

# Vojenská metrologie

*Redakčně zpracovaný a zkrácený článek generálplukovníka-inženýra R. P. Pokrovského, uveřejněný v sovětském časopise „VOJENNAJA MYSL“ čís. 9/1978.*

V systému vzájemně závislých a rozvíjejících se odvětví znalostí o válce a armádě neustále vznikají nové vědecké směry, jejichž vznik podmiňuje vědeckotechnický pokrok ve vojenství a změna charakteru soudobé války. Jedním z takových směrů je vojenská metrologie (= nauka o mírách velikosti různých fyzikálních a technických veličin, metronomie, Slovník cizích slov, SPN, Praha, 1966, s. 229), která vznikla v důsledku zvětšení rozsahu a úlohy měření parametrů a charakteristik různých objektů a procesů v průběhu bojové přípravy a bojové činnosti vojsk. Bez měření není možná výroba, zkoušky a exploatace soudobé složité výzbroje a bojové techniky. K jejich ohodnocení jsou nezbytné početné a přesné měřicí přístroje.

Hodnocení kvality práce a účinnosti výzbroje a vojenské techniky musí probíhat ve všech etapách jejich životnosti — v době rozpracování, ve výrobě, při zkouškách,

v procesu převzetí do armády a v exploataci. Nezabezpečíme-li přitom vysokou kvalitu měření, dochází k možným velkým ztrátám v účinnosti výzbroje.

Další rozvoj vědy, techniky a vojenství zákonitě vedl k nezbytnosti hlubokého teoretického chápání procesů měření, jejich vlivu na účinnost výzbroje, vojenské techniky a v celku na splnění bojových úkolů, vědeckého zdůvodnění metod plánování a měření u vojsk, tj. ke vzniku a formování nového specifického odvětví vědeckých znalostí — vojenské metrologie. Cílem tohoto článku je objasnit hlavní aspekty tohoto odvětví vědy, objasnit

- úlohu měření ve vojenství,
- předmět, obsah a metody vojenské metrologie,
- specifické rysy vojenské metrologie a její místo v systému vědeckých znalostí,
- některé otázky podstaty a dalšího rozvoje vojenské metrologie.



Měření parametrů a charakteristik různých objektů a procesů se staly zákonitými jako důsledek vědeckotechnického pokroku ve všech sférách lidské činnosti, včetně vojenství.

Účinné řízení boje a přijetí správného rozhodnutí velitele k použití zbraní v současné době jsou nemyslitelné bez hodnověrných informací o stavu výzbroje a vojenské techniky, osob, prostředí a mate-

riálních prostředků, používaných v průběhu bojové činnosti. Získat můžeme tyto informace zpravidla jen na základě přesných a početných měření, která se stala neoddelitelnou součástí činnosti vojsk a podstatně se projevují na jejich bojové pohotovosti a účinnosti výzbroje. Při přípravě a v průběhu bojové činnosti používají vojska v širokém měřítku topograficko-geodetické a meteorologické přístroje, měřicí prostředky chemického a radiačního průzkumu, lékařské měřicí přístroje i početné prostředky měření taktických a technických parametrů výzbroje, fyzikálně chemických vlastností a kvalitativních charakteristik materiálně technických prostředků.

Zvláště mnoho měřicích přístrojů používají při exploataci soudobé výzbroje, která slučuje zpravidla velký počet systémů, zařízení a agregátů různého principu činnosti. V současné době prakticky ani jeden vzor výzbroje (např. raketový nebo letecký komplex) nemůžeme použít, neuskutečnili-li na něm měření mnoha parametrů a charakteristik. Ke zhodnocení jeho technického stavu, určení správné činnosti, zjištění závad, nesprávností a stanovení jejich příčin, prognózování bezpečnostní práce, seřízení a regulace na jednom typu výzbroje a vojenské techniky střední složitosti často měříme desítky tisíc parametrů s využitím mnoha set měřicích přístrojů. Podle propočtů při bojové a technické obsluze elektronických systémů asi 70 % vynaložené práce připadá na vykonání měřicích operací.

Vzrostly i požadavky na přesnost měření, jejich spolehlivost a rozsah. Požadovaná přesnost měření většiny fyzikálních veličin, které určují bojové kvality výzbroje a vojenské techniky, je vyšší v posledních 20—25 letech sto až tisíckrát. Jestliže dříve relativní chyby měření frekvence elektromagnetického vlnění,

hodnocené veličinou  $10^{-5} - 10^{-6}$  (tisíciny procenta), byly plně dostatečné a uspokojovaly prakticky všechny spotřebitele, pak v současné době např. pro kontrolu výsoce stabilních generátorů, používaných v navigačních a některých spojovacích systémech, jsou zapotřebí měřicí přístroje s relativní chybou  $10^{-10} - 10^{-11}$  a menší (tj. milióntiny procenta). Časové intervaly, které bylo třeba měřit s vysokou přesností, tvořily dříve od 0,001 do 100 sekund. Nyní v systémech navigace musíme měřit od miliardtin sekundy do mnoha stovek sekund.

Stále rostoucí technické vybavení armád a zavedení nových druhů bojové techniky do výzbroje vyzvaly nutnost měřit optické, tepelné, magnetické, světelné a jiné fyzikální veličiny. Zvýšil se rovněž význam včasných a přesných měření složení a vlastností celé řady plynů a kapalin, které používáme v soudobé bojové technice. Existující metody a prostředky měření podchycují asi 500 druhů veličin a ukazatelů kvality.

Proto dosažení požadované kvality měření u vojsk se stalo cílem specifické činnosti k metrologickému zabezpečení bojové přípravy a bojové činnosti útvarů a svazků armád. Rozmanitost a důležitost úkolů takového zabezpečení ke zvýšení bojové pohotovosti útvarů a svazků měly za následek nezbytnost rozpracování a vědecké zdůvodnění způsobů zvýšení účinnosti měření u vojsk.

Tak na styku vojenství, obecné metrologie a měřicí techniky začala se formovat metrologie, která se nyní proměnila v samostatné odvětví vědy o měřeních, metodách a prostředcích dosažení jejich potřebné kvality s cílem zabezpečit bojovou pohotovost a bojeschopnost vojsk, vysokou účinnost výzbroje a vojenské techniky.



Předmětem zkoumání vojenské metrologie je metrologické zabezpečení vojsk. V úzkém slova smyslu zahrnuje tento pojem zabezpečení vojsk potřebnou měřicí aparaturou a metodikami měření. V širokém slova smyslu metrologické zabezpečení představuje cílevědomou činnost ke stanovení a použití komplexu vědeckých a organizačně technických principů, pravidel, norem, metod a prostředků k dosažení požadovaného rozsahu a kvality měření parametrů a charakteristik vojenské techniky, prostředí, materiálně technic-

kých prostředků a rovněž stavu zdraví osob.

Do komplexu opatření k metrologickému zabezpečení vojsk patří:

— rozpracování vědeckých základů a organizačně technických principů dosažení jednoty a přesnosti měření,

— zabezpečení vojsk potřebnými měřicími přístroji, systémy, komplexy a metodikami měření,

— zdůvodnění a zahrnutí požadavků na metrologické zabezpečení nově zpracova-

né a modernizované vzory výzbroje a vojenské techniky do úkolů,

- metrologická expertiza výzbroje a vojenské techniky v jednotlivých etapách rozpracování, výroby a exploatace,

- hledání a zavedení nových metod měření a zdokonalování způsobů kontroly parametrů výzbroje a vojenské techniky,

- rozpracování požadavků na prostředky měření a měřicí kontroly, systém a předávání rozměrů jednotek fyzikálních veličin od etalonů k pracovním měřicím přístrojům (tzv. zkušební schéma),

- exploatace prostředků měření a jejich oprava,

- zdokonalování řídicí a normativně technické dokumentace,

- příprava kádrů vojenských metrologů.

Mezi těmito vyjmenovanými opatřeními má prvořadý význam zabezpečení vojsk soudobými vysoce přesnými a spolehlivými prostředky měření. Po organizační stránce plní tento úkol odpovídající objednávající správy.

Předmětem vědeckých výzkumů při formování jednotné nomenklatury prostředků měření, přeúčtených pro měření u vojsk, jsou především metody hodnocení technického stavu, diagnostiky a prognózování praceschopnosti vzorů a komplexů výzbroje a vojenské techniky. K tomu, abychom omezili růst počtu měřených parametrů a charakteristik v procesu exploatace, hledáme takové nové metody, které umožňují měřením minimálního počtu parametrů (ideálně jednoho) získat hodnověrné informace o technickém stavu objektů.

Složení měřených (kontrolovaných) parametrů a charakteristik výzbroje obvykle určujeme již v etapě projektování. Proto musíme rozpracovat metody minimálně nezbytného počtu měřených parametrů, minimalizace jejich souhrnu a prověrky správnosti volby. Tyto úkoly musíme plnit při zdůvodňování požadavků na rozpracované vzory a komplexy výzbroje a vojenské techniky, jejich projektování a rovněž v průběhu metrologické expertizy projektů.

S tímto problémem souvisí úkol rozpracování vysoce přesných a spolehlivých metod měření, kterých bychom mohli používat u vojsk. Zvláště složité a ne zcela řešené jsou úkoly měření složení a vlastností kapalin a plynů, zrychlování, velkých a malých hmot, dále i akustická a lékařská měření.

Obecným úkolem vojenské metrologie je rozpracování vědeckometodických a organizačně technických základů metrologi-

kého zabezpečení vojsk, zkoumání zákonitostí měření u vojsk, formování a zdůvodňování požadavků na metody a prostředky měření. Tento úkol zahrnuje řadu vědeckých problémů, ke kterým patří:

- rozpracování vojenských metodických základů plánování, organizace a řízení metrologického zabezpečení vojsk v míru a v bojových podmínkách,

- hledání kritérií a metod kvantitativního hodnocení vlivu metrologického zabezpečení na účinnost výzbroje a bojeschopnost vojenských jednotek,

- hledání a rozpracování metodologie systémového přístupu k určení složení a charakteristik vojenských prostředků měření, předurčených ke stanovení taktických parametrů komplexů výzbroje a vojenské techniky.

Řešení těchto problémů souvisí s rozpracováním metodologických základů určení požadavků na metrologické zabezpečení rozpracovávaných a modernizovaných vzorů a komplexů výzbroje a vojenské techniky, vědeckých základů exploatace a zkoušek vojenských měřicích prostředků a systémů, principů unifikace a standardizace metod a prostředků měření, které odpovídají požadavkům vojsk, dále s hledáním způsobů účinnosti a spolehlivosti metod předávání rozměrů jednotek fyzikálních veličin od etalonů k pracovním měřicím prostředkům u vojsk.

Jednou ze zvláštností metrologických problémů ve vojenství je komplexní charakter měření. To vyžaduje zkoumat tyto problémy z jednotného hlediska, dosáhnout nejvyšší bojové pohotovosti a bojeschopnosti vojsk. Proto metodologickým základem vojenské metrologie je systémový přístup k hledání součinnosti prostředků a objektů měření vojenského určení. Hlavními rozlišovacími rysy takového přístupu jsou:

- analýza existujících a perspektivních objektů metrologického zabezpečení (včetně vzorů a komplexů výzbroje a vojenské techniky),

- hledání jeho zvláštností v podmínkách soudobé války a perspektiv vývoje kontrolní a měřicí aparatury.

Analýza a určení perspektiv rozvoje systému metrologického zabezpečení vojsk, rozpracování požadavků na něj v celku a na jeho jednotlivé články, stanovení hlavních směrů rozvoje vojenské kontrolní a měřicí techniky jsou možné jen na základě přesných znalostí spojitostí mezi efektivností a ukazateli kvality metrologického zabezpečení. Proto specifickou metodou vojenské metrologie je rozpracování

a optimalizace modelů procesů metrologického zabezpečení (včetně měření a měřené kontroly výzbroje) s cílem rozpracování a zdůvodnění požadavků na metody a prostředky měření. Matematickým základem metod, používaných ve vojenské metrologii, jsou teorie operačního výzkumu, účinnosti, pravděpodobnosti, matematické statistiky, hromadné obsluhy a velkých systémů.

Radu problémů a úkolů vojenské metrologie těžko můžeme ovlivnit formalizací a nemůžeme řešit přesnými matematickými metodami. Proto je pro ni charakteristické široké používání metod modelování, znaleckého zhodnocení, experimentu v průběhu vojenských cvičení, zkušební exploatace atp. Zobecnění zkušeností metrologických orgánů a praxe exploatace měřicích přístrojů u vojsk jsou nezbytnými podmínkami úspěšného plnění metrologických úkolů, prověrky správnosti výsledků teoretických výzkumů. Analýza výsledků zkoušek vojenských prostředků měření a údajů, získaných při jejich ex-

ploataci, představuje spojení svérázné „zpětné vazby“ mezi teorií a praxí a umožňuje zhodnotit kvalitu vojenských metrologických výzkumů.

Výsledkem výzkumů k problémům vojenské metrologie jsou nové, dokonalejší organizačně metodické a technické formy metrologického zabezpečení vojsk, které jsou obsahem základních dokumentů: norem, směrnic, předpisů, návodů atp. V průběhu výzkumů rovněž dochází k rozpracování doporučení a návrhů na zdokonalení metod a prostředků metrologického zabezpečení, obecných požadavků na ně. Na základě těchto dokumentů se realizují objednávky vojenských prostředků měření, jejich zkoušky a exploatace u vojsk.

Zakotvení praxí prověřených výsledků vědeckých výzkumů a získaných pokrokových zkušeností v řídicích a normativních dokumentech normalizuje metody a prostředky metrologického zabezpečení, napomáhá zvyšování jejich účinnosti a racionálnímu snižování nomenklatury vojenských měřicích přístrojů.



Praxe měření u vojsk se podstatně liší organizačními, metodickými a technickými aspekty od praxe měření v národním hospodářství nebo ve vědeckých výzkumech.

Měřicí přístroje pro národní hospodářství zdaleka ne vždy můžeme využít u vojsk. Potíže vznikají zejména při zabezpečování vhodnosti prostředků měření se vzory výzbroje. Vysoké požadavky na bojovou pohotovost výzbroje podmiňují ve vojenských měřicích přístrojích používat taková technická řešení, která snižují na minimum pomocné operace k přípravě přístrojů a zkracují dobu samotného měření. Toho zpravidla dosahujeme jejich automatizací. Zvláštnosti použití vojenských přístrojů vyplývají z nutnosti současného měření řady parametrů a charakteristik s tím, abychom podle jejich vzájemné závislosti a uspořádání mohli zhodnotit charakter průběhu procesů ve vzorech výzbroje. Vojenské měřicí přístroje můžeme charakterizovat odolností vůči působení vnějších i umělé vytvářených faktorů, tj. vibrací při přepravě, nízkých a vysokých teplot, značné vlhkosti, tlakové vlny atd.

Při rozpracování požadavků na perspektivní vojenské prostředky měření musíme počítat se všemi zvláštnostmi jejich použití u vojsk. Úkol formování a zdůvodnění těchto požadavků můžeme řešit jen v průběhu vědeckých výzkumů s přihlédnutím k vědeckotechnickým výsledkům v oblasti

měřicí techniky a k požadavkům vojsk.

Specifické jsou také organizačně technické formy metrologického zabezpečení vojsk. Na rozdíl od metrologických orgánů národního hospodářství, které působí na základě teritoriálního principu, odpovídající orgány u vojsk odrážejí strukturu ozbrojených sil.

Nutnost zabezpečení měření v podmínkách bojové přípravy a bojové činnosti vojsk vyžaduje rozpracování a široké zavedení zabudovaných kontrolních měřicích přístrojů i systémů, měřicích pojezdových komplexů a laboratoří.

Zdokonalování organizačně technických základů metrologického zabezpečení vojsk vyžaduje vědecká zkoumání, která berou v úvahu vojenskou strukturu, charakter přípravy a bojové činnosti útvarů a svazků.

Zvláštnosti metrologického zabezpečení vojsk určují obsah vědeckých výzkumů v tomto směru a umožňují zformulovat hlavní rozdíly vojenské a obecné metrologie. Obecná metrologie je věda o měření, metodách a prostředcích zabezpečení jejich jednoty a přesnosti. Jejím obsahem je

— zkoumání teoretických základů systému jednotek, etalonů a vzorových měřicích prostředků;

— rozpracování teorie předávání rozměrů jednotek měření od etalonů k prostředkům měření v činnosti, teorie chyb,

obecných principů a pravidel experimentálního měření, teorie spolehlivosti prostředků měření, nových principů a metod měření,

— vytvoření a zdokonalování vědeckých základů jednoty mír a měření ve státě, atd.

Rozbor úkolů a metod obecné metrologie a jejich porovnání s vědeckými výzkumy, které jsou nutné k řešení problému metrologického zabezpečení vojsk, ukazuje, že ve vojenské metrologii je velmi důležitým úkolem zabezpečením vysoké kvality měření u vojsk s cílem dosáhnout a udržovat požadovanou bojovou pohotovost a bojeschopnost útvarů. To vyžaduje, abychom kromě přesnosti a jednotnosti hodnotili i další faktory, které větší nou v obecné metrologii nebereme v úvahu. K těmto faktorům patří:

— délka trvání měření,

— možnost jejich plnění ve vojenských podmínkách,

— minimálně potřebný rozsah měření na jednotlivých částech výzbroje.

Přitom na úroveň automatizace měření máme požadavky, které vyplývají nejen z ekonomických faktorů, jak je tomu v obecné metrologii, ale také z nutnosti zabezpečení požadované úrovně bojové pohotovosti, ze snížení počtů osob, které neplní bojové úkoly, a z pomocných operací.

Protože organizace a metody měření u vojsk závisí ve značné míře na charakteru bojové činnosti, ve vojenských metrologických výzkumech bereme v úvahu takové, pro vojensky důležité faktory (časť však druhořadé v úkolech obecné metrologie), jako extrémní podmínky mě-

ření, charakteristické pro bojovou situaci, utajení, odolnost prostředků měření proti rušení atd. Metody a prostředky, dále i organizační formy metrologického zabezpečení vojsk rozpracováváme z hlediska nutnosti měření v průběhu soudobé výsoké manévrové bojové činnosti, která se vyznačuje velkým prostorovým rozmachem a náhlými změnami situace.

Vojenská metrologie tedy

— zkoumá vojenské aspekty metrologického zabezpečení,

— počítá s vlivem taktických a operačních faktorů na plánování i měření parametrů a charakteristik objektů,

— zkoumá charakter a určuje nejvýhodnější formy a metody využívání metrologických orgánů v bojových operacích,

— řeší celý komplex úkolů spojených s měřením u vojsk, které začínají zdůvodněním možného rozsahu, přesnosti a délky trvání měření, určením účelné nomenklatury vojskových měřicích prostředků, rozpracováním požadavků na nové měřicí přístroje a končí otázkami zdokonalování činnosti metrologických orgánů, exploatací vojskových prostředků měření, unifikací a standardizací prostředků a metod měření u vojsk.

Vojenská metrologie je tedy specifickým („vojenským“) odvětvím obecné metrologie, která však současně v řadě aspektů vychází za její rámec. Vojenská věda ve vztahu k vojenské metrologii je hraničícím, spojujícím odvětvím. Řeší úkoly, spojené s přípravou armády na válku, s výrobou systému výzbroje, které zabezpečují přípravu a vedení ozbrojeného zápasu.



Rozsáhlé zavedení měření do všech sfér a oblastí vojenství, rostoucí význam kvality vojskových měření nás nutí věnovat značnou pozornost rozvoji vojenského metrologického výzkumu. Přitom současně s řešením úkolů, které jsou společné pro různé druhy ozbrojených sil a druhy vojsk, je potřebný výzkum i v konkrétních otázkách metrologického zabezpečení určitých druhů výzbroje a vojenské techniky, nebo specifických druhů bojové činnosti. Dokonalé zkoumání těchto otázek na nejvyšších vojenských školách, současně se zabezpečením dalšího rozvoje

vojenské metrologie, prospěje přípravě kádru vojenských metrologů.

Otázky metrologické přípravy kádru mají velký význam. Tato příprava je nezbytná pro různé vojenské odbornosti, např. pro představitele správ, které objednávají vojenský materiál, pro spolupracovníky zkušebních zařízení, která bezprostředně používají výzbroj a vojenskou techniku atd.

K formování úplných a všestranných znalostí v oblasti vojenské metrologie musíme organizačně a metodicky přehodnotit výuku tohoto předmětu na vojenských

školách. V současné době přijatý systém výuky metod a prostředků měření předpokládá studium řady témat a součástí v různých učebních disciplínách (ve fyzice, elektronice, teoretické radiotechnice, teorii provozu atd.). Tento přístup k výkladu učební látky vede nejen ke zdvojení mnohých otázek, ale i k tomu, že mimo zorné pole učitelů zůstávají některé obecné vědecké a metodické otázky vojenské metrologie. Studující přitom nezískají ucelenou představu o obsahu a metodách metrologického zabezpečení, o principech a způsobech vyžadování metrologických požadavků na nově konstruovanou výzbroj, na obsah a metody metrologických expertiz, na místo, úlohu i činnost kontrolních schémat. V souvislosti s tím je účelné sloučit odpovídající součásti do jednoho učebního předmětu, např. „metrologické zabezpečení vojsk“, nebo „metrologické zabezpečení výzbroje a vojenské

techniky“, v závislosti na charakteru školy.

Ve své činnosti se s měřením setkává prakticky každý voják. Proto musíme věnovat větší pozornost otázkám metrologického zabezpečení vojsk při plánování a organizaci vojenskovo-vědecké práce u vojsk. Cílem vojenského metrologického výzkumu mohou být problémy plánování a řízení činnosti metrologických orgánů v různých podmínkách, zdokonalování procesů exploatace vojskových prostředků měření, rozpracování návrhů na snížení rozsahu a délky trvání měření parametrů a charakteristik výzbroje a vojenské techniky v procesu její exploatace, zdokonalování metod metrologické expertizy objektů atd.

Rozšíření vojenského metrologického výzkumu, zdokonalování metrologické přípravy vojáků všech odborností umožní účinněji a kvalitněji řešit otázky zvyšování bojové pohotovosti vojsk.