



ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

102505 2. vydání	MĚŘENÍ TLAKU TLAKOMĚRY S TLAKOMĚRNÝMI TĚLÍSKY
-----------------------------------	--

ZAVÁDÍ	STANAG 4113, Ed. 3 PRESSURE MEASUREMENT BY CRUSHER GAUGES Měření tlaku tlakoměry s tlakoměrnými tělísky AEP-23, Ed. 2 PRESSURE MEASUREMENT BY CRUSHER GAUGES NATO APPROVED TESTS FOR CRUSHER GAUGES Měření tlaku tlakoměrnými tělísky – schvalovací zkoušky NATO pro tlakoměrná tělíška
NAHRAZUJE	ČOS 102505, 1. vydání MĚŘENÍ TLAKU TLAKOMĚRNÝMI TĚLÍSKY

(VOLNÁ STRANA)

ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD
MĚŘENÍ TLAKU TLAKOMĚRY S TLAKOMĚRNÝMI TĚLÍSKY

Základem pro tvorbu tohoto standardu byly originály následujících dokumentů:

STANAG 4113, Ed. 3	PRESSURE MEASUREMENT BY CRUSHER GAUGES Měření tlaku tlakoměry s tlakoměrnými tělísky
AEP-23, Ed. 2	PRESSURE MEASUREMENT BY CRUSHER GAUGES NATO APPROVED TESTS FOR CRUSHER GAUGES Měření tlaku tlakoměrnými tělísky – schvalovací zkoušky NATO pro tlakoměrná tělíska

OBSAH

	Strana
1 Předmět standardu	5
2 Nahrazení standardů (norem).....	5
3 Související dokumenty	5
4 Zpracovatel ČOS	6
5 Použité zkratky, značky a definice	6
5.1 Zkratky.....	6
5.2 Značky	7
5.3 Definice.....	7
6 Tlakoměry s tlakoměrnými tělísky schválené NATO	9
7 Pokyny pro výrobu a používání tlakoměrů	10
7.1 Výroba tlakoměrů.....	10
7.2 Normalizované pracovní postupy.....	10
8 Požadavky na tlakoměrná tělíska	11
9 Postup při předkládání a schvalování tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky NATO	12
9.1 Postup při předkládání	12
9.2 Schvalování	12
10 Kalibrace piezoelektrických tlakoměrů	13
10.1 Úvod	13
10.2 Kalibrace.....	14
10.3 Kalibrace před střelbou.....	15
10.4 Přístrojové vybavení a zpracování dat zkoušek UK 1998.....	15
10.5 Přístrojové vybavení a zpracování dat zkoušek US 2002.....	16
11 Střelecké zkoušky tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky	18
11.1 Všeobecně.....	18
11.2 Simulační zkoušky tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky	19
11.3 Použití dat ze zkoušek tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky 1998 a 2002 ..	24

Přílohy

Příloha A Tlakoměry s tlakoměrnými tělísky schválené NATO	28
Příloha B Výkresy	48
Příloha C Program tarážních střeleckých zkoušek	521
Příloha D Dokumentační stránka zprávy	53

1 Předmět standardu

ČOS 102505, 2. vydání, zavádí STANAG 4113, Ed. 3, který je přijímacím dokumentem pro Spojeneckou technickou publikaci AEP-23, Ed. 2 do prostředí ČR, čímž poskytuje metodiku střeleckých a laboratorních simulačních zkoušek tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky a rovněž seznam tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky schválených v NATO.

Předmětem tohoto 2. vydání je zavedení doporučení pro Národní standard normalizovaných pracovních postupů, jimiž se stanovují požadavky na tlakoměry s tlakoměrnými tělísky, s cílem vytvoření shody mezi státy ve způsobu používání tlakoměrů a tím zvýšení hodnoty údajů dodávaných na mezinárodní fórum.

Dále byla ke kalibračním zkouškám přidána simulace, jako způsob dostupnosti údajů při současném snížení celkových nákladů a stanovují se pokyny pro kalibraci piezoelektrických tlakoměrů.

2 Nahrazení standardů (norem)

Tento ČOS nahrazuje ČOS 102505, 1. vydání, Měření tlaku tlakoměrnými tělísky.

Od data účinnosti tohoto standardu se ruší ČOS 102505, 1. vydání.

3 Související dokumenty

ČOS 051625	– TECHNICKÉ PODMÍNKY PRO PRODUKTY URČENÉ K ZAJIŠTĚNÍ OBRANY STÁTU
ČOS 051648	– POŽADAVKY NATO NA PLÁNY JAKOSTI
ČOS 102506	– MINIATURIZOVANÁ PIEZOELEKTRICKÁ MĚŘIDLA TLAKU
ČSN ISO 3534-1	– STATISTIKA – SLOVNÍK A ZNAČKY Část 1: Pravděpodobnost a obecné statistické termíny
ČSN 39 5302	– MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ TLAKU PRACHOVÝCH PLYNŮ PIEZOELEKTRICKÝMI SNÍMAČI
ČSN 39 5306	– ZBRANĚ PRO CIVILNÍ POTŘEBU. TLAKOMĚRY. TECHNICKÉ POŽADAVKY
STANAG 1059, Ed. 8	– LETTER CODES FOR GEOGRAPHICAL ENTITIES Kódové označení zeměpisných celků
AAP-6 (2008)	– NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS (ENGLISH AND FRENCH) Terminologický slovník pojmů a definic NATO (anglicky a francouzsky)

- AEP-23, Ed. 2 – PRESSURE MEASUREMENT BY CRUSHER GAUGES
NATO APPROVED TESTS FOR CRUSHER GAUGES
MESURE DE LA PRESSION A L'AIDE DE BLOCS
MANOMETRIQUES - ESSAIS D'HOMOLOGATION OTAN
RELATIFS AUX BLOCS MANOMETRIQUES
Měření tlaku tlakoměrnými tělísky - schvalovací zkoušky
NATO pro tlakoměrná tělíška
- ITOP 3-2-810 – ELECTRICAL MEASUREMENT OF WEAPON CHAMBER
PRESSURE
Elektrické měření tlaku v nábojové komoře zbraně

4 Zpracovatel ČOS

VOP-026 Šternberk, s. p., divize VTÚVM Slavičín, Ing. Jozef VALKO, CSc.

5 Použité zkratky, značky a definice

5.1 Zkratky

Zkratka	Český název	Název v originálu
AC	Spojenecký výbor	Allied Committee
ČSN	Česká technická norma	
AEP	Spojenecká technická publikace	Allied Engineering Publication
CD	Kompaktní disk	Compact disc
ČOS	Český obranný standard	
DTOB	Pádová věž/tlaková nádoba s olejem	Drop Tower/Oil Bomb
DEU	Německo	Germany
HP	Vysoký tlak	High pressure
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci	International Organization for Standardization
ITOP	Mezinárodní metodika zkoušek	International Test Operational Procedure
LCG	Skupina pozemních schopností	Land Capability Group
LP	Nízký tlak	Light pressure
MO ČR	Ministerstvo obrany České republiky	
MP	Střední tlak	Medium pressure
NATO	Organizace severoatlantické smlouvy	North Atlantic Treaty Organization
NLD	Nizozemí	Nederland
SG	Podskupina	Sub Group
ESP	Španělsko	Spain
STANAG	Standardizační dohoda NATO	NATO Standardization Agreement
SW	Programové vybavení	Software
GBR	Velká Británie	United Kingdom
USA	Spojené státy	United States
VTÚVM	Vojenský technický ústav výzbroje a munice	

WTD	Technické středisko pro zbraně a munici (WTD 91)	Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition (WTD 91)
-----	---	---

5.2 Značky

Značka	Význam
E	systematická chyba střední (očekávané) hodnoty
H	výška pádu závaží
I	chyba výsledku měření tlakoměrem (sloučená strannost a náhodná chyba výsledku)
K	objemový modul oleje
M	hmotnost závaží
P	tlak oleje
T	doba trvání pulzu
V	objem oleje
τ	šířka pulzu

5.3 Definice

Níže uvedené názvy a definice jsou specifické pro tento standard a slouží k usnadnění jeho použití.

Český název	Anglický název	Definice
strannost; vychýlení	bias	Rozdíl mezi střední hodnotou výsledků zkoušek a přijatou referenční hodnotou. Poznámka: Strannost je celková systematická chyba, která nemůže být odstraněna tarážním procesem. Systematická chyba střední (očekávané) hodnoty je v analýze výsledků označena značkou E .
tlakoměrné tělísko	crusher	Komponenta, obvykle kulička nebo váleček, na kterou působí deformační síla vyvolaná tlakem plynů v nábojové komoře a na které je po vyjmutí z tlakoměru měřena hodnota trvalé deformace.
chyba výsledku	error of result	Výsledek zkoušky minus přijatá referenční hodnota (znaku). Poznámka: Chyba výsledku měření tlakoměrem je opravené měření minus skutečná hodnota maximálního tlaku. Zahrnuje strannost, která nemůže být odstraněna tarážním procesem a nedostatek reprodukovatelnosti. V analýze výsledků je sloučená strannost a náhodná chyba výsledku označena značkou I .
náhodná chyba	random error of	Složka chyby, která se v průběhu řady

Český název	Anglický název	Definice
výsledku	result	výsledků zkoušek téhož znaku mění nepředvídatelným způsobem.
tlakoměr s tlakoměrným tělískem	crusher gauge	Montážní sestava, skládající se obvykle z těla tlakoměru, tlakoměrného tělíska, přítlačných a centrujících částí, vkládaná do nábojové komory. Při výstřelu působením tlaku plynů dochází k deformaci tlakoměrného tělíska (kuličky nebo válečku). Z velikosti trvalé deformace tělíska se následně stanovuje maximální tlak plynů v nábojové komoře.
teoretická křivka	mastercurve	Hodnoty tlaků odpovídajících určitým hodnotám deformace deformovatelných tělísek tlakoměrů NATO při stanovených teplotách s použitím matematického přizpůsobení tlaku a zbytkové délky tlakoměrného tělíska.
měřená veličina	measurand	Veličina, jejíž hodnota je předmětem měření. Poznámka: Pro tento standard je měřenou veličinou maximální hodnota tlaku v nábojové komoře. Skutečný maximální tlak v nábojové komoře je chápán jako střední hodnota z měření získaných dvojicí piezoelektrických snímačů, instalovaných ve stejné vzdálenosti od čela zadku hlavně. Piezoelektrické snímače musí být připojené na mezinárodní standardy hydrostatického tlaku.
tlakoměr s tlakoměrným tělískem schválený NATO	NATO approved crusher gauge	Tlakoměr s tlakoměrným tělískem a jeho tarážní tabulka nebo teoretická křivka, schválené pracovní skupinou schopnosti palebné podpory NATO AC/225 – LCG/3.
piezoelektrický snímač	piezo-electric transducer	Zařízení poskytující elektrický signál, který po zpracování vytvoří křivku tlaku v závislosti na čase. Jeho použití vyžaduje navrtání hlavně.
šířka pulzu	pulse width	Šířka pulzu měřená v polovině maximální výšky pulzu (Obr. 2). Je označena symbolem τ (tau).
plán jakosti	quality plan	Dokument odpovědného orgánu provádějícího zkoušky, jež specifikuje, které postupy a související zdroje a kým a kdy musí být použity u daného produktu, procesu nebo požadavku smlouvy.
spolehlivost	reliability	Spolehlivost daného typu tlakoměru s deformovatelným tělískem je určena

Český název	Anglický název	Definice
reprodukovatelnost	reproducibility	poměrem počtu správných měření k počtu plánovaných měření, kdy bylo dosaženo spolehlivé hodnoty měřené veličiny. Shodnost za podmínek reprodukovatelnosti. Poznámka: Reprodukovatelnost tlakoměru s deformovatelným tělískem je míra shody mezi výsledky opravených měření stejné veličiny provedených za změněných podmínek měření.
normalizovaný pracovní postup	standard operating procedure	Soubor instrukcí pro použití příslušného měřidla.
tarážní tabulky	taraging tables	Tabulky zůstatkových délek tlakoměrného tělíska vztahující se k příslušným tlakům v nábojové komoře. Uvádějí se řady tabulek pro stanovené teploty.
tarážní zkouška	taraging trial	Soubor střeleckých zkoušek a simulací, ve kterých jsou spolu přezkušovány tlakoměry a deformovatelná tělíska. Výsledkem těchto zkoušek jsou schválené příslušné tarážní tabulky nebo teoretické křivky.
nejistota	uncertainty	Odhad přiřazený k výsledku zkoušky a charakterizující interval hodnot, o němž se tvrdí, že uvnitř něho leží správná hodnota. Poznámka: Pro potřeby tohoto ČOS je to míra shody mezi výsledky měření stejné veličiny provedených za změněných podmínek měření.
opakovatelnost	repeatability	Shodnost za podmínek opakovatelnosti.

6 Tlakoměry s tlakoměrnými tělísky schválené NATO

Tlakoměry s tlakoměrnými tělísky schválené NATO se používají k měření maximálního tlaku v nábojové komoře děla při výstřelu. Používají se jako alternativa k elektrickým tlakoměrům, protože jejich použití nevyžaduje navrtání dělové hlavně. Tlakoměrné tělísko, uložené v těle tlakoměru, je plasticky deformováno pístkem, na který působí při výstřelu proměnlivý tlak plynů. Po výstřelu se změří zůstatková délka tlakoměrného tělíska a z příslušné teoretické křivky pro danou teplotu se stanoví tlak.

Před tím, než je tlakoměr předložen k tarážní zkoušce, musí být vhodnost jeho konstrukce k měření určených tlaků posouzena orgánem odpovědným za provedení zkoušky. Konstrukce schváleného tlakoměru se nesmí od následně vyráběných tlakoměrů lišit.

Seznam tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky schválenými NATO s jejich rozsahy použití a omezeními je uveden v Příloze A.

Charakteristiky všech schválených tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky musí obsahovat následující informace:

- zemi původu, označení a datum schválení v zemi původu;
- technický popis a sadu výrobních výkresů se všemi rozměry, nezbytné montážní výkresy a kusovník. Výkresy musí odpovídat platným mezinárodním normám.

7 Pokyny pro výrobu a používání tlakoměrů

7.1 Výroba tlakoměrů

Tlakoměry musí být vyrobeny v souladu s požadavky tohoto ČOS. Všechny změny musí být provedeny v souladu se zněním ČOS 051625.

Na tlakoměry musí být zpracovány technické podmínky podle ČOS 051625. V kapitole 6 „Pokyny pro systém kontrol a zkoušení“ technických podmínek musí být odkazy na kritická měření, které musí obsahovat:

- průměr pístku;
- průměr vedení pístku (a plochu pístku, jestliže neodpovídá průměru);
- rovnoběžnost ploch čela pístku a čela kovádky;
- tlakové a teplotní rozsahy, pro které je tlakoměr určen.

Každý tlakoměr musí být po dokončení označen výrobním číslem a musí mít „Prohlášení o shodě“ a „Záznamník o přístroji“, který se vede až do jeho vyřazení z provozu.

7.2 Normalizované pracovní postupy

Organizace a společnosti působící v oblasti výzkumu, vývoje a výroby tlakoměrů pro měření tlaků v hlavních dělostřeleckých zbraních a ty organizace, které se zabývají jeho měřením, musí zpracovávat plán jakosti v souladu s ČOS 051648.

Odpovědnost za zpracování normalizovaných pracovních postupů má výrobce tlakoměru. Doporučuje se součinnost s většinovým uživatelem.

Normalizované pracovní postupy pro každý typ tlakoměru musí obsahovat nejméně následující činnosti a údaje:

- skladování tlakoměru, jeho ochranu proti korozi a vnějším vlivům;
- přípravu tlakoměru k použití;
- montáž tlakoměrného tělíska do tlakoměru;
- omezení doby skladování zkompletovaného tlakoměru s tlakoměrným tělískem;
- temperaci a přepravu tlakoměru z temperační komory do palebného postavení děla;
- skladování v místě střeleckých zkoušek;
- umístění v nábojové komoře děla;
- časové omezení doby mezi vložením tlakoměru a střelbou;

- sběr a přepravu na místo demontáže;
- demontáž;
- vyčištění a uložení;
- měření zůstatkové délky tlakoměrného tělíska;
- kontrolu tlakoměrů a podmínky jejich vyřazení z důvodu zjištěných vad nebo překročení stanoveného počtu ran.

Způsob umístění tlakoměru v nábojové komoře se stanovuje pro každý typ výmetné náplně zvlášť. Konfigurace tlakoměr/náplň se předepisuje z důvodu dodržení podmínek opakovatelnosti.

Po výstřelu se tlakoměr s tlakoměrným tělískem opatrně rozebere a změří se zůstatková délka tlakoměrného tělíska. Tlak musí být vyhodnocen z teoretické křivky odpovídající teplotě vystřelené střely v souladu s postupy stanovenými v tomto ČOS.

8 Požadavky na tlakoměrná tělíska

Materiál

Čistota výchozího materiálu pro výrobu tlakoměrných tělísek musí odpovídat technické dokumentaci pro výrobu a musí být kontrolována v souladu se zavedeným systémem jakosti výrobce.

Tepelné zpracování

Jestliže je pro výrobu tlakoměrných tělísek předepsán tepelně zpracovaný materiál, potom postup tepelného zpracování musí být jednoznačně předepsán a kontrolován.

Rozměry

Všechny rozměry musí odpovídat předepsaným tolerancím. Výběr tlakoměrných tělísek se provádí v souladu se zavedeným systémem jakosti výrobce.

Homogenita sérií (dávek)

Zůstatková délka stlačeného tlakoměrného tělíska závisí hlavně na následujících vlivech:

- tvrdosti (mechanické pevnosti) tlakoměrného tělíska;
- velikosti jeho zatížení;
- rychlosti zatížení (rychlosti deformace);
- teplotě tlakoměrného tělíska.

Při daných podmínkách zatěžování závisí reprodukovatelnost stlačování tlakoměrných tělísek na homogenitě jejich rozměrů a tvrdosti v každé jednotlivé sérii. Hlavní vliv na homogenitu mají:

- rozdíly mezi sériemi v tepelném zpracování;
- náhodné a/nebo systematické změny ve výrobním procesu.

Seskupování dávek a předtarážní zkoušky

Zkouškami lze zjistit podíl vlivu tvrdosti a napětí na správnost měření tlaku a nalézt přiměřenou kompenzaci těchto rušivých vlivů.

Tyto zkoušky můžeme rozdělit na statické zkoušky a dynamické zkoušky. Statické a/nebo dynamické zkoušky musí být prováděny za účelem vyhodnocení homogenity parametrů tlakoměrných tělísek jak uvnitř jedné série, tak i mezi různými sériemi. Účelem statické zkoušky je zjistit homogenitu tlakoměrného tělíska. Statistické zpracování údajů o zůstatkových délkách umožňuje provést hodnocení jednotlivých sérií.

Dynamická zkouška se provádí za účelem vyhodnocení homogenity tlakoměrných tělísek, a to buď pomocí laboratorního generátoru, nebo zbraně. Tam, kde je to vhodné se dynamická zkouška používá k sestavení dynamických kalibračních tabulek. Je obvyklé seskupit dávky do jedné série, anebo jestliže to není možné, rozdělit je na několik sérií.

Dynamická zkouška umožňuje lepší srovnání sérií než statická zkouška, při které se mechanické vlastnosti materiálu tolik neprojeví. Za účelem získání srovnávacích dat v celém pracovním rozsahu tlakoměrných tělísek se zkouška provádí při několika úrovních zatížení a teplot. Při použití laboratorního generátoru by se měl časový průběh dynamického zatěžování co nejvíce podobat zatížení při skutečné střelbě. Statistické zpracování změřených hodnot zůstatkové délky se může použít pro sestavení dynamických tarážních tabulek.

Statické a dynamické zkoušky musí být prováděny podle platných předpisů. Tyto předpisy musí být uvedeny ve sbírce dokumentů předložených před provedením srovnávací střelecké zkoušky pro schválení NATO.

9 Postup při předkládání a schvalování tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky NATO

9.1 Postup při předkládání

Postup při předkládání tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky se doporučuje konzultovat se zástupcem ČR v pracovní skupině schopnosti palebné podpory AC/225-LCG/3.

Pro pokrytí rozsahu tlaku od 50 MPa do 850 MPa a teploty od -40 °C do +60 °C může být předepsáno buď několik rozdílných typů tlakoměrů, nebo se může ve stejném tlakoměru používat několik různých tlakoměrných tělísek. Jestliže se k pokrytí rozsahu tlaku od 50 MPa do 850 MPa používá více tlakoměrů, pak je nutné vzájemné překrývání přilehlých měřicích rozsahů nejméně v hodnotě 60 MPa.

Stát předkládající ke schválení jeden či více tlakoměrů nebo tlakoměrných tělísek musí pracovní skupině schopnosti palebné podpory NATO AC/225-LCG/3 poskytnout:

- výrobní výkresy a technický popis všech částí tlakoměru včetně příslušného tlakoměrného tělíska pro každý tlakoměr;
- existující údaje ze zkoušek ve formě přílohy ke zprávě o výsledcích dynamických střeleckých zkoušek.

9.2 Schvalování

Srovnávací zkoušky stanovené tímto ČOS při předložení tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky ke schválení se provádějí v pětiletých intervalech. Termín a místo určuje pracovní skupina schopnosti palebné podpory NATO AC/225-LCG/3. Střelecké zkoušky nesmí být prováděny dvakrát za sebou ve stejném státě. Stát, zamýšlející předložit pracovní skupině schopnosti palebné podpory NATO AC/225-LCG/3

tlakoměry s tlakoměrnými tělísky ke schválení, musí svůj záměr této pracovní skupině oznámit. Jestliže účastnický stát zamýšlí před srovnávací zkouškou provést své vlastní střelecké zkoušky (v souladu s kapitolou 11 tohoto ČOS), musí tyto zkoušky provést společně s jiným, už schváleným tlakoměrem s tlakoměrným tělískem. Pracovní skupina schopnosti palebné podpory NATO AC/225-LCG/3 provede příslušné kroky k tomu, aby schválené tlakoměry s tlakoměrnými tělísky z jiného státu byly zkoušejícímu státu dodány ke zkoušce v dostatečném počtu.

Jestliže po schválení tlakoměru s tlakoměrnými tělísky NATO je vyrobena a dána do používání nová série tlakoměrů, musí být porovnána s dříve schválenou sérií vhodnou dynamickou zkušební metodou. Tato metoda, popsaná v kapitole 8 tohoto ČOS, musí být předložena pracovní skupině schopnosti palebné podpory NATO AC/225-LCG/3 ke schválení.

10 Kalibrace piezoelektrických tlakoměrů

10.1 Úvod

Když je tlakoměr s tlakoměrným tělískem vystaven statickému tlaku oleje, zůstatková délka tlakoměrného tělíska je odlišná od délky, než když je tlakoměr vystaven proměnlivému tlaku plynů v nábojové komoře o stejné maximální hodnotě.

Existují však dostupné elektronické snímače tlaku, které dávají stejnou hodnotu čtení maximálního tlaku jak při působení statického, tak i proměnlivého tlaku. Tyto snímače, navázané na mezinárodní standardy, mohou být k měření proměnlivého tlaku plynů použity.

10.1.1 Typová zkouška snímačů

Snímače pro měření tlaku v nábojové komoře musí být necitlivé k proměnlivé teplotě plynů a namáhání v uchycení. Výstup musí být vysoce opakovatelný s malou hysterezí, ale závislost na tlaku nemusí být lineární.

Většina současných úspěšných řešení je založena buď na křemenových nebo turmalínových krystalech. Křemen má tu výhodu, že vedle dokonalých krystalů je spolehlivě vyrobitelný, ale odstranění citlivosti na namáhání v uchycení a na teplotu přechodové membrány komplikuje konstrukci těla. Turmalín nabízí jednoduchost konstrukce tlakoměru, ale proměnlivá kvalita přírodního krystalu a pyroelektrický signál mohou vést k parazitním teplotním výstupům.

Na základě rozsáhlých zkoušek v dělech a simulátorech s použitím snímačů založených na různých fyzikálních principech, pracovní skupina NATO vybrala pro dynamické střelecké zkoušky jeden konstrukční typ snímače. Tento snímač s tepelným štítem a adaptérem pro uchycení se stal referenčním snímačem.

10.1.2 Referenční snímač

Současným referenčním snímačem je typ Kistler 6213B, vybavený deskou tepelné ochrany typu K1181 a tepelným štítem K6563A. Tento snímač má vyhovující reprodukovatelnost, ale je citlivější na namáhání v uchycení. Proto je snímač před kalibrací a měřením upevněn na hlavní pomoci adaptéru (viz Příloha B). Schválený adaptér je opatřen závitem a vhodným čelním utěsněním podle typu dělostřelecké zbraně, použité ve zkoušce. Snímač Kistler 6213B se do adaptéru montuje a dotahuje podle pracovního postupu stanoveného firmou Kistler (Švýcarsko).

Podrobné instrukce pro instalaci a používání snímačů jsou uvedeny v ITOP 3-2-810 „Elektrické měření tlaku v nábojové komoře zbraně“ (viz Příloha D).

10.1.3 Schválené snímače

Pracovní skupina NATO zkontroluje dokumentaci simulátorů a dokumentaci ze střeleckých zkoušek a porovná údaje nových (zkoušených) snímačů s referenčními. Referenční snímač a zkoušený snímač musí být vystaveny stejnému tlaku, to znamená, že otvory ve stěně nábojové komory pro zkoušený a referenční snímač musí ležet v jedné rovině, rovnoběžné s rovinou dna nábojové komory.

Údaje předložené pracovní skupině musí obsahovat statickou kalibraci a tlakové křivky v závislosti na čase a musí zahrnovat:

- střelecké zkoušky dvou vzorků nového (zkoušeného) snímače, což představuje:
 - pět datových souborů nového (zkoušeného) snímače v porovnání s nejméně dvěma datovými soubory referenčního snímače. Pět datových souborů je rozložených ve stejných přírůstcích tlaku navrhovaného pracovního rozsahu.

Pracovní skupina NATO schválí snímače, které vykazují méně než 1 % průměrné odchylky od referenčního snímače a které vykazují dobrou reprodukovatelnost v rozmezí menším než ± 2 % od referenčního snímače.

10.2 Kalibrace

10.2.1 Vedení záznamů

O kalibraci a používání snímačů se musí vést záznamy. Záznamy slouží ke kontrole změn citlivosti a linearity, ke kterým dochází, když je snímač vystaven zvýšenému tlaku a teplotě. Snímač musí být stažen z dalšího používání a prověřen v případě:

- změny střední citlivosti, jestliže se liší o více než 5 % od první kalibrace;
- změny střední citlivosti, jestliže se liší o více než 2 % od předcházející kalibrace;
- významné změny v linearitě.

10.2.2 Prohlídka před zkouškou a kalibrace

Nový snímač po výrobě a snímač, který byl po střeleckých zkouškách vyjmut z adaptéru, se vyčistí a prohlédne. Pak se provede zkouška linearity, která obsahuje určení přenosové funkce tlaku v závislosti na náplni s využitím tlakového generátoru, navázaného na mezinárodní standardy. Snímač se kalibruje bez desky tepelné ochrany K1181 s cílem zjistit vnitřní přenosovou funkci. Celková nejistota měření kalibračního systému včetně zahrnutí měřicí elektroniky musí být menší než 1 %.

10.2.3 Kalibrace tlakové vyváženosti

K usazení snímače a vlhké membrány snímače se používá jeden tlakový cyklus při nejvyšším tlaku. Výstup se zaznamenává, ale do výpočtu citlivosti snímače se nezahrnuje. Tento tlakový cyklus se opakuje, a jestliže se výstup liší o více než 0,5 %, je tento cyklus rovněž z výpočtu vyřazen. Když je získáno ustálené čtení střední hodnoty nejméně dvou cyklů, zaznamená se. Kalibrace tlakovým generátorem pokračuje minimálně pěti zmenšenými tlaky v trvání výstřelu.

10.2.4. Porovnání proměnlivého tlaku

Požadují-li se různá měření tlaku, může být kontrola reprodukovatelnosti schválených snímačů vylepšena porovnáváním párů snímačů připojených k olejovému tlakovému generátoru s vícenásobnými tlakovými výstupy klesajícím tlakovým zatížením. Toto zařízení generuje opakované tlakové pulzy. Vybírají se snímače s podobnou přenosovou funkcí, které se pak používají v párech. Kalibrace tlakové vyváženosti (statické) neodhaluje všechny typy vnitřního poškození snímače a proto jsou vhodnou kontrolou jakosti zkoušky proměnlivým tlakem.

Výsledky prohlídky před zkouškou a kalibrace jsou používány ke sledování funkce jednotlivých snímačů jako opatření ke kontrole jakosti. Tyto údaje se k vytvoření přenosové funkce pro zpracování údajů ze zkoušek nepoužívají z důvodu významného vlivu desky K1181.

10.3 Kalibrace před střelbou

Snímač se namontuje do dělového adaptéru s požadovanými součástmi (těsnění, ochranná deska a tepelný štít pro K6213B). Kalibrace se opakuje, když se snímač sejme z děla. To nastává po každých 20 vystřelených ranách nebo na konci každého střeleckého dne.

Pro kalibraci tlakové vyváženosti se namontuje kompletní snímač s dělovým adaptérem. K usazení desky tepelné ochrany K1181 a vlhké membrány snímače se používá jeden tlakový cyklus při nejvyšším tlaku. Výstup se zaznamenává, ale do výpočtu citlivosti snímače se nezahrnuje. Tento tlakový cyklus se opakuje, a jestliže se výstup liší o více než 0,5 %, je tento cyklus z výpočtu rovněž vyřazen. Když je získáno ustálené čtení střední hodnoty nejméně dvou cyklů, zaznamená se.

Kalibrace pak může pokračovat buď pěti zmenšenými tlakovými úrovněmi, pokrývajícími pracovní rozsah vytvořené tlakové vyváženosti, nebo použitím klesajícího tlakového zatížení tlakové nádoby. Vygenerovaná přenosová funkce se srovnává se speciálně vybraným referenčním tlakoměrem K6213B bez desky K1181. Dynamická zkouška poskytuje úplnější přenosovou funkci, méně poškozuje snímač a jasněji ukazuje hysterezi, která vede k vnitřnímu poškození. Údaje dynamické zkoušky jsou přizpůsobeny tlakové vyváženosti maximálního tlaku.

Kalibrační hodnoty se získávají při specifických tlacích, nad rozsah střelecké zkoušky. Tyto hodnoty jsou aplikovány přímo do datového akvizičního systému, aby vyjadřovaly očekávaný tlak. Žádné přizpůsobení kalibračních dat se neprovádí.

10.4 Přístrojové vybavení a zpracování dat zkoušek UK 1998

10.4.1 Všeobecně

Měření tlaku bylo provedeno v souladu s AEP-23, 2. vydání a ITOP 3-2-810. Měřicí řetězec se skládal ze dvou snímačů Kistler 6213B, uchycených v adaptérech Velké Británie spojených s nábojovým zesilovačem Kistler 5011. Výstup ze snímačů byl připojen přes diferenciální vstup multikanálového analogového nábojového zesilovače Nicolet na digitální převodník (pro pádové zkoušky byl použit Pro 20 DSO a pro střelecké zkoušky Multipro). Zaznamenané časové průběhy signálů byly vynulovány přesně před startem signálu, aby se odstranila jakákoliv odchylka a záznam signálu vyhlazen pomocí 100bodového klouzavého průměru. Výsledné maximum křivky bylo vzato jako tlaková špička. Tato metoda byla schválena pracovní skupinou NATO v únoru 1998.

10.4.2 Výběr tlakoměrů Kistler

Každý stát dodal tři snímače 6213B. Byl proveden výběr za účelem nastavení charakteristik tlakoměrů. Ke srovnání dynamických charakteristik těchto tří tlakoměrů při 500 MPa s referenčním tlakoměrem UK 6213BK byla použita ručně ovládaná pádová věž Kistler 5001. Dále, každý tlakoměr byl kalibrován při 500 MPa na zkušebním zařízení se závažím Desgranges & Huot. Z tlakoměrů 6213B, které byly k dispozici, bylo vybráno dvacet s tlakovými špičkami, které se nejvíce blížily referenčnímu snímači.

Před kalibrací na zkušebním zařízení se závažím Desgranges & Huot byl každý tlakoměr Kistler přiřazen ke svému adaptéru a smontován s tepelnou ochranou (výkres adaptéru Kistler viz v Příloze B). Pro každý střelecký den byly vybrány dva tlakoměry. Tyto tlakoměry byly vyměněny na konci každého střeleckého dne, nebo když rozdíl středních hodnot tlaků byl větší než ± 1 %. Po každém střeleckém dni byly použité tlakoměry rekalibrovány. Snímače byly z adaptéru vymontovány a adaptéry byly překontrolovány. Po kontrole byly snímače znovu namontovány do svých adaptéru a tlakoměry byly rekalibrovány. Po recalibraci byly tlakoměry vráceny do zásoby použitelných tlakoměrů.

Tlakoměry byly kalibrovány pouze na předpokládaný rozsah použití (např. od 520 MPa do 850 MPa). Citlivost použitá pro každou tlakovou hladinu byla ta, která byla nejbližší kalibračnímu bodu na certifikátu., např.:

50 – 80 MPa	použitá hodnota 50 MPa pC/MPa;
100 – 140 MPa	použitá hodnota 100 MPa pC/MPa;
170 – 230 MPa	použitá hodnota 200 MPa pC/MPa

a podobně pro zbytek tlakového rozsahu do 850 MPa.

10.4.3 Teplotní kalibrace pro tlakovou nádobu pro pádové zkoušky

Tlakoměry Kistler (ve svých adaptérech) vyžadovaly přizpůsobit montáž k tlakové nádobě s olejem tak, aby se zabránilo prosakování oleje. Proto, když byly tlakové nádoby zahřívány/chlazeny na -13 °C, $+21$ °C, $+52$ °C a $+63$ °C, byl tlakoměr a adaptér temperován na teplotu tlakové nádoby. Teplotní koeficient tlakoměru 6213B je přibližně $+0,03$ % na °C. Aby se minimalizoval účinek zahřívání/chlazení tlakové nádoby, byly tlakoměry Kistler také kalibrovány při teplotách přibližně rovných teplotám tlakové nádoby. Temperovány byly v pícce nebo mrazničce. Udržování požadované teploty tlakoměrů při kalibraci nebylo snadné, protože olej uvnitř testovacího zařízení mohl být použit pouze při teplotě okolí. Mělo by se brát v úvahu, že kalibrace při teplotě odlišné od okolí má toleranci přibližně ± 15 °C nad rozsah tlakové kalibrace.

10.5 Přístrojové vybavení a zpracování dat zkoušek US 2002

10.5.1 Všeobecně

Měření tlaku bylo provedeno v souladu s AEP-23 a ITOP 3-2-810

10.5.2 Kalibrace amerických piezoelektrických snímačů Kistler 6213B, YPG E30MA a dalších

Piezoelektrické snímače byly kalibrovány testovacím zařízením se zátěží typu DH. Byla použita metoda uvolnění tlaku. Tlak je zvýšen na známou hodnotu tak, že píst „plave“, zátěžové zkušební zařízení je izolováno, nábojový zesilovač je uzemněn

a čtení je bráno, když je tlak uvolněn ze známé hodnoty na nulový tlak. Čas uvolnění tlaku je typicky méně než 10 ms.

Při zkoušce byly použity tlakoměry Kistler a jiné typy, které jsou uvedeny v Tabulce 1.

TABULKA 1 – Tlakoměry použité ve zkoušce US 2002

6213B		E30MA	
Výrobní číslo	Stát	Výrobní číslo	Stát
6362968	USA	596	USA
6362969	USA	597	USA
6362970	USA		
588833	ESP	N5TS	
367367	ESP	Výrobní číslo	
367368	ESP	1013	USA
533392	GBR	1014	USA
533393	GBR	1015	USA
533390	GBR	1015	USA
986924	DEU	1017	USA
986927	DEU		
986935	DEU	T8MTS	
618981	FRA	Výrobní číslo	
397931	FRA	910	USA
397935	FRA	911	USA
566550	NLD	912	USA
566551	NLD	913	USA
566554	NLD	914	USA
570525	NLD		

10.5.3 Kritéria pro použití snímačů ve zkoušce US 2002

K určení linearity snímače se používá minimálně tři různých úrovní tlaku (typické je použití pěti úrovní tlaku). Kritéria pro hodnocení snímače pro vrácení zpět do používání po kalibraci jsou uvedeny v Tabulce 2.

TABULKA 2 – Kritéria hodnocení snímače

Posun citlivosti od předchozího měření	Posun citlivosti od měření na počátku používání	Postup
0 % až 0,5 %	0 % až 1 %	Vrátit do používání.
0,5 % až 1 %	1 % až 2 %	Přezkoušet linearitu. Stanovit, je-li nutná recalibrace.
1 % až 2 %		Musí být provedena recalibrace. Rozhodnout, je-li posun stálý. Přezkoušet linearitu. Může, nebo nemusí být vyřazen z používání.
2 %	4 %	Musí být vyřazen z používání.

11 Střelecké zkoušky tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky

11.1 Všeobecně

Program střeleckých tarážních zkoušek tlakoměrů UK 1998 a US 2002 je uveden v příloze C.

Úrovně tlaků pro střelecké zkoušky tlakoměrů se musí zvyšovat v intervalech o velikosti přibližně 30 MPa do hodnoty 230 MPa u nízkotlakých (LP) tlakoměrů a v intervalech o velikosti přibližně 70 MPa pro tlaky přesahující hodnotu 170 MPa u středotlakých (MP) a vysokotlakých (HP) tlakoměrů.

Jestliže je nezbytné přezkoušet jeden tlakoměr s tlakoměrnými tělísky ve dvou rozdílných zbraních, pak je nutno zabezpečit překrytí tlakových rozsahů obou zbraní alespoň dvěma tlakovými úrovněmi. Meze rozsahu tlaků mohou být přizpůsobeny okolnostem, avšak pouze se souhlasem pracovní skupiny schopnosti palebné podpory NATO AC/225 - LCG/3.

Je důležité, aby tlakoměry s tlakoměrnými tělísky a elektrické tlakoměry byly umístěny ve stejné části nábojové komory, aby se minimalizovala chyba vlivem gradientu tlaku. Tlakoměry musí být orientovány tak, aby svými funkčními konci směřovaly k ústí hlavně a jejich osy citlivosti byly rovnoběžné s osou hlavně. Funkční konce tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky nesmí být vzdáleny více než 25 mm (před nebo za) od roviny, v níž se nacházejí funkční plochy nebo osy citlivosti (dle orientace) elektrických tlakoměrů. Musí být provedena veškerá opatření, aby se zabránilo pohybu tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky během střelby.

Každý střelecký den se musí začínat se sadou čerstvě zkalibrovaných elektrických tlakoměrů. Standardním referenčním piezoelektrickým tlakoměrem byl stanoven Kistler 6213B. Tlakoměry pro zkoušky dodává každý účastnický stát. Při každé střelbě se musí použít nejméně dva elektrické tlakoměry. K výpočtu tlaku se musí použít kalibrační měřítko elektrického tlakoměru.

Za účelem sestavení tarážní tabulky nebo teoretické křivky závislosti tlaku na zůstatkové délce a teplotě se střelby musí provádět s tlakoměry s tlakoměrnými tělísky temperovanými na teplotu -40 °C, -33 °C, -13 °C, +21 °C, +52 °C, +63 °C, případně i při dalších teplotách, stanovených pracovní skupinou schopnosti palebné podpory NATO AC/225 – LCG/3. Tyto teploty musí být během temperační doby 24 hodin udrženy v rozmezí ± 2 °C.

K zajištění základních údajů pro sestavení tarážní tabulky a teoretické křivky musí být každý tlakoměr s tlakoměrnými tělísky podroben střelbě přesahující rozsah měření, ale nesmí být překročeno jeho konstrukční dimenzování.

Tabulky musí být sestaveny s intervaly 50 mikronů pro zůstatkovou délku a pro příslušné teploty, ke kterým mohou být přidány i jiné speciální hodnoty. Především musí být zahrnuty teploty při střelbě. Všechny zůstatkové délky musí být měřeny měřidly s takovými charakteristikami a rozlišením, aby byla zajištěna maximální nejistota, která nepřesahuje ± 5 mikronů.

K záznamu průběhu tlaku v nábojové komoře musí být použity dva elektrické měřicí systémy pracující nezávisle jeden na druhém, a jestliže je to možné, s tlakoměry, jejichž funkce je založená na rozdílných fyzikálních principech. Měřicí systémy musí mít schopnost zpracovat vstupní signál o frekvenci do 20 kHz při úrovni nejméně 3 dB. Tlakoměry musí být umístěny v nábojové komoře tak, aby jejich očekávané

signály byly vysoce srovnatelné, to znamená ve stejné vzdálenosti od čela závěru. Jestliže rozdíl dvou měření maximálního tlaku při jednom výstřelu nepřekročí 2 % jejich střední hodnoty, pak lze tuto střední hodnotu považovat za „skutečný tlak“. V opačném případě se naměřené údaje při výstřelu musí považovat za nesprávné a výstřel se musí opakovat.

V průběhu střeleckých zkoušek UK 1998 bylo zjištěno, že piezoelektrický tlak měl zhoršující se strannost větší než 2 % ve srovnání s hodnotami tlaku měřenými tlakoměry s tlakoměrnými tělísky při zkoušce Bourges 1990. Simulátor dat UK 1998 byl vnitřně konzistentní a vykazoval dobrou shodu s daty získanými v Bourges 1990 v rozsahu od -13 °C do +63 °C a od 50 MPa do 650 MPa.

V návaznosti na výsledek strannosti ve zkouškách UK 1998, USA a Německo provedly společné doplňkové zkoušky v Aberdeen Test Center. Střelecké zkoušky US 2002 byly sestaveny s cílem zkontrolovat a vyladit techniku měření tlaku tak, aby byly generovány platné hodnoty tlaku pro tlakoměry s tlakoměrnými tělísky, získané v průběhu zkoušek v GBR.

Společné zkoušky USA a Německa v roce 2002 stanovily správné hodnoty tlaku pro střelecké zkoušky UK 1998.

Výsledky tarážních zkoušek piezoelektrických tlakoměrů UK 1998 byly opraveny následujícím způsobem: data ze střeleckých zkoušek (zkouška $i = 3$) a data ze simulátoru zkoušky UK 1998 (zkouška $i = 1$ a 2) byly použity k vytvoření přiřazených součinitelů pro plánované teploty použitím Roke Manor Software pro každý stát v rozsahu pro LP a MP tlakoměry (50 MPa až 650 MPa).

Výsledky střeleckých zkoušek jsou uvedeny jako příloha připojená k dohodě všech účastnících se států.

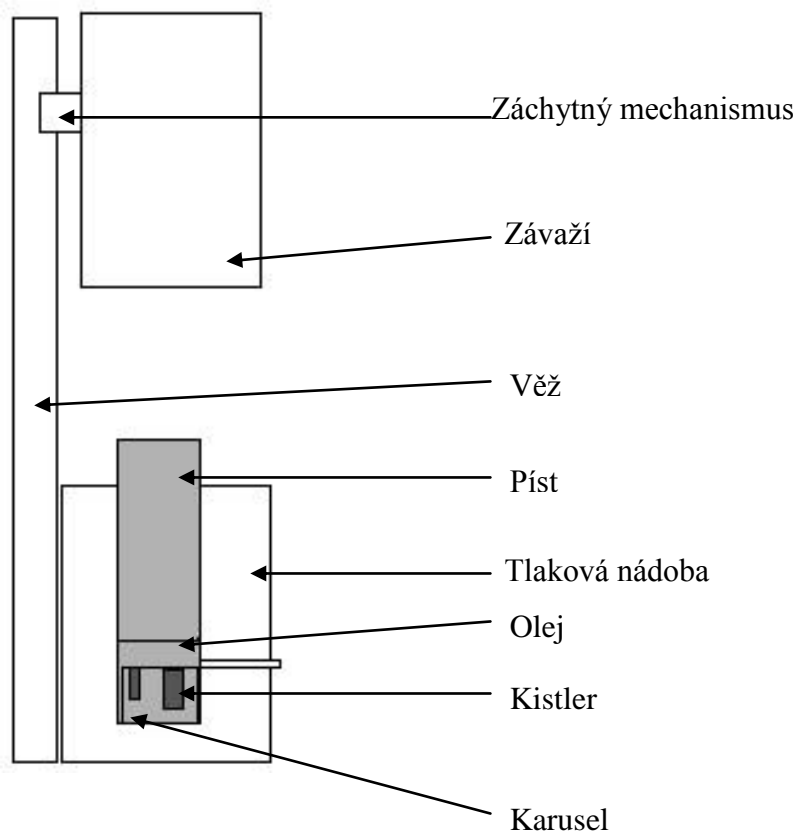
V průběhu původních tarážních zkoušek UK 1998 zkoušelo Německo vysokotlaké tlakoměry (600 MPa až 850 MPa) a zjistilo zhoršující se strannost piezoelektrických tlakoměrů, která byla opravena následujícím způsobem: tarážní tabulky pro německé vysokotlaké tlakoměry byly odvozeny z neupravených dat měření při střelbě s piezoelektrickými tlakoměry posunutím o 2,4 %. Simulovaná data nejsou s posunutými daty sloučena.

11.2 Simulační zkoušky tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky

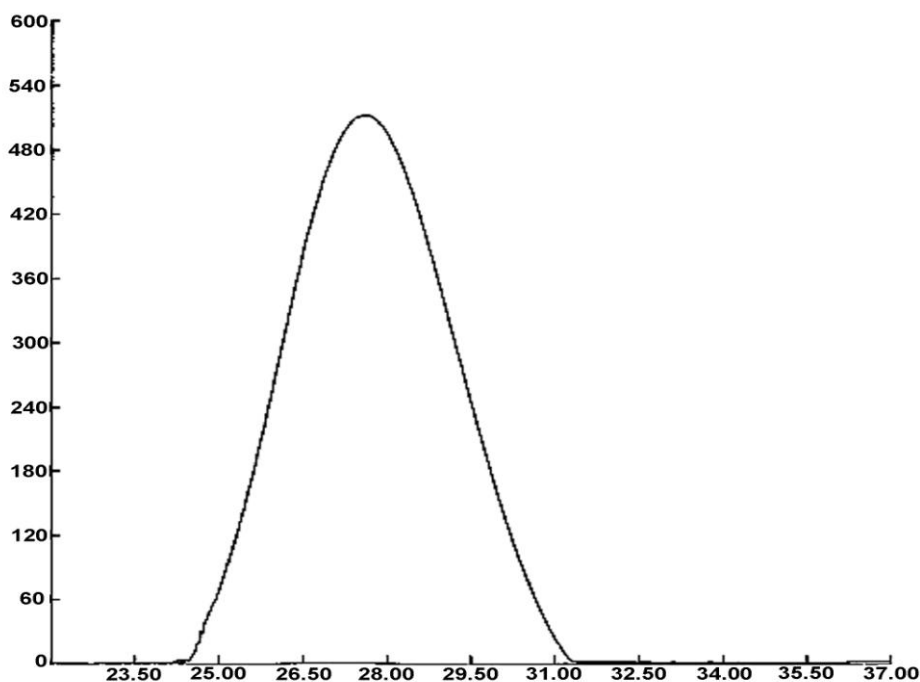
Simulace byla přidána do kalibračních zkoušek jako způsob zvýšení dostupnosti dat při celkovém snížení nákladů. Je možné si představit, že simulace dokonce odstraní potřebu střeleckých zkoušek. Simulace poskytuje interpolované body k vylepšení přizpůsobení a statistické konfidence a umožňuje širší tlakový rozestup ve střeleckých zkouškách. Metodika těchto zkoušek stanovuje, že se bude jednat o jednotlivé série střílené z děl, pokrývající všechny tlaky a teploty. Dále, dvě další série vytvořené na simulátorech budou pokrývat tolik tlaků a teplot, jak jen bude možné. Oblasti nepokryté simulací budou pokryty doplňkovými střeleckými zkouškami.

Pro zkoušky tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky existují tři typy vhodných simulací: od vzdušně tlaková nádoba, plynový generátor a pádová věž/tlaková nádoba s olejem (DTOB). Pracovní skupina zhodnotila, že kombinace pádová věž/tlaková nádoba s olejem představovala nejmenší technické a finanční riziko. Z ověření bylo zřejmé, že tlakoměry s tlakoměrnými tělísky vykazovaly v simulátorech dobré výsledky a zřídka funkčně selhaly. Simulátory poskytují interpolovaná data k podpoře dat ze

střeleckých zkoušek, která odhalují poruchy a jemnosti plynu v podmínkách nábojové komory. Z tohoto důvodu by se data ze simulátorů měly používat pouze jako doplňková data k datům ze střeleckých zkoušek. Hlavní části DTOB jsou uvedeny na obr. 1. Závaží je zvednuto do vhodné výšky a pak shozeno na píst. To způsobí pohyb pístu, který vytvoří tlak. Závaží odskočí a je zachyceno záchytným mechanismem, který zabraňuje opakovanému dopadu.



OBRÁZEK 1 – Pádová věž s tlakovou nádobou s olejem



OBRÁZEK 2 – Časový průběh tlaku v tlakové nádobě s olejem

DTOB vytváří časový průběh tlaku podobný průběhu v nábojové komoře. Obrázek 2 znázorňuje typickou křivku průběhu tlaku v DTOB v závislosti na čase, získanou tlakoměrem Kistler 6213B, umístěným v blízkosti funkčního povrchu tlakoměrných tělísek. Maximální tlak a šířka tlakového pulzu získaná v simulátoru odpovídá hodnotám získaným v nábojové komoře. Velikost a šířku pulzu můžeme měnit změnou hmotnosti závaží, výšky pádu a objemu oleje.

Vzorce pro výpočet tlaku a šířky pulzu v tlakové nádobě s olejem jsou:

$$P = \sqrt{\frac{2HMKg}{V}}; \quad (1)$$

$$T = \frac{\pi}{A} \sqrt{\frac{MV}{K}} \quad (2)$$

kde je:

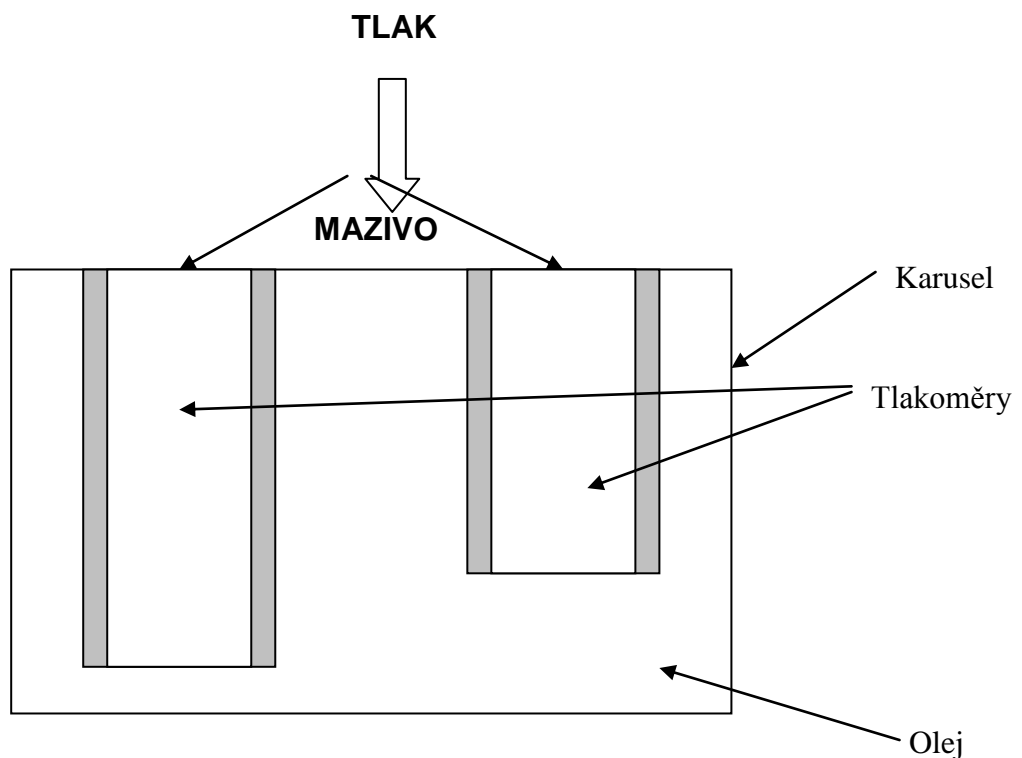
P – tlak [Pa];

T – doba trvání [s];

H – výška pádu [m];

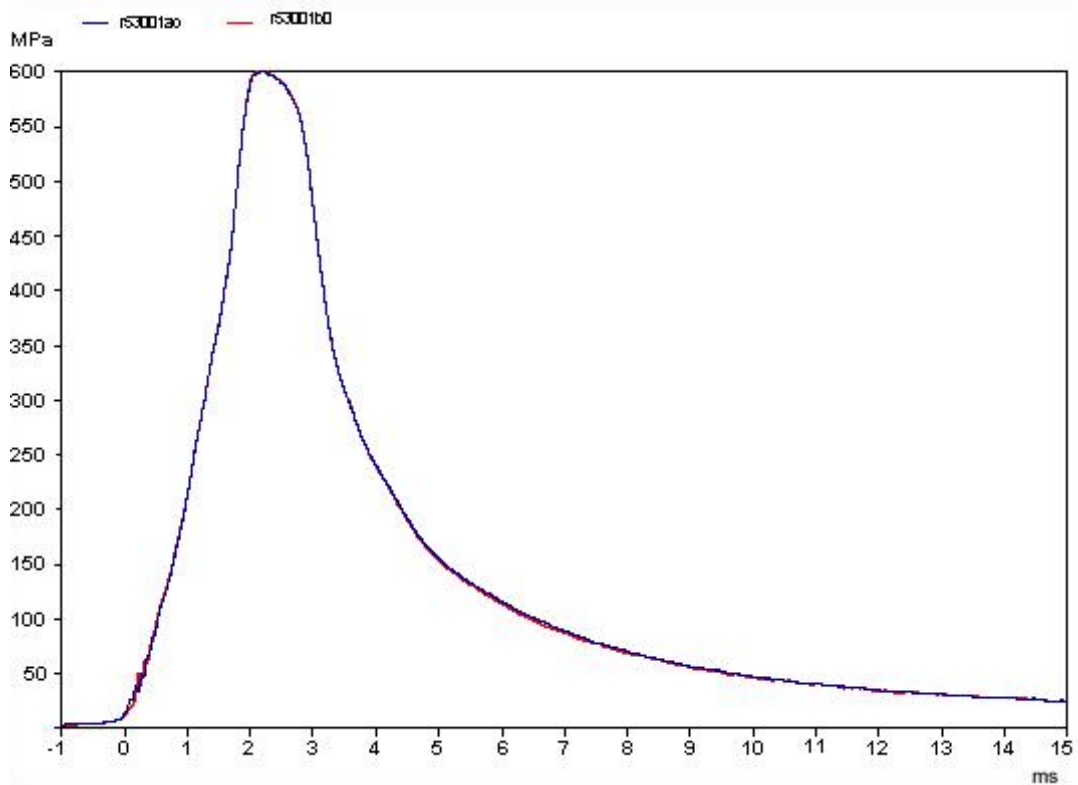
M – hmotnost závaží [kg];
K – objemový modul oleje [Pa];
V – objem oleje [m³];
A – plocha pístu [m²];
g – tíhové zrychlení [m .s⁻²];
π – Ludolfovo číslo.

Zkoušené tlakoměry se umísťují do základny tlakové nádoby v karuselu. K zajištění konzistence v průběhu zkoušky se používají různé tlakoměry ze schváleného seznamu NATO. Karusel byl obrobena tak, aby na průměru mezi tlakoměrem a karuselem byla zajištěna vůle 2 mm a vrchní část tlakoměru byla vyrovnána s vrchní částí karuselu. Obrázek 4 ukazuje karusel v řezu. Oleji je dovoleno obtékat kolem tlakoměru, ale nesmí dojít ke kontaktu oleje s mazivem. Tato celá sestava je temperována na požadovanou teplotu. Běžně používané oleje začínají voskovatět pod -13 °C. Z tohoto důvodu jsou zkoušky DTOB omezeny na minimální teplotu -13 °C. Když je karusel vytemperován, vloží se do tlakové nádoby s olejem. Tlaková nádoba s olejem je udržována v rozmezí ±2 °C od teploty temperace. Potom se shodí závaží.

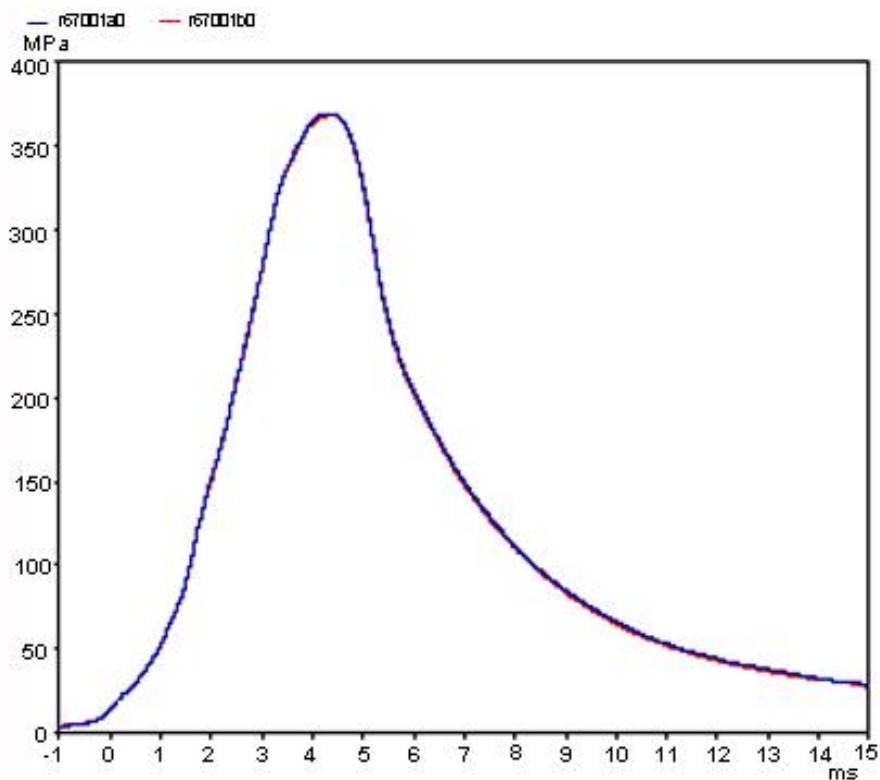


OBRÁZEK 3 - Karusel

Typické křivky tlaku v závislosti na čase pro vysokotlaký tankový kanón a polní dělo jsou znázorněny na obrázcích 4 a 5.



OBRÁZEK 4 – Typická tlaková křivka z tarážních zkoušek UK 98 pro tankový kanón



OBRÁZEK 5 - Typická tlaková křivka z tarážních zkoušek UK 98 pro polní dělo

11.3 Použití dat ze zkoušek tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky 1998 a 2002

Doplňkové zkoušky 2002 byly analyzovány v souladu se zprávou DEU WTD 91-2 Nr./02, prezentovanou na pracovním jednání v Bourges v lednu 2002. Program zkoušek byl naplánován tak, aby byly získány harmonizované referenční tabulky mezi státy a porovnány data ze zkoušek v Bourges 1990. Pro analýzu dat 2002 byly provedeny následující kroky:

Krok 1

FRA vytvořila z dat ze střeleckých zkoušek v Bourges 1990 součinitele polynomické funkce třetího řádu. Součinitele $P = f(L)$ byly vytvořeny ze společných zkoušek tlakoměrů USA a DEU pro nízký a střední tlak (pojmenované zkouška 1 pro DEU a zkouška 3 pro USA).

Krok 2

Pro tlakoměry USA a DEU byly teplotní součinitele Bourges (21 °C = 1,000) použity k posunu dat ze zkoušek UK 1998 bez změny zůstatkových délek. Data ze zkoušky US 2002 21 °C s teplotními součiniteli byly použity pro posun tlaků dat GBR pro všechna data nízkotlakých tlakoměrů (50 Mpa až 230 MPa).

Krok 3

Pro rozsah středních tlaků (170 MPa až 650 MPa) byla tato procedura aplikována na teplotní křivky -33 °C a +52 °C. K posunu středních tlakových dat UK 1998 při teplotách střeleckých zkoušek byly použity (místo opravných součinitelů) data ze střeleckých zkoušek US 2002, schválené během zasedání pracovní podskupiny SG/2 v říjnu 2002.

Krok 4

Data tlak/zůstatková délka byla sloučena s daty simulátoru ze zkoušky UK 1998 pro nízké a střední tlakové rozsahy, což bylo schváleno na jednání pracovní skupiny v březnu 2003 v Madridu.

Krok 5

Byla vytvořena kompatibilní vstupní data pomocí SW Roke Manor (označená CountryCode_0298_merged_LP (MP).dat) na všech běžných tlakových úrovních střeleckých zkoušek GBR s původními zůstatkovými délkami ze střeleckých zkoušek UK 1998 a dat ze simulátoru. Tlakové úrovně, kde tlakoměry neodpovídaly tlakoměrům USA/DEU, byly ze vstupních souborů Roke Manor UK 1998 vymazány.

Krok 6

K výpočtu součinitelů pro všechny tlakoměry s novými vstupními daty při teplotách -40 °C, -33 °C, -13 °C, +21 °C, +52 °C a +63 °C byl použit řídicí soubor Roke Manor. V některých případech se mohou teploty nebo tlakové rozsahy z datových souborů vlastních tlakoměrů vyloučit.

Krok 7

Pro každý tlakoměr byly tyto součinitele použity k vytvoření programu v Excelu, nazvaného MASTERCURVE (pojmenování: kód státu_mastercurve_2003), viz příloha A, str. 29 až 31. Tato tabulka obsahuje referenční součinitele pro tlakoměry s tlakoměrnými tělísky schválené NATO. Soubory MASTERCURVE pro všechny účastnické státy byly vydány na CD. Data MASTERCURVE pro jednotlivé státy se používají jako základ k výměně naměřených hodnot tlaků v nábojové komoře mezi státy.

11.3.1 Střelecká zkouška tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky US 2002

Střelecká zkouška tlakoměrů s tlakoměrnými tělísky US 2002 byla provedena s tlakoměry s tlakoměrnými tělísky DEU a USA v nízkém a středním rozsahu tlaků od 50 MPa do 690 MPa v Aberdeen Test Center. Přesné měření tlaku při zkoušce bylo pojištěno změnami a doplněním techniky měření tlaku. Pro 120 mm tankovou hlaveň byly použity přímo montované piezoelektrické snímače Kistler 6213B proti dvěma snímačům Kistler 6213B použitým v adaptérech ve zkoušce UK 1998. Ve zkoušce v Aberdeenu byly rovněž použity dva rozdílné typy piezoelektrických snímačů (křemen, turmalín). Snímač Yuma E30MA pracoval s turmalínovým krystalem a plnil požadavek AEP-23 na měření tlaku s tlakoměry pracujícími na dvou různých fyzikálních principech. Kromě toho bylo na 120mm a 155mm hlavně připevněno šest tenzometrů k potvrzení tlakové variace a směrodatné odchylky od rány k ráně. Tenzometry byly nastaveny na střed platného piezoelektrického měření získaného v průběhu zkoušek hnací náplně.

11.3.2 Sestavení náplně

Střelby na sestavení náplně pro 120 mm kanón byly provedeny „zesílenými ranami“. Bylo vystřeleno šest ran při teplotách -40 °C, +21 °C a +63 °C. Byla použita náplň M30 s různými hmotnostmi, aby se získal potřebný rozsah tlakových hodnot. Náplň M14 byla použita pouze pro nízké teploty pro tlakovou hodnotu 690 MPa. Hmotnosti náplně pro podmínky střelecké zkoušky pak byly vypočítány z 18 ran, které byly stříleny při sestavení náplně. Pro 155mm hlaveň byla použita střela M106 s náplní v obalu. Teplota náplně těchto ran měla při střelbě teplotu okolí, zatímco tlakoměry s tlakoměrnými tělísky byly před střelbou temperovány. Bylo vystřeleno 18 ran o teplotě -40 °C, +21 °C a +63 °C od 50 MPa do 370 MPa. Pak byly vypočítány hmotnosti náplní pro všechny podmínky střelby NATO.

(VOLNÁ STRANA)

PŘÍLOHY

Tlakové tělíska s tlakoměrnými tělísky schválené NATO

TABULKA 3 – Tlakové tělíska s tlakoměrnými tělísky schválené NATO – UK 1998/US 2002

Země	Tlakoměr	Číslo výkresu & vydání	Tlakoměrné tělísko		Typ, tlakový rozsah [MPa]	Reference
			Tvar a číslo série	Rozměr [mm]		
Francie	FAN	MT8201 00	Válec Lot 2/93	Ø 3,0 x 4,9	LP&MP (50-650)	MT 8210 07
Německo/Nizozemí	31/7,1	66-189-000/2	Koule Lot No 979101	6,000	LP (40-230)	WTD 91: 200 - Nr. 391/2000
	38/3,91A	66-217-000/2	Koule Lot No 979101	6,000	MP (170-650)	WTD 91: 200 - Nr. 391/2000
	38/3,5A	66-219-000/2	Koule Lot No 979101	6,000	HP (520-850)	WTD 91: 200 - Nr. 391/2000
Španělsko	MT 43	9644 – 0	Válec 040/96	Ø 3,0 x 4,5	LP (50-230)	NM M-2891 EMG
	MT 43	9644 – 0	Válec 025/96	5,0 x 7,0	MP (170-520)	NM M-2891 EMG
USA	T19	DS-3756E – 1	Koule Lot No 2-85	4,763	LP (40-230)	USCD1
	M11	DS-4412E – 1	Koule Lot No 2-85	4,763	MP (170-650) (kladné teploty)	USCD1
	M12	DS-4412E – 12	Koule Lot No 2-85	4,763	MP (170-650) (záporné teploty)	USCD1

Legenda: typ tlakoměru – LP = nízkotlaký, MP = středotlaký, HP = vysokotlaký.

TABULKA 4 – Referenční součinitele tlakoměru LP Fan (Francie)

Soubor: frbp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky [mm]: 4,200; 4,900				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel [3]
-40,0	3,533971e+004	-2,258429e+004	4,908505e+003	-3,612900e+002
-33,0	1,867250e+004	-1,185705e+004	2,606462e+003	-1,965777e+002
-13,0	3,941728e+004	-2,553795e+004	5,605146e+003	-4,151077e+002
21,0	2,935931e+004	-1,909151e+004	4,227124e+003	-3,168792e+002
52,0	3,472745e+004	-2,271346e+004	5,037691e+003	-3,770989e+002
63,0	2,571183e+004	-1,671785e+004	3,709550e+003	-2,791129e+002

TABULKA 5 – Referenční součinitele tlakoměru MP Fan (Francie)

Soubor: frmp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky [mm]: 2,600; 4,600				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel [3]
-13,0	2,948198e+003	-1,294970e+003	2,343200e+002	-1,855975e+001
21,0	2,065215e+003	-8,140313e+002	1,485298e+002	-1,360101e+001
52,0	2,216265e+003	-1,002465e+003	2,070221e+002	-1,900318e+001
63,0	2,367515e+003	-1,147230e+003	2,500202e+002	-2,308653e+001

TABULKA 6 – Referenční součinitele tlakoměru LP 31/7.1 (Německo/Nizozemí)

Soubor: gebp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky[mm]: 3,500; 5,400				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel f [3]
-40,0	1,797812e+003	-7,852717e+002	1,271124e+002	-7,752898e+000
-33,0	1,722772e+003	-7,484210e+002	1,211069e+002	-7,418648e+000
-13,0	1,600208e+003	-7,013829e+002	1,157047e+002	-7,258948e+000
21,0	1,552288e+003	-6,953203e+002	1,183745e+002	-7,670863e+000
52,0	1,486349e+003	-6,590890e+002	1,104729e+002	-7,032060e+000
63,0	1,427199e+003	-6,240675e+002	1,032623e+002	-6,524431e+000

Příloha A
(normativní)

**TABULKA 7 – Referenční součinitele tlakoměru MP 38/3.91
(Německo/Nizozemí)**

Soubor: gemp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky [mm]: 3,500; 5,400				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel [3]
-40,0	1,658527E+004	-8,984441e+003	1,700435e+003	-1,112428e+002
-33,0	8,622328E+003	-4,072083e+003	6,857165e+002	-4,115281e+001
-13,0	5,975379E+003	-2,693161e+003	4,511079e+002	-2,824509e+001
21,0	4,632366E+003	-1,917456e+003	2,982215e+002	-1,803428e+001
52,0	4,935678E+003	-2,188295e+003	3,657970e+002	-2,321102e+001
63,0	4,241149E+003	-1,743508e+003	2,708386e+002	-1,645612e+001

TABULKA 8 – Referenční součinitele tlakoměru LP MT43 (Španělsko)

Soubor: spbp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky [mm]: 2,500; 4,300				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel [3]
-40,0	1,520580e+002	2,423915e+002	-9,372514e+001	7,382889e+000
-33,0	1,086377e+003	-5,472378e+002	1,232716e+002	-1,213774e+001
-13,0	5,280744e+002	-1,048767e+002	3,953001e+000	-1,293078e+000
21,0	9,679695e+002	-5,122074e+002	1,221677e+002	-1,230936e+001
52,0	1,075025e+003	-6,168143e+002	1,526090e+002	-1,509209e+001
63,0	1,007529e+003	-5,650174e+002	1,387754e+002	-1,382370e+001

TABULKA 9 – Referenční součinitele tlakoměru MP MT43 (Španělsko)

Soubor: spmp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky [mm]: 4,600; 6,500				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel [3]
-40,0	1,207558e+003	1,860463e+001	-3,084332e+001	5,395283e+001
-33,0	-7,935378e+003	4,746459e+003	-8,472145e+002	4,751444e+001
-13,0	3,623691e+003	-1,296847e+003	1,939047e+002	-1,174015e+001
21,0	3,024071e+003	-1,038996e+003	1,536547e+002	-9,481485e+000
52,0	2,595713e+003	-8,455820e+002	1,217067e+002	-7,588285e+000
63,0	3,709642e+003	-1,485823e+003	2,423266e+002	-1,505657e+001

TABULKA 10 – Referenční součinitele tlakoměru LP T19 (USA)

US LP T19

Soubor: usbp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky [mm]: 3,00; 4,400				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel [3]
-40,0	1,743710e+003	-8,495493e+002	1,519789e+002	-1,057919e+001
-33,0	1,618289e+003	-7,656373e+002	1,329552e+002	-9,094098e+000
-13,0	1,937526e+003	-1,063949e+003	2,194528e+002	-1,711252e+001
21,0	1,665120e+003	-8,754508e+002	1,746691e+002	-1,348288e+001
52,0	1,574207e+003	-8,188989e+002	1,614902e+002	-1,235892e+001
63,0	1,460777e+003	-7,330749e+002	1,396031e+002	-1,048780e+001

TABULKA 11 – Referenční součinitele tlakoměru MP M11/M12 (USA)

Soubor: usmp CRUSHER 2.4 crusher.con 06/04/2003				
Tarážní délky [mm]: 3,00; 4,400				
Zkouška: kombinovaná				
Teplota [°C]	Součinitel [0]	Součinitel [1]	Součinitel [2]	Součinitel [3]
-40,0	6,771453e+003	-4,431909e+003	1,059573e+003	-9,062970e+001
-33,0	4,603357e+003	-2,635840e+003	5,575197e+002	-4,349150e+001
-13,0	4,251041e+003	-2,477393e+003	5,452409e+002	-4,489762e+001
21,0	4,616224e+003	-2,831011e+003	6,508290e+002	-5,499746e+001
52,0	3,408095e+003	-1,868664e+003	3,898687e+002	-3,111793e+001
63,0	3,986500e+003	-2,403345e+003	5,509968e+002	-4,703600e+001

TABULKA 12 – ROZSAHY A MEZE UK/98/US 2002 – TLAKOMĚRY FRANCIE

TLAKOMĚRY FAN																			
Tlak [Mpa]		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]					
		230	0,70	0,77	0,67	0,73	0,41	0,59	1,70	1,85	2,11	1,84	1,37	1,61	-0,07	-0,06	0,60	-0,17	0,36
200	0,68	0,68	1,12	0,56	0,58	0,43	2,18	2,50	2,83	2,48	1,97	2,16	0,59	-0,92	0,06	-1,10	-0,57	-1,05	
170	0,71	0,52	0,71	0,81	0,68	0,35	1,71	2,60	2,22	2,19	1,76	1,09	-0,05	-1,34	0,62	-0,40	0,23	0,19	
140	0,87	0,64	0,82	0,57	0,72	0,50	2,74	1,95	2,84	1,97	2,23	1,67	0,72	0,42	0,94	-0,58	-0,54	0,43	
110	1,53	0,90	1,22	0,82	2,10	0,90	3,50	3,14	3,79	2,10	4,94	3,41	0,07	-1,08	1,03	-0,21	0,16	1,25	
80	1,92	0,81	0,84	1,09	1,18	1,01	4,36	2,35	2,31	2,67	3,65	2,74	-0,04	-0,39	-0,35	-0,20	-0,93	-0,46	
50	1,94	1,77	0,91	1,65	1,58	1,58	5,61	5,38	3,07	3,79	4,48	3,98	1,14	-1,38	0,88	-0,08	0,87	-0,34	
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63
		Teplota °C						Teplota °C						Teplota °C					
TLAKOMĚRY FAN																			
Tlak [Mpa]		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]					
		650		0,58	0,55	0,32	0,45	2,18	1,40	1,08	1,30	-0,73	0,09	-0,20	0,19				
600		0,58	0,14	0,50	0,37	1,64	0,70	1,25	1,05	0,26	0,08	0,01	0,04						
520		0,33	0,52	0,14	0,34	1,06	1,46	0,75	1,14	-0,15	-0,17	-0,15	-0,24						
440		0,30	0,41	0,29	0,25	0,96	1,14	1,02	1,03	0,12	-0,07	0,19	-0,28						
370		0,24	0,20	0,36	0,37	1,20	0,77	1,65	1,03	0,47	-0,10	0,69	-0,08						
290		0,49	0,37	0,22	0,26	1,23	1,44	1,25	0,79	-0,06	-0,47	0,54	-0,03						
220		0,79	0,65	0,53	0,33	1,83	1,54	1,23	1,37	-0,09	-0,05	-0,01	-0,51						
170		0,77	0,45	0,54	0,49	1,88	1,30	1,57	1,32	0,17	-0,19	0,32	0,17						
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63
		Teplota [°C]						Teplota [°C]						Teplota [°C]					

TABULKA 13 – ROZSAHY A MEZE UK/98/US 2002 – TLAKOMĚRY NĚMECKA

ROZSAHY A MEZE UK/98/US 2002 – TLAKOMĚRY NĚMECKO																			
TLAKOMĚŘ 31/7.1																			
Tlak [Mpa]		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]					
		230	0,42	0,33	0,26	0,24	0,42	0,55	1,25	1,58	1,17	1,05	1,11	1,42	0,19	-0,68	0,40	-0,32	-0,06
200	0,40	0,28	0,41	0,29	0,24	0,28	1,62	1,36	1,23	1,01	0,93	0,86	0,60	-0,56	0,19	-0,20	-0,18	0,06	
170	0,43	0,34	0,44	0,45	0,42	0,39	1,17	2,01	2,47	1,22	1,17	1,06	0,09	-1,10	1,31	0,09	0,10	0,03	
140	0,51	0,57	0,46	0,47	0,63	0,23	1,88	1,77	1,72	1,93	1,58	0,81	0,61	-0,41	0,58	-0,77	0,10	0,09	
110	0,52	0,50	0,47	0,40	0,35	0,49	1,57	1,90	1,26	1,23	1,09	1,26	0,30	-0,68	0,11	-0,20	0,16	-0,05	
80	0,60	0,45	0,56	0,56	0,75	0,62	2,05	2,18	2,02	1,42	1,87	1,47	0,61	-1,06	0,67	-0,07	-0,14	0,00	
50	0,90	0,70	0,96	0,38	0,40	0,56	3,31	3,20	2,38	2,15	1,18	1,60	1,24	-1,53	-0,20	1,16	-0,16	-0,25	
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63
		Teplota °C						Teplota °C						Teplota °C					
TLAKOMĚŘ 38/3.91A																			
Tlak [Mpa]		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]					
		650	1,19	0,71	0,36	0,54	0,36	0,36	2,69	2,33	0,98	1,36	1,23	1,18	0,04	-0,66	-0,02	0,06	0,28
600	0,97	0,85	0,46	0,50	0,45	0,31	2,54	2,24	1,61	1,62	1,93	1,89	-0,12	-0,26	0,46	-0,39	0,82	-1,00	
520	0,83	0,93	0,35	0,55	0,32	0,63	2,20	2,37	0,96	1,59	1,30	1,91	0,30	0,26	-0,03	-0,27	0,42	-0,41	
440	0,53	0,54	0,57	0,50	0,51	0,67	1,33	1,61	1,45	1,42	1,81	2,05	0,05	0,30	-0,10	-0,19	0,57	-0,47	
370	0,71	0,62	0,23	0,45	0,46	0,33	2,00	2,16	1,12	1,36	2,07	1,13	-0,45	0,77	-0,42	-0,29	0,93	-0,26	
										9									
290	0,60	0,59	0,55	0,50	0,54	0,40	1,83	2,19	1,74	1,76	20,7	1,20	-0,48	0,86	-0,43	-0,57	0,81	-0,21	
220	0,64	0,57	0,54	0,42	0,69	0,57	1,52	1,66	1,79	1,59	1,74	2,19	0,01	0,31	-0,48	0,52	0,13	-0,84	
170	0,80	0,83	0,53	0,38	0,49	0,54	3,11	3,89	1,98	1,71	2,05	2,15	1,27	-1,96	0,69	0,70	0,81	-0,84	
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63
		Teplota [°C]						Teplota [°C]						Teplota [°C]					

TABULKA 14 – ROZSAHY A MEZE UK/1998/US 2002 – TLAKOMĚRY ŠPANĚLSKA

TLAKOMĚR MT43																			
		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]					
Tlak [Mpa]	230	1,62	0,78	0,63	0,49	0,94	0,61	3,77	1,88	1,88	1,59	2,47	1,52	-0,16	-0,07	-0,39	0,39	-0,32	0,07
	200	1,64	0,76	1,29	0,51	0,37	0,40	4,47	2,45	3,62	1,71	1,02	1,35	-0,79	0,67	-0,72	0,47	0,06	-0,32
	170	1,19	0,91	1,25	0,40	0,65	0,67	2,84	2,74	4,49	1,15	1,79	1,75	0,16	0,66	-1,68	0,13	0,21	-0,18
	140	3,47	1,39	0,99	0,44	0,79	0,58	9,03	4,76	2,89	1,11	1,98	1,49	-1,34	1,61	0,64	0,01	-0,16	-0,10
	110	1,85	1,25	1,02	0,61	0,49	1,02	5,19	2,88	2,62	1,90	1,64	2,59	-0,92	0,08	-0,30	0,44	0,44	0,24
	80	3,07	1,53	0,97	1,02	1,09	0,76	6,88	4,11	2,47	2,94	2,55	2,31	0,06	-0,69	-0,22	-0,62	-0,06	-0,55
	50	4,15	1,33	1,30	1,68	0,86	1,42	9,68	3,52	3,24	4,30	2,61	3,56	0,39	0,54	-0,31	0,42	0,60	-0,38
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63
		Teplota [°C]						Teplota [°C]						Teplota [°C]					
TLAKOMĚR MT43																			
		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]					
Tlak [Mpa]	650																		
	600																		
	520	1,56	1,26	0,46	0,31	0,69	0,55	4,57	3,00	1,30	1,30	1,77	1,33	-0,82	0,13	0,16	-0,45	0,15	-0,01
	440	2,06	1,12	0,47	0,81	0,39	0,54	4,62	3,09	1,59	2,07	1,42	1,70	0,03	-0,55	0,43	-0,19	0,41	-0,40
	370	2,21	1,07	0,65	0,43	0,40	0,64	5,30	2,81	1,85	1,36	1,25	1,59	0,68	-0,55	0,35	-0,31	0,23	-0,10
	290	1,48	1,03	0,63	0,58	1,00	0,85	4,17	2,96	1,71	1,57	2,99	2,27	-	0,74	-0,24	-0,20	0,78	-0,36
															1,03				
220	1,59	0,54	0,57	0,61	0,79	0,63	4,32	2,77	2,03	1,80	2,44	2,26	-0,64	1,46	-0,68	-0,33	0,60	-0,78	
170	1,77	0,93	0,47	0,50	1,37	1,15	5,29	2,61	1,42	1,41	3,26	2,88	1,15	-0,46	0,25	0,18	-0,11	0,27	
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-	-33	-13	21	52	63
		Teplota [°C]						Teplota [°C]						Teplota [°C]					

TABULKA 15 – ROZSAHY A MEZE UK/1998/US 2002 – TLAKOMĚRY USA

TLAKOMĚŘ T19																				
		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]						
Tlak [Mpa]	230	0,51	0,69	0,55	0,60	0,44	0,65	1,36	2,09	1,75	1,85	1,32	1,69	0,13	-0,47	0,42	-0,44	0,22	-0,13	
	200	0,86	0,69	0,57	0,39	0,60	0,55	2,61	2,33	1,56	1,14	1,43	1,48	0,60	-0,70	0,20	-0,13	-0,02	-0,15	
	170	0,56	0,30	0,36	0,60	0,60	0,57	1,52	2,09	2,24	1,62	1,91	1,36	0,17	-1,25	1,27	-0,18	0,49	0,00	
	140	0,34	0,66	0,79	0,64	0,48	0,49	1,45	1,89	2,21	2,37	1,34	1,30	0,53	-0,33	0,37	-0,86	0,15	-0,11	
	110	0,73	0,64	0,63	0,65	0,51	0,64	2,38	2,44	1,86	1,62	1,73	1,91	0,69	-0,94	0,38	-0,10	0,49	-0,41	
	80	0,76	0,65	0,87	0,62	0,71	0,72	2,33	2,70	2,61	1,60	1,81	1,83	0,54	-1,17	0,61	-0,13	0,16	-0,15	
	50	0,81	0,50	0,66	1,30	0,95	0,84	3,38	3,38	2,34	2,95	2,58	2,35	1,49	-2,12	0,79	0,01	0,39	-0,38	
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	
		Teplota [°C]						Teplota [°C]						Teplota [°C]						
TLAKOMĚŘ M11 kladné teploty a M12 záporné teploty																				
		Reprodukovatelnost [%]						Nejistota [%]						Strannost [%]						
Tlak [Mpa]	650	0,73	0,75	0,47	0,33	0,56	0,74	2,02	2,17	1,57	2,86	2,54	1,75	-0,36	0,31	0,40	-1,96	1,19	0,07	
	600	0,91	0,67	0,46	0,66	0,35	0,30	2,67	2,28	1,90	3,10	1,88	1,49	-0,33	0,66	0,75	-1,54	0,95	-0,58	
	520	0,90	0,64	0,57	0,73	0,63	0,59	2,63	2,18	1,669	2,71	1,54	1,63	-0,53	0,67	0,33	-1,01	0,06	-0,20	
	440	0,65	0,40	0,64	0,54	0,63	0,46	1,86	1,12	1,54	1,92	1,82	1,47	-0,32	0,09	-0,04	-0,61	0,32	0,31	
	370	0,72	0,53	0,48	0,52	0,71	0,56	1,69	1,94	1,19	1,70	2,18	1,53	-0,10	0,72	-0,05	-0,49	0,52	0,21	
	290	0,45	0,44	0,41	0,49	0,59	0,53	1,40	1,62	1,35	1,67	1,97	1,58	-	0,58	-0,33	-0,49	0,61	-0,33	
	220	0,71	0,68	0,32	0,27	0,60	0,37	1,96	1,98	0,91	0,92	1,72	1,35	0,33	-0,31	0,39	-0,04	-0,13	0,30	-0,38
	170	0,52	0,49	0,38	0,50	0,42	0,44	2,34	2,81	1,64	1,69	1,19	1,43	-0,31	1,09	-1,61	0,66	0,44	0,12	-0,33
		-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-	-33	-13	21	52	63	
		Teplota [°C]						Teplota [°C]						Teplota [°C]						

TABULKA 16 – ROZSAHY A MEZE UK98 – TLAKOMĚRY NĚMECKA

ROZSAHY A MEZE UK 98 – TLAKOMĚRY NĚMECKO																		
TLAKOMĚR 38/3.5A																		
Tlak [Mpa]	Reprodukovatelnost [%]					Nejistota [%]					Strannost [%]							
	850	0,75	0,98	0,43	0,51		2,27	2,51	1,48	1,44		-0,51	0,13	-0,41	0,19			
800	0,98	0,50	0,45	0,54		2,80	1,66	1,51	1,57		0,57	-0,35	-0,33	0,19				
750	0,62	0,46	0,29	0,80		1,82	1,60	1,40	2,68		-0,35	0,36	0,37	0,19				
690	0,86	0,54	0,49	0,74		2,25	1,53	1,62	2,07		-0,10	0,12	-0,35	0,24				
650	0,82	0,43	0,44	0,52		2,33	1,38	1,58	1,36		0,26	0,25	0,43	0,03				
630	0,86	0,40	0,28	0,62		2,11	1,47	1,10	1,78		0,01	-0,39	-0,26	-0,24				
600	0,56	0,20	0,22	0,24		1,44	1,33	1,32	1,02		0,02	0,44	0,47	0,13				
	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63	-40	-33	-13	21	52	63
	Teplota [°C]					Teplota [°C]					Teplota [°C]							

A.2 Tlakové měřicí tělíska schválená NATO – Bourges 1990

TABULKA 17 – Tlakové měřicí tělíska schválená NATO – Bourges 1990

Země	Tlakové měřicí	Tlakové měřicí tělíska	Rozměry tlakové měřicího tělíska	Typ
Spojené Státy	T 19	Koule – Lot N°1-85	4,763	LP
	M 11	„	„	HP
	M 12	„	„	HP
Velká Británie	MK8	Koule – Lot N°8	4,763	LP
	MK9	„	„	HP
Španělsko	MT 26 BP	Válec – Lot N°05-90-C1-MT26	5x7	LP
	MT 26 AP	„	„	HP
Německo/ Holandsko	31/7,1	Koule – Lot N°90-91-01	6	LP
	38/3,91	„	„	HP
Francie	FAN	Válec – Lot N°1-90	3x4,9	LP a HP

Legenda: typ tlakové měřicího – LP = nízkotlaký
MP = středotlaký

TABULKA 18 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – USA

STANDARDNÍ KRITÉRIA PRO PŘEJÍMKU
Ukazatele shodnosti (F) a střední
přesnosti (J) tlakoměru

TLAKOMĚŘ: T 19
Ukazatele přesnosti F [%]

TLAKOMĚRY: M11 (kladné tepl.)
a M12 (záporné teploty)
Ukazatele shodnosti tlakoměru F [%]

Tlak [bar]	F/J
6500	(1) 2/4
4000	2/2
500	1/2
	-40 -30 +63
	Teplota [°C]

Tlak 2300 [bar]	98	61	1,2	3	76	1
2000	65	40	8	8	50	7
1700	84	49	83	6	33	7
1400	70	65	66	4	68	5
1100	87	91	49	6	59	4
800	1	95	1	8	98	6
500	2	1,2	8	5	1,0	6
	1,4	2	1,5	5	8	6
	0		5	9		0
				7		7
				7		7
	-40	-33	-13	21	52	63
	Teplota [°C]					

Tlak 6500 [bar]	1,48	1,0	39	1,0	57	76
6000	1,02	1	40	9	69	85
5200	1,04	80	58	52	55	45
4400	1,03	58	73	47	58	58
3700	84	65	54	48	51	51
2900	48	45	51	65	44	64
2200	82	83	62	44	50	65
1700	87	73	47	79	72	32
	-40	-33	-13	21	52	63
	Teplota [°C]					

TABULKA 18 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – USA

		Ukazatele střední přesnosti J [%]						Ukazatele střední přesnosti J [%]							
Tlak	2300	1,03	86	1,2	43	73	33	Tlak	6500	2,9	1,5	50	4,2	1,9	96
[bar]	2000	69	76	6	61	56	82	[bar]	6000	9	3	1,3	1	6	1,75
	1700	93	56	1,3	72	57	59		5200	2,9	1,0	8	1,9	2,0	1,50
	1400	69	78	4	50	1,1	68		4400	6	3	1,1	4	4	82
	1100	1,69	1,2	46	1,1	6	69		3700	1,1	1,4	3	54	87	57
	800	1,29	7	81	7	82	62		2900	7	1	1,2	64	89	70
	500	2,23	1,5	73	66	93	70		2200	1,0	1,8	2	57	51	1,15
			1	1,6	66	1,1			1700	9	2	97	1,0	41	66

☞ POZNÁMKA Pracovní skupina NATO AC/225-LCG/3 může pro tlaky nad 4000 bar při teplotě -30 °C autorizovat 4% ukazatele přesnosti F.

TABULKA 19 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – Velká Británie

STANDARDNÍ KRITERIA PRO PŘEJÍMKU

Ukazatele shodnosti (F) a střední přesnosti (J) tlakoměru

Tlak [bar]

F/J

6500	(1)	
4000	2/4	2/2
500	2/2	1/2
	-40	-30
	Teplota [°C]	

TLAKOMĚR: MK 8

Ukazatele přesnosti F [%]

Tlak
[bar]

2300	3,05	2,3	1,0	52	77	1,0
2000	2,48	7	3	83	88	2
1700	1,67	2,1	70	58	71	58
		8	63			61
		1,0				
		7				
1400	1,37	63	51	56	36	42
1100	69	59	53	50	47	45
800	60	62	60	62	47	63
500	68	61	70	49	67	45
	-40	-33	-13	21	52	63
	Teplota [°C]					

TLAKOMĚRY: MK 9

Ukazatele shodnosti tlakoměru F [%]

Tlak
[bar]

6500	2,1	1,4	70	50	56
6000	0	4	35	39	58
5200	89	1,0	58	60	56
	1,0	3			
	0	81			
4400	71	35	62	45	54
3700	60	67	24	51	42
2900	50	83	60	59	66
2200	61	58	52	41	82
1700	56	70	49	51	52
	-40	-33	-13	21	52
	Teplota [°C]				

TABULKA 19 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – Velká Británie

STANDARDNÍ KRITERIA PRO PŘEJÍMKU

TLAKOMĚŘ: MK 8

TLAKOMĚRY: MK 9

		Ukazatele střední přesnosti J [%]						Ukazatele střední přesnosti J [%]								
Tlak [bar]	2300	6,10	2,7	2,0	1,2	2,1	1,7	Tlak [bar]	6500	6,7	2,2	79	1,9	1,0		
	2000	3,48	8	8	3	2	9		6000	3	5	54	4	2		
	1700	2,36	2,9	1,9	1,0	95	98		5200	5,1	3,4	63	87	65		
	1400	1,79	1	5	5	76	95		4400	8	6	76	76	1,3		
	1100	1,38	1,1	1,6	61	1,1	1,1		3700	2,6	4,1	46	47	3		
	800	96	2	1	63	8	1		2900	0	3	71	55	1,3		
	500	2,77	1,4	1,4	91	47	57		2200	1,2	2,5	1,4	62	7		
			4	8	1,3	1,0	1,0		1700	5	0	4	1,0	97		
			1,1	1,1	1	4	9			96	1,9	98	4	72		
			7	1	95	1,0	73			1,5	8		73	1,0		
			2,6	7		4				0	1,4			0		
			1	89						1,6	3			98		
			96							5	1,7					
										1,7	0					
										1	1,2					
											0					
			-40	-33	-13	21	52	63			-40	-33	-13	21	52	63
			Teplota [°C]								Teplota [°C]					

POZNÁMKA Pracovní skupina NATO AC/225-LCG/3 může pro tlaky nad 4000 bar při teplotě -30 °C autorizovat 4% ukazatele přesnosti F.

Příloha A
(normativní)

ČOS 102505
2. vydání

TABULKA 20 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – Španělsko

STANDARDNÍ KRITERIA PRO PŘIJETÍ

Ukazatele shodnosti (F) a střední přesnosti (J) tlakoměru

Tlak [bar]

6500	(1)	
4000	2/4	2/2
500	2/2	1/2
	-40 -30	+63

Teplota [°C]

TLAKOMĚŘ: MT 26 - BP

Ukazatele přesnosti F [%]

Tlak 2300	50	35	65	32	25	26
[bar] 2000	74	62	1,0	37	48	43
1700	71	55	6	44	48	39
			55			
1400	1,02	55	78	47	55	55
1100	1,08	57	1,1	68	84	37
800	1,21	1,1	6	79	86	60
500		1	1,1			
			2			
	-40	-33	-13	21	52	63

Teplota [°C]

Ukazatele střední přesnosti J [%]

Tlak 2300	45	56	1,2	77	1,0	88
[bar] 2000	1,43	83	9	82	4	1,1
1700	3,11	65	2,6	59	82	5
1400	1,90	92	7	46	52	73
1100	1,37	64	1,8	85	1,0	76
800	1,75	1,2	2	98	3	47

TLAKOMĚŘY: MT

Ukazatele přesnosti F [%]

Tlak 6500						
[bar] 6000						
5200		52	24	59	26	34
4400	86	56	36	30	33	26
3700	51	40	40	40	27	36
2900	70	61	37	38	31	34
2200	78	61	32	45	51	22
1700	1,20	68	21	57	51	35
	-40			21	52	63
		33	13			

Teplota [°C]

Ukazatele střední přesnosti J [%]

Tlak 6500						
[bar] 6000						
5200		95	40	67	1,2	88
4400	1,66	1,0	86	38	6	75
3700	1,39	3	79	39	79	78
2900	2,59	67	1,7	52	42	63

TABULKA 20 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – Španělsko

STANDARDNÍ KRITERIA PRO PŘIJETÍ

Ukazatele shodnosti (F) a střední přesnosti (J) tlakoměru 4000

bar při teplotě pod -30 °C.

TLAKOMĚŘ: MT 26 - BP

Ukazatele střední přesnosti J [%]

500	4	2,1	1,4	80		
		9	0			
		3,5	90			
		0				
		3,7				
		2				
	-40	-33	-13	21	52	63
Teplota [°C]						

TLAKOMĚRY: MT 26 - AP

Ukazatele střední přesnosti J [%]

220	0	5,04	1,4	7	63	62	91	
	170	0	5,55	5	1,4	1,0	1,0	65
				1,3	8	1	5	
				0	81		85	
				86				
	-40	-33	-13	21	52	63		
Teplota [°C]								

POZNÁMKA Pracovní skupina NATO AC/225-LCG/3 může pro tlaky nad 4000 bar při teplotě -30 °C autorizovat 4% ukazatele přesnosti F.

TABULKA 21 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – Německo/Nizozemí

STANDARDNÍ KRITERIA PRO PŘIJETÍ

Ukazatele shodnosti (F) a střední přesnosti (J) tlakoměru

Tlak [bar]	F/J		
6500	(1)		
4000	2/4	2/2	
500	2/2	1/2	
	-40	-30	+63
	Teplota [°C]		

TLAKOMĚR: 31/7.1

Ukazatele přesnosti F [%]

Tlak 2300 [bar]	44	61	50	32	27	66
2000	64	41	38	50	49	30
1700	63	59	40	47	48	52
1400	43	49	42	28	23	39
1100	31	54	60	55	87	54
800	67	55	1,0	46	80	43
500	74	75	1	53	86	72
			1,0			
			0			
	-40	-33	-13	21	52	63
	Teplota [°C]					

Ukazatele střední přesnosti J [%]

Tlak 2300 [bar]	39	65	55	45	32	64
2000	78	45	49	85	91	38
1700	79	65	49	85	58	52
1400	45	52	44	75	29	94
1100	82	1,0	59	60	1,0	67
800	1,09	7	97	55	5	72
500	1,47	1,4	96	1,0	1,6	1,2

TLAKOMĚRY: 38/3.91

Ukazatele přesnosti F [%]

Tlak 6500 [bar]	79	65	55	24	48
6000	55	46	58	39	37
5200	72	50	47	41	53
4400	47	70	70	48	62
3700	74	68	72	54	47
2900	61	33	47	64	57
2200	76	68	74	70	57
1700	53	61	91	52	47
	-40	-	-	21	52
		33	13	63	
	Teplota [°C]				

Ukazatele střední přesnosti J [%]

Tlak 6500 [bar]	1,6	1,3	2,4	86	92
6000	9	6	1	55	49
5200	1,59	61	1,7	1,2	85
4400	1,46	1,1	7	0	74
3700	1,76	6	1,6	1,0	46
2900	69	2,0	8	0	60
2200	99	8	1,4	57	65

TABULKA 21 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – Německo/Nizozemí

STANDARDNÍ KRITERIA PRO PŘIJETÍ

Ukazatele shodnosti (F) a střední přesnosti (J) tlakoměru	TLAKOMĚR: 31/7,1						TLAKOMĚRY: 38/3,91						
	Ukazatele střední přesnosti J [%]						Ukazatele střední přesnosti J [%]						
Tlak [bar]	-40	-33	-13	21	52	63	1700	-40	-33	-13	21	52	63
	2		6	7	0		76	98	1	52	77	84	
	2,1			1,3				39	85	74		87	
	4			9				98	62	65			
								75	74	72			
									1,9				
									3				

45 POZNÁMKA Pracovní skupina NATO AC/225-LCG/3 může pro tlaky nad 4000 bar při teplotě -30 °C autorizovat 4% ukazatele přesnosti F.

TABULKA 22 – Rozsahy a meze – Bourges 1990 – Francie

STANDARDNÍ KRITERIA PRO PŘIJETÍ

Ukazatele shodnosti tlakoměru (F) a střední přesnosti tlakoměru (J)

Tlak [bar] F/J

6500	(1)	
	2/4	2/2
4000		
	2/2	1/2
500		
-40	-30	+63
Teplota [°C]		

TLAKOMĚR: FAN

Ukazatele přesnosti tlakoměru F [%]

Tlak	2300	45	59	60	57	52	58
[bar]	2000	74	34	70	54	66	58
	1700	75	63	69	55	55	66
	1400	53	1,2	47	33	49	69
	1100	71	2	56	70	76	65
	800	75	95	96	1,08	97	1,2
	500		67				6
		-40	-33	-13	21	52	63
		Teplota [°C]					

Ukazatele střední přesnosti tlakoměru J [%]

Tlak	2300	45	81	58	83	50	56
[bar]	2000	72	54	84	1,0	88	61
	1700	92	57	76	5	69	68
	1400	61	1,2	80	66	87	69

TLAKOMĚRY: FAN

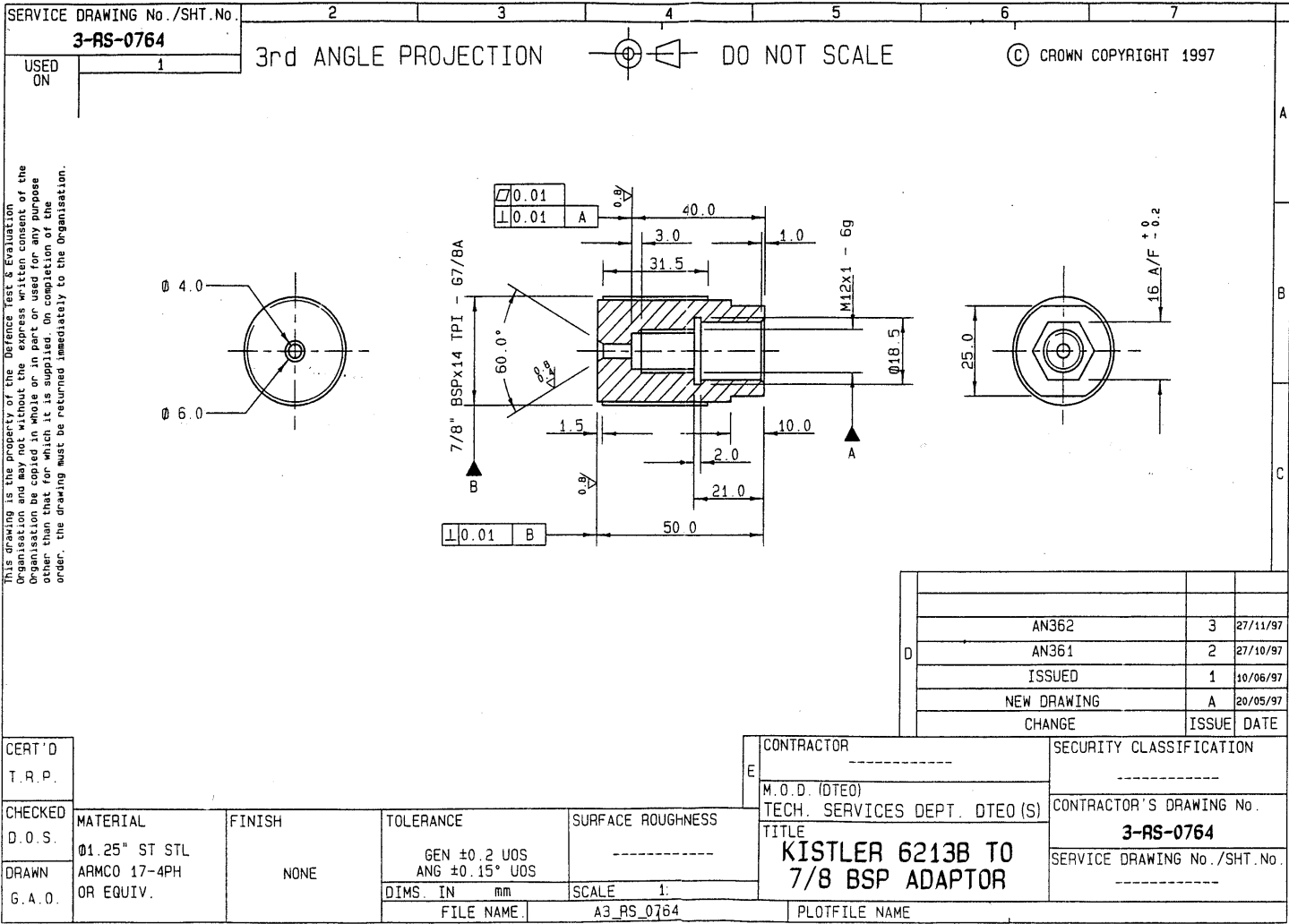
Ukazatele přesnosti tlakoměru F [%]

Tlak	6500	1,8	30	21	26		
[bar]	6000	5	21	19	14		
	5200	1,7	49	18	20		
	4400	22	37	25	31		
	3700	49	31	32	26		
	2900	55	22	37	29		
	2200	44	28	40	17		
	1700	75	38	54	44		
		-40	-33	-13	21	52	63
		Teplota [°C]					

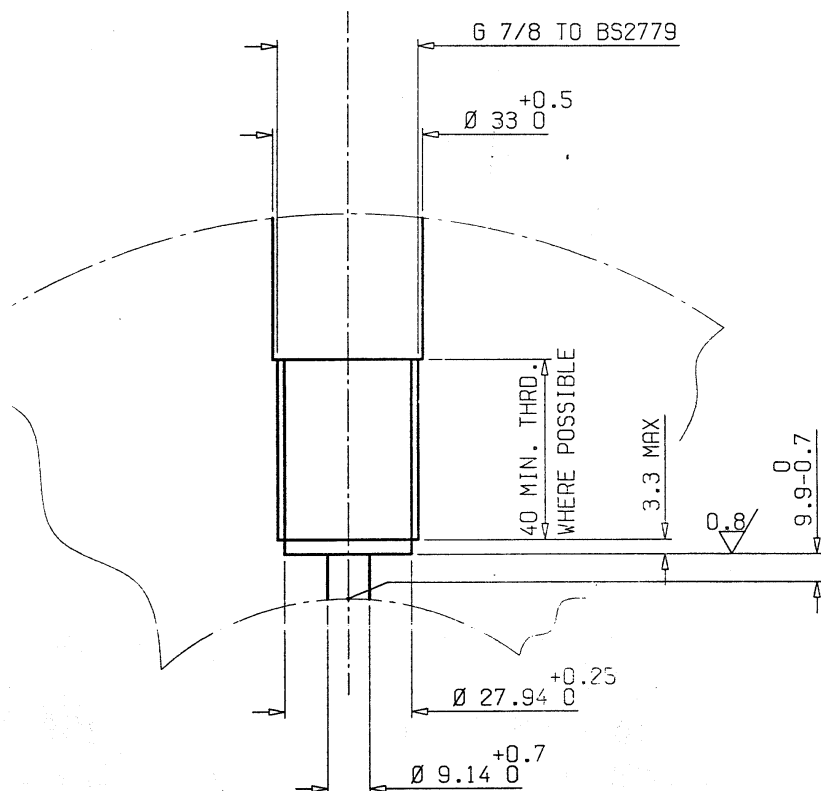
Ukazatele střední přesnosti tlakoměru J [%]

Tlak	6500	2,99	84	1,6	1,1
[bar]	6000	2,02	47	1	5
	5200	1,20	67	66	23
	4400	76	97	1,2	2,0

VÝKRESY



OBRÁZEK 6 – Výkres adaptéru pro Kistler 6213B používaný ve zkouškách UK 98



TYPICAL DETAIL OF ALL (G 7/8 TAPPINGS)
SCALE 1:1

OBRÁZEK 7 – Výkres díry pro adaptér

Příloha B
(normativní)

SECURITY CLASSIFICATION		3rd ANGLE PROJECTION	
USED ON 3/12410	DO NOT SCALE	WHEN IN DOUBT ASK	
<p style="font-size: small; margin: 0;">This drawing is the property of the Directorate of Proof & Experimental Establishments and may not without the express written consent of the Directorate be copied in whole or in part or used for any purpose other than that for which it is supplied. On completion of the order, the drawing must be returned immediately to the Directorate.</p>			
<p>NOTE: -</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HEAT TREATMENT : - ANNEALED. 2. REMOVE ALL BURRS AND SHARP EDGES. 			
		D333	A
		CHANGE	28.9.92
		ISSUE	DATE
MATERIAL COPPER TYPE C101 HDHC TO BS2874		FINISH SEE NOTE 1	
		TOLERANCE ± 0.2 U.O.S	
		SURFACE ROUGHNESS	
CERTD	CONTRACTOR	DIMS IN mm	SCALE 1/1
CHECKED	M.O.D. (DPEE) DTE (L) INSTRUMENTATION	SECURITY CLASSIFICATION	
DRAWN	TITLE	SERVICE DRAWING No./SHT. No	
RJW	PIEZO GAUGE SEALING WASHER	4/12430	
FILE NAME		PLOTFILE NAME	

OBRÁZEK 8 – Výkres těsnicí podložky

TABULKA 23 - Program tarážních zkoušek UK 1998

	Nízký tlak	Střední tlak	Střední tlak	Vysoký tlak
Střelecké zkoušky				
Tlakový rozsah	500-2300 bar	1700-3700 bar	2900-6500 bar	5200-8500 bar
Tlakové úrovně	500,800,1100,1400, 1700,2000,2300	1700,2300,3000,3700	26900,3600,4300,5000 5800,6500	5200,5800,6300,6900, 7500,8000,8500
Dělo	155 mm	155 mm	140 mm	140 mm
Teplota °C	-40, -33, -13, 21, 52, 63			
Zkoušky	6 teplot	6 teplot	6 teplot	6 teplot
	7 tlakových úrovní	4 tlakové úrovně	6 tlakových úrovní	7 tlakových úrovní
	1 rána -40, -33, -13, 21, 52, 63	1 rána -40, -33, -13, 21, 52, 63	1 rána -40, -33, -13, 21, 52, 63	1 rána -40, -33, -13, 21, 52, 63
	2 rány -40, -33	2 rány -40, -33	2 rány -40, -33	2 rány -40, -33
Ran v sérii	70	40	60	70
Tlaková nádoba- olej				
Tlakový rozsah	500-2300 bar	1700-3700 bar		5200-8500 bar
Tlakové úrovně	500,800,1100,1400, 1700,2000,2300	1700,2300,3000,3700, 4300,5000,5800,6500		5200,5800,6300,6900, 7500,8000,8500
Tlaková nádoba- olej	LP	LP		LP&HP
Teplota °C	-13, 21, 52, 63			
Zkoušky	4 teploty	4 teploty		4 teploty
	7 tlakových úrovní	8 tlakových úrovní		7 tlakových úrovní
	5 ran	5 ran		2 rány (LP) 4 rány (HP)

Program střeleckých tarážních zkoušek

Příloha C
(normativní)

ČOS 102505
2. vydání

Příloha C
Normativní)

Program tarážních střeleckých zkoušek

155 mm DĚLO US 2002

TABULKA 24 - Tlaková úroveň [MPa] & Počet ran

Teplota [°C]	50	80	110	140	170	200	230	290	370	Celkem ran
-40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18

120 mm DĚLO US 2002

TABULKA 25 - Tlaková úroveň [MPa] & Počet ran

Teplota [°C]	200	230	290	370	440	520	600	650	690	Celkem ran
-40	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
-33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18


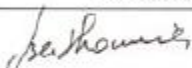


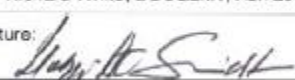
POZNÁMKA Celkový počet ran je 90 jak pro 155 mm dělo, tak pro 120 mm dělo.

Dokumentační stránka zprávy

DOKUMENTAČNÍ STRÁNKA ZPRÁVY			Formulář schválen OMB č. 0704-0188
<p>Pro tento soubor informací jsou obecné režijní náklady odhadovány v průměru na 1 hodinu za odpověď, včetně času pro přezkoumání pokynů, vyhledání existujících datových zdrojů, shromáždění a ošetření vyžadovaných dat a zkompletování a překontrolování souboru informací. Připomínky týkající se odhadu režijních nákladů nebo jiných aspektů tohoto souboru informací, včetně návrhů pro snížení režijních nákladů, pošlete na adresu Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington, VA 22202-4302 a na Office of Management and Budget, Paperwork Reduction Project (0704-0188), Washington, DC 20503.</p>			
1. Pro využití agenturou (nechej prázdné)	2. Datum zprávy 19. duben 2002	3. Typ zprávy a obsahující údaje Závěrečná zpráva	
4. Titul a podtitul FR/GE/UK/US Mezinárodní metodika zkoušek (ITOP) 3-2-810(;1) Elektrické měření tlaku v nábojové komoře			5. Číslo grantů
6. Autoři			
7. Jméno a adresa provádějící organizace (-í) Test Technology Core (CSTE-DTC-AT-WC-F) U.S. Army Aberdeen Test Center 400 Collieran Road Aberdeen Proving Ground, MD 21005-5059			8. Číslo zprávy provádějící organizace ITOP 3-2-810(1)
9. Jméno a adresa sponzorující/kontrolní agentury Technology Management Division (CSTE-DTC-TT-M) U.S. Army Developmental Test Command 314 Longs Corner Road Aberdeen Proving Ground, MD 21005-5055			10. Číslo zprávy sponzorující /kontrolní agentury Stejně jako v kolonce 8
11. Doplňující poznámky Defence Technical Information Center (DTIC), AD No.: ADB281335 Tento ITOP nahrazuje ITOP 3-2-810, 16. říjen 1995			
12a. Stanovení dostupnosti/distribuce Distribuce je omezena na národní agentury FR/GE/UK/US; Foreign Gov't Information duben 2002; jiné požadavky na tento dokument musí být vyřizovány agenturou uvedenou v kolonce 9.			12b. Kód distribuce
13. Abstrakt (maximálně 200 slov) Tento ITOP popisuje aparaturu a postup pro měření tlaku uvnitř nábojové komory zbraní jako funkce času v průběhu výstřelu pomocí piezoelektrických snímačů. Tato měření slouží k získání podkladů pro hodnocení projektů střel, výmetných náplní, iniciačních systémů a kanónů.			
14. Klíčová slova Elektrické měření Rozdílový tlak snímače Nábojová kalibrace			15. Počet stran 28
<p style="text-align: center;">Tlak v komoře Křemenové/turmalínové</p> <p style="text-align: center;">Rozsah frekvence</p>			16. Kód ceny
17. Stupeň utajení zprávy NEKLASIFIKOVÁNO	18. Stupeň utajení této strany NEKLASIFIKOVÁNO	19. Stupeň utajení abstraktu NEKLASIFIKOVÁNO	20. Omezení abstraktu SAR

Příloha D
(normativní)

Schvalovací list originálního dokumentu

 International Test Operations Procedure Internationales Erprobungsverfahren Procédure Internationale d'Essais	
Ratification Agreement For:	
ITOP No: 3-2-810(1)	19 April 2002
Electrical Measurement of Weapon Chamber Pressure	
Abstract: This ITOP describes instrumentation and procedures for measuring the pressure within chambers with piezoelectric pressure transducers as a function of time during firing tests.	
The following principal national representatives of Working Group of Experts 2.1 agree this document to be acceptable.	
Ratifying Nations	
FRANCE	Signature:  Date: 17/04/02
	ICT Claude Berthommier, DGA/DCE, ETBS, 18021 Bourges Cedex, France
GERMANY	Signature:  Date: 19.04.02
	TRAR Wolfgang Koopmann, WTD 91-440, 49707 Meppen, Germany
UNITED KINGDOM	Signature:  Date: 19 Apr 02
	Lt Col Richard White, DOSGLM1, Ash 2c #3218, MOD Abbey Wood, Bristol, BS34
UNITED STATES	Signature:  Date: 19 April 2002
	Mr. Wolfgang H.R. Schmidt, HQ DTC, Technology Management Division, (CSTE-DTC-TT-M), 314 Longs Corner Road, APG, MD, 21005-5055, USA

In principle ITOPs are intended for official use in the governments or authorized agents of the governments of France, Germany, the United Kingdom and the United States, i.e., the participants of the Four-Nation MOU relating to the mutual acceptance of Test and Evaluation, 5 December 1983. This ITOP may be released to other nations provided permission to do so has been granted by each signatory nation. Formal prior notification is required and a 30 day silence procedure is to be observed.

Supersedes: FR/GE/UK/US ITOP 3-2-810, 16 October 1995.

Classification: UNCLASSIFIED No. of Pages: 27

MEZINÁRODNÍ METODIKA ZKOUŠEK

Mezinárodní metodika zkoušek (ITOP) 3-2-810(1)
AD No. ADB281335

19. duben 2002

a) FR/GE/UK/US

b) ELEKTRICKÉ MĚŘENÍ TLAKU V NÁBOJOVÉ KOMOŘE

Překlad dokumentu z anglického originálu zpracoval VOP Šternberk s. p., divize VTÚVM Slavičín, Ing. Ladislav Kubů, CSc.

Obsah

		strana	
Paragraf	1	Úvod	2
	2	Postupy a vybavení	2
	2.1	Snímač	2
	2.2	Kabel a konektory	2
	2.3	Kalibrátor	3
	2.4	Zesilovač	3
	2.5	Záznamové zařízení	3
	2.6	Systémová nejistota měření	3
	3	Požadované zkušební podmínky	4
	3.1	Instalování snímače	4
	4	Zkušební postupy	4
	5	Požadované údaje	5
	6	Prezentace výsledků	6
Přílohy:	A	Objasnění problému	A – 1
	B	Výběr a kalibrace snímače	B – 1
	C	Nejistota a filtrování	C – 1
	D	Odkazy	D – 1

Tento dokument je výsledkem dohody mezi Francouzskou republikou, Spolkovou republikou Německo, Spojeným královstvím Velké Británie a Severního Irsku a Spojenými státy. Kterákoli z uvedených zemí může přispět dodatečnými zkušebními informacemi k potvrzení nebo zpřesnění postupů, avšak v žádném případě nebudou tyto informace odporovat ustanovením tohoto ITOP. Revize tohoto ITOP musí být schváleny všemi zúčastněnými zeměmi. Pokud se zúčastněná země musí odchýlit od ustanovení tohoto ITOP pro omezení podobného typu jako je přiměřené vybavení nebo platný národní předpis nebo přesnost používaných přístrojů, musí být použité metody popsány ve zprávě o zkouškách a v případě požadavku musí být předloženo odůvodnění k odchýlení. Přesto se může taková odchylka stát příčinou nepřijetí výsledků zkoušek ostatními zeměmi.

*Tímto ITOP se nahrazuje dřívější FR/GE/UK/US ITOP 3-2-810 Elektrické měření tlaku v nábojové komoře zbraně, 16. říjen 1995.

Distribuce je vyhrazena pouze pro národní agentury FR/GE/UK/US; Foreign Government Information; únor 2002. Jiné žádosti o dokument musí být vyřizovány prostřednictvím

Příloha D
(normativní)

Headquarters U. S. Army Developmental Test Command, Technology Management Division (CSTE-DTC-TT-M), 314 Longs Corner Road, Aberdeen Proving Ground, MD 21005-5055.

Obecně jsou ITOPy určeny k používání národními nebo autorizovanými agenturami Francie, Německa, Velké Británie a Spojených států, tj. čtyř účastnických zemí MOU pro vzájemné uznávání zkoušek a výzkumu z 5. prosince 1983.

Tento ITOP může být uvolněn pro jiné země-žadatele jedině se souhlasem všech zúčastněných zemí. Formálně se vyžadují předběžná stanoviska zúčastněných zemí a dodržuje se 30denní schvalovací lhůta.

1 Úvod

Tento dokument popisuje vybavení a postupy pro měření tlaku v nábojových komorách v závislosti na času při střeleckých zkouškách pomocí piezoelektrických tlakoměrných snímačů. Tato měření poskytují podklady pro posouzení návrhových parametrů strel, strelivin, iniciátorů a dělostřeleckých zbraní. Použití tlakoměrů s měděnými tlakoměrnými tělisky je popsáno v ITOP 3-2-810(2) a v NATO STANAG 4113.

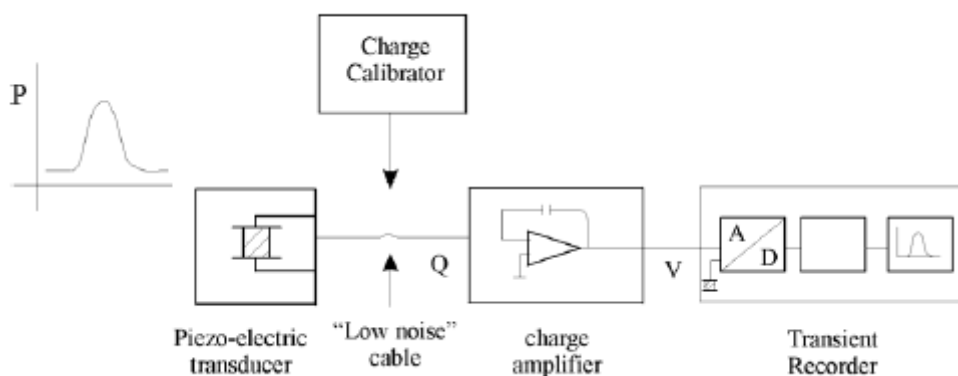
POZNÁMKA viz odkazované dokumenty v příloze D.

2 Postupy a vybavení

Na obrázku 1 je znázorněn typický „piezoměricí řetězec“. Kontrola snímače a veškerých elektrických měřicích a záznamových zařízení podléhajících mezilhůtové kalibraci a stanovené kalibraci musí odpovídat národním standardům.

2.1 Snímač. Musí být proveden výběr osvědčeného typu snímače nebo kombinace snímače s adaptérem, vhodného/vhodných pro zkoušenou zbraň. Směrnice k výběru snímače a k provedení kalibrace je uvedena v příloze B.

2.2 Kabel a konektory. Musí být použit koaxiální kabel s potlačením vzniku parazitního elektrického náboje v důsledku přemístování a ohýbání kabelu. Vhodný kabel doporučí příslušní výrobci snímačů. Konektory musí být robustní, dobře izolované, tepelně stabilní a necitlivé k znečištění a vlhkosti. K potlačení vzniku parazitního elektrického náboje se doporučují šroubovací konektory. Izolační odpor musí být $\geq 10^{12} \Omega$ aby nedošlo k driftu (posouvání nulové hodnoty) v důsledku vzniku elektrochemických proudů při bimetalické korozi zaviněné nečistotami. Délka kabelu mezi snímačem a zesilovačem nesmí přesáhnout 100 m, aby se předešlo nadměrnému šumu a driftu.



OBRÁZEK 1 - Typické zařízení pro sběr dat

Legenda k obrázku:

<i>Charge calibrator</i>	<i>Nábojový kalibrátor</i>	<i>Charge amplifier</i>	<i>Nábojový zesilovač</i>
<i>Piezo-electric transducer</i>	<i>Piezeoelektrický snímač</i>	<i>Transient recorder</i>	<i>Záznamové zařízení</i>
<i>Low noise cable</i>	<i>Nízkošumový kabel</i>		

2.3 Nábojový kalibrátor

Zařízení pro kalibraci elektrického náboje tvoří kvalitní napěťový zdroj a sada kondenzátorů. Časová a teplotní stabilita kalibrátoru musí být lepší než u zesilovače. Kalibrátor slouží k dosažení shody mezi měřicími kanály. Doporučuje se, aby míra nejistoty byla menší než 0,5 %.

2.4 Nábojový zesilovač

Zesilovač slouží k přeměně elektrického náboje vygenerovaného piezoelektrickým snímačem na nízkoimpedanční napětí vhodné pro systém sběru dat. V průběhu měření musí být zesilovač chráněn před prachem, otřesy a změnami teploty.

Rychlost driftu zesilovače musí být dostatečně malá, aby drift nepřesáhl 0,2 % předpokládané hodnoty maximálního tlaku. Zesilovač musí být nastaven tak, aby jeho časová konstanta byla větší než stonásobek doby trvání tlaku v komoře, tzn. obvykle větší než 2,5 s. Pro velkorázová děla musí být při horní úrovni 3 dB frekvenční odezva ≥ 20 kHz. Vyšší nastavení filtrů musí být použito pro minometry (50 kHz) a ještě vyšší pro zkoumání „hlučnosti“ hoření střelivin (150 kHz).

POZNÁMKA U moderních zařízení se běžně používá k digitální filtraci dat záznamové zařízení a v takovém případě se požadovaná odezva stanoví podle přílohy C.

2.5 Záznamové zařízení

Záznamové zařízení zabezpečuje obecný proces filtrování, proměňuje vstupní napětí, digitalizuje, ukládá, zpracovává a zobrazuje údaje o měření tlaku.

Vzorkovací frekvence (souběžně na všech kanálech)	≥ 100 kHz
Rozlišení	≥ 10 bitů (efektivní při 100 kHz)
Teplotní stabilita	$\leq 0,1$ % kolísání mimo rozsah laboratorní teploty

2.6 Systémová nejistota měření

Souhrnná nejistota měření, s přihlédnutím k národním standardům pro tlakové generátory, nesmí přesahovat 2 % (tj. 2 sigma) předpokládaného maximálního tlaku.

POZNÁMKA

Při měření tlaku v komoře skutečného děla pracuje snímač za podmínek přechodného účinku tepelného toku, zrychlení a deformací, jež mohou vést k dodatečné nejistotě, která nemůže být kvantifikována v laboratoři.

Příloha D
(normativní)

3 Požadované zkušební podmínky

Instalování snímače

a) Umístění

Pokud se provádí jen jedno měření, je nutno umístit snímač co nejbližší k zadnímu konci komory nebo hlavně. Je zjištěno, že rozdíly mezi zbraněmi různých zemí jsou takové, že mohou znemožnit obecné sjednocení polohy snímače. Pokud se provádějí rozdílová měření tlaku, umístí se jeden tlakoměr, tak jak bylo uvedeno výše, a druhý tlakoměr těsně za dno střely. (Viz příloha A).

b) Instalace

Před montáží tlakoměru se kontroluje vyvrtaný otvor (otvory). Na těsnicí ploše nesmí být patrné rýhy a stopy eroze od plynů. Na závitě nesmí být stopy opotřebení (v případě nezbytnosti kontrolovat závitovým měřidlem). Musí se používat příslušné vybavení snímače, jako jsou chladiče nebo podložky (např. těsnicí spojky, ocelové těsnicí objímky nebo kroužky), mazadla, montážní klíče.

POZNÁMKA

U křemenných snímačů smí být použito jen velmi malé množství mazadla na závity a spojovací plochy adaptéru před montáží v souladu s pokyny výrobce. Větší množství mazadla nesmí přijít do styku s membránou snímače.

c) Kontrola elektrického obvodu

Po instalaci se snímač spojí s piezo-zesilovačem pomocí nízkošumového kabelu, který nesmí být zkroucený nebo jinak poškozený. Provedou se následující kontroly elektrického obvodu:

- (1) Kontrola driftu;
- (2) Kontrola správnosti nastavení citlivosti snímače pomocí kalibrátoru;
- (3) Kalibrační zkouška s připojeným zesilovačem a záznamovým zařízením.

4 Zkušební postupy

- a) Před každou střelbou aplikovat na snímač ochrannou vrstvu mazadla, je-li to zapotřebí;
- b) Provést střelbu ze zbraně s měřením tlaku;
- c) Zaznamenat závislost tlak-čas od okamžiku aktivace iniciátoru do okamžiku, kdy střela opouští ústí hlavně (doporučuje se prodloužení záznamu až do poklesu tlaku na nulu, aby bylo umožněno posouzení velikosti driftu). Obvyklý charakter závislosti tlak-čas je znázorněn na obrázku 2.

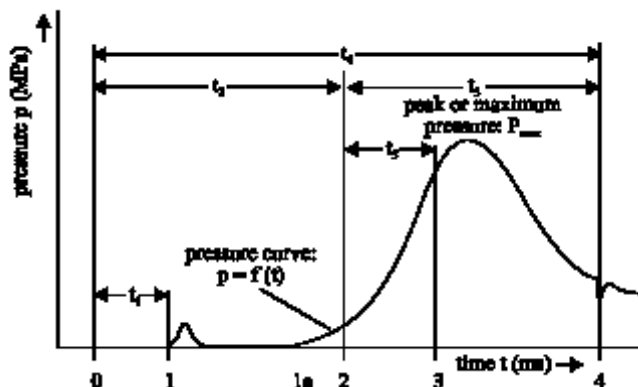


diagram tlak-čas $p = f(t)$

OBRÁZEK 2 - Důležité vnitrobalistické veličiny a časové intervaly

Legenda k obrázku:

Pressure	... tlak
Pressure curve	... tlaková křivka
Time	... čas
Peak or maximum pressure	... špička nebo maximum tlaku

0	=	aktivace iniciátoru	t1	=	doba do aktivace iniciátoru
1	=	počátek tlakové křivky iniciátoru	t2	=	doba zpoždění iniciace náplně
1a	=	počátek tlakové křivky náplně	t3	=	doba pohybu střely v hlavni
2	=	10 % z max. tlaku	t4	=	záznamový časový interval
3	=	90 % z max. tlaku	t5	=	doba rychlého nárůstu tlaku
4	=	střela opouští ústí hlavně			

P_{max} = maximální tlak, t = čas, f = funkční závislost veličin

5 Požadované údaje

Zpráva musí obsahovat přinejmenším tyto údaje:

a) Snímač.

- (1) Výrobce;
- (2) Typ snímače;
- (3) Číslo série;
- (4) Typ podložky;
- (5) Těsnicí utahovací moment;
- (6) Použitá podložka na ochranu proti teple;
- (7) Použitý typ mazadla;
- (8) *nevyužito*
- (9) Datum kalibrace snímače a číslo kalibračního protokolu;
- (10) Citlivost snímače (faktor měřidla);
- (11) Pokud je použit adaptér: výrobce, typ, podložka, sériové číslo a utahovací montážní moment;
- (12) Počet výstřelů po poslední kalibraci.

Příloha D
(normativní)

- b) Přesné umístění snímače (snímačů).
- c) Seznam použitých elektrických měřicích zařízení (tj. kalibrátor, zesilovač, zařízení pro sběr dat, datový filtr) s uvedením:
 - (1) výrobce;
 - (2) typu snímače a čísla série u všech položek.
- d) Tabelace kladného vrcholu tlakové křivky u rozdílového měření a/nebo rozdíl mezi kladným a záporným vrcholem.
- e) Diagramů tlak – čas ze všech snímačů pro všechny vystřelené rány.
- f) Tabelace hodnot tlaku z oblasti maximálního tlaku.
- g) Tabelace negativních rozdílových tlaků, je-li vyžádána.
- h) Tabelace zpoždění iniciace náplně, je-li vyžádána.
- i) Tabelace záznamového času, je-li vyžádána.
- j) Tabelace doby rychlého nárůstu tlaku, je-li vyžádána.
- k) Diagramů rozdílových měření tlaku, jsou-li vyžádány.
- l) Diagramů Plot-Log-Log (dB vs. Log (freq)) vytvořených rychlou Fourierovou transformací (FFT), jsou-li vyžádány;
- m) Popis zjištěné nejistoty výsledků.

6 Prezentace výsledků

Výstup měření tlaku může mít podobu diagramu a/nebo tabulek. Vizuální kontrola může být zaměřena na tvar diagramu s cílem odhalit problematická data. Pokud byly změřeny rozdílové tlaky, cílem kontroly je odhalení negativního rozdílu tlaků v době od začátku hoření do dosažení maximálního tlaku v komoře.

A Objasnění problému

Funkční závislost tlak-čas pro vnitrobalistické studie zbraňových systémů se zjišťuje pomocí elektrických tlakových snímačů. Piezoelektrické tlakové snímače využívají vlastnosti krystalů jako je turmalin, křemen a další, generovat elektrický náboj úměrně zatížení krystalu. Elektrické impulzy vytvářené těmito snímači se zesilují a průběžně zaznamenávají pomocí záznamového zařízení.

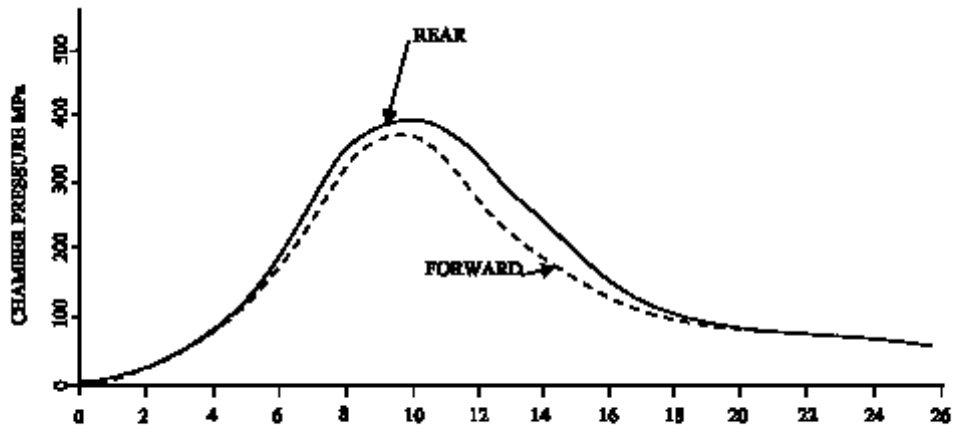
Při měření tlaku v nábojové komoře kanónů se někdy používá dvojice tlakových snímačů k změření závislosti tlak-čas v různých místech v komoře za účelem odhalení tlakových abnormalit. Tlak se měří na obou koncích komory, a pokud je to možné i uprostřed. Při normálním hoření střeliviny je okamžitý tlakový gradient v komoře vždy pozitivní; tj. tlak v zadní části komory (u závěru) je větší, než tlak v kterékoli jiné přední části komory nebo hlavně až po dno střely (viz obrázek A-1). Jestliže při hoření náplně vznikají tlakové vlny, může dojít k inverzi tlakového gradientu (tj. tlak za dnem střely je větší než tlak u závěru) znázorněné na obrázku A-2. Takové inverze tlakového gradientu vznikají v důsledku nevhodného zážehu a hoření střeliviny, provázené vznikem tlakových rázů a oscilací uvnitř komory. Jsou-li tyto inverze velké, může vzniknout nebezpečí utržení závěru hlavně. Tlakové vlny s nízkou amplitudou mohou vést k malým změnám absolutní hodnoty počáteční

Příloha D
(normativní)

rychlosti a tlaku v komoře a mohou ovlivnit reprodukovatelnost hodnot počáteční rychlosti.

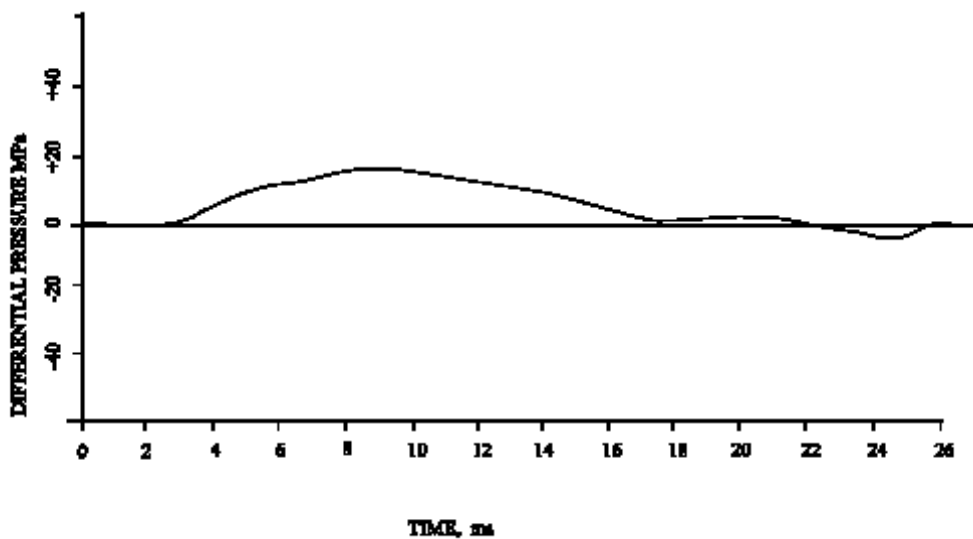
Pro stanovení magnitud rozdílových tlaků v komoře se vypočítají okamžité rozdíly mezi výstupními údaji snímačů (vzhledem k zadnímu konci) ve stejném čase. Snímače jsou umístěny na zadním konci komory a těsně za dnem střely. Výraz $\Delta P(t) = P_1(t) - P_2(t)$ vyjadřuje, že rozdílový tlak se zjistí odečtením tlaku P_2 z předního snímače od tlaku P_1 ze zadního snímače. Negativní hodnoty rozdílu vyjadřují inverzi tlakového gradientu ($-\Delta P$). Při všech zkušebních podmínkách se stanoví u každé rány maximální počáteční negativní rozdíl ($-\Delta P$) a pro všechny vystřelené rány se stanoví průměr a standardní odchylka. Pro tyto výpočty se za ($-\Delta P$) dosadí nula, pokud nebyl u dané rány zjištěn záporný tlakový gradient.

Příloha D
(normativní)



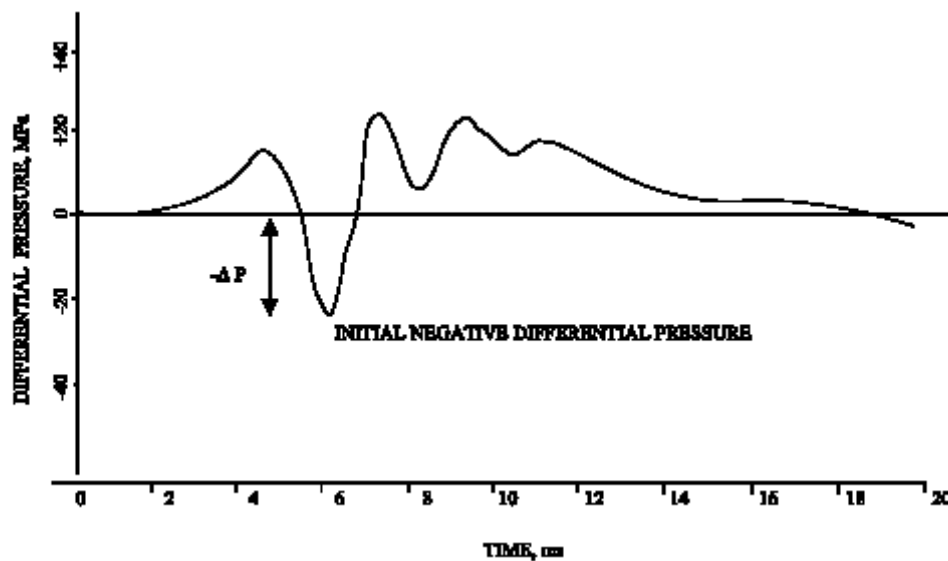
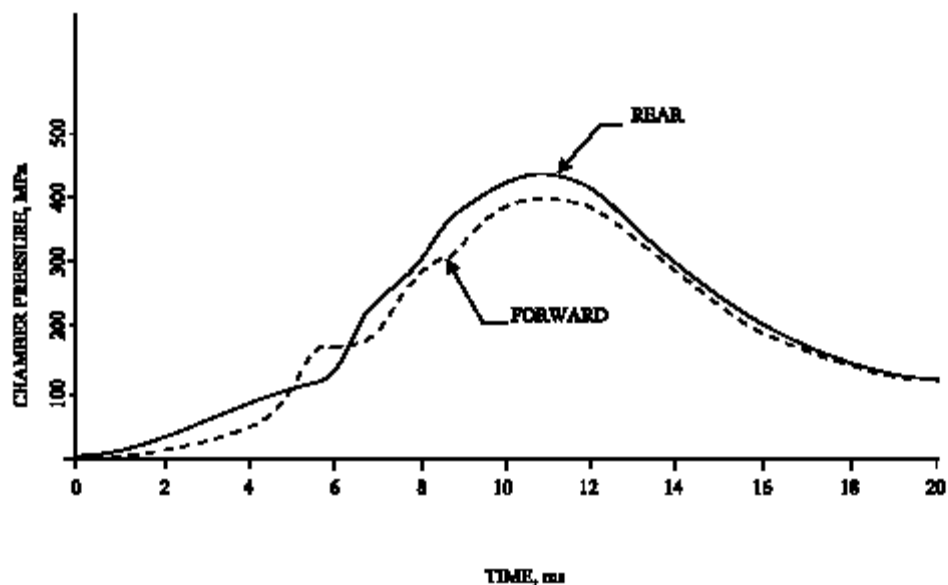
TIME, ms

Chamber pressure ... tlak v komoře
Time ... čas
Rear ... vzadu
Forward ... vpředu



Differential pressure ... rozdílový tlak
Time ... čas

OBRÁZEK A-1 - Typický záznam normálního tlaku



Diferential pressure ... rozdílový tlak
Initial negative diferential pressure ... počáteční záporný rozdílový tlak
Time ... čas

OBRÁZEK A-2 - Typický záznam záporného rozdílového tlaku

Příloha D
(normativní)

B Výběr a kalibrace snímače

Musí být vybrány takové snímače, které nejsou citlivé k rušivým vlivům vyskytujícím se u kanónů, jako teplota plamene hořící střeliviny, obvodové napětí ve stěně nábojové komory, záklužové zrychlení, ohřev hlavně. Ověřování nových snímačů se musí provádět srovnávací střelbou z děla za souběžného použití známých a osvědčených snímačů. Ke zkoušení zbraní a munice je obvykle zapotřebí speciální kombinace snímače, adaptéru a ochrany.

1. Křemenové piezoelektrické snímače

V krystalu křemene vzniká elektrický náboj jako odezva na jednoosé zatížení. Odezva nenastane, je-li krystal ponořen do kapaliny a vystaven tlaku. Křemenové tlakové snímače se skládají z membrány a těla snímače, které slouží ke konverzi hydrostatického tlaku do jednoosého zatížení krystalového senzoru. Membrána je vystavena přechodnému tepelnému toku a někdy musí být opatřena ochrannou tepelnou podložkou nebo vrstvou maziva k potlačení tohoto rušivého vlivu. Tělo snímače podléhá hysterézi a je ovlivňováno obvodovým zatížením stěny, montážním momentem sil a poškozením těsnících ploch a hran. Citlivost snímače se mění v závislosti na teplotě těla snímače, např. křemenový snímač K6213B má koeficient teplotní citlivosti +0,03 % na °C. Křemenové snímače nevytvářejí pyro-elektrický náboj, tudíž se vyznačují malým driftem po poklesu tlaku v komoře na úroveň atmosférického tlaku.

Je zjištěno, že spolehlivých výsledků měření se dosahuje s těmito snímači:

Snímač	Maximální tlak	Poznámka
Kistler 6213B závit M12	1000 MPa	
Kistler 6215 závit M10	600 MPa	
Kistler 6211* závit M10	750 MPa	Těsnění nákrůžkem
Kistler 6203* závit M10	500 MPa	Tlakoměr SA&cannon Těsnění nákrůžkem

* Nepoužívat u nových zbraňových systémů

2. Turmalínové piezoelektrické snímače

Turmalin vytváří elektrický náboj jako odezvu na hydrostatický tlak. Turmalínové snímače jsou přirozeně lineární a necitlivé k zatěžování montážním momentem. Na ochranu snímače před teplem hořících plynů se při měření používá mazivo.

Tlakoměr s otevřeným snímačem je jednoduše řečeno elektrostatický kryt, obsahující krystal ponořený do kapaliny, která má velký modul objemové pružnosti a velkou tepelnou kapacitu. Nevýhodou otevřeného turmalínu je pyro-elektrická odezva dosahující obvykle hodnoty – 1,4 MPa na °C. Důsledkem toho bývá drift nulové hodnoty. K driftu přispívá rovněž stlačení pracovní kapaliny při kalibraci s využitím hydraulického protitlaku. K eliminování chyby způsobené pyro-elektrickou odezvou se turmalínové snímače přezkušují při krokových změnách tlaku.

Příloha D
(normativní)

Miniaturizované utěsněné turmalínové snímače nepoužívají hydrostatické médium, zato mají robustní zapouzdřenou konstrukci, která je elektricky izolovaná od země za účelem minimalizace elektrického šumu z pozemních smyček.

Národními testy s velkorážovými děly bylo zjištěno, že spolehlivých výsledků měření se dosahuje s těmito turmalínovými snímači:

Snímač	Maximální tlak	Poznámka
US E30MA	770 MPa	Miniaturní těsněný turmalínový tlakoměr
UK SLG, ELG, RLG	750 MPa	7/8" BSP závit, otevřený tlakoměr

Omezený počet srovnávacích střelb z tankových kanónů a dělostřeleckých zbraní naznačuje, že reprodukovatelnost výsledků při střídání křemenných a turmalínových snímačů je lepší než ± 2 %.

3. Adaptéry (jsou-li potřebné)

Snímač může být vložen do kovového adaptéru, jenž se poté zašroubuje do stěny nábojové komory s patřičným utěsněním. Mezi důvody k použití adaptéru patří:

- Přizpůsobení rozdílných závitů na tlakoměru a na hlavni;
- Snadnost montáže jestliže jsou u děla hluboké otvory v zadku hlavně nebo v objímce;
- Získání dokonale zabroušených těsnicích ploch pro krystalové tlakoměry;
- Ochrana těla tlakoměru před účinky napětí v stěně hlavně děla;
- Potlačení škodlivého účinku agresivních spalných plynů.

Adaptér může změnit citlivost křemenového snímače až o 1 %. Proto musí být snímač kalibrován v adaptéru včetně tepelné ochrany, atd.

4. Kalibrace

Pro rozsah tlaku od 50 MPa do 1000 MPa se používá hydraulických tlakových generátorů, které generují statický tlak odpovídající příslušným národním standardům. Snímač se připevní k tlakovému generátoru s adaptérem a s tepelnou ochranou, pokud ji má. Pokud je to možné, musí být k připevnění snímače použit stejný montážní moment a stejné těsnění jaké má být použito u skutečného děla.

Tlak se nastaví a uvolní teprve až po „usazení“ tepelné ochrany a snímače. Toho je dosaženo až tehdy, když rozdíl dvou po sobě jdoucích měření je menší než 0,5 %. Poté se uskuteční série opakovaných nastavení tlakových úrovní k zjištění závislosti mezi nastaveným tlakem a elektrickým nábojem vystupujícím ze snímače. Maximální nastavený tlak musí být větší než maximální tlak očekávaný při střelecké zkoušce. Pokud měřicí zařízení vykazují hystereze, bývá zvykem začít největším stimulem a postupně jeho velikost zmenšovat. Formát stimulů je definován v národních kalibračních předpisech. K stanovení charakteristiky odezvy snímače obvykle postačuje 5 až 7 tlakových úrovní.

Příloha D
(normativní)

Zachovat záznamy o kalibraci a používání snímačů. Tyto záznamy musí být použity ke kontrole citlivosti a linearity změn, které nastávají při skutečné střelbě z děla.

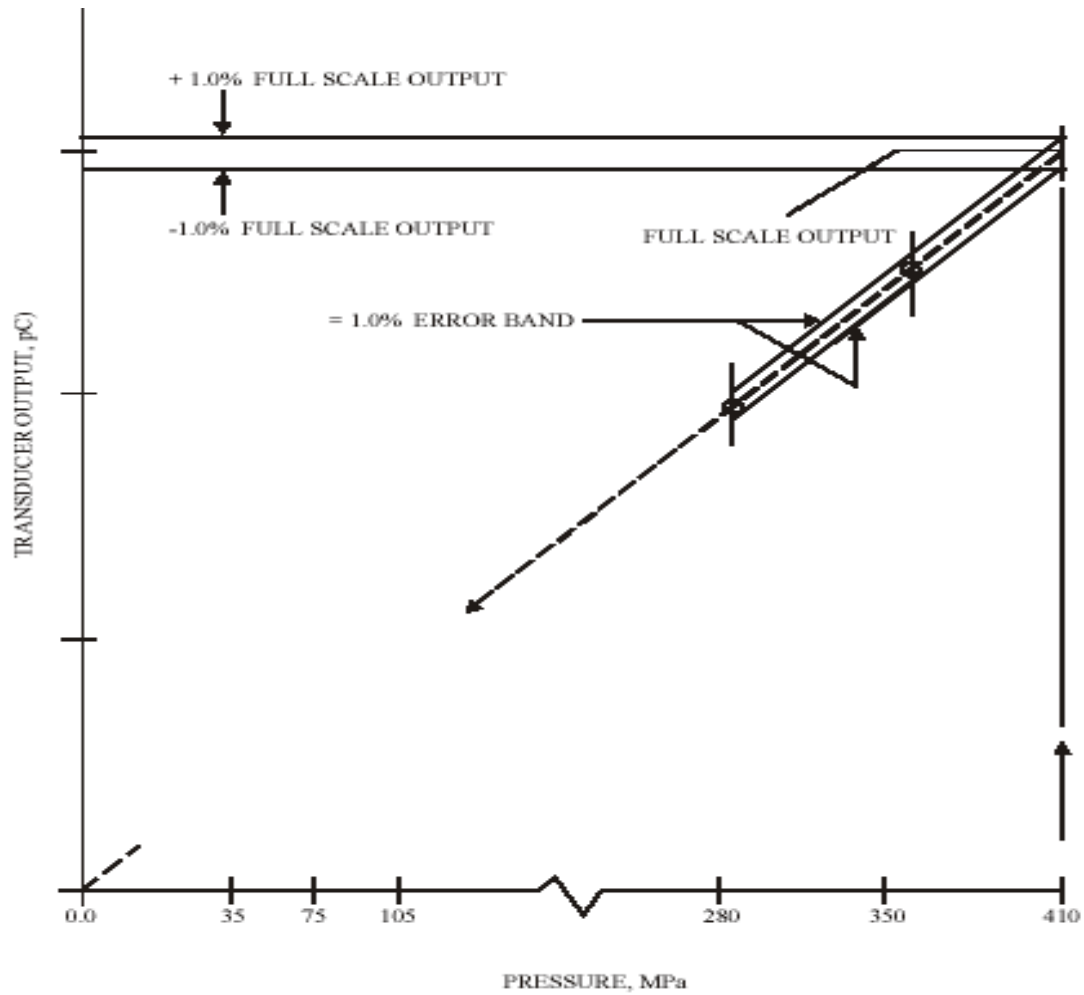
Reprodukovatelnost požadovaná u snímačů:

- Změna citlivosti vůči hodnotě u nového $\leq \pm 5 \%$;
- Změna citlivosti vůči předchozí kalibraci $\leq \pm 2 \%$.

Jestliže snímač překračuje výše uvedené limity nebo vykazuje výraznou změnu linearity, musí být vyřazen z používání.

Přímka proložená bodem „nula“ elektrického náboje a bodem „nula“ tlaku přiměřeně popisuje charakteristiku odezvy turmalínových snímačů a některých křemenových snímačů. Citlivost se zjistí tak, že se provede lineární regrese nejméně druhého stupně pro zjištěnou závislost výstupního elektrického náboje na tlaku. Pokud se použije jedna hodnota citlivosti, pak požadovaná linearita charakteristiky odezvy snímače je $\leq \pm 1 \%$ celého rozsahu výstupu. Tento požadavek je graficky znázorněn na obrázku B-1. Nelineární charakteristiky odezvy jsou přijatelné, pokud jsou hladké a reprodukovatelné. Postup získání charakteristiky odezvy a zpracování dat je uveden v příloze C.

Dynamická charakteristika odezvy je u mnoha snímačů odlišná od kvazi-statické hodnoty zjištěné při kalibraci s tlakovým generátorem. Pro zlepšení přesnosti při měření rozdílového tlaku se může provést párování snímačů pomocí pulzního tlakového generátoru. Několik snímačů zároveň může být vystaveno tlakovému pulzu. Výstupy všech snímačů mohou být srovnány se srovnávacím tlakoměrem, který byl laboratoří vybrán podle stability a linearity.



(transducer output ... výstup snímače, full scale output ... celý rozsah výstupu)

OBRÁZEK B-1 - Kalibrační křivka

Příloha D
(normativní)

C Nejistota a filtrování

Bude uveden příklad výpočtu nejistoty. Prvním krokem je stanovení nejistoty maximálního tlaku, druhým krokem je stanovení nejistoty proměnného tlaku $P(t)$ aby byl umožněn výpočet nejistoty rozdílového tlaku $P_1(t) - P_2(t)$.

1. Nejistota maximálního tlaku

Tabulka C-1 obsahuje seznam částečných neurčitostí v relaci k příslušným zdrojům chyb pro následující fáze:

- a) Periodická laboratorní kalibrace snímače;
- b) Provozní kalibrace záznamového zařízení bez snímače;
- c) Zkoušky.

Fáze a) Po každé periodické kalibraci musí být známa statická citlivost snímače s relativní neurčitostí 0,4 %.

Fáze b). Provozní kalibrace spočívá v měření „zisku“ (jednotka V/pC) záznamového zařízení bez snímače. Provádí se pomocí napěťového kalibrátoru s vnitřním kapacitním napěťovým zesilovačem (typicky 1000 pF). Hodnota kondenzátoru periodicky měřená v laboratoři je známa s relativní neurčitostí 0,1 %, jenže byl zjištěn statistický rozdíl od nominální hodnoty 1000 pF, takže dvojitá standardní úchylka je 0,77 %. S uvážením způsobu práce operátora při měření by přiměřená nejistota mohla být 0,1 % nebo 0,77 %. Vliv provozní teploty na nejistotě hodnoty kondenzátoru je odhadnut na 0,056 %. Nejistota zisku pro tuto provozní kalibraci je:

$\sqrt{0,1^2 + 0,007^2 + 0,056^2} \neq 0,12$ % je-li kondenzátor známý (tj. kalibrovaný), anebo

$\sqrt{0,77^2 + 0,007^2 + 0,056^2} \neq 0,77$ % je-li hodnota kondenzátoru 1000 pF.

Fáze c). Tři hlavní parametry, které jsou ovlivňovány chybami v průběhu záznamové fáze, jsou citlivost snímače (včetně laboratorní nejistoty), zisk zařízení (vypočtený při provozní kalibraci) a výstupní napětí. Viz obrázek C-1.

Jak ukazuje tabulka C-1, není známa systematická chyba zaviněná odchylkou citlivosti snímače. Nemůže být, protože neexistuje ani dynamický kalibrační systém ani lepší způsob měření tlaku, jež by umožnily srovnání. Proto se konvenčně bere tato hodnota jako nulová; to se může stát problémem pouze tehdy, když se mění generace snímačů (což se přihodilo jednou během posledních dvaceti let); na druhé straně to není problém, pokud jde o rozdílový tlak $P_1(t) - P_2(t)$.

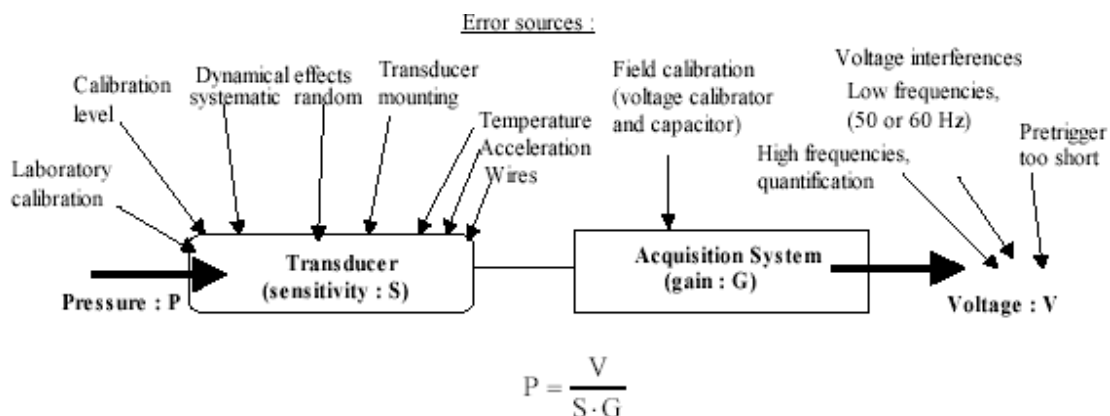
Jiným důležitým bodem je doporučení k použití adaptéru, který minimalizuje chyby vázané jak na montáž, tak i na dynamické efekty.

Pro dvě nejistoty se volí nulová hodnota:

- Vodiče musí být dostatečně krátké, aby mezní frekvence nebyla příliš nízká;
- Neshoda mezi dvojitými podmínkami (při určité teplotě) při provozní kalibraci a při samotném měření se pokládá za nevýznamnou.

Příloha D
(normativní)

Výsledná nejistota maximálního tlaku pak dosahuje 2 % s adaptérem a 3 % bez adaptéru.



OBRÁZEK C-1 - Chyby každého parametru záznamového zařízení

Legenda k obrázku:

<i>pressure...</i>	<i>tlak</i>	<i>acquisition system...</i>	<i>záznamové zařízení</i>
<i>transducer ...</i>	<i>snímač</i>	<i>gain...</i>	<i>zisk zařízení</i>
<i>sensitivity...</i>	<i>citlivost</i>	<i>field calibration...</i>	<i>provozní kalibrace</i>
<i>laboratory calibration...</i>	<i>laboratorní kalibrace</i>	<i>voltage calibrator...</i>	<i>napěťový kalibrátor</i>
<i>calibration level...</i>	<i>kalibrační úroveň</i>	<i>capacitor...</i>	<i>kondenzátor</i>
<i>dynamical effects... systematic...</i>	<i>dynamické účinky systematické</i>	<i>voltage... voltage interferences</i>	<i>voltáž napěťová interference</i>
<i>random...</i>	<i>náhodné</i>	<i>high frequencies...</i>	<i>vysoké frekvence</i>
<i>transducer mounting...</i>	<i>uložení snímače</i>	<i>low frequencies...</i>	<i>nízké frekvence</i>
<i>temperature...</i>	<i>teplota</i>	<i>pretrigger too short..</i>	<i>příliš krátký spouštěcí impuls</i>
<i>acceleration...</i>	<i>zrychlení</i>	<i>wires...</i>	<i>error sources...</i>
<i>wires...</i>	<i>vodiče</i>		<i>zdroje chyb</i>

TABULKA C-1 - Nejistota veškerých parametrů a zdroje chyb

Fáze	Parametry	Zdroje nejistoty	Speciální případ	Relativní nejistota	Absolutní nejistota
Kalibrace snímače	Náboj	Přímo kalibrační křivka		4,00E-03	ΔQ_{etal}
	Tlak	Inverzní kalibrační křivka		4,00E-03	ΔP_{etal}
Polní kalibrace	Tlakový práh	Kalibrace napětí		5,60E-04	ΔU_{Ecal}
	Kalibrační kondenzátor	Při 23 °C	Od výrobce	7,70E-03	ΔC_C

Příloha D
(normativní)

Fáze	Parametry	Zdroje nejistoty	Speciální případ	Relativní nejistota	Absolutní nejistota	
			Měřeno	1,00E-03		
		Při 13 až 33 °C		7,00E-05	ΔCT	
	Výstupní napětí	Kvantifikace 12 bitů		2,90E-04	ΔU_{Scal}	
Zaznamenání údajů o tlaku	Citlivost	Systematický dynamický efekt		Neznámý: 0	ΔS_{dysys}	
		Náhodný dynamický efekt	S adaptorem	1,00E-02	ΔS_{dyndis}	
			Bez adaptoru	1,50E-02		
		Montáž	S adaptorem	0	ΔS_{mt}	
			Bez adaptoru	1,00E-02		
		Teplota		6,00E-03	ΔST	
		Zrychlení		5,60E-03	ΔSAC	
		Drát		0	ΔS_{ca}	
		Kalibrace		4,00E-03	$\Delta S_{etal} = \Delta P_{etal}$	
		Nesoulad mezi Pmax a kalibrační úrovní	Konstantní citlivost	2,70E-03	$\Delta S_{cal}/max$	
				Inverzní křivka		0
		Výstupní napětí	HF interference		1,70E-03	$\Delta U_{SCacqHF}$
			BF interference		2,40E-03	$\Delta U_{SCacqBF}$
			Příliš krátký pretrigger		7,00E-04	ΔU_{SCacqO}
		Zisk	Zisk z kalibrační fáze	Od výrobce	7,70E-03	ΔG_{cal}
Měřeno	1,20E-03					
Změny z kalibrace			0	$\Delta G_{acq/cal}$		

POZNÁMKA

V posledním sloupci tabulky je tučným tiskem označen název veličiny a kurzívou příslušný dolní index dle originálu textu.

2. Systematické chyby

Odstavec 1 ukazuje, že část systematických chyb nemůže být ani zjištěna ani odhadnuta pomocí jakýchkoli experimentů. Navíc v průběhu specifické zkoušky se několik parametrů zadává fixními hodnotami podle zkušebních podmínek (volba děla a příslušných měřicích otvorů, denní teplota, volba snímače a celého záznamového zařízení, způsob práce operátora, atd.) To znamená, že u této specifické zkoušky několik zdrojů nejistoty měření způsobí její odlišnost od jakékoli jiné zkoušky i od obecného průměru. To zároveň znamená, že srovnání dvou rozdílných skupin zkoušek umožňuje odhalit systematickou neshodu. Zkušenost ukazuje, že tato neshoda často mívá magnitudu stejného řádu jako samotná ohlášená nejistota, což je obtížně přijímáno jak operátorem měření, tak klientem. Aby se předešlo zpochybnění měření, musí být provedena validace výsledků formou srovnávacího měření s referenční střelivinou. S dávkou referenční střeliviny musí být periodicky střelbou ověřována přijatelnost tlakových úrovní. Srovnávací střelecké měření umožňuje provedení korekce výsledků.

3. Nejistota rozdílového tlaku

Nejistota maximální (nebo minimální) hodnoty rozdílu $P_1(t) - P_2(t)$ musí být vypočítána z nejistoty samotného $P(t)$. Jelikož kalibrace snímače se všeobecně provádí pouze v jedné části celkového měřicího rozsahu (typicky v ETBS mezi 10 a 100 % rozsahu snímače), není známa citlivost všude, a to komplikuje výpočet nejistoty pro $P(t)$. Nicméně kalibrace snímače při nízké úrovni může pomoci řešit tento problém. Jelikož obecně nelze předpovědět, pro jaké tlakové úrovně nastane maximum rozdílu $P_1(t) - P_2(t)$, provede se odhad globální nejistoty pro $P(t)$; ta je náhodou stejná jako pro P_{max} : 2 % P_{max} (s adaptérem). Je samozřejmě důležité upřesnit, že to jsou procenta maximální hodnoty tlaku $P(t)$ a ne procenta čtení. Tudíž absolutní nejistota libovolného bodu $P_1(t) - P_2(t)$ je:

$$\Delta(P_1 - P_2) = \sqrt{(\Delta P_1)^2 + (\Delta P_2)^2} = \sqrt{(2 \cdot \Delta P)^2} = \Delta P \cdot \sqrt{2} \approx 3\% P_{max} \quad (\text{s adaptérem}).$$

To znamená, že relativní nejistota $\frac{\Delta(P_1 - P_2)}{P_1 - P_2}$ je obecně velmi důležitá.

4. Filtrace

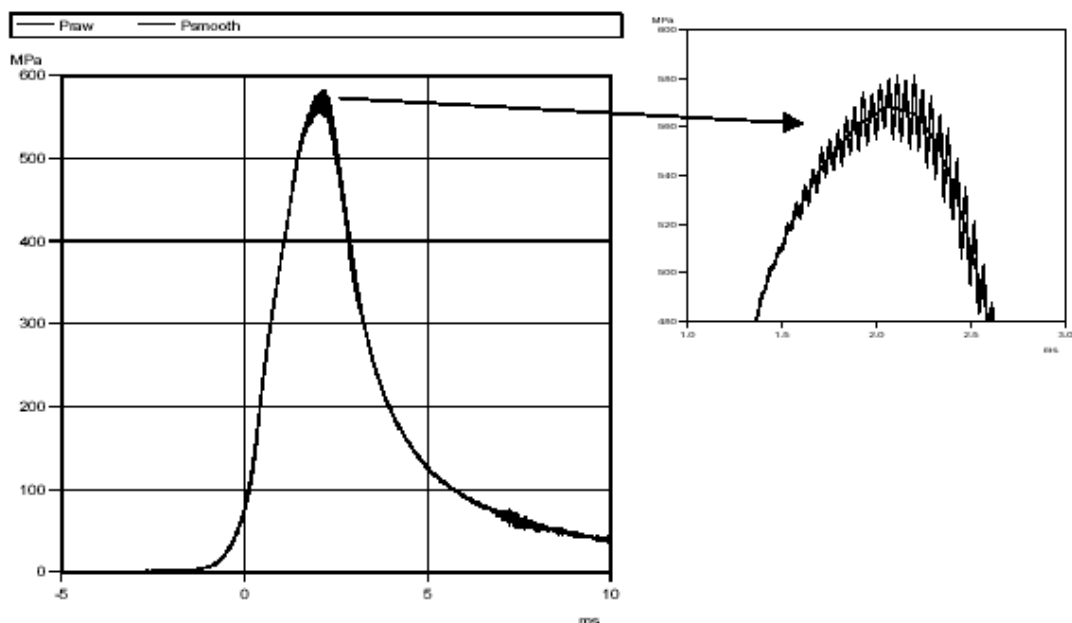
Účelem dolnopropustní filtrace údajů o tlaku je odstranit ze záznamové křivky následky všech vlivů (s výjimkou tlaku) vyprodukovaných vysokofrekvenčními signály. Obecně je poměr mezi rychlostí vzorkování a kritickou frekvencí analogového filtru dosti vysoký ve srovnání se strmostí filtru, aby se eliminovalo rozkmitání grafu (i když rozkmitání není zdrojem problémů, pokud se provádí tradiční redukce údajů o tlaku).

Nicméně interferenční šířka pásma a užitečná šířka pásma se mohou překrývat a pak je obtížné nalézt kritickou frekvenci univerzálního analogového filtru. Tyto druhy filtrů neumožňují operátorovi kontrolovat kvalitu měření, jelikož část informace je skryta. Doporučuje se používat jak analogové, tak i digitální filtry. Analogový filtr musí mít dostatečně vysokou kritickou frekvenci (20 nebo 30 kHz) k potlačení vysokofrekvenční interference. Charakteristiky digitálního filtru mohou být upraveny k odstranění problému zjištěného na signálu, nebo standardizovány pro všechny signály. Jako příklady sdružení filtrů lze uvést:

- Analogový filtr: Typ BESSEL s čtyřmi póly a s kritickou frekvencí 20 kHz. Nový komerčně dostupný zesilovač neumožňuje tuto volbu: vnitřní filtr Butterworth s dvěma póly a s kritickou frekvencí 30 kHz by neměl představovat problém, pokud signál neobsahuje krátkodobý náběh, který pravděpodobně způsobuje překmit.
- Digitální filtr: Většina digitálních záznamových zařízení umožňuje vyhlazení signálu.

Každý z vyhlazených signálů je vypočítán na základě srovnání mezi předcházejícím a následujícím bodem hrubého signálu. Způsob výpočtu může být triangulární a počet srovnávaných bodů by měl odpovídat rozmezí $\pm 70 \mu s$ okolo středního bodu (15 bodů vyhlazení pro vzorkovací frekvenci 100 kHz), viz obrázek C-2.

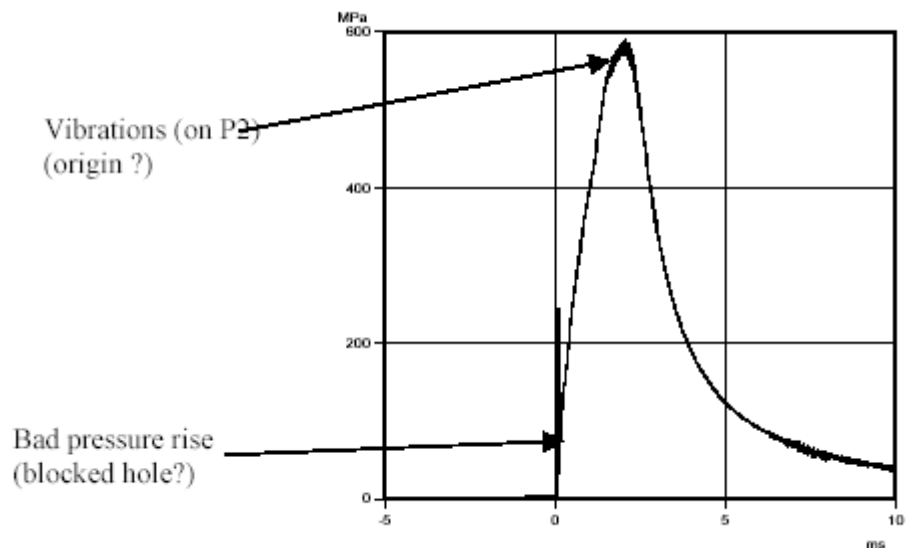
Příloha D
(normativní)



OBRÁZEK C-2 - Superpozice hrubé a vyhlazené křivky (se zvětšením)

5. Příklady tlakových křivek

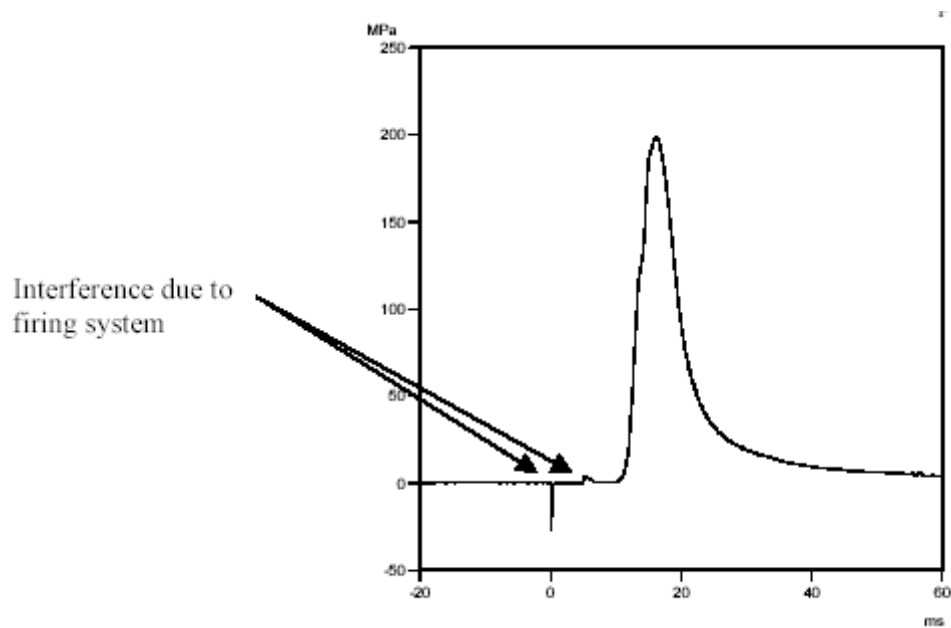
Obrázky C-3 až C-6 ukazují typické diagramy tlak-čas. V závislosti na jejich typu a na použití výsledku mohou být data zčásti anebo zcela nepoužitelná.



OBRÁZEK C-3 - Nedostatky. První příklad

Legenda k obrázku:

Vibrations (on P2)...	Rozkmit (na P2)	Origin ?...	Původ?
Bad pressure rise...	Nesprávný nárůst tlaku	Blocked hole?...	Ucpaný otvor?

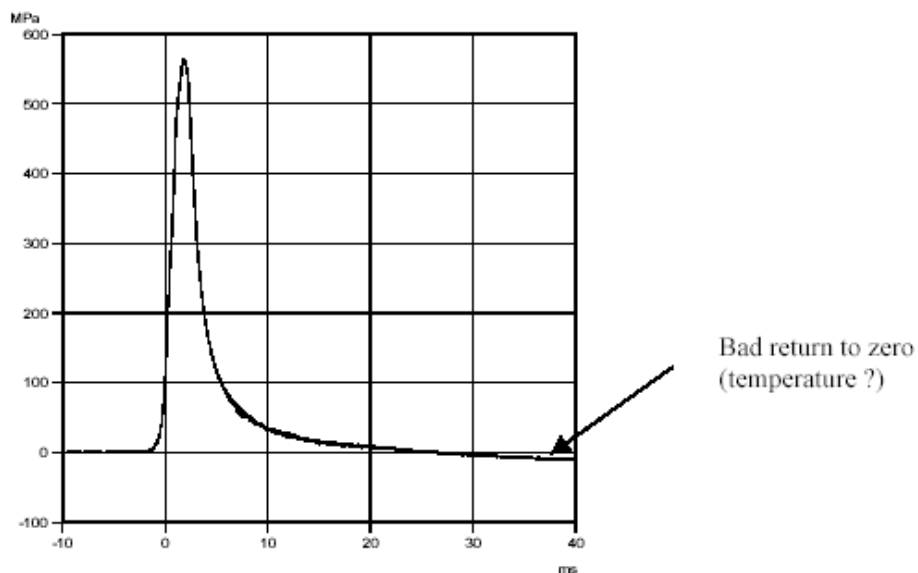


OBRÁZEK C-4 - Nedostatky. Druhý příklad

Legenda k obrázku:

Interference due to firing system = Interference způsobená iniciačním systémem.

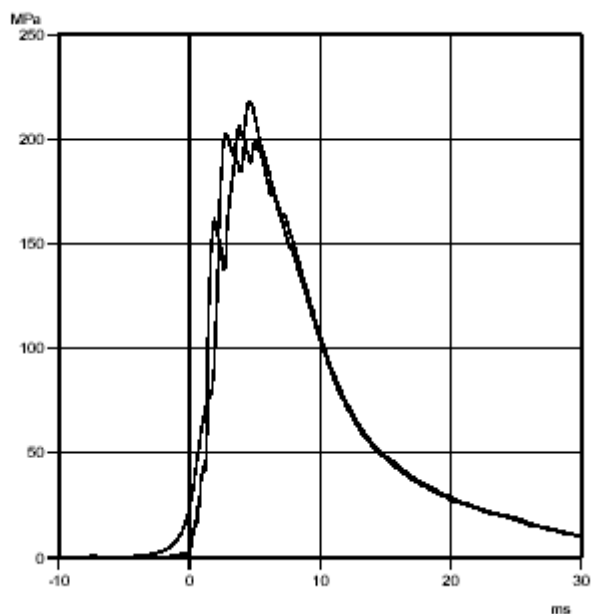
Příloha D
(normativní)



OBRÁZEK C-5 - Nedostatky. Třetí příklad

Legenda k obrázku:

*Bad return to zero ... Nesprávný návrat k nule.
(temperature?) ... (teplota?)*



OBRÁZEK C-6 - Příklad tlakových vln (nejde o problém měření)

D Odkazy

POZNÁMKA

Každá schvalující země si vyhrazuje právo nepoužívat odkazovanou dokumentaci před jejím formálním zavedením v dané zemi.

Informativní odkazy

- a) ITOP 3-2-810 (2), Copper Crusher Measurement of Weapon Chamber Pressure, 5 April 2001.

(Měření tlaku v nábojové komoře zbraně tlakoměry s měděnými tlakoměrnými tělísky)

- b) NATO STANAG 4113, Pressure Measurement by Crusher Gauges.

(Měření tlaku tlakoměry s tlakoměrnými tělísky)

Budoucí poznámky, doporučené změny nebo případné údaje, které by mohly být využity k zdokonalení této publikace, zasílat na některou z následujících adres: Headquarters, U. S. Army Developmental Test Command, (CSTE – DTC – TT – M), 314 Long Corner Road, Aberdeen Proving Ground, MD 21005 - 5055; Direction des Centres d'Expertise et d'Essais, Etablissement Technique de Bourges, Route de Guerry 18021 Bourges Cedex, France; Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition (WTD91), Dezernat 440, 49707 Meppen, Federal Republic of Germany; nebo DOSG LMI, Ash 2c #3218, DPA, MOD Abbey Wood, Bristol BS34 8JH, United Kingdom. Další kopie jsou dostupné od Defence Technical Information Center, 8725 John J. Kingman Rd., STE 0944, Fort Belvoir, VA 22060 – 6218. Tento dokument je označen přírůstkovým číslem (AD No.) vytištěným na první straně.

Účinnost českého obranného standardu od: **2. června 2009**

Změny:

Změna číslo	Účinnost od	Změnu zapracoval	Datum zapracování	Poznámka

U p o z o r n ě n í: Oznámení o českých obranných standardech jsou uveřejňována měsíčně ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví v oddíle „Ostatní oznámení“ a Věstníku MO.

V případě zjištění nesrovnalostí v textu tohoto ČOS zasílejte připomínky na adresu distribuce.

Rok vydání: 2022, obsahuje 38 listů

Distribuce: Odbor obranné standardizace Úř OSK SOJ, nám. Svobody 471/4, 160 01 Praha 6

Vydal: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti
oos.army.cz

NEPRODEJNÉ
