Krok rektifikace - 0,5 MOA
Hmotnost s bateriemi	max. 1,5 kg	1,4 kg
Úprava vnějších optických ploch proti ulpívání kapek vody		anti-rain, speciální hydrofobní vrstva
Schopnost detekce člověka v noci	min. 500 m	min. 500 m při hodnotě 3 mlx
Dioptrická korekce oka	-4 až +2 dioptrie	-5 až +3 dioptrie
Rozsah pracovních teplot	-30 °C až +44 °C	-40 °C až +55 °C
Systém automatického vypnutí		po 3 hodinách nečinnosti
Signalizace stavu baterií		blikání záměrného kříže
Napájení přístroje	1 nebo 2 x AA baterie nebo lithiová baterie 3 V, běžně dostupné na českém trhu	1 x baterie AA, 1,2 až 3,6 V
Životnost baterie při teplotě 20°C	pohotovostní režim minimálně 72 hodin, pracovní režim minimálně 36 hodin	1,5 V 50 hodin / 3,6 V 96 hodin
Vodovzdornost přístroje	do hloubky minimálně 2 m, po dobu 2 hodin	vodotěsnost - do hloubky min. 2 m, po dobu 2 hodin
Rázová odolnost noktovizního přístroje musí být taková, aby byl schopen zachovat svou bezchybnou funkčnost a přesnost i při intenzivním režimu střelby	500 g	500 g

3.2.2.3 Výčet vybraných vlastností a funkcí noktovizního přístroje

Z dalších parametrů optiky noktovizního přístroje nemohou být opomenuty:

- průměr objektivu - 68 mm,
- vzdálenost výstupní pupily - 35 mm,
- zaostření objektivu - 50 m až ∞ .

Objektiv dalekohledu je chráněn proti mechanickému poškození snímatelnou ochrannou krytkou z pryže, která zároveň chrání MKZJO před poškozením denním světlem nebo bodovými zdroji vysoké úrovně osvětlení, například světlice nebo reflektory. Navíc je MKZJO vybaven vlastní automatikou elektronické ochrany proti nežádoucímu přesvětlení (Auto-Gating). Tubus objektivu je chráněn pryžovým návlekm.

Optické komponenty jsou opatřeny speciálními optickými vrstvami, které zlepšují optické parametry a vyznačují se odolností proti ulpívání vodních kapek na vnějších optických plochách dalekohledu.

Přístroj je navržen tak, aby bezpečně odolával mechanickým vlivům a přesně pracoval v podmínkách intenzivní střelby. Těleso noktovizního dalekohledu je vyrobeno z lehké slitiny a je dostatečně robustní, aby splnilo požadavky na mechanickou odolnost přístroje.

Montáž a demontáž dalekohledu na palnou zbraň je umožněna rozhraním MIL-STD 1913 Picatinny Rail. Upnutí dalekohledu je provedeno pomocí rychloupínacího systému, který zajišťuje spolehlivé a opakovatelné upnutí na zbrani bez nežádoucích odchylek.

Povrchová úprava dalekohledu zajišťuje minimální odrazivost světelných zdrojů, je odolná proti otěru, korozi a zejména slané a sladké vodě, vlhku a agresivním látkám, bojovým otravným látkám a produktům vznikajících při střelbě. [8, 10]

3.3 Výsledek řešení zpracování požadavku

Navržený noktovizní přístroj vyhovuje požadavku armády, a v parametrech zvětšení, zorné pole, hmotnost, dioptrická korekce oka, rozsah pracovních teplot a životnost baterie jej dokonce převyšuje.

4 MĚŘENÍ A OVĚŘOVÁNÍ PARAMETRŮ NOKTOVIZORŮ

Jako u mnoha jiných technických prostředků, jsou i u noktovizních přístrojů nezbytné pravidelné servisní prohlídky.

Četnost servisních prohlídek noktovizního přístroje je odvislá z:

- doporučení výrobce a frekvence používání přístroje,
- podmínek okolního prostředí, za kterých je přístroj používán, například pilotem v kabině vrtulníku nebo strážným při akci v terénu.

Pro účel zpracování návrhu metodiky zkušebních postupů pro měření a ověřování parametrů bylo zvoleno 5 kusů noktovizních brýlí, které byly jejich majitelem, leteckou záchrannou službou, dodány s požadavkem na proměření vybraných parametrů za účelem kontroly kvality přístroje a stanovení podmínek pro periodicky opakované kontrolní zkoušky servisního charakteru. Brýle byly pořízeny pro piloty vrtulníků z důvodu akceschopnosti letecké záchranné služby v nočních hodinách.

4.1 Popis měřených noktovizních přístrojů

Brýle NL-93 jsou binokulárním noktovizním přístrojem. Skládají se ze dvou pevně spojených noktovizních větví s nastavitelným rozestupem. Do střední části se zasunuje nástavec, ke kterému lze připojit bateriový zdroj, kterým je přístroj napájen. Součástí vybavení je rovněž kovová destička, kterou lze připevnit na bateriový zdroj a která slouží k vyvážení hmotnosti přístroje na pilotově helmě.



Obr. 33 Noktovizní brýle NL-93

4.2 Měření parametrů noktovizních přístrojů – úvod

Výběr parametrů k proměření byl proveden na základě nejlepších zkušeností pracovníků Podnikové zkušebny a požadavku majitele přístrojů. Ověření parametrů bylo realizováno srovnáním naměřených hodnot s hodnotami parametrů, uvedených v návodu k noktovizním brýlím.

Při měřeních byla použita následující zařízení:

- optický stůl s mechanickým polohováním,
- optická lavice,
- kolimátor (provádí transformaci různoběžných světelných paprsků na rovnoběžné),
- noční osvětlovač (halogenová žárovka s teplotou chromatičnosti 2850 K),
- dioptrimetr,
- jasoměr (ostření jasoměru je v rozmezí od 80 do 100 cm, přičemž 100 cm je na základě nejlepších zkušeností optimální vzdálenost od měřeného objektu),
- test USAF 1951 (k testování rozlišovacích možností optických zobrazovacích systémů), [22]
- délkové měřítko s měřením na milimetry,
- pomocný dalekohled Γ 4x.



Obr. 34 Test USAF 1951

Podmínky při měření

Všechna měření byla provedena v prostředí laboratoře za tmy pouze s použitím světelných zdrojů, které byly součástí měřicích sestav.

Poznámka

Nejistota měření je obecně dána přesností a možnostmi příslušného měřicího zařízení, respektive stavem zařízení po kalibraci v případě uvedených měření dioptrimetrem či jasoměrem nebo odečtem na kolimátoru.

4.2.1 Optická lavice

- Pevná robustní základna, zabudovaná do podlahy tak, že je dosaženo odrušení od vibrací okolí.
- Zajišťuje osu součástí měřicí sestavy, která je instalována prostřednictvím speciálních příslušenství s možností usazení a pohybu na přesném rybinovém vedení.



Obr. 35 Optická lavice

4.2.2 Optický stůl

- Zařízení, zajišťující stabilitu a tlumení vibrací.
- Pro polohování a uchycení měřených komponent a zařízení, měřicích přístrojů a pomůcek slouží množství pravidelně rozmístěných otvorů, opatřených závitem, v pracovní desce stolu.
- Mechanický optický stůl – nastavení požadované polohy lze provést pomocí mechanických točítek.

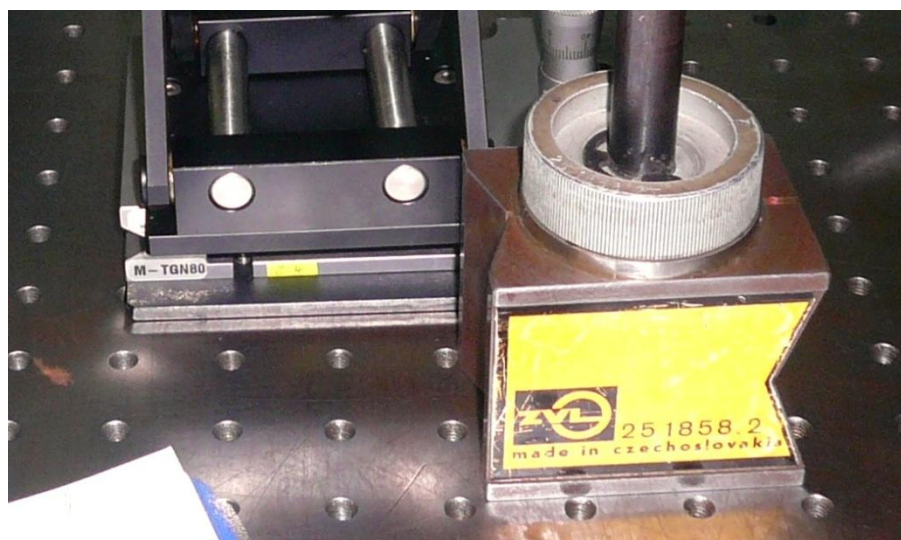


Obr. 36 Naklápění je zajištěno pomocí mechanických točítek

- Hydraulický optický stůl – ustavený na hydraulických stojanech s elektronikou, hřídající nastavenou polohu.



Obr. 37 Hydraulický optický stůl



Obr. 38 Detail pracovní plochy stolu

4.3 Měření optických parametrů

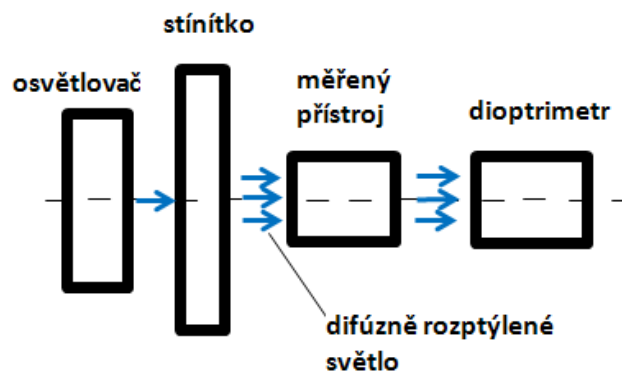
4.3.1 Rozsah dioptrické korekce okuláru

Použitá zařízení a pomůcky:

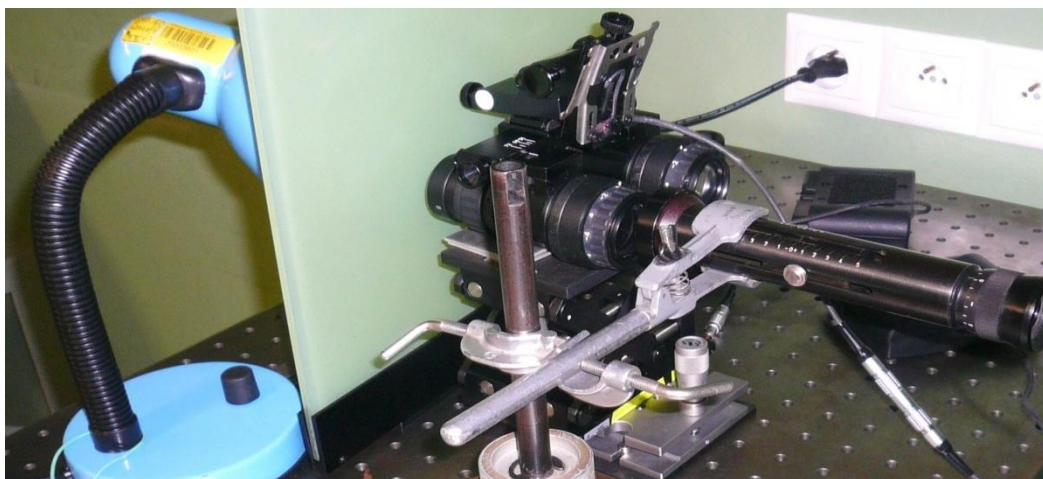
- optický stůl - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- lampa,
- stínítko umístěné mezi měřeným přístrojem a lampou,
- dioptimetr.

Postup měření

Měření je realizováno s pomocí dioptrometru, který je ustaven do vzdálenosti 35 mm od poslední optické plochy měřeného vzorku. Měří se dioptrická hodnota při nastavení okuláru měřeného vzorku do každé z obou krajních poloh.



Obr. 39 Princip měření rozsahu dioptrické korekce okuláru



Obr. 40 Měřicí sestava

Tab. 3 Rozsah dioptrické korekce okuláru [26]

Číslo vzorku	Naměřeno [dpt]	
	Levá větev	Pravá větev
1489	+2,3 / -2,7	+2,6 / <-5
1490	+2,5 / <-5	+2,8 / <-5
1491	+3,0 / <-5	+2,7 / <-5
1492	+2,8 / <-5	+2,5 / <-5
1494	+2,9 / <-5	+2,6 / <-5
Hodnota dle přiloženého návodu	+2 dpt / -5 dpt	

Poznámka:

- Nejistota měření $\pm 0,2$ dpt.
- Vzorek č. 1489 má rozdílné hodnoty v pravé a levé větvi, což je nevyhovující.

4.3.2 Ověření nastavení „0“ dpt

Použitá zařízení a pomůcky:

- optický stůl - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- lampa,
- stínítko umístěné mezi měřeným přístrojem a lampou,
- dioptrimetr.

Postup měření

Měření je realizováno s pomocí dioptrimetru, který je ustaven do vzdálenosti 35 mm od poslední optické plochy měřeného vzorku.

Měří se dioptrická hodnota při nastavení okuláru měřeného vzorku na „0“ dpt a následném zaostření dioptrimetru vzhledem ke stínítku MKZJO.



Obr. 41 Zaostření na stínítko MCP

Tab. 4 Ověření nastavení „0“ dpt

Číslo vzorku	Naměřeno [dpt]	
	Levá větev	Pravá větev
1489	0	-0,3
1490	0	0
1491	-0,9	-0,7
1492	0	-0,4
1494	-0,1	-0,2
Hodnota dle přiloženého návodu	neuvejeno	

Poznámka:

- Nejistota měření $\pm 0,2$ dpt.

4.3.3 Mrtvý chod ostření okuláru

Použitá zařízení a pomůcky:

- optický stůl - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- lampa,
- stínítko umístěné mezi měřeným přístrojem a lampou,
- dioptrimetr.

Postup měření

Měření je realizováno s pomocí dioptrimetru, který je ustaven do vzdálenosti 35 mm od poslední optické plochy měřeného vzorku.

Točátkem okuláru se dojíždí na „0“ z pravé, respektive z levé strany, a vždy pomocí dioptrimetru je odečtena hodnota zaostření na stínítko MCP.

Výsledná hodnota mrtvého chodu je dána rozdílem těchto dvou naměřených hodnot.

Tab. 5 Mrtvý chod ostření okuláru

Číslo vzorku	Naměřeno [dpt]	
	Levá větev	Pravá větev
1489	0,2	0,1
1490	0	0
1491	0	0,4
1492	0	0,4
1494	0	0,2
Hodnota dle přiloženého návodu	nevedeno	

Poznámka:

- Nejistota měření $\pm 0,2$ dpt.

4.3.4 Rozsah ostření objektivu

Použitá zařízení a pomůcky:

- optická lavice - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- nočním osvětlovač,
- kolimátor s testovým obrazcem,
- dioptrimetr.

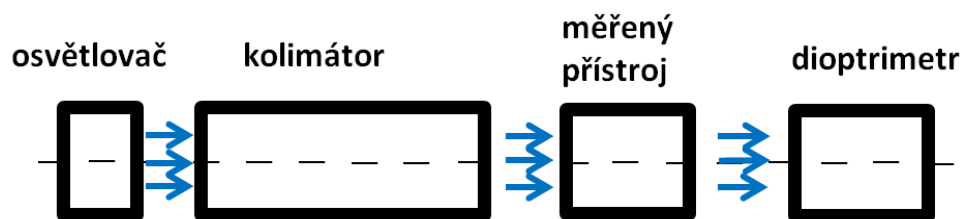
Postup měření

Měří se pomocí kolimátoru, který musí být vybaven čárovým testem a vhodným osvětlovačem, který nezpůsobí přesvětlení obrazu.

Měřený vzorek je umístěn za kolimátor a nastaven tak, aby se test kolimátoru zobrazil do středu zorného pole. Kolimátor je zaostřen na ∞ .

Za okulár měřeného vzorku je umístěn dioptrimetr, který se zaostří na stínítko MKZJO tak, aby kvalita pozorovaného obrazu byla nejlepší. Měřená hodnota je získána odečtením na dioptrimetru.

Na blízkou vzdálenost je měřeno zaostřením okuláru měřené větve přístroje na test, položený na stole a odečtením vzdálenosti délkovým měřítkem.



Obr. 42 Princip měření rozsahu ostření

Tab. 6 Rozsah ostření objektivu [26]

Číslo vzorku	Naměřeno [m]	
	Levá větev	Pravá větev
1489	cca 30 cm až ∞	cca 30 cm až 11 m
1490	cca 28 cm až ∞	cca 26 cm až ∞
1491	cca 26 cm až ∞	cca 26 cm až ∞
1492	cca 27 cm až ∞	cca 27 cm až ∞
1494	cca 26 cm až ∞	cca 26 cm až ∞
Hodnota dle příloženého návodu	28 cm až ∞	

Poznámka:

- Nejistota měření ± 1 cm / 1 m.



Obr. 43 Zaostření kolimátoru na nekonečno

4.3.5 Rozlišovací mez

Použitá zařízení a pomůcky:

- optická lavice - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- nočním osvětlovač,
- kolimátor s testovým obrazcem,
- dioptrimetr.

Rozlišovací mez se měří dle ISO 14490-7 (norma, vztahující se na zkušební metody meze rozlišení pro optiku a optické přístroje) pozorováním čárových testů v kolimátoru pro předmět v optimální vzdálenosti. [27]

Postup měření

Testový obrazec je prosvětlen tak, že jas světlých pruhů testů má hodnotu $4,1 \cdot 10^{-2} \text{ cd} / \text{m}^2$. Kolimátor je zaostřen tak, aby kvalita obrazu byla co nejlepší. Za měřený vzorek je umístěn pomocný dalekohled se zvětšením $4\times$, který musí být zaostřen na obraz testu v okularu měřeného vzorku.

Měřící pracovník pozoruje zkušební obrazec s čárovými strukturami, jejichž hustota se postupně zvyšuje a zapíše skupinu, u které je ještě schopen rozlišit čáry ve všech směrech.

Tab. 7 Rozlišovací mez

Číslo vzorku	Naměřeno [' ']	
	Levá větev 11 m / ∞	Pravá větev 11 m / ∞
1489	132 / 132	132 / nezměřeno
1490	132 / 132	132 / 132
1491	117 / 106	132 / 132
1492	132 / 132	132 / 117
1494	132 / 132	132 / 132
hodnota dle příloženého návodu	neuveveno	

Poznámka:

- Měření bylo provedeno s pomocným dalekohledem $\Gamma 4x$, při jasu předmětu $4,1 \cdot 10^{-2} \text{ cd} / \text{m}^2$.

4.4 Měření fotometrických parametrů

4.4.1 Systémový zisk

Problematika je popsána v kapitole 2.2.

Použitá zařízení a pomůcky:

- optická lavice - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- kolimátor s nočním osvětlovačem,
- jasoměr.

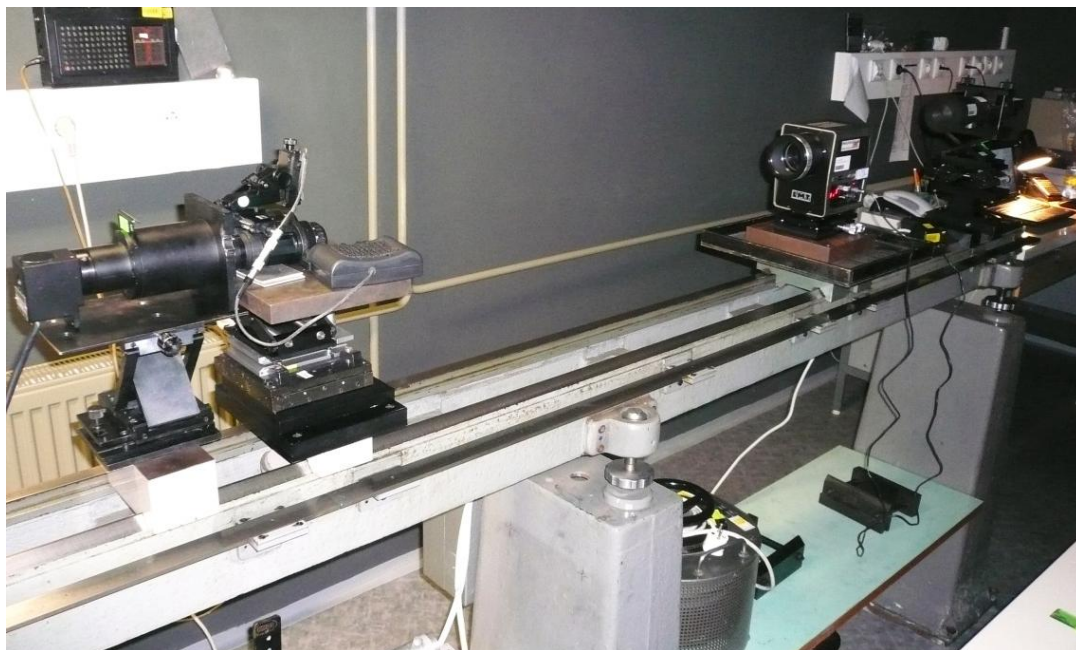
Postup měření:

Nejprve je změřen jas na výstupu z osvětlovače.

Měřený přístroj (noktovizní brýle) je vložen mezi reflektor - osvětlovač a detektor - jasoměr a je odečtena hodnota jasů na výstupu, na optice okuláru.

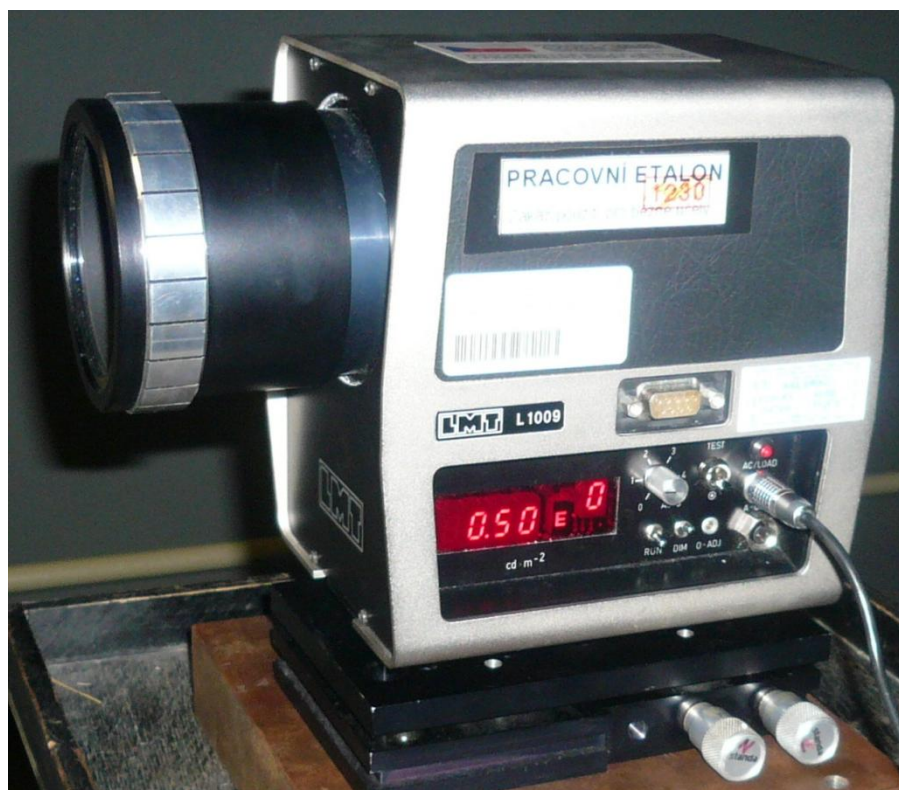


Obr. 44 Detail sestavy osvětlovače



Obr. 45 Kompletní sestava pro měření systémového zisku

Součástí sestavy pro měření systémového zisku je jasoměr, jehož detail je zobrazen na snímku níže.



Obr. 46 Jasoměr

Tab. 8 Systémový zisk

Číslo vzorku	Levá větev / Pravá větev
1489	5700 / 5700
1490	8000 / 7700
1491	7400 / 8000
1492	7400 / 8000
1494	9700 / 9000
Hodnota dle přiloženého návodu	neuveдено

Poznámka:

- Systémový zisk je u všech přístrojů v obou větvích, v obou spínacích polohách napájecího zdroje přibližně stejný, z čehož vyplývá korektní funkčnost celého přístroje.
- Nejistota měření $\pm 2\%$.
- Standardní hodnoty systémového zisku přístrojů tohoto typu jsou 5000 minimálně. [11, 16, 17]

4.5 Celkové zhodnocení výsledků měření

U noktovizních brýlí, označených číslem 1489, bylo měřením zjištěno, že rozsah ostření objektivu je nevyhovující, jelikož pravou větev nelze zaostřit ve standardním rozsahu od blízké vzdálenosti až po nekonečno. Rozlišovací mez pravé větve nebylo možné z těchto důvodů změřit. Nestejné zaostření větví je v rozporu s předpokládanou správnou funkcí noktovizního přístroje a může ohrozit bezpečnost uživatele. Naměřené hodnoty u noktovizních přístrojů, označených čísly 1490 až 1491 odpovídají standardům, čímž bylo ověřeno, že splňují požadavky ve všech měřených parametrech.

4.6 Závěr z měření a ověřování parametrů noktovizorů

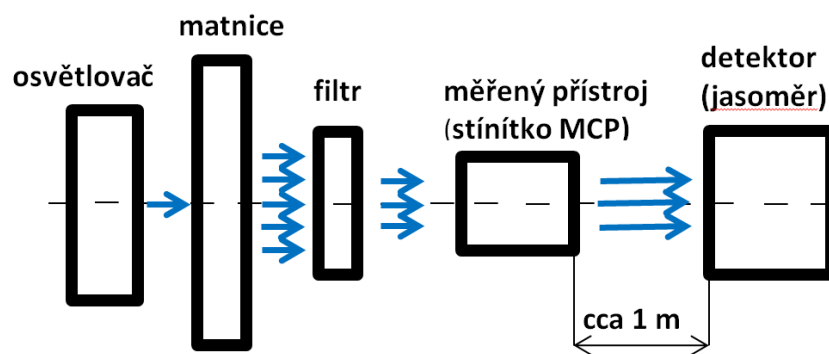
Na základě provedených měření byly vytvořeny metodické postupy se schematickými nákresey za účelem opakovaných měření ověřovaných parametrů z důvodu pravidelných servisních prohlídek noktovizních přístrojů. Naměřené hodnoty u jednotlivých parametrů, přístrojů a větví budou použity jako výchozí srovnávací hodnoty při dalším měření a preventivní prohlídce noktovizních brýlí.

4.7 Návrh alternativní metody ověřování systémového zisku

4.7.1 Použitá zařízení a pomůcky

- optická lavice - platforma pro ustavení měřicí sestavy,
- kolimátor s nočním osvětlovačem,
- matnice pro stejnoměrné rozptýlení světelného svazku,
- filtr 380 až 780 nm,
- jasoměr.

4.7.2 Schéma navržené metody



Obr. 47 Princip měření systémového zisku

4.7.3 Popis metody

Mezi matnicí, nainstalovanou pro stejnoměrné rozptýlení světla za osvětlovač, a měřený přístroj je vložen filtr, s propustností světla v pásmu 380 až 780 nm. Jeho použitím byly přizpůsobeny vlastnosti světelného svazku do viditelné oblasti spektra (noktovize - MKZJO pracují v pásmu 400 až 900 nm). Cílem navrženého způsobu měření systémového zisku bylo prověřit, zda má omezení širě pásma světelného svazku na úroveň, jež je pracovní oblastí jasoměru, vliv na zpřesnění výsledku měření.

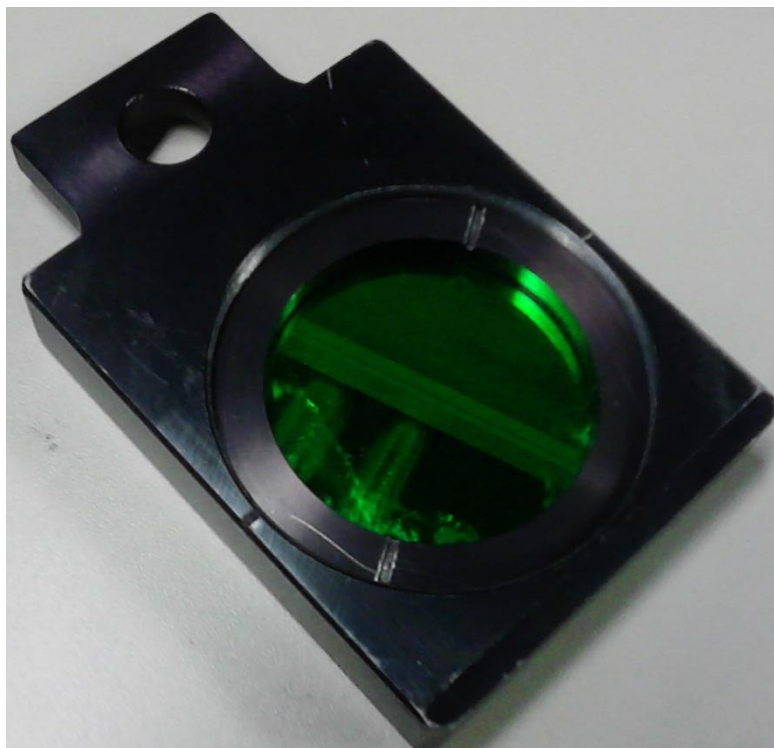
Vzdálenost mezi měřeným přístrojem a jasoměrem byla v rámci nejlepších zkušeností techniků zkušebny nastavena na 1 metr.

Navržený způsob měření byl vyzkoušen na vzorku č. 1490. Hodnoty byly odečteny na displeji jasoměru a z nich vypočteny poměrové hodnoty systémového zisku obou větví.

Tab. 9 Porovnání metody měření systémového zisku bez filtru a s filtrem

Filtr pro omezení pásma na 380 až 780 nm	Levá větev / Pravá větev
Ne	8000 / 7700
Ano	8000 / 7700

Výsledné hodnoty systémového zisku při použití filtru jsou shodné s hodnotami, dosaženými při metodě měření bez pásmového filtru. Touto metodou bylo ověřeno, že omezení šíře pásma světelného svazku na rozsah pracovní oblasti jasoměru nemá vliv na konečný výsledek měření.



Obr. 48 Filtr s propustností 380 až 780 nm

5 VYUŽITÍ NOKTOVIZNÍCH PŘÍSTROJŮ V PKB

5.1 Možnosti využití noktovizního přístroje v PKB

V rámci průmyslu komerční bezpečnosti lze efektivně využít přístroj pro noční vidění zejména těmi soukromými bezpečnostními službami, které mají ve své nabídce aktivit především fyzickou ostrahu objektů, případně sledování v rámci detektivní činnosti.

Nejčastějším důvodem pro ochranu objektů fyzickou ostrahou je riziko krádeží, případně sabotáže, jako důsledku konkurenčního boje, případně msty.

Níže jsou popsány možnosti využití noktovizního přístroje v PKB a jsou rozděleny podle typu činnosti bezpečnostních služeb a podmínek, za nichž je aplikace noktovizoru efektivní.

5.1.1 Fyzická ostraha stávajících objektů

Použití noktovizního přístroje významně zvyšuje efektivitu činnosti, jestliže:

- je požadavek snížit personální a tím finanční náročnost zabezpečení areálu,
- nelze dostatečně zastřežit kamerovým systémem,
- není možno zajistit dostatečné osvětlení pomocí zdrojů umělého světla,
- v areálu se vyskytují členité prostory s tmavými zákoutími,
- jedná se o zatím neelektrifikovaný areál, nacházející se v přírodě,
- jedná se o strategický objekt, například sklady munice, zásobníky benzínu, nafty nebo plynu, jaderné elektrárny, přístávací plochy,
- jedná se o rozsáhlé areály průmyslových a zemědělských objektů,
- jedná se o rozsáhlé areály historického významu, například hradní areály.

5.1.2 Fyzická ostraha areálů, kde probíhá výstavba

Aplikace noktovizního přístroje významně zvyšuje efektivitu činnosti, jestliže:

- je požadavek na optimalizaci finančních nákladů, což znamená snížení personální a tím finanční náročnosti zabezpečení areálu při současném zachování kvality zabezpečení areálu,
- je požadavek na zabezpečení staveniště před případnými krádežemi stavebního a montážního materiálu, speciálního zařízení a mechanismů, stavebních strojů, a pohonných hmot,

- není možno v noci dostatečně osvětit některé nebo všechny prostory, výstavba probíhá v neelektrifikované zóně v přírodě.

5.1.3 Fyzická ostraha pozemků se zemědělskou produkcí – plodinami

- Aplikace noktovizního přístroje významně zvyšuje efektivitu činnosti, čímž lze zajistit fyzickou ostrahu střeženého území při současné optimální redukci počtu pracovníků, a snížení finanční náročnosti zabezpečení areálu, a tím zvýšení konkurence schopnosti firmy bezpečnostního průmyslu.

5.1.4 Fyzická ostraha chovů užitkových zvířat na ohrazených pastvinách

- Aplikace noktovizního přístroje významně zvyšuje efektivitu činnosti bezpečnostní služby v rámci fyzické ostrahy objektů, čímž lze dostatečně zajistit fyzickou ostrahu areálu při optimálním snížení počtu pracovníků bezpečnostní služby v terénu, a tím finanční náročnosti zabezpečení areálu.

5.1.5 Detektivní činnost - shromažďování informací, sledování subjektů

- V této činnosti je noktovizní přístroj významnou technickou podporou detektiva, podstatně zvyšující efektivitu jeho noční akce při sledování subjektů. [27]
- Při použití pasivního noktovizního přístroje může detektiv, sám ukrytý ve tmě, získávat cenné informace, a ve spojení s fotoaparátem nebo kamerou také dokumentační materiál. Soudobé profesionální fotoaparáty nebo kamery s integrovanou technologií nočního vidění umožňují bezdrátový přenos zaznamenaného obrazového a zvukového materiálu na cílové úložiště.

5.2 Příklady využití noktovizního přístroje v PKB

5.2.1 Skládka odpadů a stavebních hmot

Jako modelový příklad byl vybrán objekt skládky, která slouží pro třídění stavebních odpadů a zpracování sypkých hmot.

Areál skládky odpadů a sypkých hmot se nachází v Olomouckém kraji v blízkosti města Hranice a rozkládá se na katastrálním území obce Bělotín.

Provoz je zajištěn s pomocí manipulačních mechanismů, které zůstávají v objektu i v čase mimo pracovní ruch. Ve zmíněných nakladačích, shrnovačích, bagrech, buldozerech a dalších strojích zůstávají také pohonné hmoty.

Kriminalita se rok od roku zvyšuje a smělost pachatelů trestných činů krádeží má vzestupnou tendenci, tudíž drahá zařízení a pohonné hmoty by se mohly stát objektem zájmu a kořisti pachatelů.

Areál je nejen v době pracovního klidu střežen soukromou bezpečnostní agenturou. Fyzická ostraha je prováděna dohledovým způsobem, a to formou obchůzek.



Obr. 49 Areál skládky odpadů [28]

Fyzická ostraha areálu, jehož rozloha je přibližně 1 km čtvereční, je ztížena jednak sklonem terénu a dále skutečností, že areál lemují ze tří světových stran keřové porosty, s jejichž využitím by případný narušitel mohl vniknout do areálu, aniž by byl zpozorován.

Při obchůzce může být míjení porostů, jako potenciálních úkrytů pachatele, pro pracovníka soukromé bezpečnostní služby velmi rizikové.

Další komplikací je fakt, že nejvyšší bod terénu leží přibližně uprostřed hlídaného areálu, čímž je zamezen přehled z jednoho konce areálu na druhý.

Ve dne a za dobrých světelných podmínek lze ostrahu areálu zabezpečit přesunem pracovníka na zmíněný nejvyšší bod terénu a střídavým režimem pozorování areálu a obchůzek tak zajistit obě poloviny areálu.

Taktiku sledování prostoru areálu z nejdříve položeného místa však nelze realizovat za světelných podmínek, které již lidskému zraku nevyhovují. Pro důslednou kontrolu areálu tak musí strážný vykonat obchůzkovou trasu téměř 1,5 kilometry dlouhou.

Instalovat kamerový systém v extrémně prašném terénu a ve stále se měnícím prostředí vlivem přesunu hmot není možné.

Jako řešení se nabízí využití přístroje pro noční vidění. Lze použít přístroj ruční nebo hlavový, u něhož je k uchycení na hlavu používán hlavový set.

S použitím přístroje pro noční vidění může pracovník hlídky, sám ukryt před cizími zraky, vizuálně pokrýt hlídanou oblast. Takovým způsobem fyzické ostrahy oblasti je minimalizováno riziko napadení hlídky pachatelem v temných místech v blízkosti zeleně a pracovních mechanismů.

Při aplikaci přístroje pro noční vidění v provedení jako noktovizní brýle, což znamená, že přístroj umožňuje hlavové nošení, má pracovník bezpečnostní agentury volné obě ruce, a je schopen ve velmi krátkém čase provést zadržení pachatele a kontaktování příslušných orgánů. [29]

V tomto případě by bylo vhodné použít noktovizní brýle nebo lehčí a finančně méně náročné řešení s bi-okulární noktovizními brýlemi s jedním objektivem a zesilovacím kanálem, případně s monokulárním noktovizním přístrojem s možností uchycení pomocí hlavového setu.

5.2.2 Průmyslový podnik

Ve druhém modelovém příkladu figuruje objekt průmyslového podniku, společnosti Meopta – Optika, s.r.o., která je významným výrobcem optiky pro sportovní, technické, zdravotní, bezpečnostní i vojenské účely. Rozkládá se v areálu o rozloze asi 15 ha v katastru obce Přerov.

Protože je nutno chránit majetek a bezpečnost firmy, je tato zabezpečena, jako mnoho jiných podniků, soukromou bezpečnostní službou, která zajišťuje nepřetržitě 24 hodin fyzickou ostrahu způsobem propustkovým na vratech, způsobem přehledovým dozorovým pomocí kamerového systému a způsobem dohledovým, kdy fyzická ostraha je prováděna na celé ploše areálu formou obchůzek.

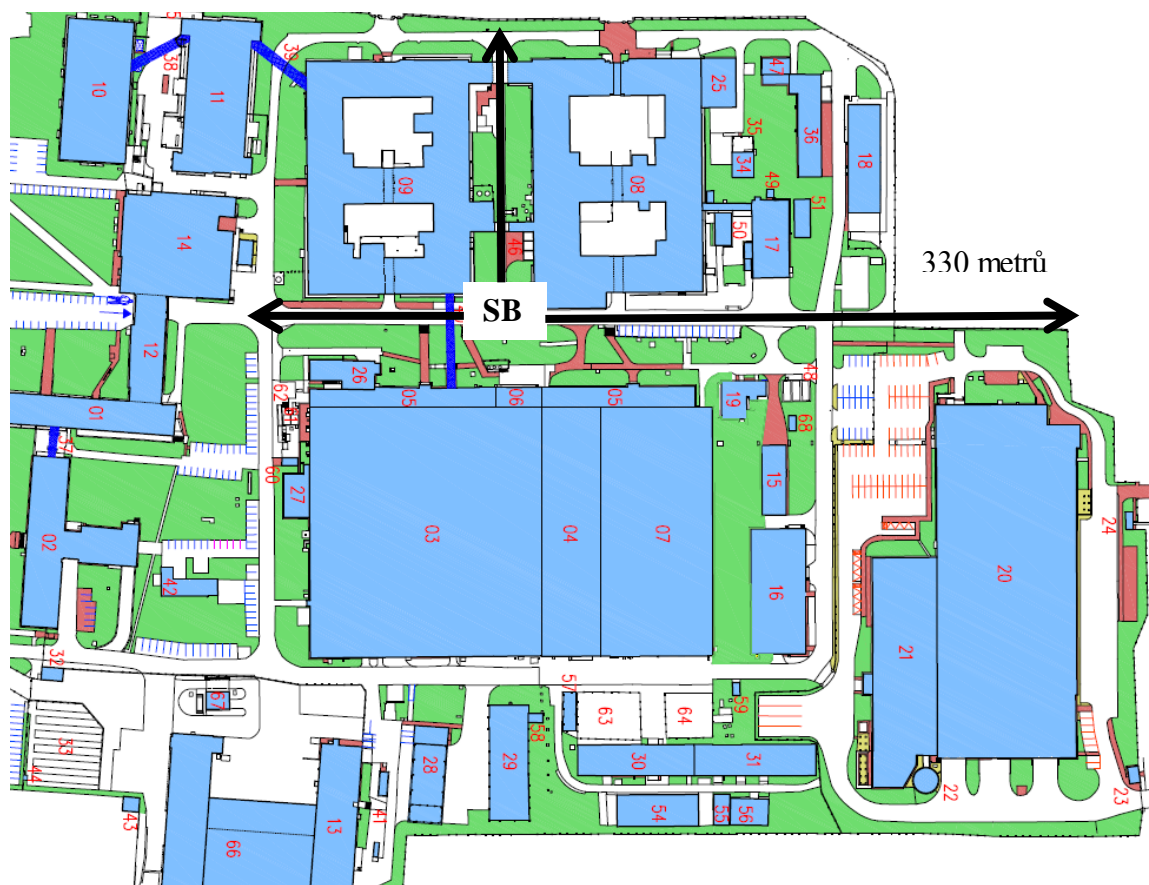
V případě dobrých světelných podmínek je strážný schopen vzhledem k rozsahu areálu v adekvátním čase zkontrolovat členitý areál s několika nádvořími a mnoha zákoutími. Problematické je střežení areálu při snížené či velmi nízké světelnosti. Tehdy musí být aplikován režim nočních obchůzek. Kromě podpory kamerovým systémem, jenž kopíruje komunikaci na perimetru společnosti a zachycuje situaci na hlavním vstupu a výstupu vratech, kdy pracovník soukromé bezpečnostní služby v operačních prostorách vratech monitoruje situaci kamerovým systémem zabezpečených úseků areálu a při narušení prostoru pachatelem koná následná opatření dle pravidel strážní služby, může se strážný v terénu spolehnout jen na své smysly, především na zrak, což je možné značně podpořit použitím přístroje pro noční vidění, s jehož pomocí strážný dohlédne vždy až na konec zkoumané trasy v rámci průmyslového areálu a může během obchůzky využívat vhodně zvolené strategické body na křižovatkách cest a průchodů, odkud s pomocí noktovizního přístroje je schopen zkontrolovat větší úsek areálu v kratším čase, čímž se významně zkrátí časový interval, po který jsou ostatní prostory dohledem strážného nepokryty.



Obr. 50 Noktovizní brýle s detekcí osoby do 250 metrů [12]




Pokud je použito noktovizní zařízení, které je pomocí hlavového setu uchyceno na hlavu uživatele, například noktovizní brýle, má pracovník ostražky volné ruce a může použít ke zrychlenému přesunu například i jízdní kolo a snáze řešit situaci s případným narušením objektu pachatelem, než pracovník, který má jednu, případně obě ruce zaměstnány držet přístroje pro noční vidění.

Vzhledem ke vzdálenostem a rozsahu areálu průmyslového podniku bylo navrženo použití noktovizního zařízení generace 2 plus.



Obr. 51 Plánek průmyslového podniku [30]

Legenda:

- SB** - příklad strategického místa
- - příklad vizuálně pokryté oblasti pomocí noktovizního zařízení
-  - komunikace, nádvoří, volné pochozí či pojezdové plochy, parkoviště
-  - zastavěná plocha, budovy
-  - zatravněná plocha

5.2.3 Fotovoltaická elektrárna

Fotovoltaická elektrárna patří mezi způsoby získávání elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, v tomto případě ze slunečního svitu.

Výstavba fotovoltaických elektráren bývá realizována na polích či lukách, které jsou pro tento účel dočasně vyjmuty z polnohospodářské půdy.

Fotovoltaická elektrárna, kterou jsem zvolil jako modelový příklad, kde by použití přístroje pro noční vidění výrazně zefektivnilo noční hlídku v době výstavby elektrárny, se nachází v areálu o rozloze přibližně 32 ha v okrese Kroměříž.

Technika, která je při výstavbě fotovoltaické elektrárny použita, je velmi nákladná. Především se jedná o solární panely, opěrné stojany a další nezbytné komponenty z oblasti elektrotechnických materiálů a spojovacích materiálů.

V době rostoucí kriminality je nezbytné oblast stavby zabezpečit proti krádežím drahého materiálu, případně proti sabotáži.

Hlídkání obdobných staveb bývá zpravidla zajištěno pracovníky soukromých bezpečnostních služeb.

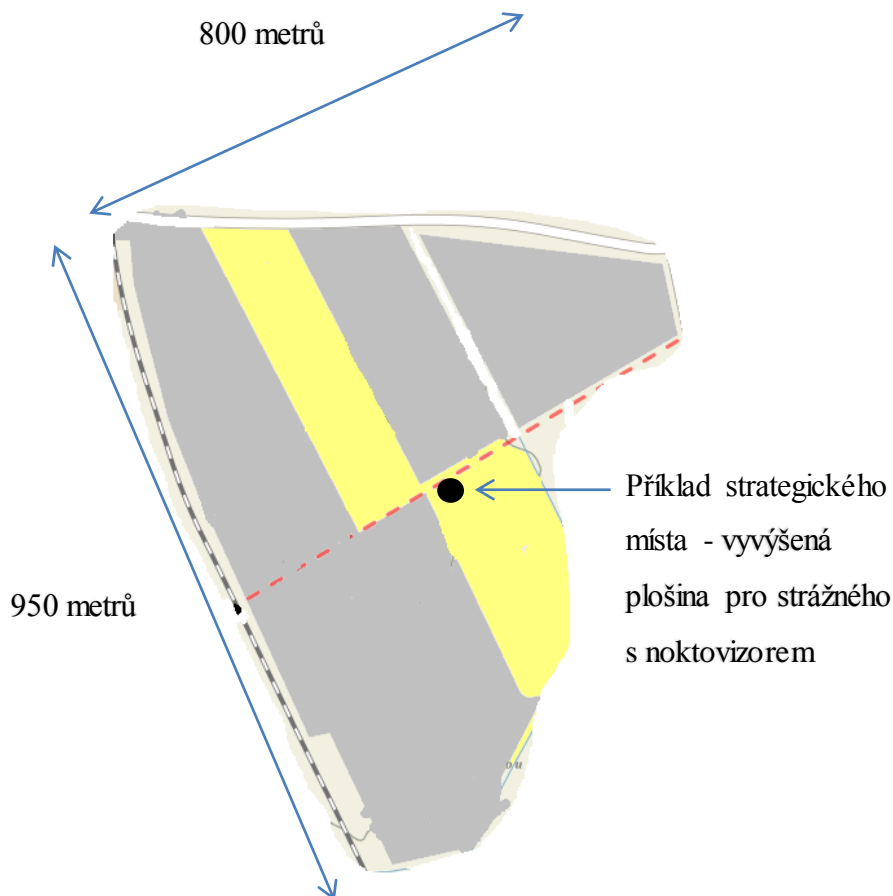


Obr. 52 Výstavba fotovoltaické elektrárny [31]

Uvedený areál byl v nočních hodinách původně zabezpečen čtyřmi současně hlídajícími pracovníky tak, aby s ručními svítilnami a za neustálých obchůzek byli schopni uhlídat svou vytyčenou oblast.

Zde se naskýtají dvě varianty efektivního využití noktovizního přístroje z hlediska fyzické ostrahy.

V první variantě lze využít uměle vytvořenou, vyvýšenou plošinku pro 1 osobu, instalovanou přibližně ve středu hlídaného areálu, odkud má pracovník soukromé bezpečnostní agentury neomezený výhled do okolí a může s pomocí noktovizního přístroje kontrolovat areál a uhlídat tak střeženou oblast.



Obr. 53 Areál Fotovoltaické elektrárny [32]

Ve druhé variantě lze fyzickou ostrahu hlídané oblasti zajistit formou obchůzky a průběžného monitorování oblasti. S použitím noktovizního zařízení může jeden pracovník ostrahy, sám ukryt ve tmě před cizími zraky, vizuálně pokrýt hlídanou oblast. Takovým způsobem střežení oblasti je minimalizováno riziko napadení hlídky pachatelem ze zálohy ze tmy, přičemž vzhledem k rozlišovacím a zobrazovacím možnostem noktovizního přístroje je strážný schopen pachatele spatřit již při pokusu přiblížit se ke staveništi, ještě před zahájením realizace narušení prostoru a spáchání trestného činu.

5.3 Výhody využití noktovizorů v průmyslu komerční bezpečnosti

Z příkladů možných řešení je patrná výhodnost strážní služby při aplikaci přístroje pro noční vidění oproti tradičnímu obchůzkovému systému při použití klasické svítilny.

Aplikací noktovizního přístroje je možné zvýšit efektivitu činnosti soukromé bezpečnostní služby možností zredukovat počet pracovníků, který by byl jinak nezbytný při fyzické ostraze bez použití přístroje pro noční vidění, a tím snížit náklady na zabezpečení objektu, čímž se fyzická ostraha stává dostupnější pro větší množství potencionálních zákazníků průmyslu komerční bezpečnosti.

Velmi významným faktorem je skutečnost, že díky použití přístroje pro noční vidění, vzhledem k včasné informovanosti pracovníka fyzické ostrahy o narušení prostoru, je podstatně zvýšená jeho operativnost.

Výhody využití noktovizních přístrojů v průmyslu komerční bezpečnosti souhrnem:

- Strážný může vidět případného pachatele, pachatel bez noktovizoru strážného nikoliv. V důsledku toho získá strážný před pachatelem významný časový náskok a může s předstihem učinit nezbytné adekvátní úkony, jako například přivolat Policii ČR, provést nepozorované přiblížení se k pachateli a v konečné fázi efektivní zadržení překvapeného pachatele.
- Významně je zredukována možnost napadení strážného pachatelem ze zálohy, protože strážný s pomocí noktovizoru ve tmě vidí, ale pachatel bez noktovizního přístroje nikoliv.
- V rámci detektivní činnosti je nespornou výhodou sběr hodnotných informací o sledovaných subjektech, protože ačkoliv nezajímavá veřejnost má v povědomí fakt o existenci noktovizních přístrojů, málokdo je schopen si tuto skutečnost uvědomit v každém okamžiku a přizpůsobit své jednání, s mylnou domněnkou, že ve tmě je skrytý.
- Vzhledem k možnosti sledovat větší oblast z jednoho místa, není nutná neustálá kompletní obchůzka celého hlídaného území, tudíž s pomocí noktovizorů i při větší rozloze areálu je schopno jej uhlídat méně pracovníků bezpečnostní služby, což umožňuje snížit náklady na hlídací služby a současně zvyšuje konkurenceschopnost firem bezpečnostního průmyslu.

ZÁVĚR

Obdobně jako jiné produkty techniky i noktovizní přístroje mají historii svého vzniku a vývoje, který neustále pokračuje. Proto byl z důvodu kontinuity při zpracování problematiky noktovizních přístrojů předložen nejprve průřez historií a vývojovými generacemi noktovizorů, na něž v první části bakalářské práce navazuje přehled typů noktovizních přístrojů dle provedení, který jistě není konečný v souvislosti s rychlým pokračujícím rozvojem technologií v této oblasti. V rámci úvodní části se podařilo seřadit informace o parametrech noktovizních přístrojů a vytvořit uživatelsky dostupnou platformu informací o nich za účelem snadnější orientace v této oblasti pro možného budoucího uživatele noktovizní techniky, a to především pro manažera podniku bezpečnostního průmyslu nebo jiné osoby odpovědné za zvýšení efektivity strážní či detektivní služby provozované v podmínkách uvedených v bodu 5.1 této práce.

Rešerše o základních parametrech soudobých noktovizních přístrojů byla dále doplněna informacemi, týkajícími se ostatních parametrů a speciálních vlastností, kde hodnoty některých z nich mají zásadní význam pro zařazení noktovizního přístroje do výkonnostní třídy, a pro výběr produktu, který v jedné z následujících kapitol - v kapitole 3, je uveden jako modelový příklad zpracování požadavku na noktovizní přístroj.

V rámci bodu *Problémy při měření parametrů noktovizorů* bylo zpracováno vysvětlení specifických problémů při měření parametrů propustnosti a systémového zisku.

V praktické nosné části této bakalářské práce v kapitole *Měření a ověřování parametrů noktovizorů* byly na základě provedených měření vybraných parametrů vytvořeny metodické postupy pro možnost opakovaného provádění těchto měření. Vybrány byly především ty parametry noktovizních přístrojů, jejichž měření a průběžná kontrola je důležitá v rámci servisních periodických prohlídek, protože v čase zapojení noktovizních přístrojů do činnosti pracovníků firem bezpečnostního průmyslu, například v rámci strážní služby objektů nebo do činnosti některé ze složek Integrovaného záchranného systému, např. v rámci zásahů Letecké služby Policie ČR, měly by být noktovizní přístroje vždy připravené a stoprocentně funkční.

Součástí kapitoly je návrh metody pro ověřování systémového zisku s aplikací přídavného filtru.

V závěrečné kapitole práce byla zpracována metodika možností aplikace noktovizních přístrojů v některých činnostech firem bezpečnostního průmyslu, kde a za jakých okolností by bylo vhodné noktovizní přístroje využít za současného zvýšení výkonnosti v rámci provozované činnosti a snížení nákladů na ni, což umožní bezpečnostním službám nabídnout přijatelnou cenu a získat nové zákazníky.

Lze předpokládat, že noktovizní i termovizní zařízení budou s klesající pořizovací cenou zaváděny do praxe v podnicích bezpečnostního průmyslu a nejen v nich ve stále větší míře.

S rychlým postupujícím vývojem těchto technologií jsou dány možnosti výroby vysoce specializovaných noktovizních zařízení, která v sobě spolu s noktovizní technikou integrují i záznamové a zobrazovací systémy a systémy bezdrátového přenosu dat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Ruce vzhůru: Noktovizory a jejich generace. *Ruce vzhůru* [online]. 2010 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.rucevzhuru.cz/index.php/technika/208-noktovizory-a-jejich-generace.html>
- [2] Noktovizor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014-02-17 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Noktovizor>
- [3] FYZIKA MIKROSVĚTA: Dalekohled pro noční vidění. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2008-09-23 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/749-dalekohled-pro-nocni-videni>
- [4] NIGHTTECH s.r.o.: základní informace. *Nighttech.cz* [online]. 2011 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.nighttech.cz/katalog.aspx>
- [5] PHOTONIS GROUP. *PHOTONIS: Image Intensifier specification*. USA, 2014.
- [6] Info365.cz: Jak funguje noční vidění, jaké systémy nočního vidění známe?. *Info365.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.info365.cz/jak-funguje-nocni-videni-jake-systemy-nocniho-videni-zname/>
- [7] PRINCIP NOČNÍHO VIDĚNÍ. *Noční vidění - ATN* [online]. 2011 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: <http://www.nocni-videni-atn.cz/aktuality/jak-pracuji-pristroje-pro-nocni-videni/>
- [8] MEOPTA – OPTIKA, s.r.o. *MEOPTA*. Přerov, 2012.
- [9] MOA. *Balistika.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://balistika.cz/moa.html>
- [10] MEOPTA – OPTIKA, s.r.o. *Vítězství nad temnotou*. Přerov, 2013.
- [11] MIL-I-49052F. *MIL PRF 49052 Revision F: Image Intensifier Assembly, 18 Millimeter Microchannel Wafer, Mx-9916/Uv - Revision F*. 21. květen 1992. USA: US Military Specs/Standards/Handbooks.
- [12] DIPOL. *Advanced Night Vision: Explore Your Night*. Minsk, 2013.
- [13] Brýle pro noční vidění pro bojové vrtulníky. In: *Vrtulník* [online]. 2011 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.vrtulnik.cz/avionic/nvg.htm>
- [14] TP 31-577-1297-10. *Přídavný noční dalekohled NV-Mag 3*. 1. vyd. Přerov: Meopta - optika, s.r.o., 2010.
- [15] BALÁŽ, Teodor. *Str43-45dalekohled_12*. 2014.
- [16] MIL-I-49040E. *MIL PRF 49040 Revision E: Image Intensifier Assembly 25*

- Millimeter, Microchannel Inverter Mx-9644/Uv - Revision E*. 28. Květen 1992. USA: US Military Specs/Standards/Handbooks.
- [17] MIL-I-49052G. *MIL PRF 49052 Revision G: Image Intensifier Assembly, 18 Millimeter Microchannel Wafer, Mx-9916/Uv - Revision G*. 4. březen 1999. USA: US Military Specs/Standards/Handbooks.
- [18] TECHNOLOGIE: Noktovize. *Infrared.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.infrared.cz/Technologie/Noktovize/>
- [19] Paralaxa. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013-09-10 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Paralaxa#Paralaxa_u_zam.C4.9B.C5.99ovac.C3.ADch_za.C5.99.C3.ADzen.C3.AD
- [20] Field of view. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2015-01-18 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Field_of_view
- [21] OPTIKA: Zobrazovací vady čoček. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2012-07-06 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/482-zobrazovaci-vady-cocek>
- [22] GREBEŇOVÁ, Ivana. *MĚŘENÍ NOKTOVIZNÍCH PŘÍSTROJŮ*. 2012.
- [23] GREBEŇOVÁ, Ivana. MEOPTA – OPTIKA, s.r.o. *Noktovize*. 2015.
- [24] Auto-Gating (ATG). *Photonis: Technical* [online]. 2012 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.photonis.com/en/content/101-nightvision-auto-gating#>
- [25] *Takticko-technické údaje, provozní a užitkové vlastnosti dodávaného zboží: Výňatek z dokumentu*.
- [26] NEW NOGA LIGHT LTD. *Aviator's Night Vision Imaging System NL-93*. Israel, 2006.
- [27] KAMENÍK, Jiří; BRABEC, František a kol. *Komerční bezpečnost : (Soukromá bezpečnostní činnost detektivních kanceláří a bezpečnostních agentur)*. Praha: ASPI, 2007. 338 s. ISBN 978-80-7357-309-6.
- [28] *Mapy.cz*. In: *Seznam.cz: Mapy.cz* [online]. [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: <http://mapy.cz/turisticka?x=17.7773884&y=49.5708620&z=15&source=muni&id=104&q=hranice>

- [29] ŠUSTEK, Michal. *Intenzita zadržení podezřelého pracovníkem PKB*. Zlín, 2012. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Maláník, DCv.
- [30] MEOPTA – OPTIKA, s.r.o. *GENEREL SPOLEČNOSTI S IČ CZ 2015*. Přerov, 2015.
- [31] Panely. In: *Horňácko* [online]. [cit. 2015-01-31]. Dostupné z: <http://hornacko.net/images/diskuze/panely1v.jpg>
- [32] Mapy.cz. In: *Seznam.cz: Mapy.cz* [online]. [cit. 2015-02-01]. Dostupné z: <http://mapy.cz/zakladni?x=17.4560927&y=49.3451574&z=14&source=muni&id=3121&q=břest>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

cd	Kandela
dpt	dioptrie
g	zrychlení
IR	Infrared
K	Kelvin
lm	Lumen
mA	miliampér
MCP	Microchannel Plate
MKZJO	mikrokanálkový zesilovač jasů obrazu
mlx	mililux
MOA	Minute of Angle
nm	nanometr
PKB	Průmysl komerční bezpečnosti
Γ	Zvětšení optické soustavy
∞	nekonečno

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Přístroj pro noční vidění [5]	12
<i>Obr. 2</i> Fotokatoda [3].....	12
<i>Obr. 3</i> Destička s mikrokanály [3]	13
<i>Obr. 4</i> Fluorescenční stínítko [3]	13
<i>Obr. 5</i> Při zatažené obloze bez IR přisvitu [4]	15
<i>Obr. 6</i> Při zatažené obloze bez IR přisvitu [4]	16
<i>Obr. 7</i> Při zatažené obloze bez IR přisvitu [4]	17
<i>Obr. 8</i> Bez IR přisvitu [7]	17
<i>Obr. 9</i> Noktovizor TKN-3P [10]	18
<i>Obr. 10</i> Noktovizní přístroj jednotlivce. [10]	19
<i>Obr. 11</i> Monokulární noktovizor [12]	20
<i>Obr. 12</i> Monokulární noktovizor [12]	20
<i>Obr. 13</i> Binokulární noktovizor [12]	21
<i>Obr. 14</i> Binokulární přístroj [12].....	21
<i>Obr. 15</i> Noktovizní brýle binokulární [12]	22
<i>Obr. 16</i> Noktovizní brýle bi-okulární [12].....	22
<i>Obr. 17</i> Monokulární noktovizor [10]	23
<i>Obr. 18</i> Afokální předsádka pro použití s noktovizními brýlemi [8]	23
<i>Obr. 19</i> Detekce, rozpoznání, identifikace [15].....	25
<i>Obr. 20</i> Funkce přenosu kontrastu [18]	26
<i>Obr. 21</i> Fenomén paralaxy [19].....	26
<i>Obr. 22</i> Měření úhlu pohledu [20]	27
<i>Obr. 23</i> Poduškovité a soudkovité zkreslení obrazu [21]	28
<i>Obr. 24</i> Rázovací zařízení typ 4110 [22]	29
<i>Obr. 25</i> Vymezení oblasti použití noktovizoru [23]	30
<i>Obr. 26</i> Zesilovací trubice bez Auto-Gatingu [24].....	31
<i>Obr. 27</i> Zesilovací trubice s Auto-Gatingem [24]	31
<i>Obr. 28</i> Obraz exploze s funkcí Auto-Gating [24].....	31
<i>Obr. 29</i> Grafické zobrazení dat pořízených spektrometrem [22]	33
<i>Obr. 30</i> Spektrometr s počítačem [22]	34
<i>Obr. 31</i> Princip měření systémového zisku.....	35
<i>Obr. 32</i> Noktovizní přístroj ZN 4 LYNX [10]	39

<i>Obr. 33 Noktovizní brýle NL-93</i>	42
<i>Obr. 34 Test USAF 1951</i>	43
<i>Obr. 35 Optická lavice</i>	44
<i>Obr. 36 Naklápění je zajištěno pomocí mechanických točitek</i>	45
<i>Obr. 37 Hydraulický optický stůl</i>	46
<i>Obr. 38 Detail pracovní plochy stolu</i>	46
<i>Obr. 39 Princip měření rozsahu dioptrické korekce okuláru</i>	47
<i>Obr. 40 Měřicí sestava</i>	47
<i>Obr. 41 Zaostření na stínítko MCP</i>	48
<i>Obr. 42 Princip měření rozsahu ostření</i>	51
<i>Obr. 43 Zaostření kolimátoru na nekonečno</i>	51
<i>Obr. 44 Detail sestavy osvětlovače</i>	53
<i>Obr. 45 Kompletní sestava pro měření systémového zisku</i>	54
<i>Obr. 46 Jasoměr</i>	54
<i>Obr. 47 Princip měření systémového zisku</i>	56
<i>Obr. 48 Filtr s propustností 380 až 780 nm</i>	57
<i>Obr. 49 Areál skládky odpadů [28]</i>	60
<i>Obr. 50 Noktovizní brýle s detekcí osoby do 250 metrů [12]</i>	62
<i>Obr. 51 Plánek průmyslového podniku [30]</i>	63
<i>Obr. 52 Výstavba fotovoltaické elektrárny [31]</i>	64
<i>Obr. 53 Areál Fotovoltaické elektrárny [32]</i>	65

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Porovnání parametrů vytipovaných noktovizorů [8, 12]</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 2 Porovnání takticko-technických dat noktovizoru s požadavkem [8, 25]</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 3 Rozsah dioptrické korekce okuláru [26].....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 4 Ověření nastavení „0“ dpt.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 5 Mrtvý chod ostření okuláru</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 6 Rozsah ostření objektivu [26]</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 7 Rozlišovací mez</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 8 Systémový zisk.....</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 9 Porovnání metody měření systémového zisku bez filtru a s filtrem</i>	<i>57</i>