

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Војна академија Универзитета одбране у Београду



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Општи смер

Предмет: Унутрашње балистичко пројектовање

Број индекса: 383/2019

Алекса Д. Аничих

**АНАЛИЗА УТИЦАЈА БАЛИСТИЧКИХ
ПАРАМЕТАРА У ПРОЦЕСУ
ИСПИТИВАЊА И КОНТРОЛЕ СТРЕЉАЧКЕ
МУНИЦИЈЕ 12,7x108 mm**

-Мастер рад-

Комисија за преглед и одбрану:

1. пп. др Небојша Христов- ментор

Датум одбране: _____

2. _____

Оцена: _____

3. _____

ПРИЛОГ 6: Пријава мастер рада



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Основне студије: **Војноиндустријско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Општи смер**

Име и презиме: **Алекса Аничкић**

Број индекса: **383/2019**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **АНАЛИЗА УТИЦАЈА БАЛИСТИЧКИХ ПАРАМЕТАРА У ПРОЦЕСУ
ИСПИТИВАЊА И КОНТРОЛЕ СТРЕЉАЧКЕ МУНИЦИЈЕ 12,7x108 mm**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да на примеру калибра 12,7x108 mm изврши детаљан опис и идентификацију утицајних унутрашњемобалистичких параметара на основу експерименталних резултата у процесу балистичких испитивања и контроле стрелјачке муниције. У току рада кандидат ће описати методологију (стандарди и правилници по којима се врши испитивање), мерну опрему и технолошке поступке током испитивања. На основу примењене методологије ће детаљно разрадити програм испитивања и начин регистровања измерених балистичких параметара. За свако појединачно испитивање, кандидат треба да прикаже квалитативне и квантитативне елементе испитиваних узорка, као и поређења са нормативним документима - Правилнику о контроли производа (ПКП) и стандардима (СОРС, МИЛ и сл.), који су прописани. Након реализованих испитивања на одговарајућем броју узорка, кандидат ће описати начин одређивања мерне несигурности и дати егзактне податке за анализу добијених резултата. На основу обрађених резултата појединачних серија испитивања и упоредном анализом, кандидат ће извршити идентификацију утицајних унутрашњемобалистичких параметара и поређење са резултатима прорачуна. У закључку кандидат треба да прикаже до којих је резултата дошао и да смернице за будући рад.

Ментор:

др Небојша Христов, доцент

Крагујевац, 27.02.2020. године

Резиме:

У овом раду извршена је анализа утицаја балистичких параметара две врсте барута (СБ и НЦ) муниције 12.7 x 108mm у процесу испитивања и контроле. Приликом анализе коришћена је опитна цев, стандардна мерна опрема за добијање резултата брзине и притисака. Пре свега, теоријски су објашњени појмови балистике, барута, принципи мерења као и обрада резултата мерења.

Испитивања и контроле су првенствено вршени у Заводу за испитивање оружја и муниције и затим у још две фирме наменске индустрије. Добијени резултати представљени су теоријски, табеларно и графички. На основу добијених резултата рађен је прорачун мерне несигурности типа А, Б и комбинована за по 3 групе муниције за оба типа барута.

Кључне речи: унутрашња балистика, мерење, барут, мерна несигурност.

Abstract:

The analysis of the influence of ballistic parameters of two types of gunpowders (SB and NC) of 12.7 x 108 mm ammunition in the process of testing and control is performed in this paper. During the analysis, a test barrel and standard measuring equipment was used to obtain the results of muzzle velocity and pressure. First of all, the concepts of ballistics, gunpowders, measurement principles as well as the processing of measurement results are theoretically explained.

Tests and controls were performed primarily in the Proofhouse for the testing firearms and ammunition and then in two other companies in the military industry. The obtained results are presented theoretically, tabularly and graphically. The calculation of uncertainties of types A, B and combined for 3 groups of ammunition for both types of gunpowder was performed based on the obtained results.

Key words: internal ballistics, measurement, gunpowder, measurement uncertainty

Садржај

1. Унутрашња балистика.....	4
1.1. Процес опаљења	5
2. Барути.....	8
2.1. НЦ барут	10
2.1. СБ барут.....	12
3. Експериментална балистика	13
3.1. Предмет експерименталне балистике	13
3.2. Садржај експерименталне балистике	13
4. Мерење притисака и брзине.....	16
4.1. Пиезоелектрични сензори притиска	18
4.2. Пиезоелектрична метода мерења притиска у цеви	20
4.3. Креирање мерног система за мерење промене притиска унутар цеви оружја.....	21
4.4. Фактори који утичу на мерење притиска	23
Мерна опрема	24
Муниција.....	24
Процедура испитивања	24
Припрема опреме	24
4.5. Мерење брзине.....	25
5. C.I.P.	26
5.1. Захтеви и прописи C.I.P.-а.....	27
Сензор притиска и наставци.....	27
Заштита површине преноса притиска	27
Појачивач сигнала	28
Димензије и толеранције за опитне цеви за муницију са централним паљењем.....	28
Ударачки механизам.....	29
Припрема сензора притиска и муниције	30
Димензионална контрола муниције	30
Припрема муниције	31
Контрола максималног притиска и брзине	31
Мерење кинетичке енергије	32
5.2. Балистичка мерења.....	32
Припрема цеви и инсталирање претварача	36
6. Прорачун методе Дроздова	44

6.1.	СБ барут.....	45
6.2.	НЦ барут	47
7.	Припрема група муниције са СБ и НЦ барутом	49
7.1.	Припрема група муниције са СБ барутом	52
	Стандардна група	52
	Група са контролисаним масама барутних пуњења	54
	Група са контролисаним масама барутних пуњења и зрна	55
7.2.	Припрема група муниције са НЦ барутом	58
	Стандардна група	58
	Група са контролисаним масама барутних пуњења	60
	Група са контролисаним масама барутних пуњења и зрна	61
8.	Упоредна анализа балистичких резултата у оквиру три фирме наменске индустрије и УБ прорачуна	63
8.1.	Мерење брзине у Заводу и другој фирми наменске индустрије.....	63
8.2.	Мерење брзине и притиска у Заводу и трећој фирми наменске индустрије	65
8.3.	Упоредна анализа балистичких резултата у оквиру три фирме наменске индустрије и УБ прорачуна	68
9.	Дефиниција мерења	69
9.1.	Резултати мерења	70
9.2.	Мерне грешке и мерна несигурност	73
9.3.	Мерна несигурност типа А.....	76
9.4.	Мерна несигурност типа Б.....	79
9.5.	Комбинована мерна несигурност.....	79
10.	Примери прорачуна мерне несигурности типа А, типа Б и комбиноване	81
10.1	Примери прорачуна мерне несигурности типа А.....	81
10.2	Мерна несигурност типа Б за мерну опрему за мерење брзине и притиска	83
10.3	Комбинована мерна несигурност.....	85
	Закључак	86
	Литература	88
	Списак слика	89
	Списак табела	90
	Списак графика	91

1. Унутрашња балистика

Унутрашња балистика је наука која се бави изучавањем појава и процеса који се одигравају у току процеса опаљења унутар цеви оруђа или оружја. Опаљење из оруђа је сложени термодинамички и гасодинамички процес брзог, скоро тренутног, претварања хемијске енергије барута прво у топлотну, а затим у кинетичку енергију барутних гасова, који покрећу пројектил, цев, сам лафет оруђа. Опаљење траје неколико милисекунди (ms) до неколико десетина милисекунди (ms) и при томе се постижу максимални притисци барутних гасова од 500 до 5000 bar. У току процеса опаљења температура барутних гасова у тренутку њиховог формирања постиже вредности од $1500 \div 2000$ K до $2500 \div 3700$ K у тренутку када они напуштају уста цеви оружја или оруђа. Брзина пројектила на устима цеви оруђа износи од 70 до 1800 m/s, а убрзања су реда 100.000-200.000 m/s².

Основни задаци унутрашње балистике као науке су:

Први основни задатак је да се одреди законитост кретања пројектила и развоја гасодинамичких карактеристика за познато оруђе. Познато оруђе је произведено оруђе за које су познати сви конструкциони подаци, подаци о муницији и подаци о баруту. За такво оруђе поставља се систем једначина који се решава, врши се прорачун и приказују се резултати у виду табеле или дијаграма.

Други основни задатак је унутрашње балистичко пројектовање оруђа. При његовом развоју, задатак унутрашње балистике је да, на основу датих тактичко-техничких карактеристика, дефинише барут који ће се користити у муницији за пројектовано оруђе и да дефинише неке конструкционе карактеристике цеви.

При решавању овог задатка треба одредити више података него што има једначина, па се задатак своди на проблем оптимизације. То значи да се из мноштва решења одабере оптимално, на основу одређених критеријума (Танчић, 2008).

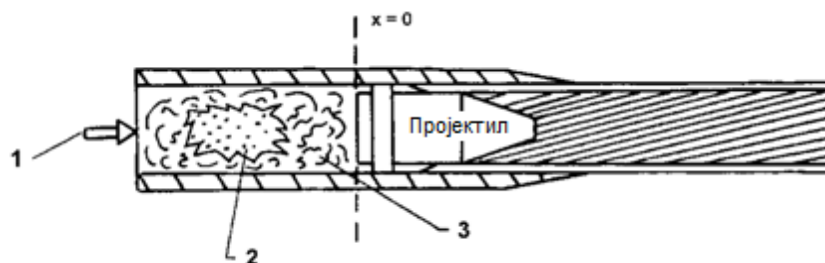
При опаљењу се разликују следећи основни процеси:

- Сагоревање барута и формирање продуката сагоревања (гасова) загрејаних до високе температуре који садрже велику количину унутрашње енергије. Брзина сагоревања барута при томе зависи од природе и температура барута и од притиска гасова.
- Претварање топлотне енергије, барутних гасова у кинетичку енергију кретања система (барутни гасови - пројектил - цев - лафет).

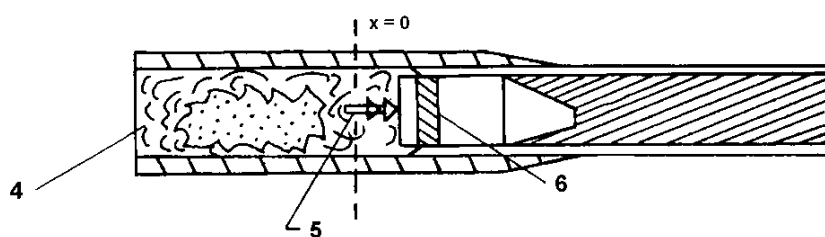
Сви ови процеси су међусобно повезани и теку истовремено. Без обзира на изузетну интензивност процеса који се одигравају при опаљењу из цеви оруђа, они теку по одређеним законитостима. У одређеним границама се њима може управљати и при истим условима пуњења одржавати на релативно стабилном нивоу од опаљења до опаљења. Та особина процесног опаљења непосредно зависи од својства барута да горе по геометријском закону сагоревања.

1.1. Процес опаљења

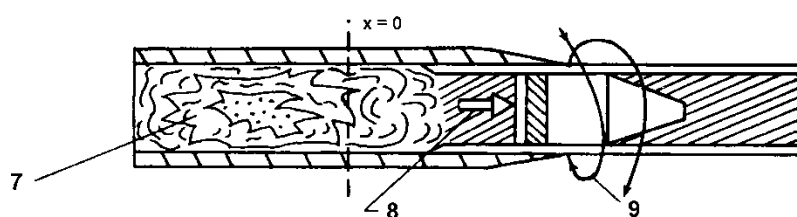
Процес опаљења шематски је приказан на слици бр. 1.



1. Ударцем ударне игле иницира се иницијална капсула која врши припалу барута
2. Формирају се продукти сагоревања барута
3. Брзи раст притиска у барутној комори



4. На притиску од $150 \div 500$ бара почиње кретање пројектила
5. Водећи прстен је урезан; Почетни отпор кретању пројектила и сагоревање барута проузрокују брз пораст притиска



Слика 1: Шематски приказ процеса опаљења

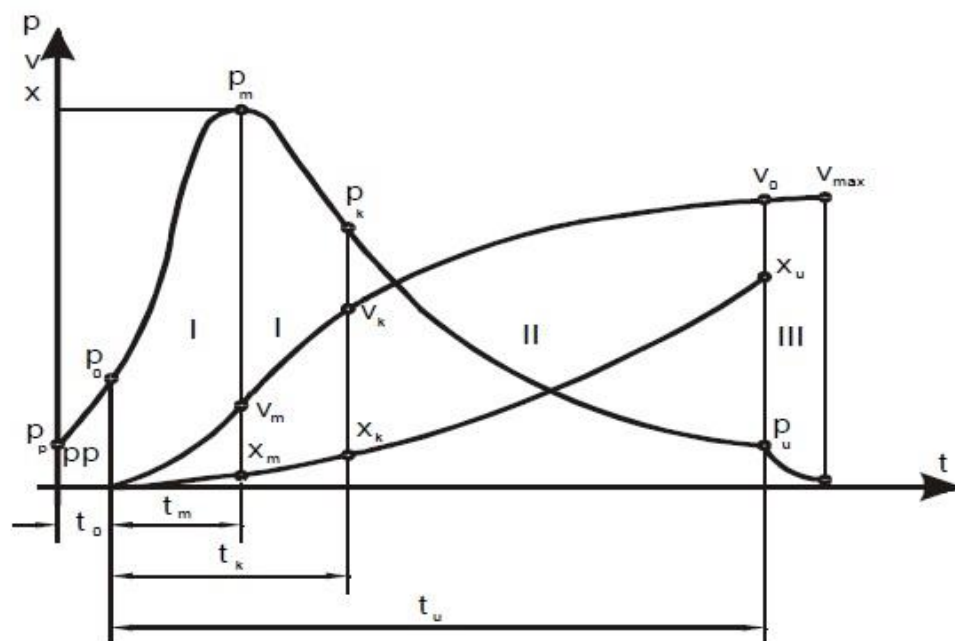
6. Услед већег притиска, брзина сагоревања барута се повећава, пређени пут пројектила расте, запремина у којој сагорева барут се повећава
7. Ожљебљена цев проузрокује обртање пројектила

У процесу опаљења код систем са затвореном цеви разликују се следећи периоди:

- Претходни - од почетка сагоревања барута до почетка кретања пројектила,
- Први или Основни - од почетка кретања пројектила до завршетка сагоревања барутног пуњења,

- Други - од завршетка сагоревања барутног пуњења до напуштања пројектила цеви оруђа,
- Трећи - Период накнадног дејства гасова на пројектил после његовог напуштања цеви оруђа.

Размотримо детаљније основне периоде процеса опаљења из система са затвореном цеви (слика бр. 2 и слика бр. 3).



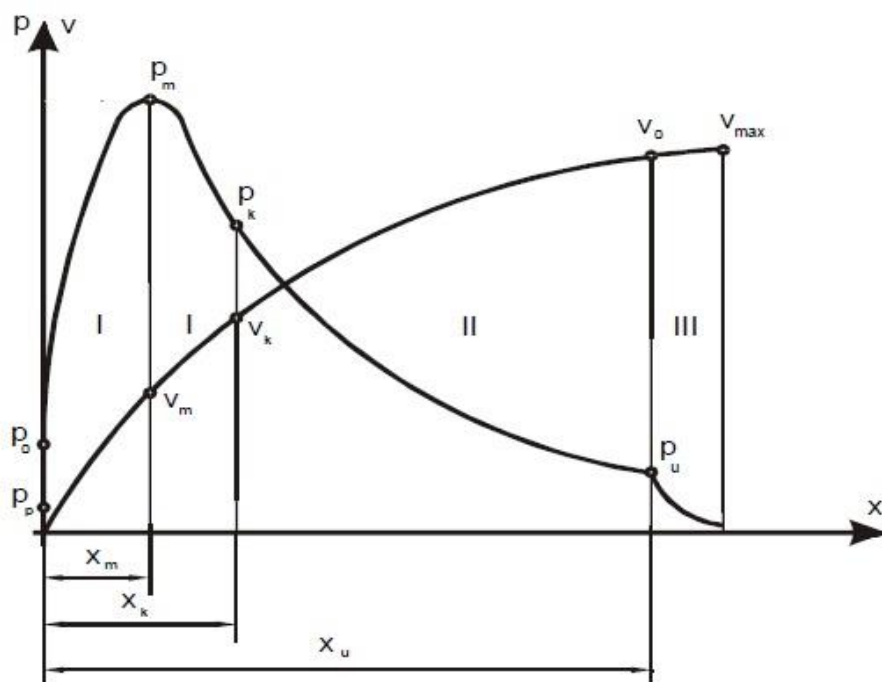
Слика 2: Криве промене притиска за барутне гасове, брзине пројектила и пређени пут у функцији времена

Координатни почетак је везан за дно пројектила у моменту када је оруђе напуњено. Сматра се да је пројектил напусти цев у моменту када дно пројектила дође на уста цеви. Према томе, укупан пут пројектила у цеви (x_u) је растојање од дна пројектила до уста цеви пре опаљења.

Процес опаљења започиње ударом ударне игле механизма за опаљење у дно иницијалне капсле. Тако се пали иницијална смеша у капсли. Створени пламен пали директно барутно пуњење стрељачког оружја. Сматра се да припала тренутно сагори стварајући притисак $p_r = (2-5) \text{ МПа}$. Под утицајем гасова припале долази до припаљивања барута у комори и његовог сагоревања у сталној запремини до постизања притиска за P_0 који обезбеђује урезивање водећег прстена у жљебове канала оруђа (Танчић, 2008).

Притисак P_0 се назива притиском форсирања. Тај део процеса опаљења назива се претходни период. У овом периоду сагори 2-5% укупне масе барута.

На слици бр. 2 предходном периоду одговара део криве $P_r - P_0$ и временски интервал t_0 , а на слици 3 период је представљен одсечком OP_0 на ординатној оси.



Слика 3: Криве промене притиска за барутне гасове и брзине пројектила у функцији пређеног пута

После предходног периода следи први или основни период процеса опаљења, који се карактерише сагоревањем барута у стално растућој запремини канала цеви. При томе брзина пројектила расте, а барутни гасови врше рад и хладе се. У почетку првог периода, када је брзина пројектила још мала, запремина формираних барутних гасова расте брже од запремине простора иза пројектила у коме се одвија сагоревање. Као резултат тога притисак барутних гасова брзо расте и достиже максимум p_m . Пројектил је у том тренутку прешао пут x_m , коме одговара време t_m мерено од почетка кретања пројектила.

Притисак p_m је једна од најважнијих карактеристика сваког оруђа. После достизања $p_m = (250-350)$ МПа, притисак, без обзира на сагоревање барута и формирање нових продуката сагоревања, почиње да пада и достиже величину p_k у тренутку потпуног сагоревања барута. Том притиску одговара пређени пут пројектила x_k , време t_k и брзина пројектила v_k . На крају овог периода брзина пројектила је око 80% од максималне, а пројектил је прешао око 2/3 пута у цеви. Екстремни случај у првом периоду је да се максималан притисак постигне на крају првог периода ($p_m = p_k$). То се дешава када у релативно великој запремини има мало барута, па је пораст притиска барутних гасова спор.

После завршетка сагоревања барута, барутни гасови располажу још увек великом количином енергије. Део те енергије они кроз своје ширење саопштавају пројектилу и врше повећавање његове брзине. Овај период се назива другим периодом процеса опаљења и физички представља процес ширења одређене количине гасова високог притиска и температуре. Пошто је у тренутку краја сагоревања барута брзина пројектила већ велика и даље се увећава, то пројектил део пута до уста цеви пређе веома брзо и због тога се могу занемарити губици топлоте кроз зидове цеви и цео тај период се може сматрати периодом адијабатског ширења барутних гасова. Овај период

се завршава у тренутку када дно пројектила пролази кроз уста цеви оруђа. У другом периоду процеса опаљења притисак барутних гасова пада од притиска за p_k до притиска за p_c , брзина пројектила расте од V_k до V_0 . Брзина пројектила на устима цеви назива се почетна брзина пројектила V_0 .

Када пројектил напусти цев оруђа, барутни гасови који истичу са великом брзином изцеви оруђа, продужују на неком растојању од уста цеви да делују на дно пројектила и убрзавају га. Због тога пројектил има максималну брзину V_{max} не у тренутку проласка пројектила кроз уста цеви оруђа, већ на растојању x_p од њих, после чега услед дејства силе отпора ваздуха брзина пројектила почиње да опада. Период процеса опаљења, у току кога пројектил добија максималну брзину V_{max} , назива се трећим периодом или периодом накнадног дејства барутних гасова на пројектил.

Овако описан процес опаљења одговара опаљењу из цеви артиљеријског и стрељачког оружја.

2. Барути

Барути су експлозивне материје чија се енергија користи за испаливање пројектила из цеви оруђа. Код њих је брзо сагоревање (дефлаграција) основни вид експлозивног разлагања. Процес хемијског разлагања врши се термичком проводљивошћу, где је брзина сагоревања релативно умерена (од неколико милиметара до неколико десетина центиметара у секунди). Разлике у брзини сагоревања постижу се мењањем геометријског облика, димензија или хемијског састава барута (Танчић, 2008).

Барут може и детонирати у одређеним условима (при јаким иницијацијама), али овај облик разлагања практично нема примену у техници.

Независно од тога да ли се употребљавају за покретање пројектила у цеви оружја или у аутопропулзији, сви барути се деле на две врсте:

- композитне баруте (барути-смеше) и
- колоидне баруте (малодимни барути).

Композитни барути настају мешањем минералних једињења богатих кисеоником и везива органског порекла које је, истовремено, носилац горивних материја. У ову врсту барута спадају црни барут и композитни ракетни барути (Танчић, 2008).

Црни барут је механичка смеша калијум нитрата (обичне шалитре), дрвеног угља и сумпора, где угаљ служи као гориво. Шалитра при разлагању даје кисеоник, који је неопходан за горење угља, а сумпор обезбеђује лаку запаљивост и служи као везивно средство при изради.

Процентуални састав:

- 75% шалитре,
- 15% дрвеног угља и
- 10% сумпора

сматра се најповољнијим, јер обезбеђује скоро потпуно сагоревање угља. Лако се пали пламеном и варницом при нормалној садржини влаге (0,9 до 1%). Због хигроскопних особина шалитре црни барут лако везује влагу, па се тада теже пали, а када је влага 15%, уопште се не пали.

Колоидни барути (барути једињења) су врста барута који настају желатинизацијом молекула нитроцелулозе дејством погодног растварача или мешавине погодних растварача.

Већ из ове дефиниције се види да основу колоидних барута чини нитроцелулоза – бризантна експлозивна материја која се добија обрадом целулозе у смеси азотне и сумпорне киселине (процесом нитрисуња). Нема колоидних барута без нитроцелулозе. Поред нитроцелулозе, обавезан је и растварач а остале компоненте могу и не морају бити у саставу барута, што зависи од врсте барута.

Будући да при сагоревању дају врло мало дима, колоидни барути су познатији под називом малодимни или понекад бездимни.

У хемијском смислу, барути су једињења која се састоје од следећих компонената:

- нитроцелулозе НЦ-1 и НЦ-2,
- растварача,
- стабилизатора,
- пластификатора,
- флегматизатора,
- средстава за смањење температуре сагоревања,
- средстава против пламена и бљеска на устима цеви и
- графита.

Барутна зрна се најчешће раде у облику плочице, цилиндра, цилиндра са уздужним каналом (цевчице), куглице или цилиндра са седам или више уздужних равномерно распоређених канала.

Сагоревање барута може бити:

- Дегресивно,
- Неутрално и
- Прогресивно.

Основни захтев који произвођач барута мора да испуни је: да се са што мањим барутним пуњењем постигне што већа почетна брзина пројектила.

Зависно од броја основних експлозивних састојака у барутној маси уобичајена је подела колоидних барута на једнобазне, двобазне и тробазне.

Код једнобазног барута једини носилац енергије је нитроцелулоза, па отуда и назив – нитроцелулозни (НЦ) барут. Гравиметријска густина износи 640 до 890 kg/m^3 . Топлота сагоревања износи од 3,1 до 4,2 MJ/kg , температура – до 3000, а запремина барутних гасова – око 0,940 m^3/kg .

Нитроцелулозни барути се употребљавају као барутна пуњења код стрељачке, малокалибарске и артиљеријске муниције. За кориснике ових најмасовнијих средстава врло је важан податак да долази до самозапаљења нитроцелулозних барута на температури од 168 до 182°C (зато се мора поштовати прописан режим паљбе), а век употребе, ако је чување правилно, јесте до 30 година након производње.

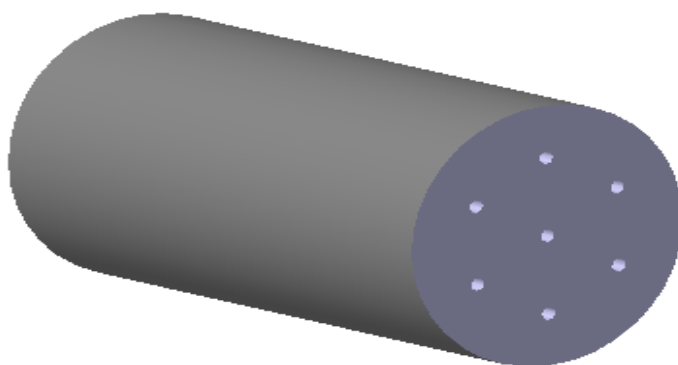
2.1.НЦ барут

Дужина, $L = 3 \text{ mm}$

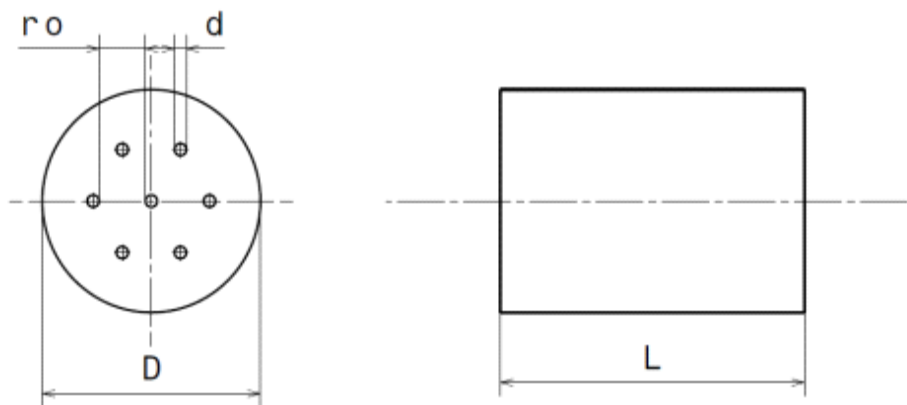
Пречник канала, $d = 0.2 \text{ mm}$

Спољни пречник, $D = 3 \text{ mm}$

Половина дебљине барутног зрна, $r_0 = 0.00041 \text{ m}$



Слика 4: Изометријски поглед НЦ барутног зрна



Слика 5: НЦ Барутно зрно, основне димензије

Двобазни барути су израђени од две активне компоненте. Једна је увек нитроцелулоза а друга је течни експлозив – најчешће нитроглицерин. Назив овој врсти барута даје се обично према другом активном извору енергије, на пример – нитроглицерински (НГ) барут (Танчић, 2008).

Познате врсте двобазних барута су балистички, топовски (хладни и топли) и сферични барути.

Балистички садрже око 57% нитроцелулозе, око 40% нитроглицерина и око 3% адитива. По својим физикохемијским особинама (температура сагоревања је око 3500°C, топлота сагоревања је око 5,1 MJ/kg) спадају у групу барута који изразито погодују ерозији цеви. Због тога се употребљавају за минобацаче и друга оруђа где је маса барутног пуњења мала. Низак садржај стабилизатора и високи садржај нитроглицерина сврстава га у мање стабилне баруте. Његов век употребе у нормалним условима складиштења је око 13 година.

Године 1930. Dr Fridrich Olsen је патентирао поступак произвође сферичног барута, чија је производња почела 1940. године у фирми „Western Cartridge“ – USA. Током Другог светског рата сферични барути нису имали велику примену, због непотпуне и неразвијене технологије производње. По завршетку рата ови барути су нашли примену, првенствено у спортској, а касније и за муницију малог калибра.

Сферични (лоптасти) двобазни барут налази све ширу примену код савременог стрељачког оружја које одликује метак мањих димензија и велика почетна брзина зрна (до 1000 m/s). Из карактеристика сферичног барута (топлота сагоревања је 3,58 MJ/kg, температура сагоревања 2800°C, запремина барутних гасова је 0,922 m³/kg и гравиметријска густина је 930 kg/m³) види се да, у односу на нитроцелулозне баруте, има практично исти потенцијал, а већу гравиметријску густину, што значи да у исту запремину (чауру) може стати већа маса барутног пуњења.

Састав сферичних барута:

- | | |
|--------------------------------------|-----------|
| • Нитроцелулоза са 13,10 – 13,20 % N | око 82% |
| • Нитроглицерин | око 12% |
| • Дифениламин | око 1% |
| • Централит или дибутилфталат | око 4% |
| • Графит | око 0,2% |
| • Калцијумкарбонат | око 0,3%. |

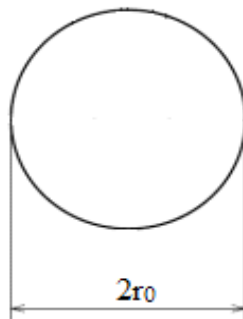
Основне сировине сферичних барута су: нитроцелулоза, нитроглицерин, дифениламин, етилацетат.

2.1. СБ барут

Пречник барутног зрна, $2r_0 = 0,790 \text{ mm}$



Слика 6: Изометријски поглед СБ барутног зрна



Слика 7: СБ барутно зрно, основна димензија

Тробазни барути имају у свом саставу три активне компоненте: нитроцелулозу (од 16 до 43%), нитрогванидин (од 30 до 35%) и нитроглицерин (око 20%). Ови барути су врло стабилни, практично нехигроскопни, али за правилно сагоревање захтевају јаку припалу. Употребљавају се за барутна пуњења артиљеријских оруђа великог домета (великих почетних брзина).

3. Експериментална балистика

Експериментална балистика представља посебно поглавље балистике и механике балистичких система, која се бави проучавањем и провером теоријских поставки наведених предмета. Представља скуп експерименталних метода подељених на лабораторијска, полигонска и научна истраживања, која се баве балистичким системима. Овој области се посвећује посебна пажња, првенствено су приказане методе мерења код балистичких система, принципи рада мерних уређаја, мерно подручје и мерна несигурност уређаја и опреме (Јарамаз & Мицковић, 2011).

3.1. Предмет експерименталне балистике

Основни задатак експерименталних истраживања је мерење физичких величина, карактеристичних за процесе истраживања, као и обрада резултата одговарајућим математичким техникама. Процес опаљења је физички сложен процес и веома је сложено проучавање делова самог процеса због изузетно кратког времена (у границама од неколико милсекунди). Поједини делови процеса су у узајамној вези или су последице претходних делова процеса, и као такви су реакција одређених услова, који морају да буду обезбеђени. Због тога се одређени делови процеса не истражују директним методама, већ се посредно прорачунавају на основу измерених величина других делова процеса опаљења. Услед велике брзине и изражених појава нестационарности процеса у току опаљења, за регистровање физичких величина користи се специфична и сложена мерна опрема, са унапред дефинисаним мерним подручјем, брзином одзива и временом регистровања. У начелу, предмет експерименталне балистике представља изучавање мерних метода, организацију и спровођење поступака експеримента, регистровање и обраду резултатата мерења, који се користе у току експерименталних испитивања процеса опаљења и балистичких карактеристика оружја, односно оруђа, пројектила и барутних пуњења. На основу дефинисаних предмета истраживања може се закључити да се примењују различити и сложени мерни системи по принципу рада, по степену мерне несигурности и према мерном опсегу.

3.2. Садржај експерименталне балистике

Једноставном анализом се може установити да се процес опаљења састоји од следећих процеса:

- Сагоревање барута, односно превођење чврсте фазе пуњења у барутне гасове уз ослобађање велике количине топлоте;

- Претварање топлотне енергије барутних гасова у механички рад и друге облике енергије;
- Покретање пројектила унутар цеви услед дејства притиска барутних гасова уз савладавање отпора услед кретања;
- Лет пројектила након саопштавања почетне брзине и након напуштања цеви оружја уз савладавање отпора ваздушне средине;
- Трзање трзајућих делова оружја, у току процеса опаљења и враћање трзајуће масе у првобитни положај;
- Оптерећење делова и склопова оружја, у току процеса опаљења услед дејства сила акција и реакција и слично.

Експериментално истраживање ових процеса се заснива на мерењу различитих физичких величина балистичких система. На основу анализе измерених података у току процеса опаљења, дефинише се утицај различитих фактора на карактер промена одређених величина, као и њихова међусобна корелација и зависност, која је теоријски описана изразима. Оваквим истраживањима се употпуњује математичка интерпретација зависних променљивих физичких величина у току процеса опаљења, као и практична евалуација и потврда упрошћених теоријских модела за прорачун промене битних параметара физичких величина.

Од изузетне важности током експерименталних истраживања јесте мерење притиска барутних гасова, брзине пројектила, односно вибрације и напрезање одређених делова и склопова оружја, односно оруђа, као и карактер промена наведених величина у функцији времена.

Притисак барутних гасова, који у одређеном временском интервалу може да достигне вредности и до 400 МПа, одређује силу која покреће пројектил кроз цев. Мерењем функције промене притиска у зависности од времена или пређеног пута пројектила, даје могућност одређивања пута, брзине и убрзања пројектила, у функцији врсте и количине барутног пуњења. Функција промене притиска барутних гасова (крива притиска) се примењује за прорачун димензионисања цеви, прорачун (димензионисање) кракова лафета и трзајућих делова оружја, као и на пројектовање и конструкцију упаљача, гасогенераторских и аеродинамичких уређаја и других склопова пројектила.

Мерење брзине пројектила на различитим даљинама трајекторије је такође од велике важности. На основу регистрованих вредности се може анализирати дејство силе отпора средине и дати квалитативна балистичка оцена пројектила. За сва балистичка истраживања је од пресудне важности мерење почетне брзине пројектила, односно у моменту кад пројектил својим задњим пресеком напушта уста цеви. Ова физичка величина је полазна за одређивање трајекторије лета пројектила и за одређивање стабилности оруђа услед дејства осцилација изазваних истицањем барутних гасова и негативног утицаја на средство и послугу изазвано ударним таласом, насталим истицањем барутних гасова.

У експерименталној балистици је битно и мерење других величина везаних за систем рада оружја, као што су: пут, брзина и убрзање трзајуће масе, сила урезивања водећег прстена пројектила, сила трења између цеви и пројектила, промена температуре барутних гасова и брзина струјања унутар цеви, притисака унутар цилиндара повратника и хидрауличне кочнице, осцилација цеви и слично.

Као што може да се види из наведеног, за експериментална истраживања је неопходна специфична опрема, која треба да задовољи брз одзив услед изузетно великих брзина нестационарних промена и могућности регистровања великог интензитета притиска, брзине, убрзања и сила.

У већини случајева се примењују принципи електричног мерења и регистровања промена механичких величина: помак, брзине, убрзања, силе и притисци. Поред оваквих сензора примењују се и ултрабрзе камере, радари, ласерски даљиномери, оптички и оптоелектронски сензори и регистратори, фотоћелијски елементи и слични уређаји и компоненте, који могу да измере и региструју екстремно брзе процесе промене физичких величина у току процеса опаљења. За све наведене мерне уређаје се захтева да, осим брзог одзива, региструју веродостојно промене физичких величина, односно да имају следивост мерења и малу мерну несигурност, због изузетно скупих експеримената и ограниченог узорка за поједина испитивања. Акценат у експерименталној балистици се ставља на изучавању физичких принципа рада мерних инструмената у циљу провере и контроле измерених података и добијених резултата, као и контроле тачности мерних система.

Обрада измерених величина је завршна етапа и јако је битно да се правилно реализује, пошто су коначно обрађени резултати употребљиви за коначне анализе и унапређење теоријски постављених модела. У току обраде резултата, морају се узети у обзир све евентуалне поправке услед грешака које могу да настану током мерења и регистровања (корелациони фактори, временска кашњења настала услед појачања и филтрирања сигнала и сл.).

За експерименталну балистику је поред свега наведеног веома битно планирање и реализација опита. Практично није могуће реализовати опаљења у потпуно затвореним објектима, те се из тог разлога експериментална истраживања реализују и у лабораторијским и у полигоним условима.

У лабораторијским условима се врше истраживања појединих делова процеса опаљења или комплетан процес без одређених сегмената комплетног процеса. Полигонска испитивања су свеобухватнија и имају шири карактер од лабораторијских. У оваквим условима се омогућава истраживање у приближно реалним условима употребе самог балистичког система. Ова испитивања се реализују путем програмски дефинисаних опитних гађања са тачно дефинисаним елементима, што за резултат даје већи број измерених података. Неопходно је нагласити да се за полигонска испитивања могу употребљавати средства са бољим перформансама у односу на лабораторијске услове (мерне цеви са дозвољеним толеранцијским одступањима, тачно лабораторисана муниција, радарски системи и сл.).

Лабораторијска испитивања су далеко једноставнија у погледу организације и програма испитивања, што омогућава и примену једноставнијих експерименталних метода. Испитивања овог типа се могу реализовати више пута и у било које време, што је веома битно и важно за експериментална истраживања. По правилу, лабораторијска истраживања претходе полигонским и као резултат треба да дају потребне претпоставке за шири и свеобухватна испитивања у приближно реалним условима

Свеобухватна лабораторијска и полигонска испитивања треба да дају јасне показатеље и одговоре на постављене захтеве у току балистичких испитивања за све елементе балистичког система (цев, пројектил, барутно пуњење, склопови и делови оружја).

Узимајући у обзир све горе наведено, може се закључити да је садржај експерименталне балистике дефинисан следећим:

1. Експерименталним истраживањем развоја барутних гасова у току опаљења и мерењем његових параметара (притиска, температуре, густине);
2. Мерењем пута, брзине и убрзања пројектила, заптивних прстенова и протока барутних гасова;
3. Мерењем времена током балистичких процеса;
4. Експерименталним истраживањем процеса, који се односе на кретање пројектила, као и метода одређивања сила и момената које делују на пројектил у
5. различитим периодима процеса опаљења;
6. Експерименталним истраживањима рада делова и склопова оружја у току процеса опаљења (истраживање напрезања и момената склопова и делова, гасних уређаја, елемената аутоматике, дужине и брзине кретања трзајуће масе, интензитет ударног таласа и сл.);
7. Експерименталним одређивањем балистичких карактеристика барута, пуњења, пројектила и самог оружја;
8. Организације и спровођења лабораторијских и полигонских испитивања, као и методе обраде добијених резултата

4. Мерење притисака и брзине

Притисак гаса је изведена механичка величина, а директно мерење и регистровање није могуће у току испитивања. Због тога се за мерење притиска примењују специјални мерни уређаји и инструменти, који претварају вредности притисака у механичке или електричне величине једноставне за мерење и регистрацију.

Код балистичких експеримената вредности притисака варирају од скоро пуног вакуму до вредности од хиљаде МПа. Мерење ниских вредности притисака везани су пре свега за проучавање брзих протока гаса, проучавање процеса и појава који се дешавају у коморама ракетних мотора балистичких ракета. У зависности од нивоа вредности притиска, као и интензитета снаге која делује на инструмент, развијене су посебне методе за регистрацију у подручју ниских и високих вредности притиска.

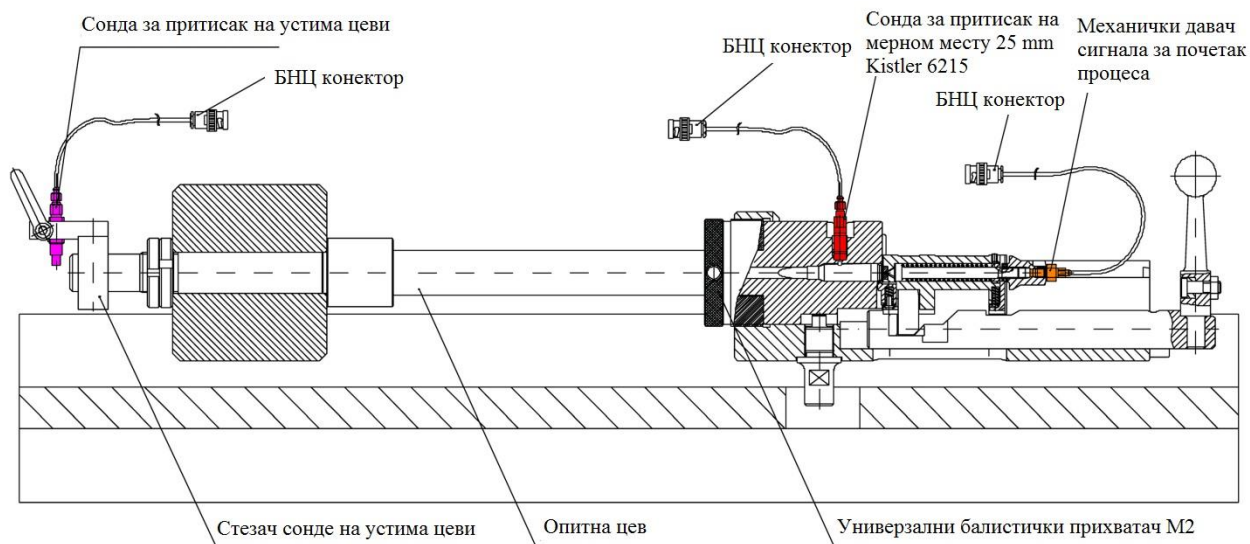
За овај мастер рад акценат се ставља на мерење притисака високих вредности. Мерење високих вредности притиска је првенствено везано за истраживање процеса и појава, који се одвијају у коморама ракетних мотора или цевима класичног наоружања у току процеса опаљења.

Овакве процесе карактеришу изузетна велика напрезања (притисци достижу вредности и преко 500 МПа, температуре гасова прелазе вредности од преко 3000К), веома кратко време трајања процеса (од 0,5 до 5 ms), и веома изражена нестационарност.

На основу оваквих карактеристика процеса, разрађене су специјалне методе регистравања и специјализовани мерни уређаји за регистравање притиска у области унутрашње балистике, који се првенствено деле на две групе:

- механичке методе где се притисак посредно мери преко силе која се региструје,
- електричне методе где се притисак посредно мери преко неке од електричних карактеристика, који се региструје одговарајућим мерним уређајем.

Мерење притиска се врши са опитном цеви која је постављена у прихватач у хоризонталном положају. Муниција која се испитује треба да буде постављена у лежиште метка са усмереним отвором на чаури ка каналу за мерење притиска.



Слика 8: Изглед опитне цеви са мерним компонентама за мерење притиска

Позиционирање чауре у односу на цев треба обавити тако да се отвор на чаури поклопи са каналом за мерењем притиска. Позиционирање се олакшава тако што се приликом припреме муниције, чаура обележи на венцу и касније тако обележена (са тачком или цртом) поклопи са зарезом на челу цеви. Приликом тог поклапања може се рећи да се метак налази у правилном положају у лежишту.

После сваке уградње сензора притиска и пре сваке серије мерења притиска, мора се проверити лежиште сенде и утврдити његово стање. Ако је потребно обрадити заптивну површину у лежишту сенде по предложеним процедурама.

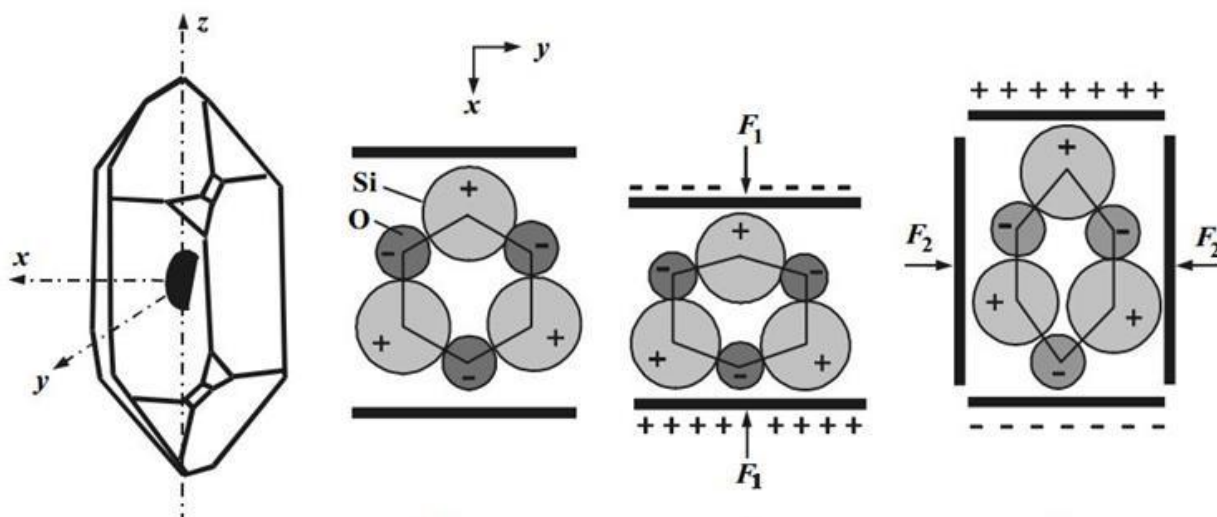
После сваке серије мерења, сензор притиска мора се уклонити и проверити његов статус. Пре почетка мерења, морају се верификовати све могуће мере предострожности (на пример заштитна подлошка, топлотна заштита итд.).

4.1. Пиезоелектрични сензори притиска

Пиезоелектрични ефекат представља способност одређених материјала (пиезо елемената) да услед дејства неке физичке величине (механичка оптерећења) генеришу одређено наелектрисање. Због својих добрих особина пиезоматеријали се употребљавају за конструкцију различитих сензора електричних и неелектричних величина. Поред особине да су пиезоелементи одлични генератори наелектрисања, имају изузетно брз одзив, димензије и до 100 пута мање у односу на сличне елементе, али и изражену осетљивост на деловање радиације и температуре. Стање пиезоелектричног елемента у општем случају зависи од односа електричних, механичких и топлотних величина.

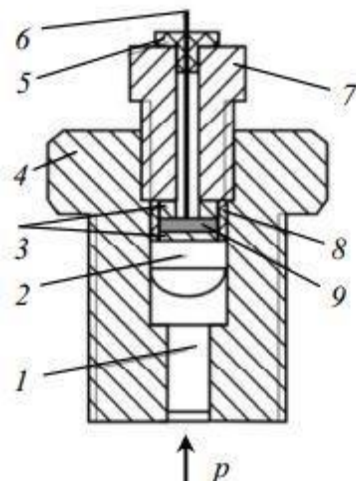
Пиезоелектрични ефекат је једноставно визуелно приказати на пиезоелементу кварца (Слика бр. 9 а)), који је у потпуности електрично неутралан. На овом елементу се могу дефинисати три међусобно нормалне осе: Z уздужна или оптичка оса, електрична оса X и механичка или неутрална оса Y .

Када кристал није механички напрегнут онда је он електрично неутралан и нема никве поларизације и наелектрисања (Слика бр. 9 б)).



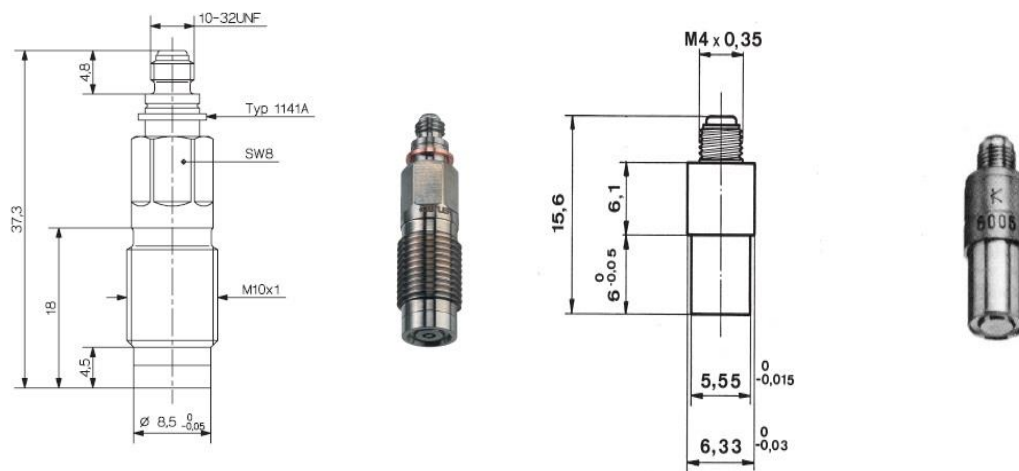
Слика 9: Пиезоелектрични ефекат: а) кристал кварца, б) неоптерећени кристал, в) механичко оптерећење дуж X осе, г) механичко оптерећење дуж Y осе

Највећи пиезоелектрични модул поседују Рочелова со (калијум натријум тартарат $C_4H_4KNaO_6$), баријум титанат ($BaTiO_3$), и кварц (silicijum dioksid SiO_2). За потребе унутрашње балистике у широкој употреби се примењује кварц, који има особине високе стабилности и ниску осетљивост на температурне промене (Христов, 2017).



Слика 10: Шема пиезоелектричног сензора

На слици бр.10 је приказана уопштена шема пиезоелектричног сензора. У телу сензора 4, налази се покретни клип 1, који делује на ослонац 2, међу плоче 3 и пиезокварцни елемент 9, који се налази између навоја и међуплоча. Наелектрисање генерисано на зидове плоча 8 се преноси преко електрода 6, које су изоловане изолатором 5.



Слика 11: Изглед сонди Kistler 6215 и 6005

Пиезоелектрични сензори могу да генеришу напон од неколико стотина волта, због великог напона и губитака се у таквим случајевима паралелно везује кондензатор, који умањује напон на вредност око 0,1 V. Раније су се пиезоелектрични сензори примењивали искључиво за проучавање динамичких процеса са карактеристичном фреквенцију од 150 kHz, са акцентом на квалитативну карактеристику појаве. Разлог само ове примене је била услед немогућности калибрације мерног подручја и немогућности примене статичких метода калибрације. Услед интензивног развоја

електронике пиезоелектрични сензори су добили широку примену и данас су веома распрострањени.

За савремене пиезоелектричне сензоре су разрађене савремене динамичке методе верификације и калибрације, што дозвољава несметану и поуздану њихову примену код мерења параметара изузетно динамичких процеса у експерименталној балистици.

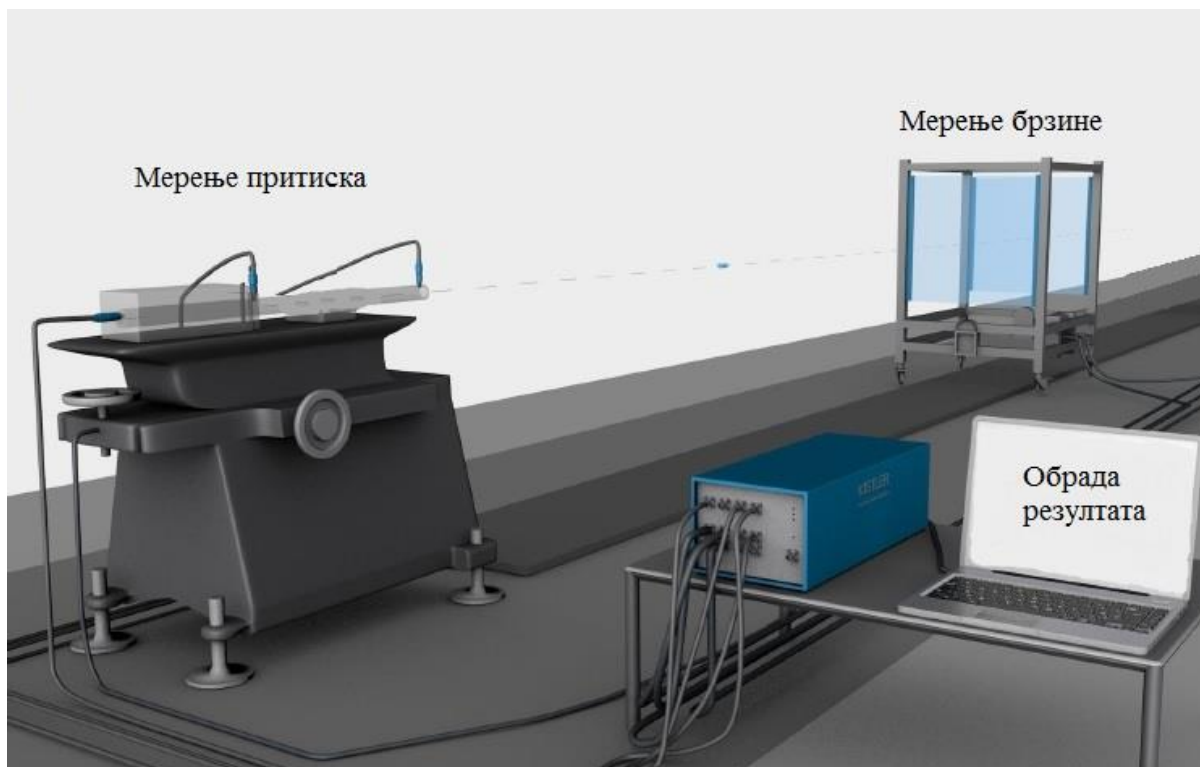
4.2. Пиезоелектрична метода мерења притиска у цеви

Осетљивост претварача треба да остане константна за цео његов век трајања и да претварач издржи најмање неколико хиљада опаљења, јер се као такав сматра способним за пријем серијске производње. Калибрисање осетљивости претварача потребно је да би се прецизно одредила вредност трансформације улаза притиска до електричног излаза. Када се одреди осетљивост, електронски инструменти могу бити калибрисани и излази се могу измерити до стварних физичких јединица притиска. Овај поступак не само што штеди новац и време, већ омогућује мерење максималних вредности притисака сваког метка при гађању аутоматском ватром. Емпирисјки је утврђено да се коришћењем истог претварача, исте крешерне цеви и исте серије муниције, добијају идентичне максималне вредности притисака. У случају да се користе различити претварачи, а иста цев и иста муниција, добија се нешто већа разлика. Време опаљења се мери од тренутка удара ударне игле о дно иницијалне капсуле до тренутка када дно пројектила напусти уста цеви.

Мерење притиска у барутној комори је сложен процес због веома кратког времена трајања. Као излазни податак, након извршеног мерења, добија се дијаграм зависности развоја притиска барутних гасова (изражен у bar) од времена трајања (изражено у ms) (Христов, 2017).

У ширем смислу, мерна опрема (мерни систем) за мерење по C.I.P. стандарду се састоји од:

- Опитне цеви са два сензора који мере максимални притисак и притисак на устима цеви барутних гасова;
- Главе затварача, где се налази START прекидач, када почиње време мерења;
- Сонде која се налази на устима цеви), где се зауставља време мерења STOP прекидачем, који ради на принципу детекције притиска;
- Појачавача напона за измерене притиске;
- Балистичког анализатора са рачунаром у коме је програм преко кога се добијају жељени подаци и дијаграм зависности излазних вредности;
- Светлосне баријере за мерење брзине зрна на неком прописаном одстојању од уста цеви у балистичком тунелу (C.I.P., 2020).



Слика 12: Приказ мерног ланца за мерење притиска и брзине и обраде тих резултата

Референтна муниција се користи да би се утврдило исправно функционисање опреме пре испуцавања било које серије опитне муниције.

С.І.Р. цев треба да буде у складу са техничким цртежима. Пре С.І.Р. тестирања, треба проверити да ли у унутрашњости цеви има остатака барута и/или задрљаност од метала. Ако је потребно, цев очистити. Да би барут био једнако постављен од метка до метка, потребно је обратити пажњу при руковању муницијом и при убацивању метка у лежиште. Барут треба да буде постављен на делу краја капсуле, али са довољно ваздуха који се налази на делу са зрном. У супротном, могло би доћи до промене вредности измерених величина (С.І.Р., 2020).

За опите се примењује сонда Kistler 6215 са термалном заштитом, која је по СІР стандарду. Термална заштита сонде се поставља у виду гумене подлошке која штити сензор од ерозије барутних гасова. Ова мерна метода по СІР стандарду је потпуно иста као метода по НАТО стандарду (Kistler, 2020).

Једина разлика је у томе што се по овој С.І.Р. методи мерења притисака барутних гасова врши исправљање сигнала, што се представља бољим изгледом дијаграма, где се коригују оштри скокови притисака. Сигнал се филтрира на 22 kHz.

4.3. Креирање мерног система за мерење промене притиска унутар цеви оружја

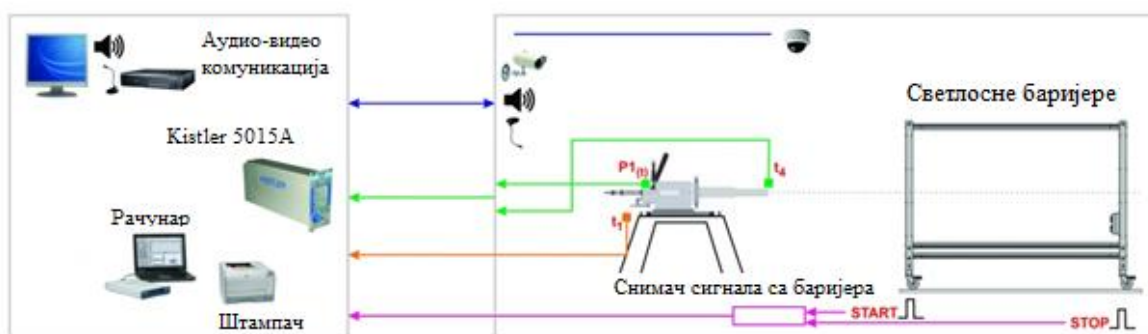
Формирање система за мерење и прикупљање података захтева познавање, како природе података који се мере и прикупљају, тако и карактеристике елемената система.

На основу ових познатих карактеристика, обезбеђује се формирање мерних система, који обезбеђују објективно и веродостојно прикупљање података и њихово трајно меморисање ради касније обраде.

Да би се у потпуности добила физичка слика унутар цеви оружја у процесу опаљења, као изразито импулсне и нехомогене појаве, неопходно је користити истовремено више пиезо сензора, што данашња технологија у потпуности подржава. Генерисано наелектрисање од пиезо сензора, путем коаксијалног вода се уводи у посредну јединицу-појачавач, а затим у одговарајући уређај за регистровање и обраду података (аквизицију).



Слика 13: Појачивач 5015А



Слика 14: Шема мерног ланца за мерење притиска и брзине са аудио-видео комуникацијом и обрадом резултата

На слици бр. 15 је приказана блок шема и распоред елемената у мерном систему.



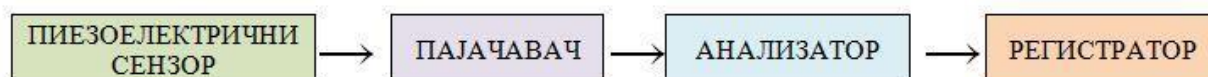
Слика 15: Блок шема за мерење и прикупљање података

Елементи су: РР-сензор притиска, PS-појачавач сигнала, KV- коаксијални вод, NP-носач података. У општем случају мерна шема са пиезоелектричним сензорима има четири елемента.

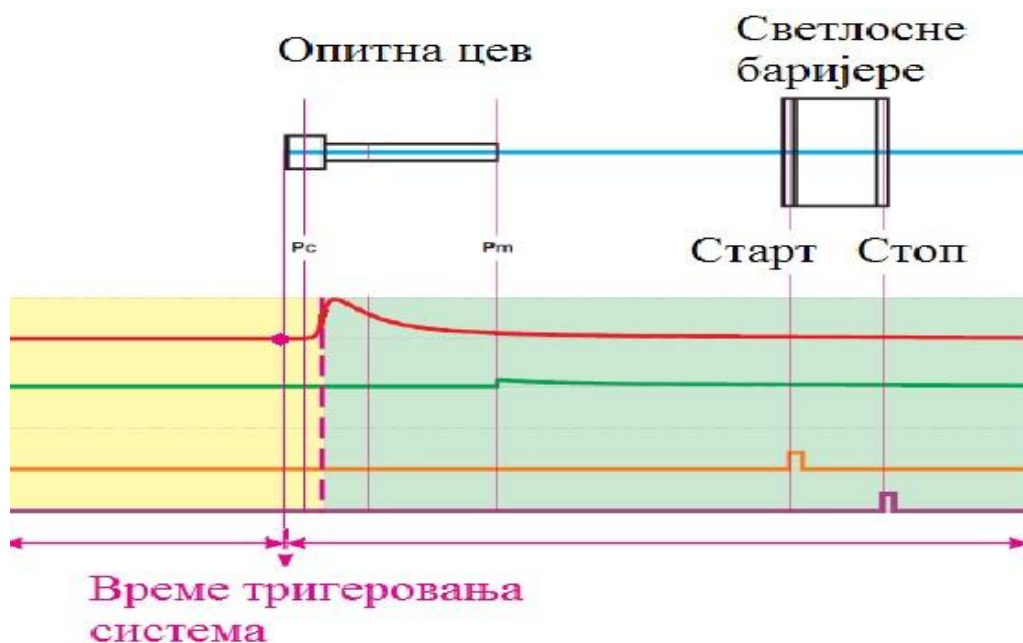
На слици бр. 16 је приказан: сензор, пајачавач, анализатор и регистратор; што уствари представља упрошћенији проказ слике бр. 15.

Појачавач има двоструку улогу:

- Да појача релативно слаб излазни сигнл сензора,
- Да трансформише високу излазну импедансу сензора на нижу вредност.



Слика 16: Принципијелна шема пиезоелектричних сензора



Слика 17: Изглед сигнала за почетак процеса, снимање притиска и мерења брзине

4.4.Фактори који утичу на мерење притиска

Постоје три главна фактора који утичу на мерења притиска. То су мерна опрема, муниција и процедуре испитивања.

Следи списак главних ставки у свакој категорији које могу изазвати потешкоће и грешке при мерењу притиска сондом.

Мерна опрема

1. Стање опитне цеви (зависно од измереног калибра, величина лежишта и чеоног зазора и количине ерозије у цеви и лежишту).
2. Монтирање сонде у лежиште.
3. Локација сонде.
4. Отежана монтажа цеви.
5. Облик, величина и испупчење ударне игле изнад чела затварача
6. Сила ударца ударне игле.
7. Карактеристике сонде.
8. Квалитет сонде.
9. Квалитет система читавања.

Муниција

1. Стање метка.
2. Положај барута у чаури.
3. Температура муниције.

Процедура испитивања

1. Монтирање опитне цеви за мерење притиска у универзални прихватач како би се осигурао минималан чеони зазор.
2. Окретање метка и затварање затварача пажљиво како би се осигурало правилно позиционирање барутног пуњења.
3. Испаливање муниције за загревање опитне цеви(2 метка).
4. Прегревање цеви прекомерном брзином гађања.
5. Пропуст чишћења цеви и контроле унутрашње трасе опитне цеви.
6. Пропуст заштите сонде од продуката уља или воде.
7. Калибрација сонде.
8. Калибрација система читавања.

Припрема опреме

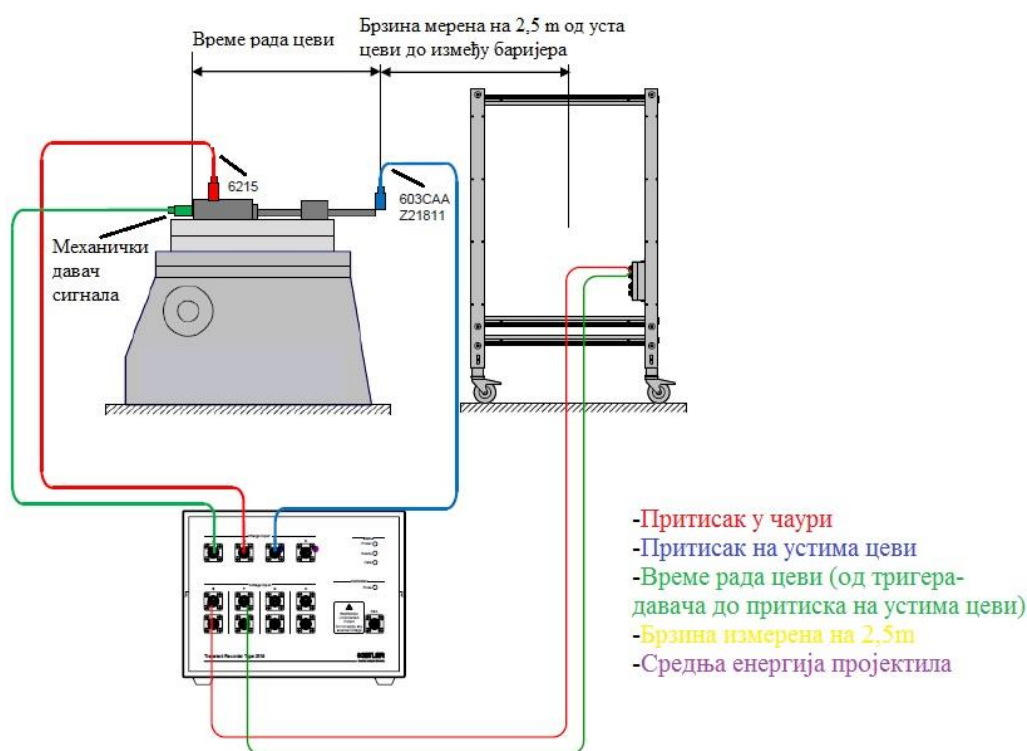
- Сви инструменти треба да раде и да се калибришу према спецификацијама произвођача. Успоставити функцију преноса појачивача наелектрисања (изабрани опсег) која ће се користити у калибрацији сонде.
- Калибратор сонде и инструменти који се користе за калибрацију појачала, детектор пика и дигитални волтметар треба да имају сертификовану калибрацију.
- Сонде треба правилно одржавати у складу са препоруком произвођача и чувати на сувом месту без блага.
- Каблови, сонде и конектори инструмената требало би бити прекривени пластичним поклопцима када се не користе како би се заштитили од спољашњих фактора.
- Очистите сонду и кабл користећи Kistler спреј ознаке 1003.
- Ставите заштитне поклопце на сонду и каблове за спајање након краја опита, како бисте заштитили конекторе од спољашњих фактора.

4.5. Мерење брзине

Фактори који могу утицати на резултате мерења брзине су компоненте мерне опреме, грешка узорковања, разлике у методама испитивања и стварним условима испитивања.

Спецификације муниције укључују прописе о квалитету производа, који су стандардизовани и контролисани током производног циклуса, али могу знатно да варирају у накнадним тестовима (C.I.P., 2020).

Произвођачи муниције би требало да контролишу брзину произведене муниције, због нивоа који гарантује да ће производ у тестовима након производње испунити захтеване прописе. У случају серије производа који није испунио захтеване прописе муниције, серија се одбацује.



Слика 18: Начин повезивања мерне опреме за мерење притиска и брзине

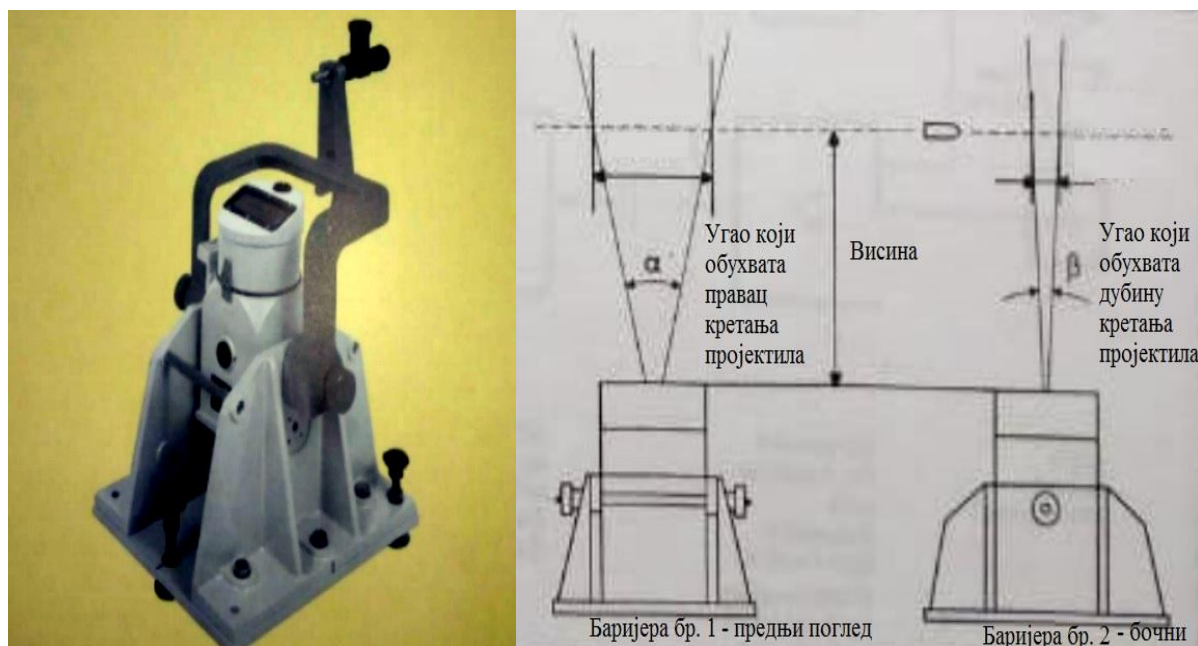
Истовремено са мерењем притиска треба се мерити брзина на удаљености $2.5 \text{ m} \pm 5 \text{ cm}$ од уста цеви (AVL, 1982).

За светлосне баријере, база мора бити најмање 0.5 m, а тачка мерења је центар базе.

Укупна несигурност/укупна грешка за мерење брзине мора бити $\leq 0.5\%$.

Светлосне баријере које су се користиле за испитивање брзине су AVL В 460. Баријере се састоје од дела сочива, у којем долази до регистровања сигнала. Док са горње стране

се налази имитација сунчевог светла. Када дође до затамљења, тј. проласка пројектила изнад сочива баријере долази до активације почетног сигнала.



Слика 19: Приказ начина рада мерне опреме за мерење брзине

Вредности брзине ће се користити за израчунавање кинетичке енергије (код оружја код којих је потребно мерити енергију пројектила уместо притиска) и импулса (код муниције за глатке цеви).

За мерење брзине сачме/пројектила код глатких цеви ватреног оружја, препоручује се употреба филтера од 2.5 или 5.0 kHz за обраду сигнала за покретање и заустављање.

Не постоје ограничења у погледу начина мерења брзине (видљива светлост, ИЦ, ласер).

5. С.І.Р.

С.І.Р. утврђује заједничка правила и прописе за испитивање ручног ватреног оружја и муниције, како би се осигурало узајамно признавање жигова земаља чланица.

Четрнаест земаља чине чланице С.І.Р.-а: Аустрија, Белгија, Чиле, Чешка, Велика Британија, Финска, Француска, Немачка, Мађарска, Италија, Русија, Словачка, Шпанија и Уједињени Арапски Емирати.

Године 1973. СФРЈ је постала пуноправна чланица Сталне међународне комисије за испитивање ручног ватреног оружја (С.І.Р.), чиме су жигови Завода из Крагујевца били међународно признати. Распадом СФРЈ жигови Завода изгубили су међународно признање и то нажалост траје до данас.

Међународна сарадња у области испитивања, обележавања и жигосања ручног ватреног оружја, направа и муниције, остварује се закључивањем међународних уговора, чланством и учешћем у раду С.І.Р.-а, међусобним обавештавањем и разменом информација са другим државама чланицама Комисије и њеним Сталним бироом, као и припремањем, организовањем и учествовањем на међународним пленарним седницама, поткомисијама и радним групама С.І.Р.-а (С.І.Р., 2020).

Табеле димензије муниције и коморе (TDCC) је одобрио С.І.Р. и садрже податке потребне за успостављене техничке стандарде чији је циљ да се испуне сви С.І.Р. захтеви за ручно ватрено оружје и муницију. Табела које се налази у прилогу представља техничке податке и захтеве за лежиште и метак 12,7 x 108 mm.

5.1. Захтеви и прописи С.І.Р.-а

Сензор притиска и наставци

Овај систем користи пиезоелектричну сонду монтирану у лежиште опитне цеви.

Притисак који развијају гасови из сагорелог барутног пуњења врши силу на претварач, узрокујући да се сонда покрене стварајући мерно електрично наелектрисање.

Овај електрични набој се претвара у читавање тј. мерење притиска.

Ове врсте уградних пиезоелектричних сензора притиска дозвољени су ако испуњавају следеће услове:

Минимална осетљивост: 1.0 pC/bar

Мерно подручје: 0...1.2 x опсег очекиваног притиска

Калибрациони домет: 100 bar...1.2 x опсег максимално очекиваног притиска

Природна фреквенција ≥ 100 kHz

Линеарна девијација у домену мерења $\leq 1\%$ крајње вредности

Вредност осетљивости треба да буде одабрана као функција очекиване брзине максималног притиска.

Заштита површине преноса притиска

Да би се избегао или смањио пренос топлоте на мембрану и на површине сензора, термичка заштита преноса притиска треба да одговара упутствима произвођача сензора а механичка заштита према упутствима произвођача је обавезна. Канали за мерење остају без масти приликом коришћења таквих заштита.

Појачивач сигнала

Следећи услови морају да буду испуњени:

Гранична фреквенција (-3 dB): ≥ 80 kHz

Одступање линеарности $\leq 0.1\%$ крајње вредности

Девиијација ≤ 0.05 pC/s T=25 $\pm$ 1 °C <60% RH

Електрични филтер

Нископропусни филтер другог реда (+12 db/octave) Bessel или Butterworth са граничном фреквенцијом 20/22kHz (-3dB) може бити повезан заједно са појачивачем сигнала, аквизицијом или софтвером.

Аквизиција

Нумерички привремени снимач са дигиталном индикацијом максималног појединачног притиска и графичког приказа профила притиска:

Гранична фреквенција (-3 dB): ≥ 100 kHz

Узроковање фреквенције ≥ 200 kHz

Резолуција ≥ 12 Bit

Време снимања >4 ms.

Димензије и толеранције за опитне цеви за муницију са централним паљењем

При изради опитних цеви, захтев који се поставља је да цеви буду израђене на доњој граници мера по стандарду препоручено за тај калибар. У табели TDCC могу се наћи препоручене минималне димензије за израду лежишта метка и саме цеви.

Код опитне цеви 12.7 x 108 mm димензије за које се постављају захтеви су :

F =12.66+0.02 mm, F- пречник по пољима цеви- калибар

Z =13.00+0.03 mm, Z- пречник по жлебовима цеви

L3 =108.70+0.10 mm, L3- дужина лежишта од чела затварача до пречника H2

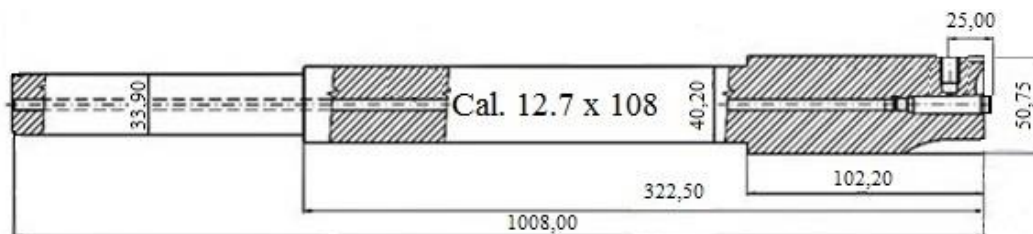
P1 =21.89+0.03 mm, P1- пречник лежишта метка на растојању E од чела затварача

P2 =19.23+0.02 mm, P2- пречник базе барутне коморе на растојању L1 од чела затварача

$H2 = 13.91 \pm 0.02 \text{ mm}$, $H2$ - пречник на растојању $L3$ од чела затварача

$G1 = 13.00 \pm 0.03 \text{ mm}$, $G1$ - пречник основе прелазног конуса водишта зрна

$i = 0^\circ 29' 13''$ - ($5/60 i$), i - полуугао прелазног конуса водишта зрна



Слика 20: Опитна цев за мерење притиска и брзине калибра 12.7x108mm

Дужина опитних цеви по стандарду:

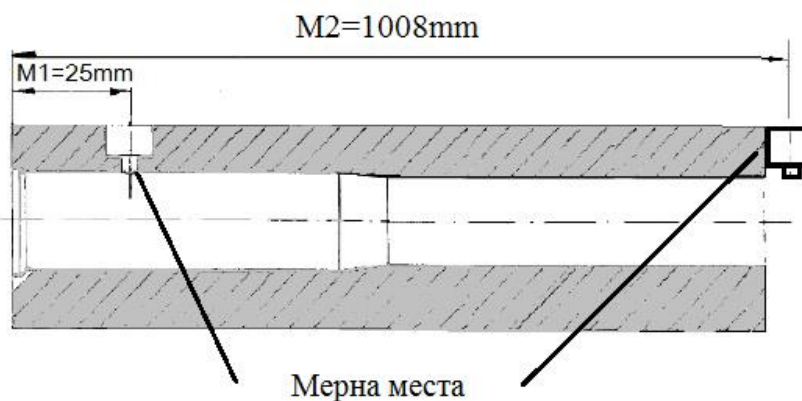
За муницију са централним ободом: $L_c = 600 \pm 10 \text{ mm}$

За муницију са венцем: $L_c = 600 \pm 10 \text{ mm}$

За магнум муницију: $L_c = 650 \pm 10 \text{ mm}$

За пиштољску и револверску муницију: $L_c = 150 \pm 10 \text{ mm}$.

Мерно место за мерење притиска је обележено ознаком M и на основу табеле TDCC налази се: $M = 25 - 2.00 \text{ mm}$



Слика 21: Мерна места за мерење притиска на 25mm и устима цеви

Ударачки механизам

Тврдоћа ударне игле требало би да буде најмање 50 HRC са пројекцијом између 0.9 и 1.5 mm. Игла пружа довољно енергије ако је полулоптасти врх пречника између 1.8 и

2.2 mm продире у бакарни ваљчић димензија 5x7 mm, са HV тврдоће од 5 до 50 са најмање 0.50 mm дубине.

За ово испитивање бакарни ваљчић треба увести у празно челично кућиште које ће бити уведено у одговарајућу комору опитне цеви.

Механизам за гађање мора да гарантује ефективно редовно и ефикасно опаљење.

Припрема сензора притиска и муниције

Сензори притиска требају бити у складу са одлукама С.І.Р.-а и инсталирани у складу са упутствима С.І.Р.-а и произвођача.

Сваки корисник мора калибрисати своје сензоре притиска. У ту сврху је могуће проверити сензоре притиска користећи друга средства за калибрацију у акредитованом испитним центрима. Ово се односи на све елементе мерног ланца.

Проверава се и следеће:

- Сила стезања момент кључа коју је произвођач прописао
- Да ли је конектор између сензора притиска и прикључног кабла чист, сув и без икаквих масноћа
- Да одабрана осетљивост (pC/bar) буде најближа могућа очекиваном притиску

Димензионална контрола муниције

Димензионална контрола муниције мора се извршити уз примену метода важећих у метрологији и у даље наведеним поступцима. Максималне и минималне вредности морају бити у складу са таблицама TDCC.

Димензионална контрола омогућава да се провере мере важне за сигурност као и мере које дефинишу тип муниције. Наведене мере дефинисане су техничким стандардима међународне организације у чијој је надлежности испитивање ручног ватреног оружја, односно од стране С.І.Р. -а и дате у облику таблице TDCC.

Сва узоркована муниција мора да буде у утврђеним границама димензија које се сматрају важним у погледу сигурности.

Граничне мере утврђене за дефинисање типа метке контролишу се помоћу контролника облика уз вођење рачуна о минималним мерама лежишта метка наведених у таблицама TDCC.

У оквиру димензионалне контроле мора се проверити и положај каписле у односу на дно чауре, тј. каписла не сме да буде изнад нивоа дна чауре (Службени гласник, 2020).

Припрема муниције

У случају где је то прописано, сва муниција дате серије мора се пре испитивања избушити у складу са захтевима. Чаура метка се буши бургијом од 2 mm на мерном месту од 25mm од дна чауре. Уз помоћ одговарајућег алата за бушење чауре обезбедиће се да отвор на чаури буде на одређеној удаљености (25 mm) и концентричности са каналом за мерење притиска на опитној цеви.

Након бушења чауре проверерава се отвор на чаури како би се осигурало да чаура није деформисана и да у избушеној чаури нема металних струготина, како би се избегло цурење барутних гасова.

У случају када је прописано бушење чаура примениће се следећи поступак. Брзина се мора мерити код цеви које немају мерно место за притисак или код цеви код којих је мерно место затворено. Брзинске цеви се искључиво користе за мерење брзине и у односу на опитне цеви са мерним местом за притисак у пракси дају веће вредности брзине.

Разлика између средњих брзина измерених у серији муниције са бушеним и небушеним чаурама треба да буде мања или једнака од 1.5% за брзине до 500 m/s и мање или једнако од 1 % за веће брзине.

Постизање ових вредности тренутно је жељени циљ и није формални услов. У случају правилног испитивања брзине основна метода ће превладати тј. метода са коришћењем брзинске цеви без мерног места за притисак. Друге методе за оптимизацију затварања мерног места на опитној цеви су прихватљиве када се утврди и савлада корелација са описаном методом.

Контрола максималног притиска и брзине

Мерење притисака и брзина мора бити у складу са техничким стандардима међународне организације у чијој је надлежности испитивање ручног ватреног оружја, односно правилима С.І.Р.-а. Измерене вредности морају бити мање од максималних вредности које су прописане техничким стандардима наведене међународне организације односно од стране С.І.Р.-а.

Балистичке цеви и методе мерења притисака дефинисане су техничким стандардима међународне организације у чијој је надлежности испитивање ручног ватреног оружја, односно одредбе С.І.Р.-а за ову област испитивања. При мерењу притисака може се мерити и брзина зрна.

Нормални (прописани или оптимални) услови испитивања јесу:

- температура 21 ± 1 °C
- релативна влажност $60 \pm 5\%$.

Контрола типа муниције врши се уз претходно климатизовање у трајању од 24 часа. Контрола производње може да се изводи и са муницијом која је на температури околине.

Вредности притисака не смеју да пређу вредности које су прописане техничким стандардима међународне организације у чијој је надлежности испитивање ручног ватреног оружја, односно прописима C.I.P.-а. У случају потребе и ако израчуната максимална гранична вредност не прелази $1.25 P_{\max}$, приступиће се поновљеном испитивању са двоструким узорком, дуплим бројем мерења.

Просечна вредност резултата испитивања и поновљеног испитивања мора да задовољи техничке стандарде, односно прописе C.I.P.-а.

У случајевима када је технички предвиђено, односно када је C.I.P. предвидео мерење кинетичке енергије, ово мерење после обраде резултата, зависно од статистике, мора да задовољи прописе у погледу материјала. Да би се ово мерење извршило, користи се уређај са фото баријером са регистратором резултата измерених брзина. ПРАВИЛНИК

Мерење кинетичке енергије

Мерење кинетичке енергије уместо мерења притиска оправдано је у следећим случајевима:

- запремина коморе за сагоревање је довољно мала да би уградња сензора могла изменити нормалан развој притиска
- притисак каписле такође представља погонску силу, количина притиска је у овом случају довољно малу, тако да мерење притиска добијеног класичним поступцима није значајно мерење притиска муниције без пројектила ако одговарајућа сонда за мерење притиска није доступна (нови метак или метак који се ретко користи).

У табелама димензија метка и лежишта-коморе ове врсте муниције су препознатљиве по индикацији њихове енергије на устима цеви изражене у џулима (Joules) уместо индикације максималног притиска.

Поступак мерења Кинетичке енергије пројектила добија се по формули:

$$E = \frac{mV^2}{2}$$

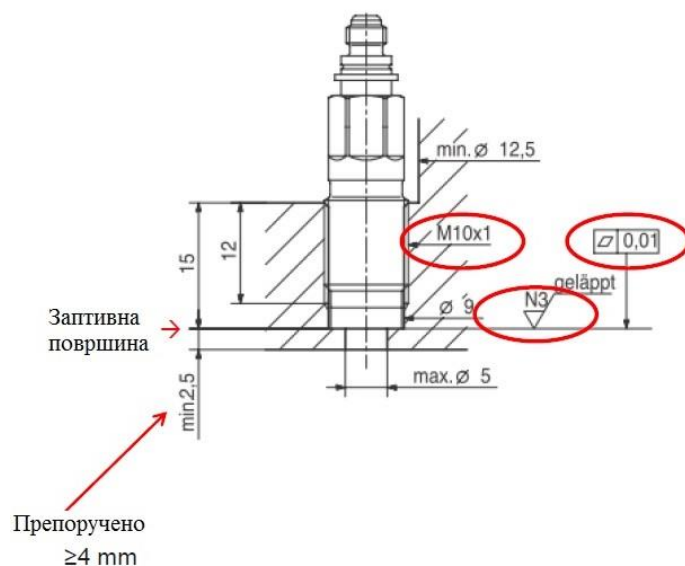
5.2. Балистичка мерења

Поређењем стандарда (C.I.P., EPVAT и SAAMI) могу се видети разлике у начину мерења притиска, мерним местима, потребне мерне опреме итд. На сликама се могу видети мерна места за мерење притиска, главне разлике између ових метода су следећа.

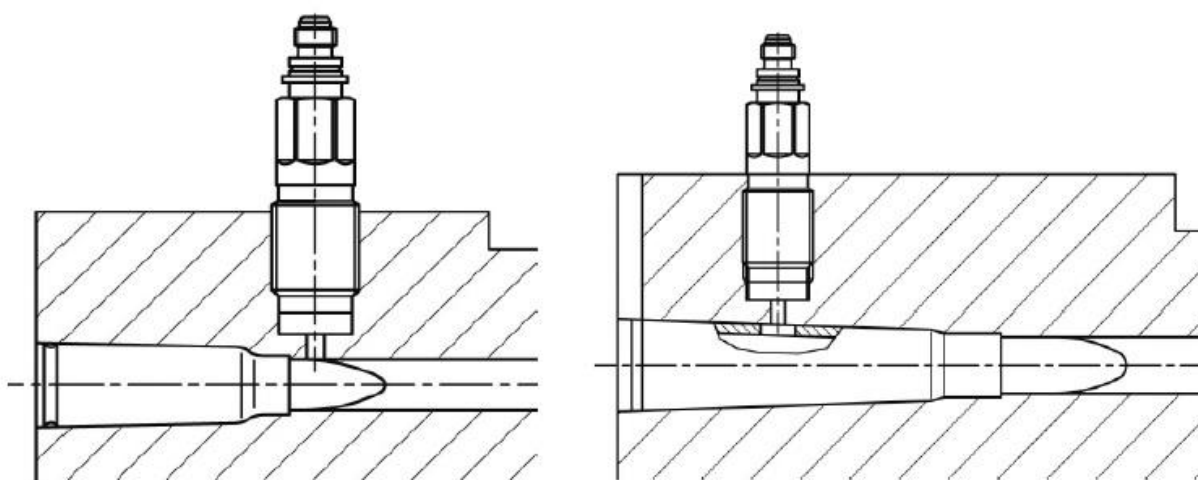
Код С.I.P методе мерно место се увек налази на 25 mm од дна чауре, тако да обухвата чауру. Док код EPVAT методе мерно место за притисак се налази на устима чауре, тако да се мерно место разликује од метка до метка. Код SAAMI методе мерно место се налази на одређеној удаљености од дна чауре.

Код С.I.P. методе потребна је претходна припрема лежишта сонде и мунције. За лежиште сонде је битно да буде чисто и суво, без оштећења и нечистоћа. Код мунције је потребно бушење чауре бургијом 2.00 mm на мерном месту чауре, 25 mm од дна чауре. На слици видимо сонду 6215 у лежишту сонде на опитној цеви са препорученим мерама за израду лежишта сонде. За израду лежишта сонде треба се строго придржавати техничке документације и упутства произвођача и С.I.P. –а.

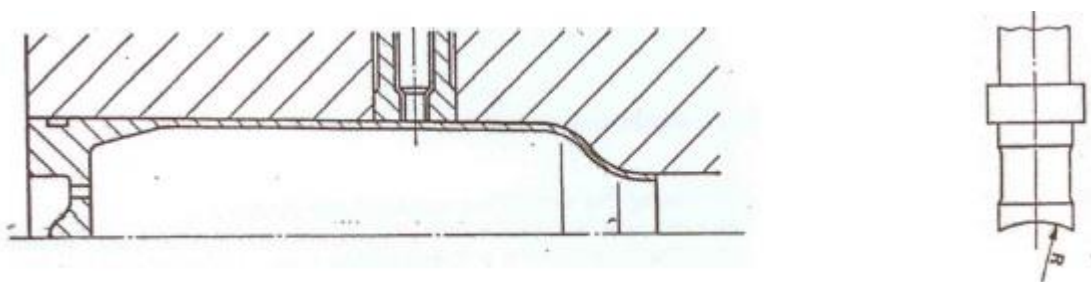
Код EPVAT методе није потребна припрема мунције, што олакшава процес балистичког мерења.



Слика 22: Препоруке израде лежишта сонде за сонду 6215



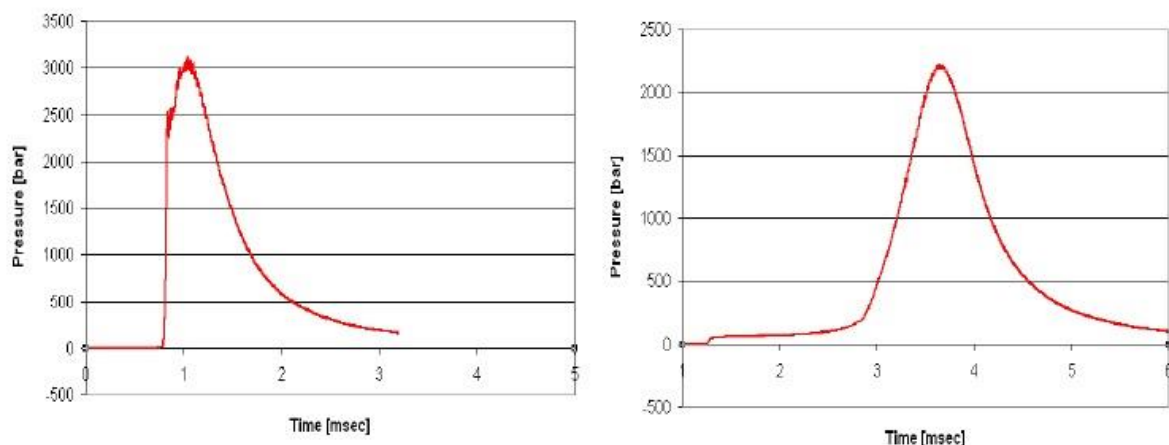
Слика 23: Приказ мерног места за мерења притиска код EPVAT и С.I.P. методе



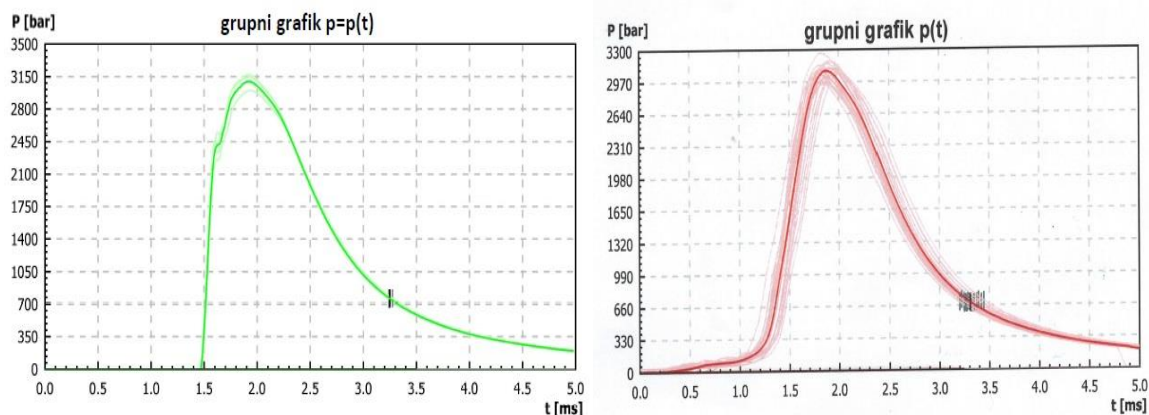
Слика 24: Приказ мерног места за мерења притиска код SAAMI методе

На сликама се могу видети прикази балистичких крива притисака код C.I.P. и EPVAT методе мерења. Код C.I.P. методе поступак снимања балистичке криве је од тренутка удара игле у капислу, активирања каписле па све до изласка зрна из уста цеви, може се рећи да се мери потпуни процес опаљења. Ради се о криви притиска која почиње скоро из нулте вредности времена и нулте тачке притиска тако да крива има равномеран пораст и пад притиска у функцији времена. Осцилације код ове методе су занемарљиве.

Код EPVAT методе може се видети нагли пораст притиска, што је последица мерног места за мерења притиска на устима чауре. У току снимања балистичке криве може се видети време ударца игле у капислу али не и сам процес активирања каписле. Појава осцилација које могу утицати на мерење код ове методе су могуће.



Слика 25: Приказ балистичке криве притиска код EPVAT и C.I.P. методе



Слика 26: Приказ балистичке криве притиска код EPVAT и C.I.P. методе за метак 12,7x108mm

Код C.I.P. методе од мерења је потребно обавити следеће:

– Притисак

P_c –Притисак у комори чауре (избушена чаура)

P_m –Притисак на устима цеви

– Временски интервали

t_0 – Тренутак удара игле у капислу, почетак процеса

t_1 – Тренутак када је достигнут (1% of P_{cmax})

t_2 – Тренутак када је достигнут (10% of P_{cmax})

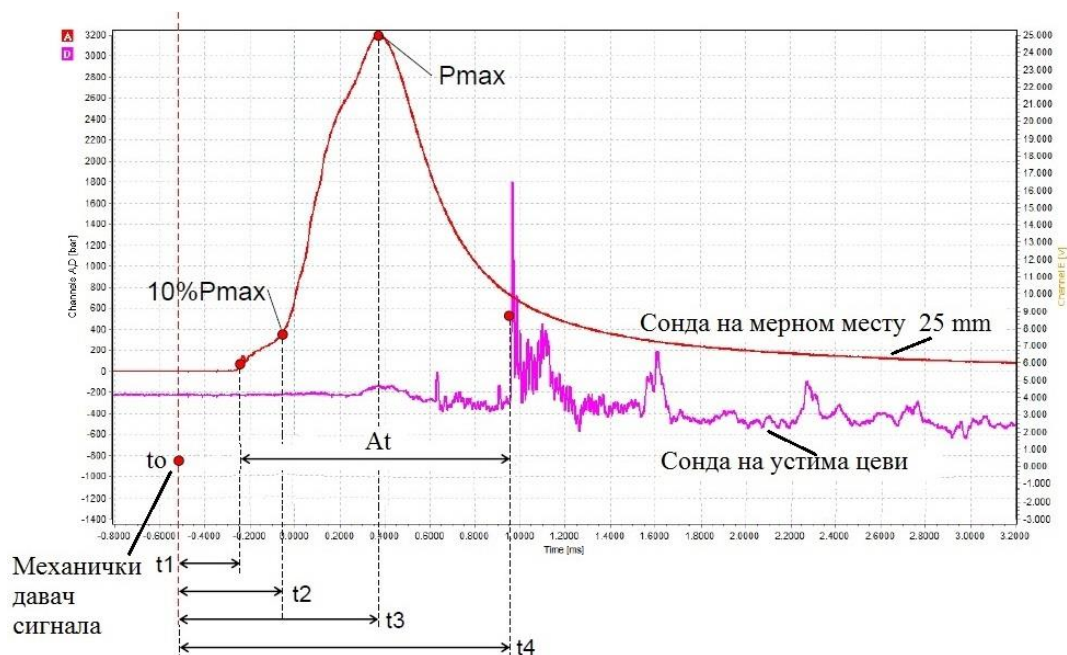
t_3 – Тренутак када је достигнут максимални притисак P_c (P_{cmax})

t_4 – Тренутак када је пројектил напустио цев

A_t –време рада, време од t_1 до t_4

– Брзина

V2.5 – Брзина мерена на 2.5m (између баријера)

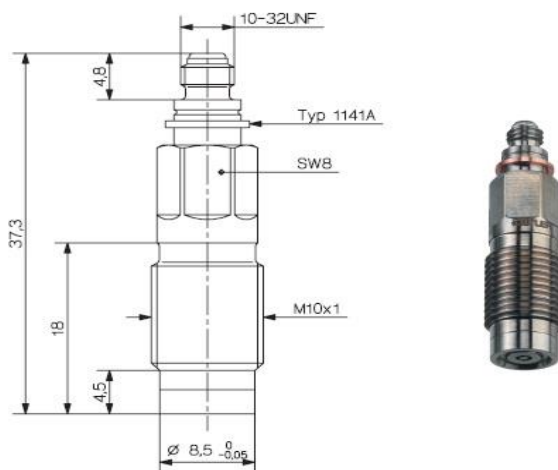


Слика 27: Графички приказ временских интервала на балистичкој криви притиска

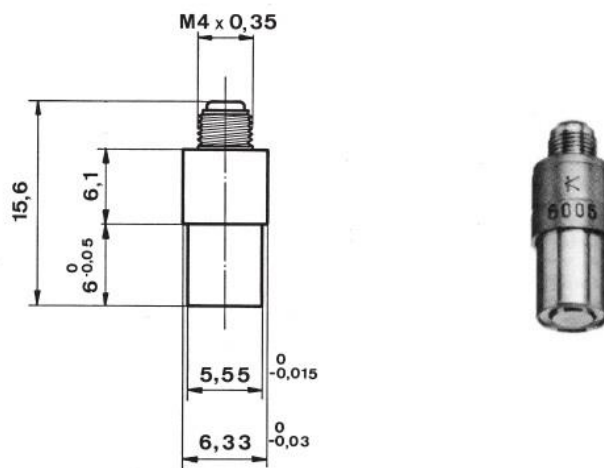
Припрема цеви и инсталирање претварача

Опрема потребна за припрему цеви и инсталирање претварача:

- Опитна цев у складу са спецификацијом димензија и материјала;
- Застава оружје, кал. 12,7 x 108 mm, број цеви 254963
- Сонда за мерење притиска на мерном месту 25 mm; Kistler 6215
- Сонда за мерење притиска на устима цеви ; Kistler 6005
- Кистлерова маст; Kistler 1063
- Термална заштита; Kistler 6565A
- Термална заштитна дијафрагма; Kistler 1181A
- Заптивни прстен; Kistler 1100
- Кистлеров развртач за завршну обраду лежишта сонде у цеви и његови додаци;
- Kistler 1300A25
- Момент кључ за завртање; Britool AVT 300A



Слика 28: Kistler 6215



Слика 29: Kistler 6005

Пре употребе опитне цеви потребно је да цев испуњава задате димензионе и квалитативне задате прописе. Потребно је да опитна цев у делу лежишта метка, водишта пројектила и лежишта сонде буде чиста и сува. Присуство различитих врста уља и остатака нечистоћа од претходних мерења може утицати на тачност мерења и животног века цеви.

Обзиром да се цев при тестирању излаже високим притисцима и температурама, стварају се велика напрезања унутар цеви која би могла, уз неадекватну технологију обраде и врсте материјала цеви, проузроковати дефекте, а у најгорем случају прскање цеви.

На правилан начин уз помоћ развртача за завршну обраду лежишта сонде у опитној цеви могу се очистити оштећења, фрагменти и остаци нечистоћа од претходних мерења.



Слика 30: Приказ комплета алата за обраду лежишта сонде

Пре завијања развртача за завршну обраду лежишта ознаке 1300A25 потребно је нанети маст ознаке 1063 на предњи део алата и навоја, након чега развртач завити руком у лежиште сонде.



Слика 31: Приказ наношења масти на развртач за обраду и завијања у лежиште сонде

Уз помоћ шипкастог кључа завити алат са кључем број 10 до одређеног нивоа. Алат се не сме стегнути до краја јер у том случају може направити оштећење на заптивној површини али исто тако, ако се алат не затегне довољно, контакт између алата и површине неће бити довољан за обраду заптивне површине. Након завијања развртача за завршну обраду лежишта до одређеног нивоа потребно је са горње стране поставити алат (ручку црвене боје) на алат за обраду и у контра смеру кретања казаљке на сату окретати алат (ручку црвене боје) приближно 5 или више циклуса уз констатно придржавање шипкастог кључа са кључем број 10. Када се заврши обрада може се отпустити кључ и истовремено окретати алат (ручку црвене боје) у контра смеру кретања казаљке на сату са шипкастим кључем и скинути алат.

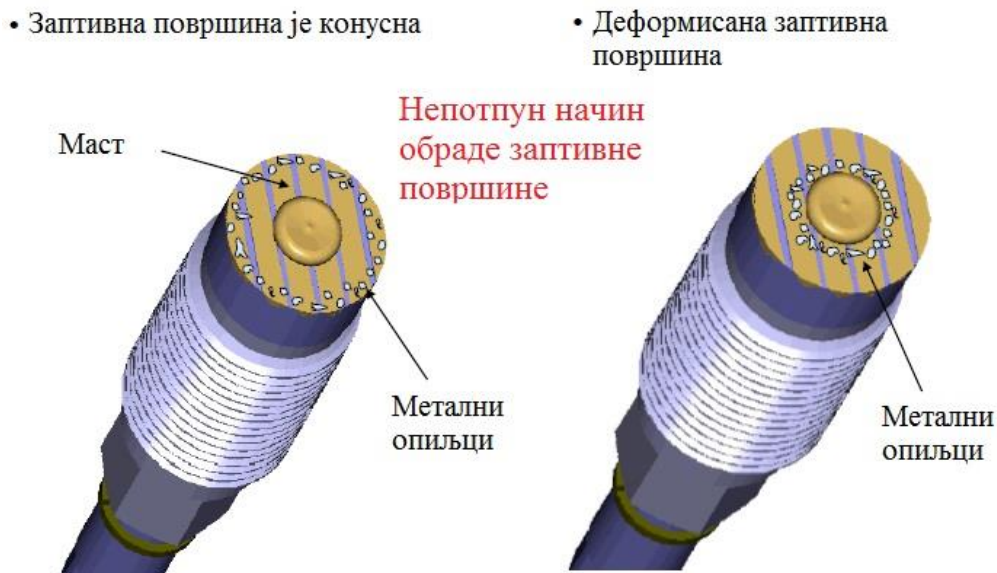


Слика 32: Приказ начина коришћења развртача за обраду

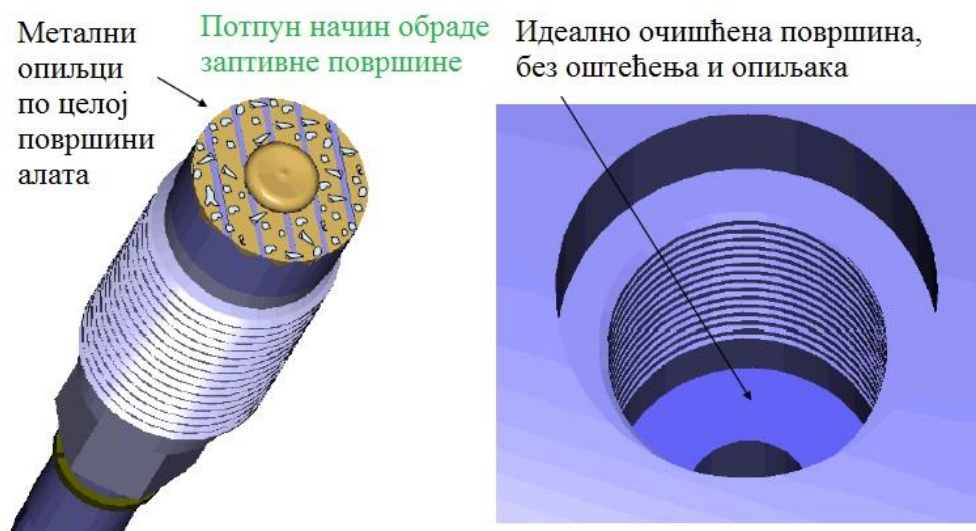
У зависности од стања лежишта сонде потребно је обавити 5 или више циклуса окретања. Након обраде заптивне површине лежишта сонде потребно је проверити квалитет обраде.

Провера се врши визуелним контролом заптивне површине у лежишту сонде, потребно је да заптивна површина буде равна, без рисева, убоја, удубљења и заосталих нечистоћа. На основу чела развртача за обраду заптивне површине лежишта сонде може се утврдити да ли је обрада у потпуности урађена по правилу. На слици су приказани непотпуни начини обраде заптивне површине као резултата деформисане и конусне заптивне површине.

Када се утврди да се опиљци налазе равномерно по целој површини развртача за обраду заптивне површине лежишта сонде може се рећи да је обрада потпуна уз наравно поновну контролу заптивне површине лежишта сонде.



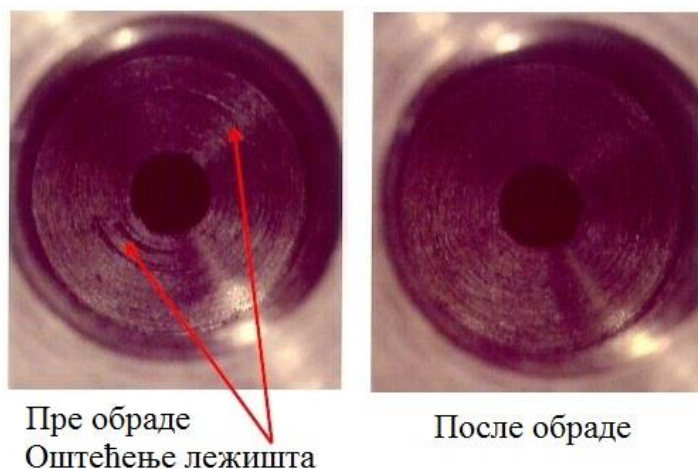
Слика 33: Приказ чела развртача за обраду при непотпуној обради заптивне површине



Слика 34: Приказ чела развртача за обраду при потпуној обради заптивне површине

На крају обраде може се видети разлика која се огледа у чистијој заптивној површини, без рисева, деформација и остатака од претходних мерења. Веома је битна ствар да

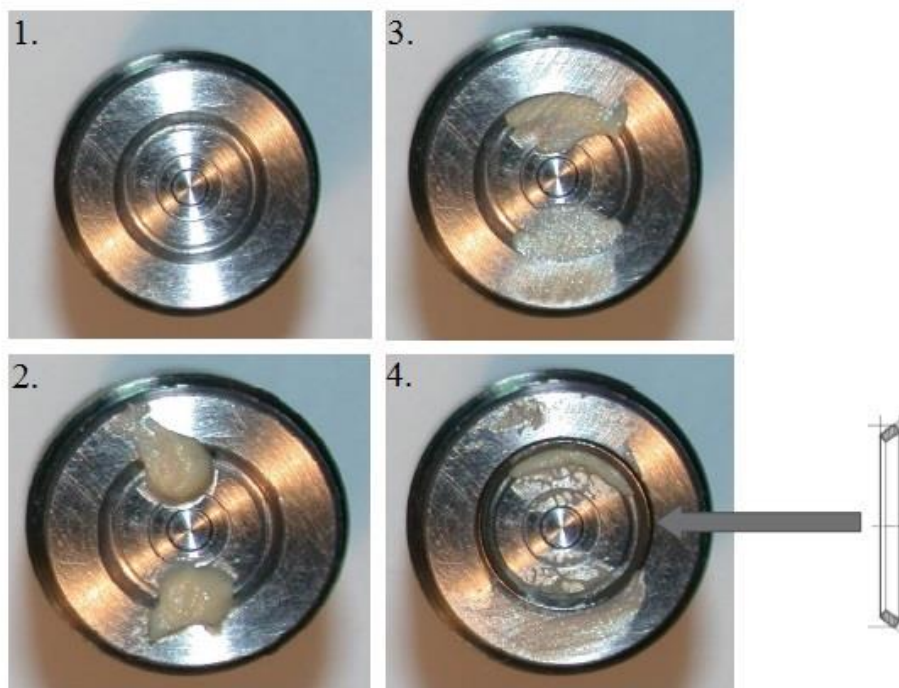
заптивна површина буде чиста, равна и без оштећења јер у супротном може доћи до оштећења сонде и додатног оштећења заптивне површине лежишта сонде за коју постоји могућност да се не може обрадити за поновно коришћење.



Слика 35: Пре и после обраде заптивне површине

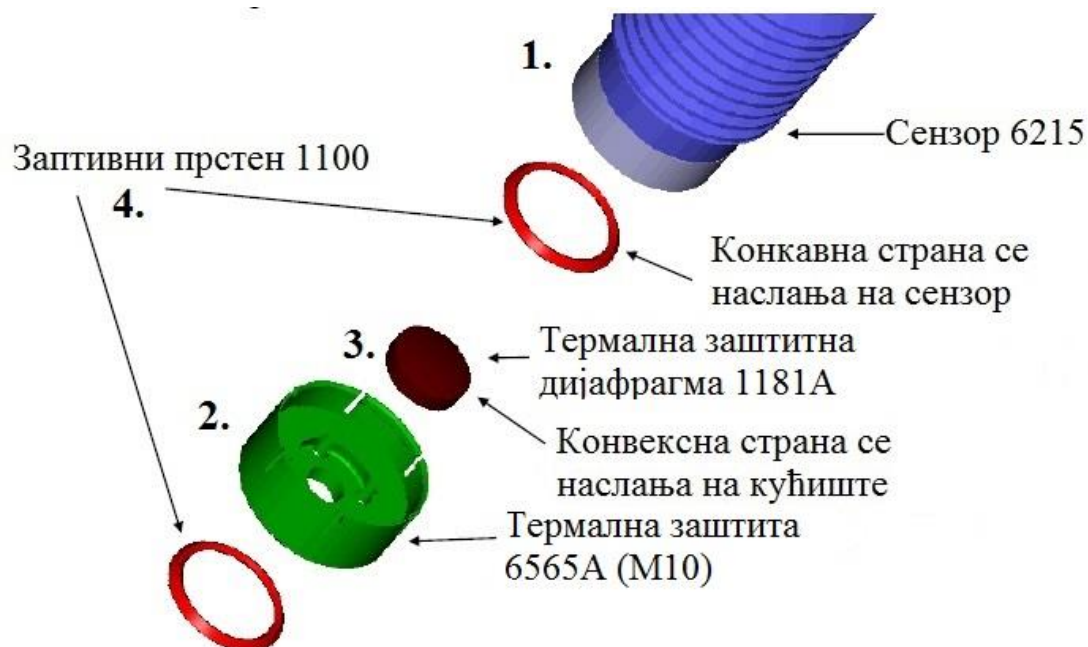
Пре инсталација сонди, потребно је да сонде које су предвиђене за коришћење буду чисте и суве. Присуство различитих врста уља и остатака нечистоћа од претходних мерења може утицати на тачност мерења и животног век сонде.

- На чело сонде 6215 ставити малу количину Кистлерове масти тип 1063;
- Након наношења масти на чело сонде, маст размазати по улегнућу чела;
- Поставити заптивни прстен ознаке 1100 у улегнуће чела сонде ;

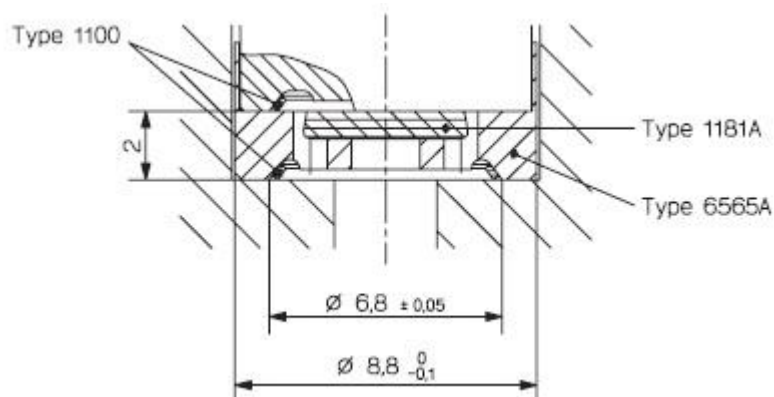


Слика 36: Начин наношења масти и прстена на сонду

- У термалну заштиту ознаке 6565А поставити термалну заштитну дијафрагму ознаке 1181А
- На сонду поставити термалну заштиту са термалном заштитном дијафрагмом;
- На предњој страни термалне заштитне поставити заптивни прстен ознаке 1100;

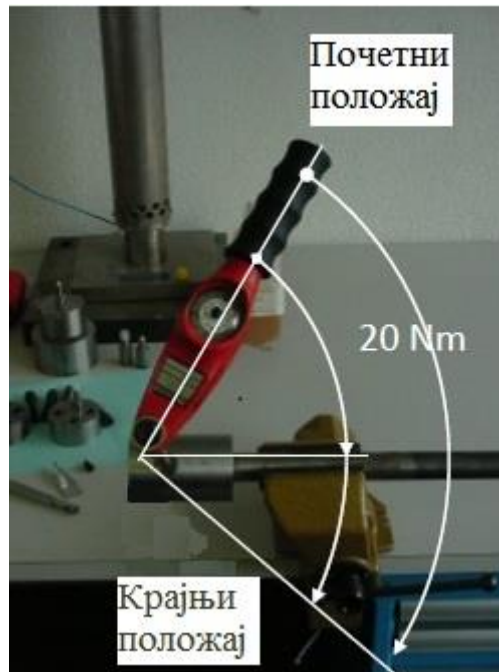


Слика 37: Шематски приказ термалне заштите за СРP методу мерења: 1. Сензор 6215 2. Термална заштита 6565А 3.Термална заштитна дијафрагма 1181А 4. Заптивни прстен 1100



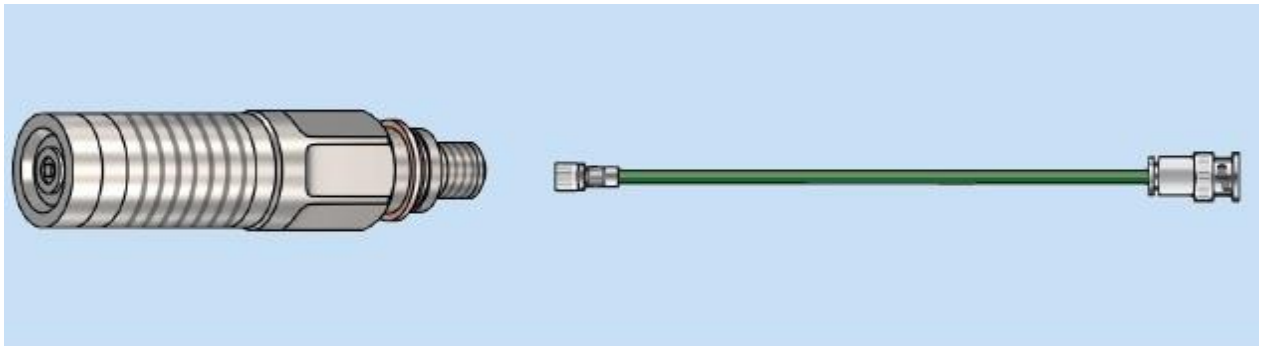
Слика 38: Шематски приказ термалне заштите у склопу сонде

- Такав склоп претвараача завити у опитну цев и стегнути кључем на 20 Nm.



Слика 39: Начин стезања сонде Kistler 6215 у лежиште сонде

- Сонду 6005 поставити у кућиште мерног места на устима цеви и причврстити за адаптер
- Завити конекторе кабла ознаке 1631 за конекторе сонди



Слика 40: Kistler 6215 и кабал 1631

- Након повезивања сонди са конекторима може се прећи на припрему муниције и софтвера за обраду података.

6. Прорачун методе Дроздова

Како би се установиле математичке зависности промене притиска барутних гасова од пређеног пута пројектила у цеви, односно брзине пројектила од његовог пређеног пута унутар цеви, неопходно је извршити УБ прорачун на основу познатих конструкционих података, података о коришћеној муницији и коришћеном баруту. Тиме се заправо извршава први основни задатак унутрашње балистике, односно одређује се законитост кретања пројектила и развоја гасодинамичких карактеристика у опитној цеви коришћењем муниције 12.7 x 108 mm са два типа барута.

Сходно томе у раду се налазе два УБ пропрачуна, за СБ и НЦ тип барута. За одабрану методу УБ прорачуна (метода Дроздова), познато је да се дефинисање законитости кретања пројектила у процесу опаљења огледа у решавању система једначина по периодима. Све константе које улазе у систем једначина представљају полазне податке гуписане у три различите групе:

1) Карактеристике цеви

S_c – површина попречног пресека цеви;
 W_u – почетна запремина барутне коморе;
 X_u – укупни пут пројектила у цеви;

2) Карактеристике пројектила

m – маса пројектила;
 p_0 – притисак форсирања;
 φ – коефицијент фиктивности;

3) Карактеристике барута

mb – маса барута;
 fb – специфичан рад барутних гасова;
 α – коволумен барутних гасова;
 uz_0 – јединична брзина сагоревања барута;
 ρb – запреминска маса;
 θ – однос специфичних топлотаумањен за 1;
 r_0 – половина минималне дебљине барутног зрна;
 κ – коефицијент облика;
 λ – коефицијент облика;
 μ – коефицијент облика;
 κ_1 – коефицијент облика за двочлане формуле;
 λ_1 – коефицијент облика за двочлане формуле;

6.1.СБ барут

Полазни подаци за метак 12.7 x 108 mm са СБ барутом:

W0=.000018 S=.000127 XU=0.88 FI=1.2450 M= 0.051

OM= 0.015 F= 971389. DELM=1600. ALFA=.00098 TETA=.275

E0=.00043 AKAPA=1.18605 LAM=-.14501 U1=.106E-08 P0=.180E+08

Густина пуњења DELTA=844.

Излазни подаци овог УБ пропрачуна дају вредности:

Максимална брзина: 797.22 m/s

Максимални притисак: 328.117472 Мра

Укупно трајање процеса: 0.00228 ms

Укупан пређени пут (полазни податак): 0.878 mm

Добијени резултати, односно добијене зависности брзине и притиска од времена и пређеног пута приказане су у облику дијаграма на графицима.

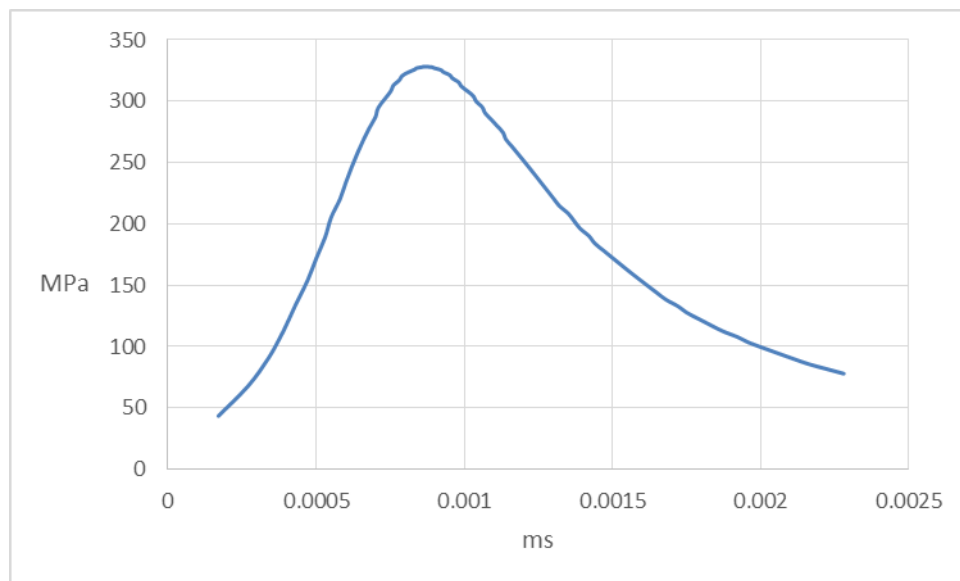


График 1: Промена притиска барутних гасова у току времена

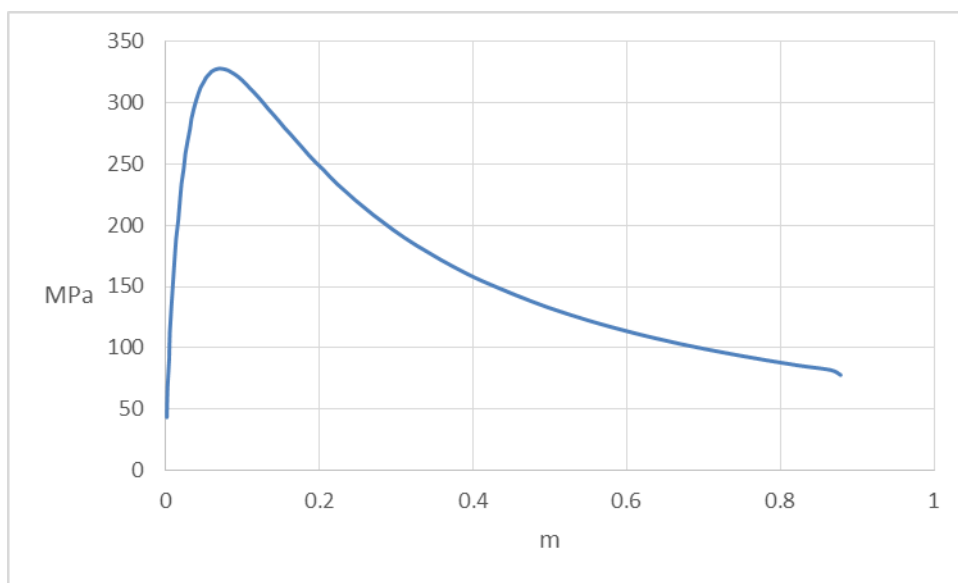


График 2: Промена притиска барутних гасова у зависности од пређеног пута

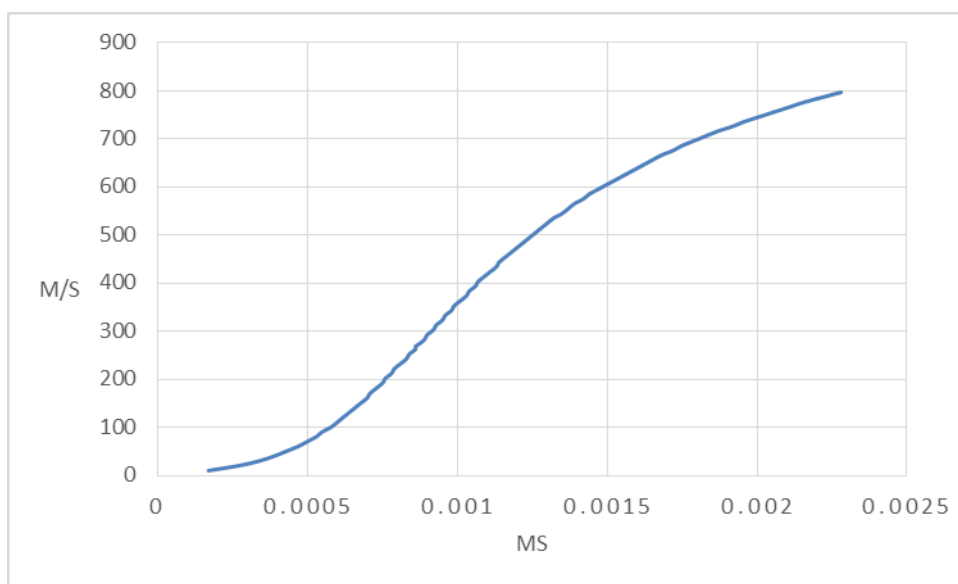


График 3: Промена брзине пројектила у току времена

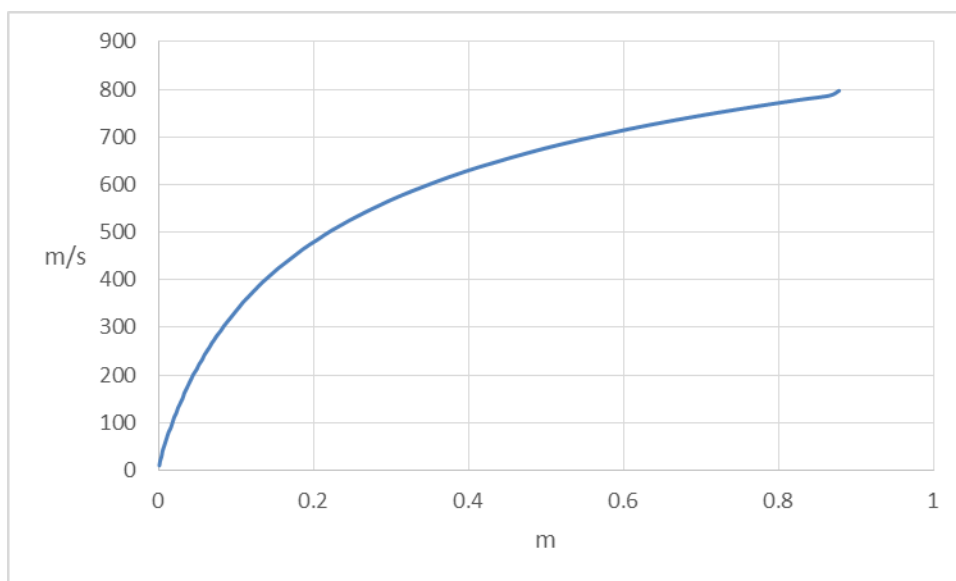


График 4: Промена брзине пројектила у зависности од пређеног пута

6.2. НЦ барут

Полазни подаци за метак 12.7 x 108 mm са НЦ барутом:

W0=.000019 S=.000127 XU=0.88 FI=1.2000 M= 0.051

OM= 0.015 F= 971389. DELM=1600. ALFA=.00097 TETA=.252

E0=.00035 AKAPA=1.18890 LAM=-.15890 U1=.900E-09 P0=.180E+08

Густина пуњења DELTA=794.

Излазни подаци овог УБ пропрачуна дају вредности:

Максимална брзина: 789.09 m/s

Максимални притисак: 294.786528 МПа

Укупно трајање процеса: 0.00234 ms

Укупан пређени пут (полазни податак): 0.878 mm

Добијени резултати, односно добијене зависности брзине и притиска од времена и пређеног пута приказане су у облику дијаграма на следећим графицима:

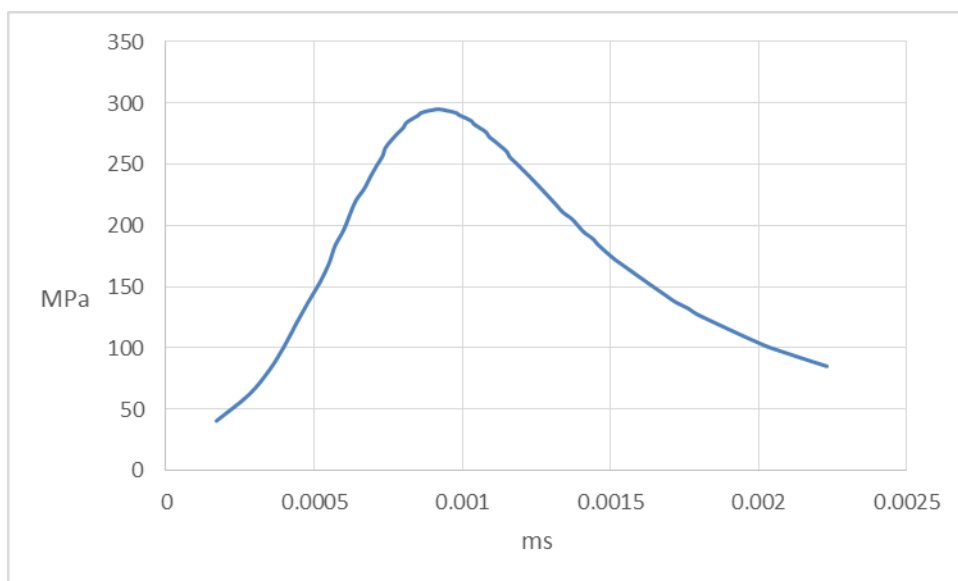


График 5: Промена притиска барутних гасова у току времена

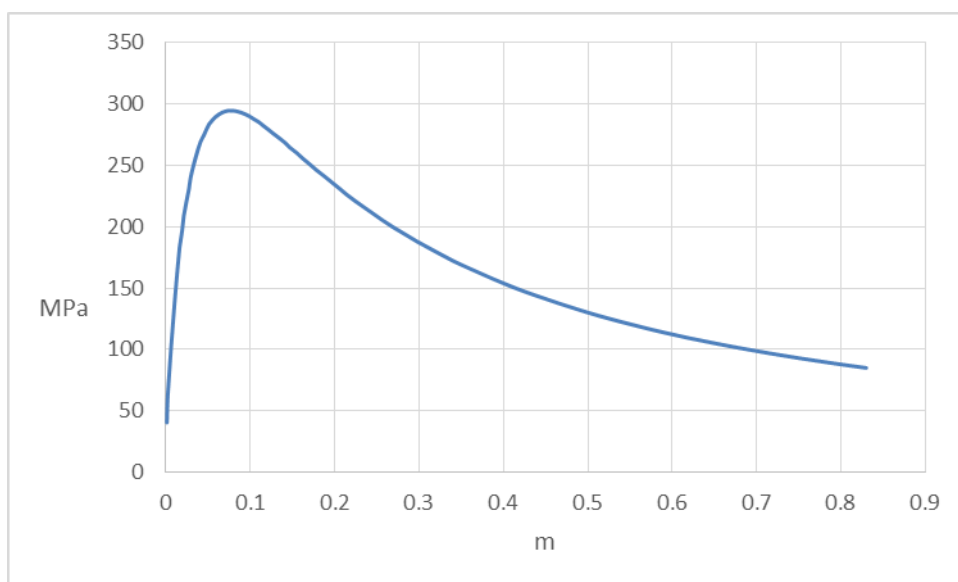


График 6: Промена притиска барутних гасова у зависности од пређеног пута

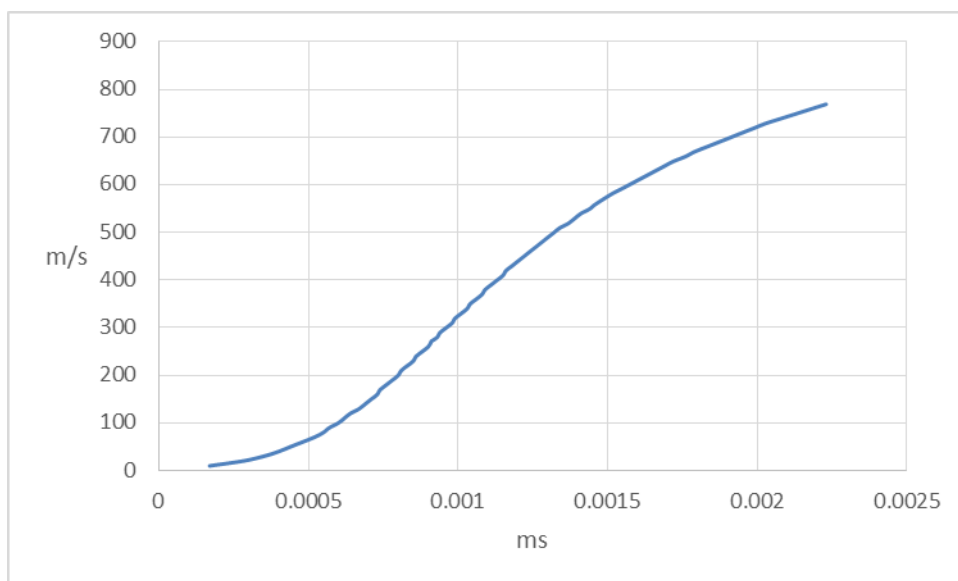


График 7: Промена брзине пројектила у току времена

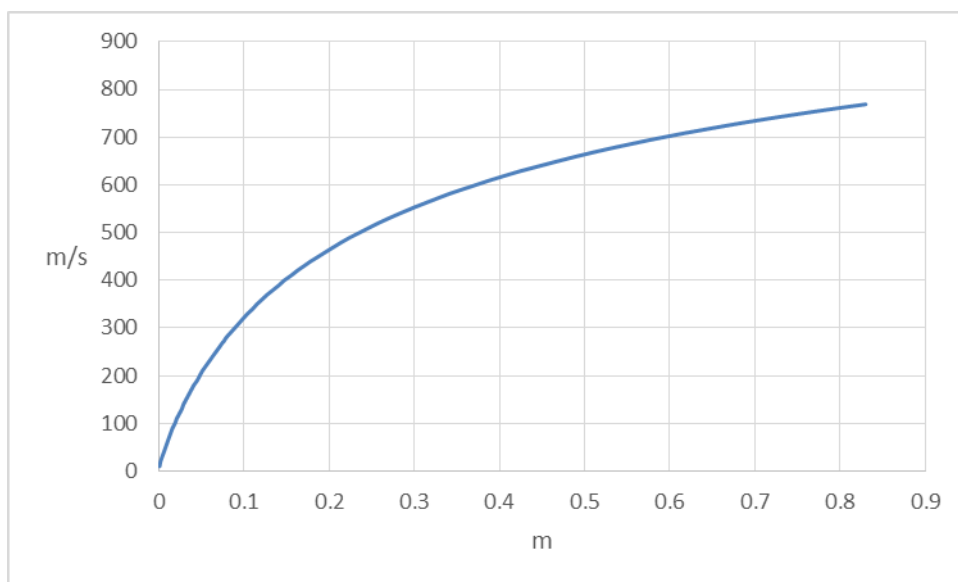


График 8: Промена брзине пројектила у зависности од пређеног пута

7. Припрема група мунције са СБ и НЦ барутом

За овај мастер рад потребне су три групе муниције за сваки тип барута (СБ и НЦ). Свака група садржи 20 метака, јер по С.І.Р. методи мерења, најмања група за испитивање садржи 20 метака исте серије, групе или узорка.

СБ група која је формирана је група са месинганом чауром, бердан капислом, СБ барутом и Ball зрном. Поред три главне групе по 20 метака, са овим типом барута је лабораторисана и муниција за загревање цеви и касније још пар метака за три главне групе

услед одређених проблема приликом мерења (неопаљење из првог покушаја, оштећење чауре, зрна, каписле, неуспешног снимања вредности притиска или брзине итд.).

СБ група за испитивање садржи:

1. Стандардна група
2. Група са контролисаном масом барутног пуњења
3. Група са контролисаном масом барутног пуњења и зрна



Слика 41: 1. Ball зрно (које се користи у опиту) 2. СБ барут 3. Месингана чаура са бердан капислом (произведена 2019. године, која се користи у опиту) 4. Метак за три групе муниције (СБ група)

НЦ група која је формирана је група са месинганом чауром, бердан капислом, НЦ барутом и Ball зрном. Поред три главне групе по 20 метака, са овим типом барута је лабораторисана и муниција за загревање цеви и касније још пар метака за три главне групе услед одређених проблема приликом мерења (неопаљење из првог пута, оштећење чауре, зрна, каписле, неуспешног снимања вредности притиска или брзине итд.).

Треба напоменути да се за НЦ групе користио барут из муниције са месинганом чауром, бердан капислом и панцирно запаљивим зрном који су касније одбачени. Од муниције са НЦ барутом, од свих компоненти метка једино је барут задржан. Иако су чауре код НЦ и СБ барута истог типа тј. месингане са бердан капислом, одлучено је да се користе чауре и каписле од СБ барута, јер је та муниција произведена 2019. године док је муниција од НЦ барута произведена 1984. године.

НЦ група за испитивање садржи:

1. Стандардна група

2. Група са контролисаном масом барутног пуњења
3. Група са контролисаном масом барутног пуњења и зрна



Слика 42: 1. Панцирно запаљиво зрно (које се не користи у опиту) 2. НЦ барут 3. Месингана чаура са бердан капислом (произведена 1984. године, која се не користи у опиту) 4. Фабрички метак (НЦ група)



Слика 43: 1. Ball зрно (које се користи у опиту) 2. НЦ барут 3. Месингана чаура са бердан капислом (произведена 2019. године, која се користи у опиту) 4. Метак за три групе муниције (НЦ група)

7.1. Припрема група муниције са СБ барутом

Стандардна група

Припрема муниције је вршена на тај начин, да је прво било потребно да се измере димензије и масе метка и његових компоненти. Обзиром да је у раду примарна муниција са сферичним (СБ) барутом, прво су вршена испитивања на муницији калибра 12,7 x 108 mm са СБ барутом. Из исте серије муниције произведене 2019. године, узета је количина од 400 метака, на основу којих су се радила прва мерења. Из изабраног узорка од 400 комада исте серије и исте године производње узета је количина од 20 метака за мерења маса и димензија метка и његових компоненти. Узорак од 20 комада проглашен је за стандардом муницијом, то јест оригиналном муницијом произвођача, који је касније коришћен за прву групу балистичких испитивања са СБ барутом.

Фабричка чаура која је коришћена је од месинга са бердан капислом. За обе групе барута (СБ и НЦ) коришћене су исте чауре са бердан капислом произведене 2019. године.

Димензије које су мерене су висина метка, висина чауре, висина зрна и пречник зрна. Од маса мерена је маса метка, маса барутног пуњења и маса зрна. На основу ових мерења сачињена је табела бр. 1 на основу којих су приказане измерене вредности.

Припрема која је урађена пре мерења је да су на узорцима од 400 метака исчупана зрна уз помоћ алата за чупање зрна. Након сваког исчупаног зрна, у чауру је са обрнуте стране враћено зрно како не би дошло до мешања узорака, тј. иста чаура са барутним пуњењем и зрном. Од узорка од 400 комада изабрана је група од 20 метака која представља стандардну групу муниције са СБ барутом.

На основу ових резултата добијен је први преглед измерених вредности метка и његових компоненти. Из добијених резултата најбитније ставке за балистичко мерење су маса барутног пуњења и маса зрна. На основу овога, касније су се формирале још две групе муниције са СБ барутом, прва са контролисаном масом барутног пуњења и друга са контролисаном масом барутног пуњења и зрна.

Након мерења сваки метак је затворен на висину од 107.70 mm и зрно је поново стегнуто за уста чауре. Зрно је враћено у чауру уз помоћ ручне машине за затварање, док је стезање вршено на алату за стезање зрна.

Треба напоменути да је сила чупања зрна битан фактор код унутрашње балистичког процеса. Алат за стезање зрна је механички, који ради на принципу повлачења ручице до одређеног положаја. У зависности од карактеристика материјала и димензија чауре и зрна, измерене силе чупања зрна су од 2784 N до 4512 N. Опсег силе чупања зрна би био мањи да се користио савременији алат за стезање, који би на основу карактеристика материјала и димензија чауре и зрна стегао свако зрно идентичном силом, на основу које би касније сила чупања зрна била у ужим границама.

Исти начин затварања зрна и стезања уста чауре важи за све остале СБ и НЦ групе муниције.

Табела 1: Приказ измерених вредности стандардне групе муниције са СБ бартуом

Табела 1							
Подаци из Завода							
Група од 20 метака-Стандардна муниција- 12,7 x 108 mm							
Редни бр.	Маса метка	Маса зрна	Маса бар. пуњења	Висина метка	Висина чауре	Висина зрна	Пречник зрна
1	132.26	51.29	15.96	146.53	107.78	55.48	12.96
2	132.03	51.56	15.94	146.57	107.70	55.50	12.96
3	132.59	51.43	15.90	146.52	107.75	55.57	12.95
4	131.77	51.40	15.92	146.51	107.76	55.28	12.98
5	132.03	51.44	16.03	146.68	107.75	55.58	12.97
6	132.38	51.42	15.95	146.61	107.75	55.64	12.98
7	132.64	51.44	15.99	146.53	107.80	55.69	12.97
8	132.19	51.41	15.97	146.52	107.74	55.55	12.98
9	132.54	51.44	15.96	146.54	107.75	55.58	12.98
10	132.17	51.32	15.93	146.60	107.82	55.60	12.98
11	132.44	51.60	15.98	146.58	107.80	55.66	12.96
12	132.41	51.42	15.95	146.65	107.75	55.61	12.98
13	132.59	51.46	15.95	146.70	107.78	55.67	12.98
14	132.35	51.41	15.97	146.70	107.78	55.62	12.98
15	132.09	51.36	15.97	146.65	107.78	55.49	12.97
16	132.76	51.42	15.98	146.70	107.74	55.56	12.98
17	132.42	51.36	15.97	146.67	107.70	55.62	12.97
18	132.62	51.49	15.99	146.60	107.71	55.58	12.97
19	132.17	51.33	15.97	146.70	107.70	55.48	12.97
20	132.52	51.47	15.99	146.65	107.75	55.60	12.98
Ср.вр.	132.35	51.42	15.96	146.61	107.75	55.57	12.97
Макс.	132.76	51.60	16.03	146.70	107.82	55.69	12.98
Мин.	131.77	51.29	15.90	146.51	107.70	55.28	12.95
Рб/Рм	0.99	0.31	0.13	0.19	0.12	0.41	0.03

Група са контролисаним масама барутних пуњења

Друга група муниције са СБ барутом која је формирана, је група са контролисаном масом барутног пуњења и неконтролисаном масом зрна. Како би група од 20 метака била са контролисаним барутним пуњењем било је потребно да се за 20 метака измери свако барутно пуњење и на основу датог резултата умањи или увећа његова маса на вредност од 16.00 g. Мерење барутног пуњења је извршено на ваги Аcom Jw-1 која се користи за прецизно мерење баурног пуњења. Услови у којима су мерене масе барутних пуњења одговарају стандарду 17025 за лабораторије.



Слика 44: Приказ измерене вредности барутног пуњења са СБ барутом

Зрна која су искупана су остала у датој групи, као зрна из стандардне групе. Због малопре поменуте ставке да је за балистичко мерење најбитнија маса барутног пуњења и маса зрна у следећим групама су извршена мерења само маса барутног пуњења и маса пројектила.

Табела 2: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења СБ барута

Табела 2		
Подаци из Завода		
20 метака - Конт. бар. пуњење		
Редни број	Маса бар. Пуњења	Маса зрна
1	16.00	51.44
2	16.00	51.51
3	16.00	51.56
4	16.00	51.38
5	16.00	51.34
6	16.00	51.41
7	16.00	51.34
8	16.00	51.44
9	16.00	51.43
10	16.00	51.36
11	16.00	51.43
12	16.00	51.42
13	16.00	51.44
14	16.00	51.39
15	16.00	51.44
16	16.00	51.38
17	16.00	51.44
18	16.00	51.33
19	16.00	51.46
20	16.00	51.44
Ср.вр.	16.00	51.42
Макс	16.00	51.56
Мин	16.00	51.33
Рб/Рз	0.00	0.23

Група са контролисаним масама барутних пуњења и зрна

Трећа група муниције са СБ барутом која је формирана, је група са контролисаном масом барутног пуњења и контролисаном масом зрна. Како би група од 20 метака била са контролисаним барутним пуњењем било је потребно да се за 20 метака измери свако барутно пуњење и на основу датог резултата умањи или увећа његова маса на вредност од 16.00 g. исто као и у претходној групи.

Да би маса зрна била контролисана било је потребно претходно искупати узорак од 400 метака, како би се обезбедио довољан број зрна за СБ и НЦ групе у којима је битна контролисана маса зрна.

Табела 3: Приказ маса исчупаниих зрна и броја комада

Табела 3			
Подаци из Завода			
Маса зрна	Број комада	Маса зрна	Број комада
51.17	1	51.38	19
51.18	0	51.39	22
51.19	0	51.40	48
51.20	0	51.41	26
51.21	1	51.42	23
51.22	1	51.43	17
51.23	1	51.44	36
51.24	2	51.45	12
51.25	1	51.46	15
51.26	4	51.47	17
51.27	2	51.48	12
51.28	3	51.49	14
51.29	1	51.50	11
51.30	4	51.51	12
51.31	4	51.52	6
51.32	8	51.53	5
51.33	11	51.54	5
51.34	7	51.55	5
51.35	12	51.56	2
51.36	12	51.57	1
51.37	17	51.58	0
Укупно комада		400	
Макс		51.17	
Мин		51.57	
Распон маса зрна		0.4	

Највећи број зрна је примећен код маса зрна од 51.40-51.44 g. Код група код којих је потребна контролисана маса зрна, најбоље је користити зрно масе 51.40 g, јер је најближе средњој вредности масе зрна из стандардне групе муниције и јер за опите код група са контролисаним масама зрна је потребна количина од 40 зрна. Зрна која су исчупана из узорка од 400 комада и код којих је маса зрна износила 51.40 g су одвојена како би се корисила за трећу групу код СБ и НЦ барута.



Слика 45: Приказ измерене вредности масе зрна код групе са СБ барутом

На основу прецизно одмерених маса барутног пуњења и маса зрна формирана је трећа група са контролисаним масама барутних пуњења и зрна.

Табела 4: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења и зрна са СБ барутом

Табела 4		
Подаци из Завода		
20 метака–Конт. маса бар. пуњ. и зрна		
Редни број	Маса барутног пуњења	Маса зрна
1	16.00	51.40
2	16.00	51.40
3	16.00	51.40
4	16.00	51.40
5	16.00	51.40
6	16.00	51.40
7	16.00	51.40
8	16.00	51.40
9	16.00	51.40
10	16.00	51.40
11	16.00	51.40
12	16.00	51.40
13	16.00	51.40
14	16.00	51.40
15	16.00	51.40
16	16.00	51.40
17	16.00	51.40
18	16.00	51.40
19	16.00	51.40
20	16.00	51.40
Ср.вр.	16.00	51.40
Макс	16.00	51.40
Мин	16.00	51.40
РБ/Рз	0.00	0.00

7.2.Припрема група муниције са НЦ барутом

Стандардна група

Припрема муниције са нитроцелулозним (НЦ) барутом је вршена на тај начин, да је прво било потребно исчупати 100 метака, како би се искористио барут за каснија мерења. Месингане чауре са бердан капислом и панцирно запаљивим зрном масе 48.5 g. су одбачене, јер се за овај мастер рад користе фабричке чауре од СБ барута и Ball зрна. Из исте серије муниције произведене 1984. године, узета је количина од 100 метака, на основу којих су се радила прва мерења. Из изабраног узорка, исте серије и

године производње узета је количина од 20 метака код којих су измерене масе барутног пуњења, које су касније лаборисане у месингану чауру са бердан капислом и BALL зрном. Узорак од 20 комада проглашен је стандардом муницијом, код којих су масе барута из фабричке чауре са НЦ барутом лаборисане у друге чауре од СБ барута са BALL зрном. Ова група користила се за прву групу балистичких испитивања са НЦ барутом.



Слика 46: Приказ измерене вредности масе зрна код групе са НЦ барутом (зрна која се не користе)

Припрема која је урађена пре мерења је да су на узорцима од 20 метака исчупана зрна уз помоћ алата за чупање зрна, која су касније одбачена и замењена са BALL зрнима из узорака од 400 метака са СБ барутом.

На основу ових резултата добијен је први преглед измерних вредности маса барутних пуњења и маса зрна. На основу овога касније су се формирале још две групе муниције са НЦ барутом, прва са контролисаном масом барутног пуњења и друга са контролисаном масом барутног пуњења и масом зрна.

Табела 5: Приказ измерених вредности стандардне групе муниције са НЦ барутом

Табела 5		
Подаци из Завода		
20 метака - Стандардна мун.		
Редни број	Маса барутног пуњења	Маса зрна
1	16.09	51.46
2	16.07	51.40
3	16.00	51.57
4	16.00	51.40
5	16.16	51.45
6	16.04	51.46
7	15.98	51.35
8	16.10	51.46
9	16.07	51.46
10	16.03	51.45
11	16.09	51.44
12	16.03	51.45
13	16.07	51.43
14	15.92	51.43
15	16.07	51.47
16	15.99	51.43
17	15.95	51.46
18	16.02	51.44
19	16.11	51.46
20	15.98	51.41
Ср.вр.	16.04	51.44
Макс	16.16	51.57
Мин	15.92	51.35
Рб/Рз	0.24	0.22

Група са контролисаним масама барутних пуњења

Друга група муниције са НЦ барутом која је формирана, је група са контролисаном масом барутног пуњења и неконтролисаном масом зрна. Како би група од 20 метака била са контролисаним барутним пуњењем било је потребно да се за 20 метака лаборише маса барутног пуњења на вредност од 16.00 грама. Мерење барутног пуњења је извршено на ваги Асом Јw-1 која се користи за прецизно мерење барутног пуњења. Услови у којима су мерене масе барутних пуњења одговарају стандарду 17025 за лабораторије. Исти принцип лабораторије и мерења је примењен код СБ барута.

Зрна која су исчупана из СБ узорака од 400 комада су остала у датој групи, као зрна из стандардне групе.

Табела 6: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења НЦ барута

Табела 6		
Подаци из Завода		
20 метака – Контролисана маса бар. пуњ.		
Редни број	Маса барутног пуњења	Маса зрна
1	16.00	51.45
2	16.00	51.45
3	16.00	51.45
4	16.00	51.45
5	16.00	51.44
6	16.00	51.39
7	16.00	51.40
8	16.00	51.36
9	16.00	51.45
10	16.00	51.44
11	16.00	51.46
12	16.00	51.45
13	16.00	51.35
14	16.00	51.45
15	16.00	51.44
16	16.00	51.43
17	16.00	51.45
18	16.00	51.46
19	16.00	51.45
20	16.00	51.45
Ср.вр.	16.00	51.43
Макс	16.00	51.46
Мин	16.00	51.35
Рб/Рз	0.00	0.11

Група са контролисаним масама барутних пуњења и зрна

Трећа група муниције са НЦ барутом која је формирана, је група са контролисаном масом барутног пуњења и контролисаном масом зрна. Како би група од 20 метака била са контролисаним барутним пуњењем било је потребно да се за 20 метака лаборише маса барутног пуњења на вредност од 16.00 грама.

Да би маса зрна била контролисана, било је потребно претходно исчупати узорак од 400 метака са СБ барутом и BALL зрном, како би се обезбедио довољан број зрна за СБ и НЦ групе у којима је битна контролисана маса зрна.

Табела 7: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења и зрна са НЦ барутом

Табела 7		
Подаци из Завода		
20 метака–Конт. маса бар. пуњ. и зрна		
Редни број	Маса барутног пуњења	Маса зрна
1	16.00	51.40
2	16.00	51.40
3	16.00	51.40
4	16.00	51.40
5	16.00	51.40
6	16.00	51.40
7	16.00	51.40
8	16.00	51.40
9	16.00	51.40
10	16.00	51.40
11	16.00	51.40
12	16.00	51.40
13	16.00	51.40
14	16.00	51.40
15	16.00	51.40
16	16.00	51.40
17	16.00	51.40
18	16.00	51.40
19	16.00	51.40
20	16.00	51.40
Ср.вр.	16.00	51.40
Макс	16.00	51.40
Мин	16.00	51.40
Рб/Рз	0.00	0.00

8. Упоредна анализа балистичких резултата у оквиру три фирме наменске индустрије и УБ прорачуна

Муниција 12,7 x 108 mm истог произвођача и типа са СБ барутом испитана је у фирмама које се баве производњом и испитивањем мунције и њених компоненти.

Експериментална мерења су вршена С.І.Р. и ЕРВАТ методом.

У Заводу за испитивање оружја и мунције у Крагујевцу, мерења су рађена С.І.Р. методом, као основни балистички параметри мерерне су брзине на мерном месту 2,5 m и притисак на мерном месту од 25 mm.

У другој фирми наменске индустрије мерена је само брзина на мерном месту 25m.

У трећој фирми наменске индустрије мерења су рађена ЕРВАТ методом, као основни балистички параметри мерерне су брзине на мерном месту од 25 m и притисак на устима чауре.

Главне разлике између ове две методе су мерна места на којима се мери притисак. Код С.І.Р. методе мерно место се налази на 25 mm од дна чауре, док код ЕРВАТ методе мерно место се налази на устима чауре. Разлике се могу уочити на криви притиска у зависности од времена јер се појава притиска разликују од начина мерења. Мерење брзине код С.І.Р. методе је на 2,5 метара, док је код ЕРВАТ методе на 25 метара



Слика 47: Шема мерних места притисака за С.І.Р и ЕРВАТ методу

8.1. Мерење брзине у Заводу и другој фирми наменске индустрије

Извршено је експериментално мерење брзине код муниције калибра 12.7 x 108mm, масе зрна од 51,3 g и СБ барутног пуњења. Мерење је извршено у Заводу за испитивање оружја и мунције у Крагујевцу и другој фирми наменске индустрије под истим условима температуре и влаге 21 °C и 65%. Обзром да се ради о истој муницији, исте серије и

године производње усвојено је да се та муниција користи као еталон муниција. Цеви које се користе за испитивање у обе фирме су истих конструкција али различитих произвођача, године производње и времена експлоатације. Дужина цеви износи 1008 mm, док је дужина водишта 878 mm. Главне разлике код мерења брзина у ове две фирме су различита мерна места. У Заводу је мерно место на 2,5 m док је у другој фирми наменске индустрије мерно место на 25 m . На основу спољнобалистичког прорачуна из програма за обраду података у другој фирми, утврђено је да се разлика између мерења на ова два мерна места износи 7 m/s, тј. да се брзина измерена на 25m увећава за 7 m/s и на тај начин прорачунава брзина на 2,5 m. На основу техничке документације цеви и еталонирања, утврђено је да је за цев из Завода потребна корекција брзине у вредности од 6,50 m/s у плусу, док за цев из друге фирме не постоји податак о самој корекцији, већ је у вредности брзине корекција урачуната.

Табела 8: Упоредна анализа брзина Завода и друге фирме

	Брзинска цев друга фирма	Брзинска цев друга фирма са корекцијом мереног места	Брзинска цев Завод	Брзинска цев Завод са корекцијом	Начин рачунања разлике између две фирме
Редни бр.	V 25	V 2.5(V 25 + 7 m/s)	V 2.5	V 2.5 + 6.5 m/s	V 2.5 (друге фирме) - V 2.5 (Завода)
1	807.75	814.75	795.42	801.92	12.83
2	803.99	810.99	794.63	801.13	9.86
3	809.09	816.09	805.41	811.91	4.18
4	801.03	808.03	804.76	811.26	-3.23
5	806.22	813.22	797.83	804.33	8.89
6	805.83	812.83	801.89	808.39	4.44
7	805.15	812.15	803.54	810.04	2.11
8	808.80	815.80	801.58	808.08	7.72
9	807.72	814.72	799.41	805.91	8.81
10	807.75	814.75	802.36	808.86	5.89
Ср.вр.	806.33	813.33	800.68	807.18	6.15
Макс	809.09	816.09	805.41	811.91	4.18
Мин	801.03	808.03	794.63	801.13	6.90
Рв	8.06	8.06	10.78	10.78	-2.72
Стан. Дев.	2.47	2.47	3.75	3.75	-1.28

На основу измерених вредности брзина у оквиру ове две фирме установљено је да опитна цев у Заводу даје ниже резултате брзине у односу на цев друге фирме наменске индустрије. Разлика средње вредности између мерења ове две фирме је 6.15 m/s, максималне вредности брзина се разликују за 4.18 m/s, минималне вредности брзина се разликују за 6.90 m/s, распон од минималне до максималне вредности износи -2.72 m/s, јер је код групе мерења у Заводу распон већи у односу на другу фирму. На основу овога стандардна девиација је такође негативна и износи -1.28 јер код групе мерења у Заводу, стандардна девиација има већу вредност у односу на вредности друге фирме. На основу ових мерења може се доказати да услед коришћења исте врсте муниције долази до разлике у резултатима. Прва ствар коју треба напоменути је реалност спољнобалистичког прорачуна тј. свођења брзине са 25m на 2,5 m. Потребно је извршити више експеримената под истим условима, са истом муницијом и опитном цеви, како би се ближе појаснила разлика код ова два мерна места за брзину. Поред напоменутног, једна од најбитнијих ствари сваког балистичког експеримента је опитна цев. У ранијим поглављима су дате препоручене мере опитне цеви по С.I.P.-у. У односу на те прописане захтеве по С.I.P.-у, опитна цев која је коришћена је у делу водишта пројектила (калибра) проширена је за 0.02 mm. Овај податак може довести до закључка пада брзине у односу на мерења из опитне цеви друге фирме.

8.2. Мерење брзине и притиска у Заводу и трећој фирми наменске индустрије

Извршено је експериментално мерење брзине и притиска муниције калибра 12.7 x 108mm, масе зрна од 51,3 g и СБ барутног пуњења. Мерење је извршено у Заводу за испитивање оружја и муниције у Крагујевцу и трећој фирми наменске индустрије под истим условима температуре и влаге 21 °C и 65%. Обзром да се ради о истој муницији, исте серије и године производње усвојено је да се та муниција користи као еталон муниција. Цеви које се користе за испитивање у обе фирме су истих конструкција али различитих произвођача, године производње и времена експлоатације. Дужина цеви износи 1008 mm, док је дужина водишта 878 mm. Главне разлике код мерења брзина у ове две фирме су различита мерна места. У Заводу је мерно место на 2,5 m док је у трећој фирми наменске индустрије мерно место на 25 m. На основу спољнобалистичког прорачуна из програма за обраду података у другој фирми, утврђено је да се разлика између мерења на ова два мерна места разлике за 7 m/s, тј. да се брзина измерена на 25m увећава за 7 m/s и на тај начин прорачунава брзина на 2,5 m.

У наставку текста биће приложене вредности измерених брзина и притисака у оквиру ове две фирме.

Табела 9: Подаци брзине и притиска треће фирме

Редни бр.	Трећа фирма		
	V 25, m/s	V 2.5 (V 25 + 7 m/s)	Pm, bar
1	804.83	811.83	3086.70
2	804.83	811.83	3086.60
3	808.08	815.08	3170.90
4	803.21	810.21	3147.10
5	800.00	807.00	3000.50
Ср.вр.	804.19	811.19	3098.36
Макс	808.08	815.08	3170.90
Мин	800.00	807.00	3000.50
Рв/Рп	8.08	8.08	170.40
Стан. Дев.	2.94	2.94	66.12

Табела 10: Подаци брзине и притисака Завода

Редни бр.	Завод за исп. оружја и муниције		
	V 2.5	V 2.5 + 6.5 m/s	Pm
1	792.83	799.33	3019.4
2	786.68	793.18	3001.6
3	793.41	799.91	3090.8
4	803.42	809.92	3192.4
5	788.89	795.39	2942.1
6	789.30	795.80	2965.7
7	787.80	794.30	2949.5
8	797.64	804.14	3061.0
9	795.07	801.57	3041.0
10	795.67	802.17	3042.5
11	805.54	812.04	3169.6
12	790.17	796.67	3081.7
13	797.96	804.46	3079.6
14	792.22	798.72	3090.1
15	789.02	795.52	2919.6
16	791.42	797.92	3046.8
17	801.31	807.81	3120.8
18	799.01	805.51	3115.7
19	799.81	806.31	3054.8
20	791.36	797.86	2985.7
Ср.вр.	794.43	800.93	3048.52
Макс	805.54	812.04	3192.40
Мин	786.68	793.18	2919.60
Рв/Рп	18.86	18.86	272.80
Стан. Дев.	5.44	5.44	73.48

Табела 11: Разлике брзина и притисака између Завода и треће фирме

Начин рачунања разлике између две фирме	V 2.5 (треће фирме) - V 2.5 (Завода)	
	Pm (друге фирме) - Pm (Завода)	
Параметар	V 2.5	Pm
Ср.вр.	10.26	49.84
Макс	3.04	-21.50
Мин	13.82	80.90
Рв/Рп	-10.78	-102.40
Стан. Дев.	-2.50	-7.36

На основу измерених вредности брзина и притисака у оквиру ове две фирме установљено је да опитна цев у Заводу даје ниже резултате брзине и притиска у односу на цев треће фирме наменске индустрије.

Разлика средње вредности брзина између мерења ове две фирме је 10.26 m/s, максималне вредности брзина се разликују за 3.04 m/s, минималне вредности брзина се разликују за 13.82 m/s, распон од минималне до максималне вредности износи -10.78 m/s, јер је код групе мерења у Заводу распон већи у односу на трећу фирму. На основу овога, стандардна девијација је такође негативна и износи -2.50 јер код групе мерења у Заводу, стандардна девијација има већу вредност у односу на вредности друге фирме.

Разлика средње вредности притисака између мерења ове две фирме је 49.84 bar-a, максималне вредности притисака се разликују за -21.50 bar-a јер је вредност максималног узорка већи код мерења у Заводу у односу на трећу фирму, минималне вредности притисака се разликују за 80.90 bar-a, распон од минималне до максималне вредности износи -102.40 bar-a, јер је код групе мерења у Заводу распон већи у односу на трећу фирму. На основу овога, стандардна девијација је такође негативна и износи -7.36 јер код групе мерења у Заводу, стандардна девијација има већу вредност у односу на вредности треће фирме фирме.

На основу ових мерења може се доказати да услед коришћења исте врсте муниције долази до разлике у резултатима. Прва ствар коју треба напоменути је реалност спољнобалистичког прорачуна тј. свођења брзине са 25m на 2,5 m. Потребно је извршити више експеримената под истим условима, са истом муницијом и опитном цеви, како би се ближе појаснила разлика код ова две мерна места за брзину. Поред напоменутног, једна од најбитних ствари сваког балистичког експеримента је опитна цев. У односу на прописане захтеве по С.I.P.-у, опитна цев која је коришћена је у делу водишта пројектила (калибра) проширена је за 0.02 mm. Овај податак може довести до закључка пада брзине у односу на мерења из опитне цеви треће фирме фирме.

Код балистичког мерења из треће фирме, број мерења у групи је 5 метака за разлику од броја мерења у Заводу, које је 20 метака. Да би мерење било потпуније и самим тим боље за упоредну анализу најбоље је да број узорака у оба мерења буде исти.

У поређењу са обе фирме уочљиво је да опитна цеб из Завода за исп. оружја и муниције даје ниже вредности брзине. Разлика у притисцима која је забележена представља разлику максималних притисака у току унутрашњебалистичког процеса. Начин мерења притиска се разликује због мерног места, код опитне цеви у Заводу то је на 25 mm док код опитне цеви у трећој фирми је на устима чауре.

8.3. Упоредна анализа балистичких резултата у оквиру три фирме наменске индустрије и УБ прорачуна

Закључак који се може извести на основу УБ прорачуна, С.І.Р. и ЕРВАТ мерења је да се добијене вредности разликују. Што већи број мерења у групи даје реалнију слику добијених резултата.

За поређење средњих вредности брзина користиће се :

1. УБ прорачун
2. Брзина добијена приликом PIEZO мерења С.І.Р. методом из Завода за испитивање оружја и муниције
3. Брзина добијена приликом PIEZO мерења ЕРВАТ методом из треће фирме

Табела 12: Добијене вредности брзине из УБ прорачуна (V_0), С.І.Р ($V_{2.5}$) и ЕРВАТ ($V_{2.5}$) мерења

Брзина	УБ прорачун	Брзина из Завода	Брзина из треће фирме
Ср.вр.	797.22	800.93	811.19
Макс		812.04	815.08
Мин		793.18	807
Рв/Рп		18.86	8.08
Стан. Дев.		5.44	2.94

За поређење средњих вредности притиска користиће се :

1. УБ прорачун
2. Притисак добијен приликом PIEZO мерења С.І.Р. методом из Завода за испитивање оружја и муниције
3. Притисак добијен приликом PIEZO мерења ЕРВАТ методом из треће фирме

Табела 13: Добијене вредности притиска из УБ прорачуна, С.I.P. и EPVAT мерења

Притисак	УБ прорачун	Притисак из Завода	Притисак из треће фирме
Ср.вр.	3281.17	3048.52	3098.36
Макс		3192.4	3170.9
Мин		2919.6	3000.5
Рв/Рп		272.8	170.4
Стан. Дев.		73.48	66.12

Разлика које се може уочити у притисцима и брзинама су следеће.

При мерењу притиска овим методама коришћене су различите цеви, као основни полазни фактор сваког мерења. Постоји велики број фактора који утиче на квалитет мерења и мерну несигурност код сваког мерног ланца. Од опитне-мерне цеви, муниције, пиезо содни и свих осталих карица у ланцу. Као вид провере квалитета мерења установљено је да приликом мерења на различитој мерној опреми (више фирми) долази до одређених одсупања . Разлике у средњим вредностима притиска између Завода и треће фирме су 49.83 bar-a, што не представља велику разлику. Унутрашње балистичким прорачуном добија се вредност притиска од 3281.17 bar-a, што представља највећу вредност притиска у односу на мерења Завода и треће фирме. Разлике УБ прорачуна у притисцима са Заводом су 232.54 bar-a и трећом фирмом 182.81 bar-a.

При мерењу брзине овим методама важе исте законности везане за балистичка мерења притиска. Велики број фактора утиче на квалитет мерења и мерну несигурност код сваког мерног ланца . Разлике у средњим вредностима брзина између Завода и треће фирме су 10.26 m/s. Унутрашње балистичким прорачуном добија се вредност брзине од 797.22 m/s, што представља најнижу вредност средње брзине у односу на мерења Завода и друге фирме. Разлике УБ прорачуна у брзинама са Заводом су 3.71 m/s и другом фирмом 13.97 m/s.

9. Дефиниција мерења

Метода доделе квантитативних мерних јединица одређеној величини представља мерење. Квантитативна процена мерене величине представља резултат мерења. Оваква процена укључује методу мерења и информацију о валидности резултата мерења (мерној несигурности). Сам резултат представља најбољу процену (естимацију) мерене вредности, односно може бити и њена апроксимација (уколико се нека величина не може мерити директно).

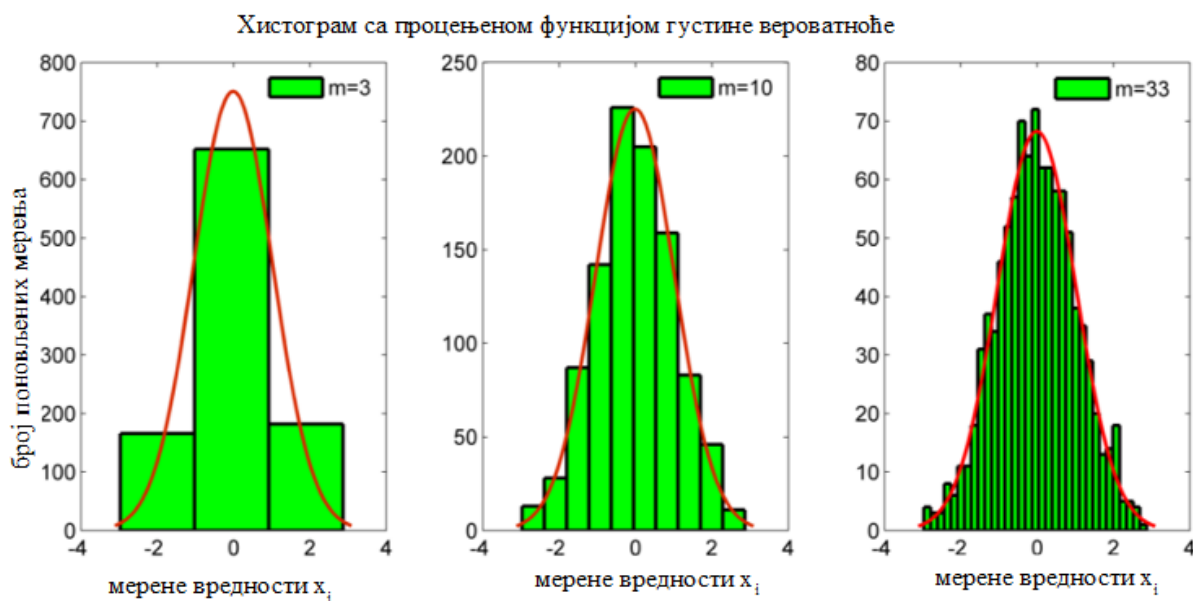
Међународни систем јединица (скраћено SI од енг. International System of Units), настао је као резултат међународног договора. Усвајање јединственог међународног система започето је у Француској у 17. веку и завршено је средином 20. века.

Јединице физичких величина које не припадају SI јединицама мера, убрајају се у изведене јединице. Основна особина изведених јединица је да се њихова квантитативна вредност може изразити преко основних јединица. Стил писања јединица подразумева да се јединице увек пишу малим словима, осим када су изведене од имена особа. Зато се јединица Паскал пише као Pa (јер је добила назив по Blezu Paskal-u). Додатно, симболи за јединице се увек пишу у једнини, немају тачку на крају, не пишу се курзивом (енг. italic), размак увек раздваја број и симбол (осим за раванске степене, минуте и секунде), а размацима се могу груписати и бројне вредности.

9.1. Резултати мерења

Резултат мерења није комплетан ако са собом не носи информацију о тачности. Да би се представио резултат мерења, поред квантитативне процене неке величине потребно је да постоји податак о поузданости коришћене мерне методе, као и опис примењене мерне методе. Практично, у зависности од значаја који одређено мерење има, односно да ли се за мерење захтева релативно велика тачност и прецизност или не, за представљање резултата мерења потребно је применити комплекснију или једноставнију процедуру.

Често се у пракси за приказ резултата поновљених мерења користи хистограм (приказано на слици бр. 48). На ординати (у оси) хистограма, налази се број мерења, а на апсиси (x оси) се налазе мерене вредности. Анализом хистограма једноставно се утврђује која је вредност “најчешће” измерена. Та вредност је са највећом вероватноћом и најближа тачној вредности, односно једнака средњој вредности. Експериментално искуство је показало да постоји груписање мерених резултата око тачне вредности (слика бр. 48). На слици је приказана и процењена крива густине вероватноће, односно функција густине вероватноће која описује расподелу мерених вредности око средње вредности. У овом примеру на сва три хистограма је приказано мерење које као резултат даје исту средњу вредност 0, а приказ овог мерења разликује се по броју интервала (слика бр. 48).



Слика 48: Пример хистограма за мерене вредности неке физичке величине

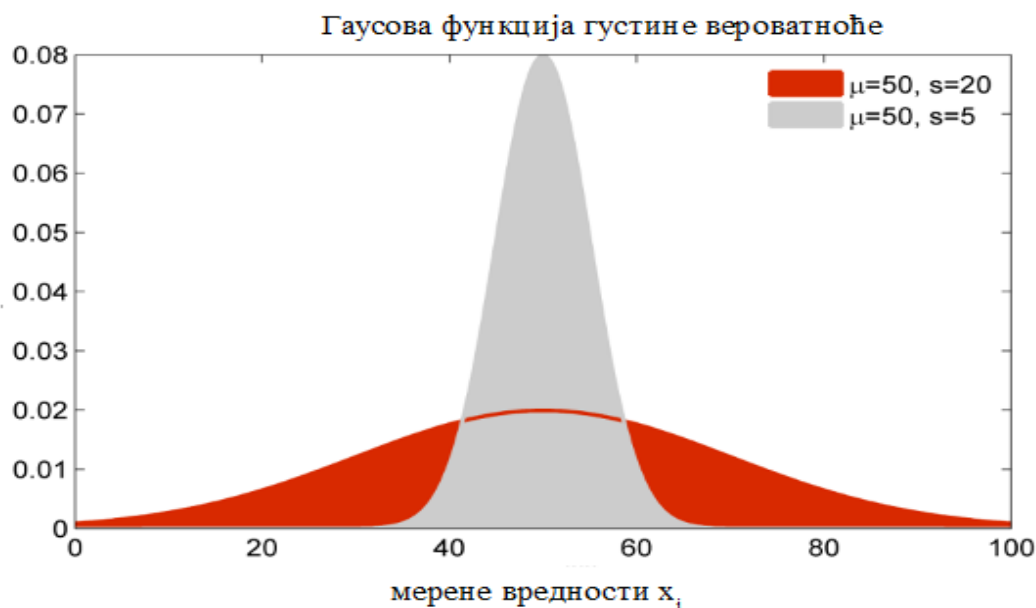
На хистограму је представљена (црвеном линијом) процењена Гаусова функција густине вероватноће за добијене резултате мерења. Са m је означен број интервала за приказ хистограма.

Пример мерења две величине које имају исту средњу вредност $50au$ (енг. arbitrary units - ознака се користи када јединице у којима се изражава нека квантитативна мера нису познате) за велики број поновљених мерења (слика бр. 49). Са графика се види да је највећи број мерења једнак средњој вредности у оба случаја. Ове две величине имају различите мерне несигурности односно стандардне девијације (означене са s на графицима, енг. standard deviation).

Мерена величина која има већу мерну несигурност (означена црвеном бојом на слици бр. 49) има веће "расипање" резултата за разлику од мерене величине са мањом мерном несигурношћу. Потребно је приметити да се мерене вредности налазе са обе стране средње вредности. Приказ резултата мерења (слика бр. 50) се зато може претпоставити да постоји највећа вероватноћа да ће се резултат наћи "у близини" средње вредности, а мања вероватноћа да ће се резултат наћи "даље" од средње вредности. Однос те две вероватноће се разликује за ова два мерења.

Да би се функција густине вероватноће проценила и даље тумачила као на слици бр. 48, потребно је на одговарајући начин представити резултат мерења хистограмом (слика бр. 48). Поставља се питање који од хистограма са слике бр. 48 даје највернији приказ функције густине вероватноће за извршено мерење. Најважнији елемент приликом представљања резултата мерења помоћу хистограма је дефинисање броја интервала мерења m за број поновљених мерења n . Генерално важи препорука да је за опсег мерених вредности $[x_{\min} x_{\max}]$ пожељно одабрати број интервала мерења као $m \approx \sqrt{n} + 1$. За релативно мало m , хистограм грубо приказује расподелу резултата мерења (први дијаграм на слици бр. 48), а за релативно велико m неки од интервала

могу да остану "празни" тј. могу се јавити прекиди у приказу функције густине вероватноће.



Слика 49: Графички приказ Гаусове функције густине вероватноће

На апсциси (x оси) дате су вредности за поновљена мерења две мерене величине које су означене црвеном и сивом бојом на графику за релативно велики број поновљених мерења. Обе мерене величине имају средњу вредност $\mu = 50$ и за њихове стандардне девијације $s = 20$ и $s = 5$. На ординати (y оси) је приказана Гаусова функција густине вероватноће (вредност од 0 до 1) која одговара вероватноћи појаве неког резултата мерења.

Ако се са p_i означи број исхода у интервалу опсега i , тада важи:

$$\sum_{i=1}^m n_i = n$$

Број исхода у интервалу p_i се назива учестаност интервала. Ако се са p_i означи релативан број исхода у интервалу опсега i , тада важи:

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1$$

$$p_i = \frac{n_i}{n}$$

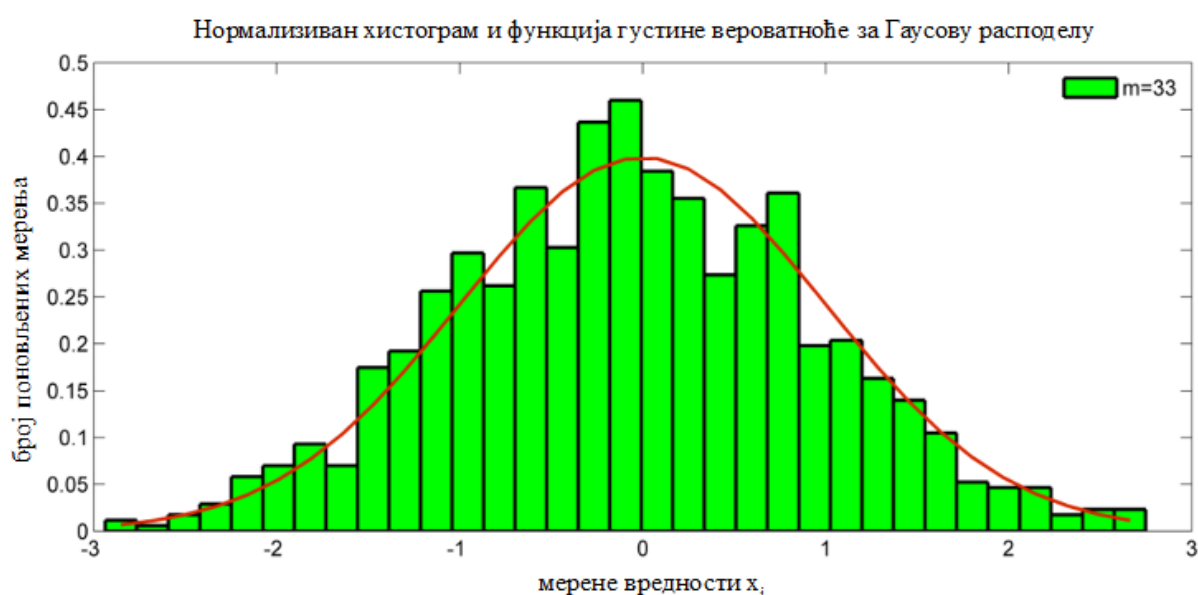
Релативна учестаност интервала (p_i) се може тумачити и као вероватноћа интервала. Густина вероватноће интервала се добија када се релативна учестаност подели са ширином интервала, а резултујући хистограм се назива нормализован хистограм (слика бр. 5). Сада су вредности на ординати на графику на слици бр. 5 нормализоване у односу на хистограм са истим бројем интервала као што је то приказано на десном панелу на слици бр. 3.

Уколико су резултати приказани у форми нормализованог хистограма и ако је са x_i означена средина интервала i , средња вредност се може проценити и као:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^m x_i p_i$$

Да би се дефинисала мерна несигурност на одговарајући начин, примењују се елементи статистике и теорије вероватноће.

У наставку следи кратак преглед неких основних елемената за даље разумевање мерне несигурности.



Слика 50: Нормализовани хистограм мерене вредности неке физичке величине за број интервала 33

Црвеном бојом је приказана процењена функција густине вероватноће.

9.2. Мерне грешке и мерна несигурност

Две важне особине мерења су, као што је већ представљено, прецизност и тачност мерења. Прецизно, а нетачно мерење одговара мерењу са релативно малом мерном несигурношћу (мање расипање поновљених мерења око резултата мерења) у коме процена средње вредности није тачна и има константно одступање. Супротно од наведеног, тачно и прецизно мерење је најпожељнија ситуација у којој је мерна несигурност релативно мала (не постоји велико одступање од тачне вредности) и процена тачне вредности (средња вредност) је релативно добра.

Међународна референца за представљање мерних несигурности резултата мерења је Guide to Expression of Uncertainty in Measurement. У циљу униформисаног приказа

результата мерења на међународном нивоу 1993. године је објављено обједињено Упутство за изражавање мерне несигурности.

Мерна несигурност одређује ширину интервала у којој се може наћи мерена вредност са одређеном вероватноћом и вредност мерне несигурности је увек позитивног знака. При поновљеним мерењима, мерна несигурност се јавља из следећих разлога:

- извор грешке није познат или
- извор грешке није једноставно једнозначно одредити (нпр. има их више).

На тачност мерења, осим мерне несигурности поновљених мерења, утичу и грешке приликом мерења.

Класична подела грешака је на:

- грубе грешке,
- систематске грешке и
- случајне грешке.

Под грешком мерења се подразумева разлика између мерене и тачне вредности. Грешка мерења може бити или позитивног или негативног знака. Подела грешака на систематске и случајне је на основу физичких узорака тих грешака (Миљковић, 2016).

Грубе грешке (енг. blunder) су резултат нестручности и непажње при избору неодговарајућег мерног поступка или погрешног коришћења инструмента.

Систематске грешке су најчешће инваријантне (непроменљиве у времену) или се мењају по одређеном закону приликом сваког мерења. На пример, до систематске грешке долази ако инструмент није адекватно баждарен тј. калибрисан за мерење одговарајуће електричне (у општем случају физичке) величине.

Систематске грешке се могу избећи правилним избором методе мерења, редовном контролом тачности инструмента и елиминисањем утицаја спољних фактора. Некада се, ради елиминисања утицаја систематске грешке, уводи корекција мерења. Један од најчешћих извора систематских грешки приликом мерења је неадекватна калибрација инструмента.

Под калибрацијом се у општем случају подразумева скуп операција које под одређеним условима омогућавају одређивање релације између физичке величине која се мери и мерног резултата (који је описан процењеном мереном вредношћу и мерном несигурношћу).

Под калибрацијом (енг. calibration) се подразумева широк скуп операција које се примењују за мерење било које физичке величине. Међународни метролошки речник (International Vocabulary of Metrology, ©JCGM 200:2012) калибрацију дефинише као операцију за коју се под одређеним условима, у првом кораку, одређује релација између мерене вредности и несигурности применом одговарајућих мерних стандарда и индикација, а у другом кораку, користи информација из првог корака како би се одредио резултат мерења тј. његова корекција.

У случају када постоје систематске грешке односно ефекти који утичу на резултат мерења, потребно је одредити сам ефекат и спровести процедуру компензације мерене величине.

То се најчешће може обавити на два начина:

- корекцијом резултата мерења или
- увођењем корекционог фактора (множењем мерене вредности неком константом).

Систематске ефекте никада није могуће у потпуности отклонити, али их је могуће смањити на разумну меру тако да се у даљим мерењима предложеном методом или инструментом систематске грешке могу сматрати занемаривим.

Трећу групу грешака чине случајне грешке.

Класична подела мерних грешака је на грубе, систематске и случајне грешке. Након конституисања Правилника о мерењу и приказу мерених величина 1993. године, подела мерних грешака је другачија. Како би се на одговарајући начин представила мерена величина, уведено је рачунање мерне несигурности (енг. *uncertainty*) које се не сме погрешно тумачити као мерна грешка (енг. *error*).

Сам појам несигурности се најједноставније може описати синонимом сумња. Према томе, мерна несигурност (енг. *uncertainty of measurement*) је сумња у валидност резултата мерења. То је квантитативни параметар који се придружује резултату мерења и којим се карактерише дисперзија резултата мерења (расипање појединачних вредности мерења око резултата мерења). Термин несигурност се и користи јер се одступање резултата које је урачунато кроз мерну несигурност не може представити математичким моделом неке појаве нити се узрок настанка мерне несигурности може једнозначно одредити.

Са друге стране, грешка је идеализован концепт и не може бити позната у потпуности, јер познавање грешке подразумева и познавање тачне вредности која практично није доступна.

Систематске грешке, које су описане раније, не улазе у прорачун мерне несигурности и по новој класификацији се сматрају систематским ефектима. Према томе, ако није експериментално или теоријски одређен систематски ефекат, он неће бити укључен у мерну несигурност, али ће допринети укупној грешки резултата мерења. Мерна несигурност дефинише дисперзију резултата око средње вредности, а систематски ефекти могу да утичу на процену средње вредности.

На основу одабира методе која се користе приликом одређивања мерне несигурности, договорена је подела на мерну несигурност типа А и мерну несигурност типа Б. Некада на резултат мерења утичу и мерна несигурност типа А и типа Б или више мерних несигурности типа Б, па се рачуна укупна комбинована мерна несигурност. Мерна несигурност типа А се одређује статистичком обрадом резултата, а мерна несигурност типа Б одређује се применом свих осталих метода.

9.3. Мерна несигурност типа А

При мерењима физичке величине и при поновљеним условима (на пример: исти оператер, иста метода, исти инструменти, исти спољни услови, ...) се добијају различити резултати. Ове варијације су резултат случајних процеса и за њихов опис се користи мерна несигурност. Не постоји начин да се ова последица случајних процеса тј. мерна несигурност мерења избегне. Могуће је једино смањити мерну несигурност понављањем мерења и представљањем процењене мерене величине. За процену мерне несигурности користе се статистичке методе и методе теорије вероватноће које су већ раније приказане.

Статистичке методе су од значаја, јер се у том случају коначан резултат (процењена тачна вредност тј. процењена средња вредност мерења) представља са придруженом мерном несигурношћу чији је физички значај да са одређеном вероватноћом гарантује у ком се опсегу налази резултат мерења.

Нека су при поновљеном мерењу (без умањења општости) добијене следеће вредности $x_n > x_{n-1} > \dots > x_2 > x_1$, тада се тачна вредност сигурно налази у интервалу $[x_1 \ x_n]$. Појединачне, односно "стварне" грешке $\Delta x_1, \dots, \Delta x_n$ су тада одређене следећим релацијама:

$$\Delta x_1 = x_1 - x_0$$

$$\Delta x_2 = x_2 - x_0$$

...

$$\Delta x_n = x_n - x_0$$

У претходним релацијама са x_0 је означена тачна вредност мерене величине. Сабирањем свих "стварних" грешака могуће је показати да важе следеће релације:

$$\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_{n-1} + \Delta x_n = x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} + x_n - nx_0$$

$$x_0 = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} + x_n) - \frac{1}{n}(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_{n-1} + \Delta x_n)$$

Први члан са десне стране у претходној релацији представља средњу вредност мерења тј. аритметичку средину:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1} + x_n)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Сада се израз за тачну вредност x_0 , може написати као:

$$x_0 = \bar{x} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Ако се средња вредност свих "стварних" грешака означи са ε , онда претходни израз може да се напише као:

$$x_0 = \bar{x} - \varepsilon$$

За сваку "стварну" грешку важи да са подједнаком вероватноћом може имати и позитиван и негативан предзнак, па се претходни израз може написати као:

$$x_0 = \bar{x} \pm \varepsilon$$

При великом броју поновљених мерења (када n тежи бесконачности), ε у претходном изразу тежи нули. Одатле следи да је тачна вредност приближно једнака средњој вредности резултата мерења:

$$x_0 \approx \bar{x}$$

Како је у пракси немогуће извршити бесконачно велики број мерења, то је средња вредност резултата мерења само процена мерене величине (зато се и уводи ознака $\bar{x}$). Средња вредност резултата мерења је, према томе, случајна променљива. Случајна променљива је променљива која може узети било коју вредности из одређеног скупа коме је придружена одговарајућа расподела вероватноће. Може бити дискретна и континуална.

Како је средња вредност мерења процена тачне вредности, то и даље постоји неко ε које се не може занемарити. То је мерна несигурност резултата мерења. Назива се мерна несигурност типа А или стандардна девијација и описује како су грешке расподеле око средње вредности (тј. у ком опсегу се налазе око средње вредности). Често се мерна несигурност типа А обележава са σ и једнака је:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

У претходној релацији се за разлику од ранијег израза користи квадрат разлике мерене вредности и процене средње вредности из разлога што у случају да је расподела резултата симетрична, постоји подједнака вероватноћа да ће "стварна" грешка мерења имати позитиван и негативан предзнак. Како "стварне" грешке приликом мерења могу са подједнаком вероватноћом да имају и позитиван и негативан предзнак, потребно је увести начин да оне са истим тежинским фактором буду урачунате у укупну мерну несигурност. Стандардно одступање појединих резултата у ознаци се одређује на основу израза:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

У претходној релацији је за дефинисање стандардног одступања коришћена је Беселова корекција. Односно, у овом изразу се уместо n користи $(n - 1)$ као резултат Беселове корекције која доприноси већој мерној несигурности, али зато процена мерне несигурности не зависи од процене средње вредности. Ова корекција се показала практично корисном у случају када није унапред познато одступање средње вредности од популације, већ од узорка. У пракси, то значи да се мерна несигурност типа А са

Беселовом корекцијом користи ако није позната тачна тј. номинална вредност мерења. У случају да је позната номинална вредност мерене величине користи се израз који нема Беселову корекцију, што је веома ретко у пракси.

Популацијом се у статистици означава укупан скуп (који садржи све елементе) неке величине (у претходним случајевима за $n \rightarrow \infty$ позната је популација мерења). Није могуће практично извршити бесконачно велики број мерења и како се мерење врши само коначан број пута, то је позната средња вредност узорка, а не популације (односно процена средње вредности, а не средња вредност). Узорак је подскуп популације, чија су појединачна мерења позната / доступна за анализу. На основу доступног узорка се одређује процена средње вредности. У енглеском језику у употреби су два термина mean и average за средњу вредност. Уобичајено, mean се користи ако се рачуна средња вредност популације, а average ако се рачуна средња вредност узорка.

Како средња вредност такође представља величину случајног карактера и она има своје стандардно одступање. Стандардна девијација средње вредности се рачуна према следећој једначини:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Обзиром да се често за приказ мерне несигурности користи стандардна девијација средње вредности то се уместо ознаке $S_{\bar{x}}$ користи ознака за мерну несигурност типа А u_A од енг. uncertainty. Заменом израза за стандардно одступање са Беселовом корекцијом у израз за стандардну девијацију средње вредности, добија се да се мерна несигурност типа А рачуна према следећој релацији:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

Ако се представља мерна несигурност појединачног мерења x_i тада је мерна несигурност типа А једнака стандардном одступању појединих резултата мерења s ($x_i \pm s$), а ако се резултат представља као средња вредност резултата мерења, онда је мерна несигурност једнака стандардном одступању средње вредности u_A ($\bar{x} \pm u_A$).

Ако би се даље анализирано стандардно одступање тј. мерна несигурност, дошло би се до закључка да и она има своју мерну несигурност која је у случају Гаусове расподеле дата изразом у следећој релацији .

$$s_s = \frac{s}{\sqrt{2(n-1)}}$$

Вредност параметра се може посматрати и као несигурност мерне несигурности, односно овај параметар даје информацију о томе како се слажу теоријска и експериментално добијена стандардна девијација неког мерења.

Треба имати на уму, да у случајевима када је број мерења ограничен, процена мерне несигурности типа А не мора да буде поуздана метода за одређивање укупне мерне несигурности, па се рачунање мерне несигурности своди на мерну несигурност типа Б.

Рачунањем S_s у зависности од броја мерења n је могуће одредити и оптималан број мерења како би се адекватно (са што мањим стандардним одступањем) проценила мерна несигурност мерења.

9.4. Мерна несигурност типа Б

Осим мерне несигурности типа А (уобичајена је ознака u_A), постоји и мерна несигурност типа Б (уобичајена ознака u_B). Обе мерне несигурности су квантитативни показатељи грешке мерења и узимају се у обзир за рачунање укупне мерне несигурности u .

Мерна несигурност типа Б се процењује на основу знања о мерној методи и поступку мерења, о карактеристикама инструмената и свим осталим подацима (осим оног што је урачунато кроз процедуру рачунања мерне несигурности типа А).

За мерну несигурност типа А је показано да може бити стандардна девијација или неки њен умножак, односно одговара ширини интервала функције густине вероватноће који карактерише нека вероватноћа тј. ниво поверења (енг. level of confidence). Треба имати на уму, да се и мерна несигурност типа Б процењује на исти начин с тим што је у случају мерне несигурности типа А, расподела добијена на основу поновљених мерења (експерименталних резултата), а да у случају мерне несигурности типа Б расподела се процењује на основу доступних података (претпостављена расподела). Врло често се у литератури за функције густине вероватноће која је добијена на основу поновљених мерења користи термин објективна расподела (мерна несигурност типа А), а за функцију густине вероватноће која се претпоставља на основу доступних података користи термин субјективна расподела (мерна несигурност типа Б). Мерна несигурност типа Б је уведена, јер није у свим случајевима могуће израчунати мерну несигурност типа А и јер је то за неке практичне примене комплексна процедура.

Да би се проценила мерна несигурност типа Б и да би се претпоставила одговарајућа расподела, у обзир се узимају следећи подаци:

- претходно знање о мереној величини (односи се и на претходно извршена мерења),
- искуство или знање о особинама коришћених материјала и инструмената,
- подаци произвођача,
- подаци који су добијени на основу калибрације или сличних метода и
- мерна несигурност која је добијена из приручника, а односи се на референтна мерења.

9.5. Комбинована мерна несигурност

Комбинована мерна несигурност представља резултанту више различитих несигурности и она је крајњи циљ мерења. Одређује се за:

Мерење које је поновљено n пута за које је одређена мерна несигурност типа А, а из расположивих знања о мерењу (о инструменту и методи) је одређена и мерна

несигурност типа Б. Извршено је једно мерење ($n=1$) и анализом је утврђено да постоји одређен број величина које утичу на мерну несигурност типа Б ($u_{B1}, u_{B2}, \dots$).

Код рачунања комбиноване мерне несигурности, може се применити Закон пропагације несигурности према изразу:

$$\Delta z = \sum_{i=1}^N \frac{\partial f}{\partial w_i} \Delta w_i$$

Претходна формула показује како промена директно мерене величине (Δw_i) и њена мерна несигурност утичу на несигурност индиректно мерене величине z . Зависност индиректно и директно мерених величина дата је изразом:

$$z = f(w_1, w_2, \dots, w_N)$$

Закон пропагације мерне несигурности није примењив на интервал поверења. За примену ове формуле на интервал поверења расподела свих директно мерених величина (w_i) мора бити Гаусова. Начин одређивања интервала поверења превазилази градиво које је обухваћено овим уџбеником, па се и не разматра овде за расподеле које нису Гаусове.

Може се рачунати мерна несигурност директно и индиректно мерене величине. Под директним мерењем подразумева се мерење код кога се непосредно мери (и читава) вредност електричне величине.

Индиректно или посредно мерење укључује мерење једне или више (генерално N величина) електричних (у општем случају физичких) директно мерених величина [$x_1, x_2, \dots, x_N$] и прорачун мерене вредности у на основу релације:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

Функција f у општем случају садржи и систематске ефекте, а не само зависност електричних (у општем случају физичких) величина. Из релације се закључује да је индиректно мерење резултат функција неколико процењених вредности величина које се директно мере. Мерење отпорности мерењем струје и напона (применом амперметра и волтметра) је пример индиректног мерења отпорности.

Рачунање мерне несигурности индиректно мерених величина се разликује у случају некорелисаних и корелисаних величина.

Када се говори и корелисаности односно некорелисаности мисли се на случајне променљиве, а не на физичке величине за које се усваја претпоставка да су инваријантне тј. непроменљиве у времену. Значајна корелација практично постоји између две физичке величине, ако је коришћен исти инструмент за мерење, исти мерни стандард или је коришћен исти референтни податак приликом одређивања мерне несигурности.

У пракси је најчешћи случај да не постоји корелација и да су ефекти који су корелисани занемариви. У следећем поглављу је описан релативно редак случај рачунања комбиноване мерне несигурности у случају корелисаних величина.

10. Примери прорачуна мерне несигурности типа А, типа Б и комбиноване

10.1 Примери прорачуна мерне несигурности типа А

Усвојене номиналне вредности резултата мерења за 20 метака за притисак и брзину оба типа барута су:

V 2,5 (СБ барут)=808 m/s

V 2,5 (НЦ барут)=796 m/s

Pm (СБ барут)=3096 bar

Pm (НЦ барут)=2728 bar

Фактор проширења

k=2

Средње вредности резултата мерења за 20 метака за притисак и брзину оба типа барута су:

V 2,5 (СБ барут прва група)= 800.93 m/s

V 2,5 (СБ барут друга група)= 808.96 m/s

V 2,5 (СБ барут трећа група)=808.74 m/s

V 2,5 (НЦ барут прва група)= 793.91m/s

V 2,5 (НЦ барут друга група)=794.18 m/s

V 2,5 (НЦ барут трећа група)=796.94 m/s

Pm (СБ барут прва група)= 3048.5 bar

Pm (СБ барут друга група)= 3080.7 bar

Pm (СБ барут трећа група)= 3096.8 bar

Pm (НЦ барут прва група)= 2696.2 bar

Pm (НЦ барут друга група)=2662.5 bar

Pm (НЦ барут трећа група)= 2728.4bar

На основу обрасца израчунати стандардне девијације за вредности резултата мерења за 20 метака за притисак и брзину оба типа барута.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

σ1-Стандардна девијација брзина

σ1 (СБ барут прва група)=9.0679 m/s

σ1 (СБ барут друга група)=3.9158 m/s

σ1 (СБ барут трећа група)= 3.7245 m/s

σ_1 (НЦ барут прва група)=4.5760 m/s
 σ_1 (НЦ барут друга група)=3.8029 m/s
 σ_1 (НЦ барут трећа група)=2.7399 m/s

σ_2 -Стандардна девијација притиска
 σ_2 (СБ барут прва група)=88.1584 bar
 σ_2 (СБ барут друга група)=61.1861 bar
 σ_2 (СБ барут трећа група)= 54.4231 bar

σ_2 (НЦ барут прва група)=95.7258 bar
 σ_2 (НЦ барут друга група)=87.5036 bar
 σ_2 (НЦ барут трећа група)=37.8966 bar

На основу обрасца израчунати стандардне девијације са Баселовом корекцијом за вредности резултата мерења за 20 метака за притисак и брзину оба типа барута.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

S1-Стандардна девијација брзина са Баселовом корекцијом

S_1 (СБ барут прва група)= 5.4368 m/s
 S_1 (СБ барут друга група)= 3.7903 m/s
 S_1 (СБ барут трећа група)= 3.6458 m/s

S_1 (НЦ барут прва група)= 4.0414 m/s
 S_1 (НЦ барут друга група)= 3.1788 m/s
 S_1 (НЦ барут трећа група)= 2.5647 m/s

S2-Стандардна девијација притиска са Баселовом корекцијом

S_2 (СБ барут прва група)= 88.1584 bar
 S_2 (СБ барут друга група)= 61.1861 bar
 S_2 (СБ барут трећа група)= 54.4231 bar

S_2 (НЦ барут прва група)= 95.7258 bar
 S_2 (НЦ барут друга група)= 86.5036 bar
 S_2 (НЦ барут трећа група)= 37.8966 bar

Мерна несигурност типа А се рачуна на основу обрасца за стандардне девијације са Баселовом корекцијом и броја мерења резултата мерења за 20 метака за притисак и брзину оба типа барута.

$$u_{A1} = \frac{s_1}{\sqrt{n}}$$

$$u_{A2} = \frac{s_2}{\sqrt{n}}$$

UA1 представља мерну несигурност типа А за вредности брзина у оквиру три групе мерења за сваки тип барута.

Табела 14: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа А за вредности брзине

	UA1 (СБ барут прва група)	UA1 (СБ барут друга група)	UA1 (СБ барут трећа група)	UA1 (НЦ барут прва група)	UA1 (НЦ барут друга група)	UA1 (НЦ барут трећа група)
Средња вредност	800.93	808.96	808.74	793.91	793.97	796.94
Проценат	0.1518	0.1048	0.1008	0.1138	0.0895	0.0720

UA2 представља мерну несигурност типа А за вредности притисака у оквиру три групе мерења за сваки тип барута.

Табела 15: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа А за вредности притисака

	UA2 (СБ барут прва група)	UA2 (СБ барут друга група)	UA2 (СБ барут трећа група)	UA2 (НЦ барут прва група)	UA2 (НЦ барут друга група)	UA2 (НЦ барут трећа група)
Средња вредност	3048.5	3080.7	3096.8	2696.2	2662.5	2728.4
Проценат	0.5390	0.4293	0.3929	0.7463	0.4576	0.3106

10.2 Мерна несигурност типа Б за мерну опрему за мерење брзине и притиска

На основу техничке документације мерне опреме и њених компоненти утврђено је да мерна несигурност типа Б за мерење притиска износи:

Табела 16: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа Б за вредности притисака

Мерна несигурност типа Б за мерење притиска					
Компоненте	Kistler 6215	Kistler 6005	Kistler 5015A	Kistler 5015A	Цео мерни ланац
Проценат, %	0.39	0.80	0.10	0.10	1.39

Kistler 6215 – Сонда за мерење притиска на мерном месту 25 mm
 $UB1 = \pm 0.39\%$

Kistler 6005 - Сонда за мерење притиска на устима цеви
 $UB2 = \pm 0.80\%$

Kistler 5015A – Појачавач сигнала притиска
 $UB3 = \pm 0.10\%$

Kistler 5015A – Појачавач сигнала притиска
 $UB4 = \pm 0.10\%$

Укупна мерна несигурност типа Б за мерење брзине износи:
 $UB = \pm 1.39\%$

На основу техничке документације мерне опреме и њених компоненти утврђено је да мерна несигурност типа Б за мерење брзине износи:

Табела 17: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа Б за резултате брзине

Мерна несигурност типа Б за мерење брзине		
Компоненте	AVL B 460	Цео мерни ланац
Проценат, %	1.00	1.00

AVL B 460 – Светлосне баријере за мерење брзине

$UB1 = \pm 1.00\%$

Обзиром да се у мерном ланцу за мерење брзине налазе само светлосне баријере, мерна несигурност типа Б за мерење брзине једнака је мерној несигурности светлосних баријера AVL B 460.

10.3 Комбинована мерна несигурност

Када су познате мерне несигурности типа А и типа Б, укупна тј. комбинована мерна несигурност износи:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

Мерна несигурност типа А обухвата 6 група за мерење притисака и брзина (по 3 групе за сваки тип барута).

Мерна несигурност типа Б је представљена као укупна мерна несигурности за мерење притисака и брзина, која зависи од техничких карактеристика мерне опреме.

Укупна тј. комбинована мерна несигурност се треба представити у оквиру 6 група мерења за притисак и брзину (по 3 групе за сваки тип барута).

Укупна мерна несигурност за мерење притисака је:

Табела 18: Табеларни приказ комбиноване мерне несигурности резултата притисака

	UC1 (СБ барут прва група)	UC1 (СБ барут друга група)	UC1 (СБ барут трећа група)	UC1 (НЦ барут прва група)	UC1 (НЦ барут друга група)	UC1 (НЦ барут трећа група)
Проц енат, %	1.0115	1.0055	1.0051	1.0065	1.0040	1.0026

Укупна мерна несигурност за мерење брзина је:

Табела 19: Табеларни приказ комбиноване мерне несигурности резултата брзине

	UC2 (СБ барут прва група)	UC2 (СБ барут друга група)	UC2 (СБ барут трећа група)	UC2 (НЦ барут прва група)	UC2 (НЦ барут друга група)	UC2 (НЦ барут трећа група)
Проц енат, %	1.4908	1.4548	1.4445	1.5777	1.4634	1.4243

Закључак

У овом раду разматрани су процеси испитивања и контроле муниције 12,7 x 108 mm у фирми Завод за испитивање оружја и муниције.

У првој целини рада описана је унутрашња балистика, са појашњењима процеса опаљења и њеним карактеристикама. Како би се унутрашња балистика боље разумела било је потребно поменути баруте, карактеристике и врсте који су се користили за балистичка мерења у овом мастер раду. Као балистиком која се бави испитивањима и експериментима објашњен је садржај и значај експерименталне балистике.

У другом целини рада описани су поступци мерења брзине и притисака као два најбитнија балистичка параметара. Обзиром да се у Заводу раде испитивања коришћењем С.І.Р. методе мерења, описани су захтеви С.І.Р.-а за мерном опремом. Представљена је метода Дроздова, које ће се касније користити заједно са осталим резултатима у анализи. Како би се одређени почетни услови ограничили приликом формирања група муниције(три групе за оба типа барута), одвојена су три основна типа муниције. Муниција фабричког произвођача као стандардна група, муниција са контролисаним масама барутног пуњења као друга група и муниција са контролисаним масама барутног пуњења и зрна као трећа група муниције. Овакве групе муниције ће касније користити приликом испитивања мерне несигурности типа А, типа Б и комбиноване мерне несигурности.

У трећој целини рада престављени су резултати ових група муниције у поређењу са другом и трећом фирмом наменске индустрије. Показано је да постоје разлике у измереним вредностима брзина и притисака и објашњени су могући разлози за добијање тих разлика.

У последњој целини рада објашњена је мерна несигурност типа А, типа Б и комбинована мерна несигурност. Након појашњења теорије и начина рачунања мерне несигурности прешло се на прорачун. Прво је било потребно израчунати мерну несигурност типа А у којој су обухваћене све групе мерења, тј. свих 6 група муниције. Добијена је мерна несигурност типа А за вредности притисака и брзина. Након типа А, прешло се на мерну несигурност типа Б, која се рачуна на основу збира мерених несигурности система која је декларисана од стране произвођача. На основу мерне несигурности типа А и Б може се добити комбинована мерна несигурност која представља главни показатељ укупне мерне несигурност мерног ланца. Након добијених резултата за сва три типа мерне несигурности дошло се до закључка да су највеће разлике између стандардне групе муниције и муниције са контролисаним условима(барутних пуњења и барутних зрна). Разлике између муниције са контролисаним барутним пуњењем(друга група) и са контролисаним барутним пуњењем и масом зрна (трећа група) постоје али су мања у односу са муницијом стандардне групе. За вредности брзина, СБ барут је показао мању укупну мерну несигурност у односу са НЦ барутом за стандардну групу муниције док за муницију са контролисаним барутним пуњењем и зрном мерна несигурност је мања за НЦ тип барута. За вредности притисака мерна несигурност је мања код НЦ типа барута у односу на СБ типа барута код свих група муниције. На основу добијених резултата треба напоменути да је НЦ барут који је коришћен у мастер раду из 1984. године, док СБ барут из 2019 . године. Рок складиштења НЦ барута је 30 година у адекватним

условима складиштења, након овог периода долази до хемијске разградње његових компоненти што касније утиче на балистику целог процеса. Рок складиштења СБ барута је 15 година у адекватним условима складиштења. И поред тога да је НЦ барут коришћен након препорученог рока добијени су резултати који указују на његову мању мерну несигурност. У случају коришћења СБ барута након 40 година, барут би свим показатељима био неупотребљив због рока складиштења од 15 година. За будућа испитивањима и истраживања треба дефинисати мање толеранције одступања маса пројектила и маса барутног зрна, што ће се одразити на боље перформансе дејства пројектила (повећана тачност и прецизност).

Литература

C.I.P. (2020). Преузето Новембар 2020 са <https://www.cip-bobp.org/>.

AVL. (1982). *Техничка документација*. Аустрија: AVL.

Kistler. (2020).

Јарамаз, С., & Мицковић, Д. (2011). *Унутрашња балистика*. Београд: Машински факултет.

Миљковић, Н. (2016). *Методе и инструментација за електрична мерења*. Београд: Електротехнички факултет у Београду.

Службени гласник. (2020). Правилник о начину вршења провере приликом испитивања, обележавања и контроле. 113/2020. Београд, Србија.

Танчић, Љ. (2008). *Класична унутрашња балистика*. Београд: Војна академија.

Христов, Н. (2017). *Предавања из предмета "Испитивање и мерење у наоружању"*. Београд: Војна академија.

Списак слика

Слика 1: Шематски приказ процеса опаљења.....	5
Слика 2: Криве промене притиска за барутне гасове, брзине пројектила и пређени пут у функцији времена	6
Слика 3: Криве промене притиска за барутне гасове и брзине пројектила у функцији пређеног пута.....	7
Слика 4: Изометријски поглед НЦ барутног зрна	10
Слика 5: НЦ Барутно зрно, основне димензије	11
Слика 6: Изометријски поглед СБ барутног зрна	12
Слика 7: СБ барутно зрно, основна димензија.....	12
Слика 8: Изглед опитне цеви са мерним компонентама за мерење притиска.....	17
Слика 9: Пиезоелектрични ефекат: а) кристал кварца, б) неоптерећени кристал, в) механичко оптерећење дуж Х осе, г) механичко оптерећење дуж Y осе	18
Слика 10: Шема пиезоелектричног сензора	19
Слика 11: Изглед сонди Kistler 6215 и 6005	19
Слика 12: Приказ мерног ланца за мерење притиска и брзине и обраде тих резултата	21
Слика 13: Појачивач 5015А	22
Слика 14: Шема мерног ланца за мерење притиска и брзине са аудио-видео комуникацијом и обрадом резултата.....	22
Слика 15: Блок шема за мерење и прикупљање података.....	22
Слика 16: Принципијелна шема пиезоелектричних сензора	23
Слика 17: Изглед сигнала за почетак процеса, снимање притиска и мерења брзине.....	23
Слика 18: Начин повезивања мерне опреме за мерење притиска и брзине	25
Слика 19: Приказ начина рада мерне опреме за мерење брзине	26
Слика 20: Опитна цев за мерење притиска и брзине калибра 12.7x108mm	29
Слика 21: Мерна места за мерење притиска на 25mm и устима цеви	29
Слика 22: Препоруке израде лежишта сонде за сонду 6215	33
Слика 23: Приказ мерног места за мерења притиска код EPVAT и C.I.P. методе	33
Слика 24: Приказ мерног места за мерења притиска код SAAMI методе.....	34
Слика 25: Приказ балистичке криве притиска код EPVAT и C.I.P. методе	34
Слика 26: Приказ балистичке криве притиска код EPVAT и C.I.P. методе за метак 12,7x108mm	35
Слика 27: Графички приказ временских интервала на балистичкој криви притиска	36
Слика 28: Kistler 6215.....	37
Слика 29: Kistler 6005	37
Слика 30: Приказ комплета алата за обраду лежишта сонде.....	38
Слика 31: Приказ наношења масти на развртач за обраду и завијања у лежиште сонде	38
Слика 32: Приказ начина коришћења развртача за обраду	39
Слика 33: Приказ чела развртача за обраду при непотпуној обради заптивне површине.....	40
Слика 34: Приказ чела развртача за обраду при потпуној обради заптивне површине.....	40
Слика 35: Пре и после обраде заптивне површине.....	41
Слика 36: Начин наношења масти и прстена на сонду	41
Слика 37: Шематски приказ термалне заштите за CIP методу мерења: 1. Сензор 6215 2. Термална заштита 6565А 3.Термална заштитна дијафрагма 1181А 4. Заптивни прстен 1100....	42

Слика 38: Шематски приказ термалне заштите у склопу сонде.....	42
Слика 39: Начин стезања сонде Kistler 6215 у лежиште сонде	43
Слика 40: Kistler 6215 и кабал 1631	43
Слика 41: 1. Ball зрно (које се користи у опиту) 2. СБ барут 3. Месингана чаура са бердан капислом (произведена 2019. године, која се користи у опиту) 4. Метак за три групе муниције (СБ група)	50
Слика 42: 1. Панцирно запаљиво зрно (које се не користи у опиту) 2. НЦ барут 3. Месингана чаура са бердан капислом (произведена 1984. године, која се не користи у опиту) 4. Фабрички метак (НЦ група).....	51
Слика 43: Ball зрно (које се користи у опиту) 2. НЦ барут 3. Месингана чаура са бердан капислом (произведена 2019. године, која се користи у опиту) 4. Метак за три групе муниције (НЦ група).....	51
Слика 44: Приказ измерене вредности барутног пуњења са СБ барутом	54
Слика 45: Приказ измерене вредности масе зрна код групе са СБ барутом	57
Слика 46: Приказ измерене вредности масе зрна код групе са НЦ барутом (зрна која се не користе).....	59
Слика 47: Шема мерних места притисака за C.I.P и EPVAT методу.....	63
Слика 48: Пример хистограма за мерење вредности неке физичке величине	71
Слика 49: Графички приказ Гаусове функције густине вероватноће	72
Слика 50: Нормализовани хистограм мерење вредности неке физичке величине за број интервала 33	73

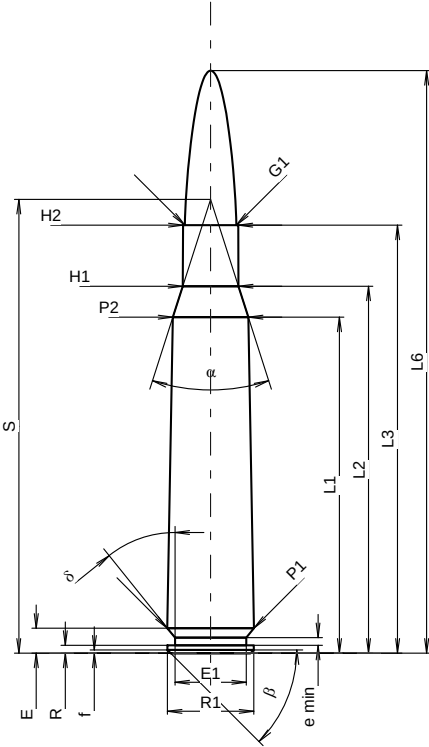
Списак табела

Табела 1: Приказ измерених вредности стандардне групе муниције са СБ барутом	53
Табела 2: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења СБ барута	55
Табела 3: Приказ маса искупаних зрна и броја комада.....	56
Табела 4: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења и зрна са СБ барутом.....	58
Табела 5: Приказ измерених вредности стандардне групе муниције са НЦ барутом	60
Табела 6: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења НЦ барута	61
Табела 7: Приказ измерених вредности групе са контролисаном масом барутног пуњења и зрна са НЦ барутом	62
Табела 8: Упоредна анализа брзина Завода и друге фирме	64
Табела 9: Подаци брзине и притиска треће фирме	66
Табела 10: Подаци брзине и притисака Завода	66
Табела 11: Разлике брзина и притисака између Завода и треће фирме	67
Табела 12: Добијене вредности брзине из УБ прорачуна (V 0), C.I.P (V 2.5) и EPVAT (V 2.5) мерења.....	68
Табела 13: Добијене вредности притиска из УБ прорачуна, C.I.P. и EPVAT мерења	69
Табела 14: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа А за вредности брзине	83

Табела 15: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа А за вредности притисака .	83
Табела 16: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа Б за вредности притисака ..	84
Табела 17: Табеларни приказ вредности мерне несигурности типа Б за резултате брзине	84
Табела 18: Табеларни приказ комбиноване мерне несигурности резултата притисака.....	85
Табела 19: Табеларни приказ комбиноване мерне несигурности резултата брзине	85

Списак графика

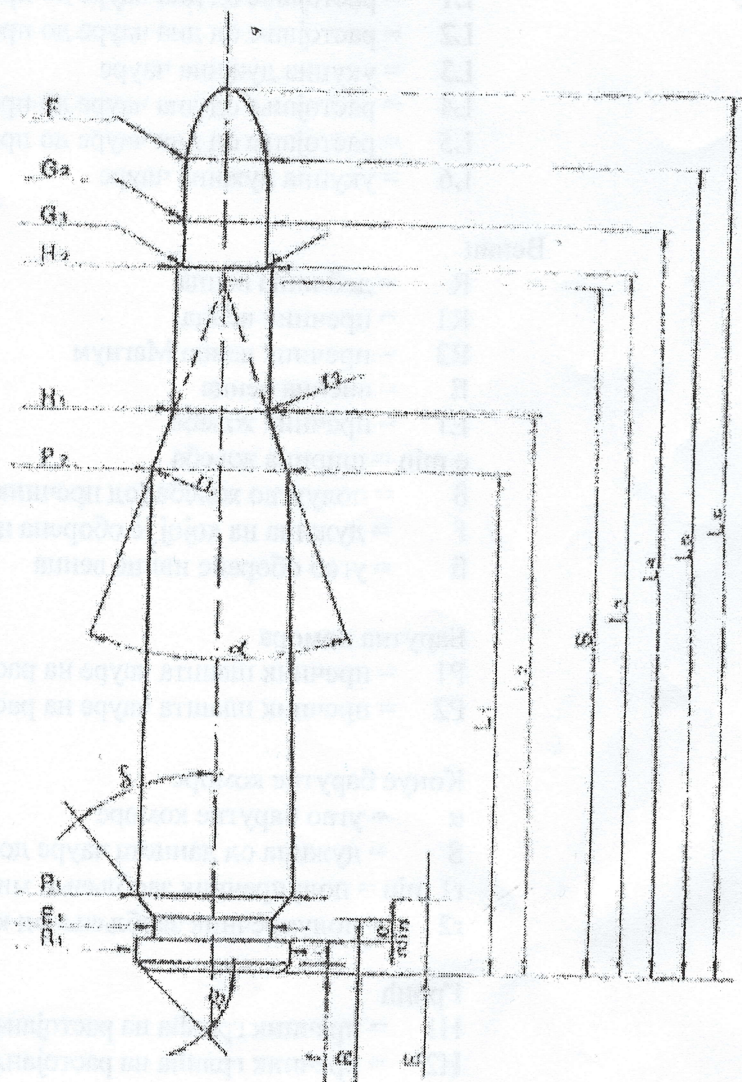
График 1: Промена притиска барутних гасова у току времена.....	45
График 2: Промена притиска барутних гасова у зависности од пређеног пута.....	46
График 3: Промена брзине пројектила у току времена.....	46
График 4: Промена брзине пројектила у зависности од пређеног пута	47
График 5: Промена притиска барутних гасова у току времена.....	48
График 6: Промена притиска барутних гасова у зависности од пређеног пута.....	48
График 7: Промена брзине пројектила у току времена.....	49
График 8: Промена брзине пројектила у зависности од пређеног пута	49

C.I.P.	12,7 x 108	TAB.	I
		Date	17-05-17
		Revision	
Country of Origin: RU			
	CARTRIDGE MAXI	CHAMBER MINI	
	Lengths L1 ¹⁾ = 84.80 -0.20 L2 ¹⁾ = 92.60 -0.20 L3 ¹⁾ = 108.00 L4 = L5 = L6 = 147.00 Case Head R = 2.00 R1 = 21.80 R3 = E = 6.30 E1 = 18.00 e min = 1.90 δ = 38°44' f = 0.80 β = 45° Powder Chamber P1 = 21.85 P2 ^{1)*} = 19.05 -0.20 Junction Cone α * = 35°32'34" S * = 114.52 r1 min = r2 = Collar H1 * = 14.05 H2 ¹⁾ = 13.90 Projectile G1 ¹⁾ = 13.01 G2 = F = L3+G ¹⁾ = 138.00 Pressures (Energies) Method Transducer Pmax = 3050 bar PK = 3508 bar PE = 3813 bar M = 25.00 EE = 19200 Joule Miscellaneous Dimensions Fe ¹⁾³⁾ = 0.15 delta L = 0.57	Lengths L1 = 83.95 L2 = 91.95 L3 ¹⁾ = 108.70 Breech R = R1 = 22.00 R2 = R3 = r = Powder Chamber E = 5.70 P1 ¹⁾ = 21.89 P2 * = 19.23 Junction Cone α ^{1)*} = 35°17'40" S * = 114.17 r1 max = r2 = Collar H1 * = 14.14 H2 ¹⁾ = 13.91 Commencement of Rifling G1 ^{1)*} = 13.00 G ¹⁾ = 30.00 α1 = 5°12'37" h * = 10.00 S = i ^{1)*} = 0°29'13" w = Barrel F ^{1)*} = 12.66 Z ¹⁾ = 13.00 Grooves b = 2.80 N = 8 u = 380.00 Q = 129.72 mm ²	
Scale 1:1.91			
Dimensions in << mm >> Dimensions and Tolerances for Proof Barrels see Appendix CR 1.		Notes: 1) Check for safety reasons 3) Headspace on Shoulder * Basic dimensions	

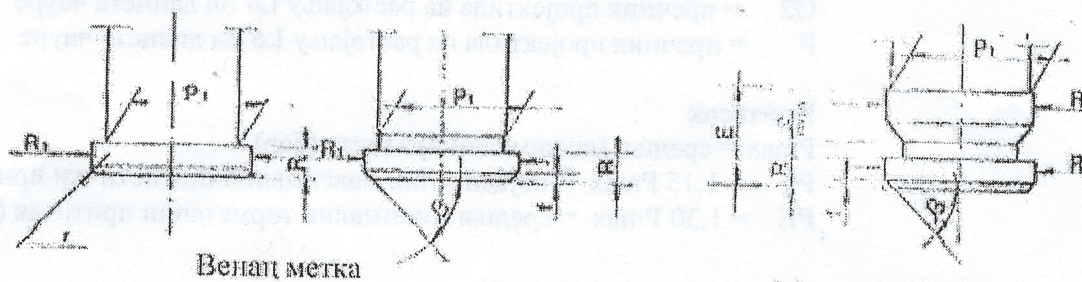
ПРИЛОГ I

ТАБЛИЦА ДИМЕНЗИЈА МЕТКА И ЛЕЖИШТА МЕТКА

МЕТАК



Уста лежишта метка



Венац метка

Метак са ојачаним доњем делом чауре

МЕТАК – МАКСИМАЛНЕ ДИМЕНЗИЈЕ

Легенда, симболи и њихове дефиниције

Дужине

- L1 = растојање од дна чауре до пречника P2 на плашту чауре
- L2 = растојање од дна чауре до пречника H1 на грлићу
- L3 = укупна дужина чауре
- L4 = растојање од дна чауре до пречника G2 на плашту пројектила
- L5 = растојање од дна чауре до пречника F на плашту пројектила
- L6 = укупна дужина чауре

Венца

- R = дебљина венца
- R1 = пречник венца
- R3 = пречник венца Магнум
- E = висина венца
- E1 = пречник жљеба
- e min = ширина жљеба
- δ = полуугао жљеба (од пречника E1 до пречника R1)
- f = дужина на којој је оборена ивица венца
- B = угао оборене ивице венца

Барутна комора

- P1 = пречник плашта чауре на растојању E од данцета чауре
- P2 = пречник плашта чауре на растојању L1 од данцета чауре

Конус барутне коморе

- α = угао барутне коморе
- S = дужина од данцета чауре до врха конуса барутне коморе
- r1 min = полупречник заобљења, минимални, на пречнику P2
- r2 = полупречник заобљења од конуса барутне коморе према грлићу чауре

Грлић

- H1 = пречник грлића на растојању L2 од дна чауре
- H2 = пречник грлића на растојању L3 од данцета чауре

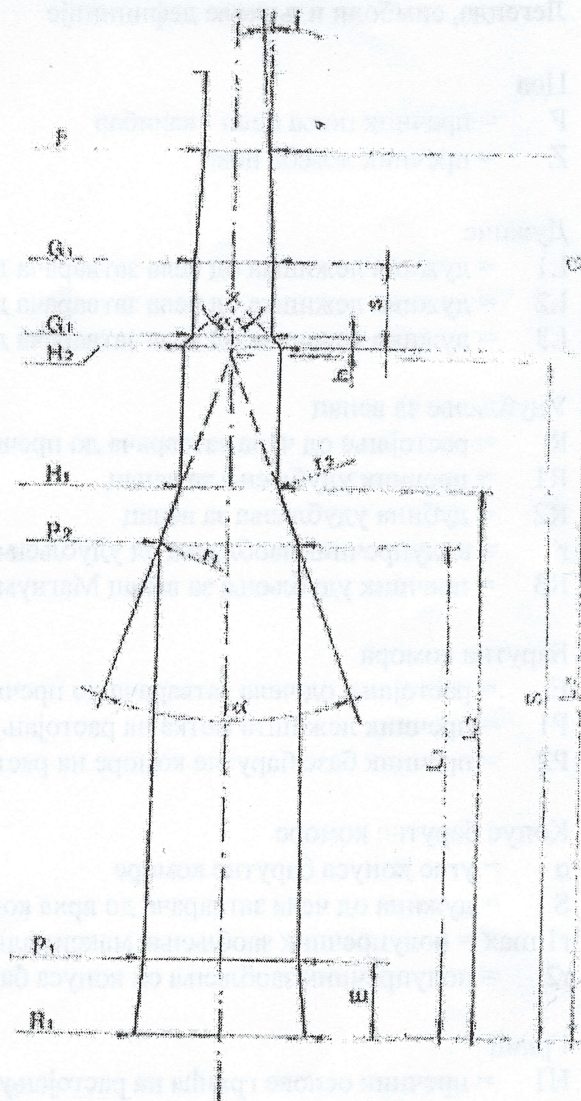
Пројектил

- G1 = пречник пројектила на успама чауре
- G2 = пречник пројектила на растојању L4 од данцета чауре
- F = пречник пројектила на растојању L5 од данцета чауре

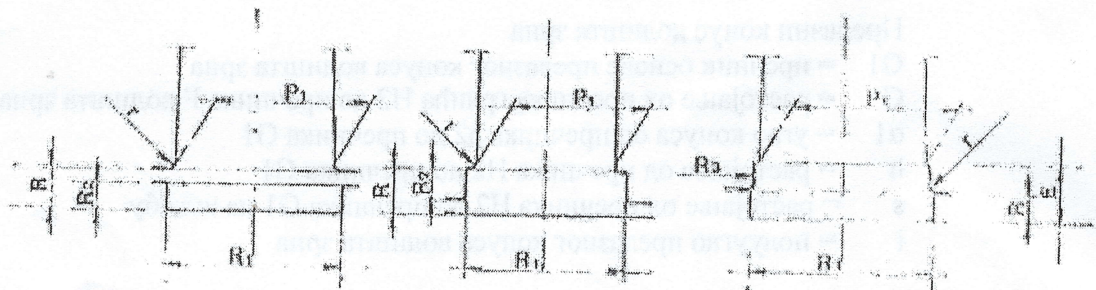
Притисак

- Pmax = средњи максимални притисак (бар)
- Pk = 1,15 Pmax = појединачни максимални статистички притисак (бар)
- PE = 1,30 Pmax = средњи минимални торметачни притисак (бар)

ЛЕЖИШТЕ МЕТКА



Уста лежишта метка



Венац метка

Метак са ојачаним
доњим делом чауре

ЛЕЖИШТЕ МЕТКА

ЛЕЖИШТЕ МЕТКА МИНИМАЛНО

Легенда, симболи и њихове дефиниције

Цев

F = пречник пола цеви - калибар

Z = пречник жљеба цеви

Дужине

L1 = дужина лежишта од чела затварача до пречника P2

L2 = дужина лежишта од чела затварача до пречника H1

L3 = дужина лежишта од чела затварача до пречника H2

Удубљење за венац

R = растојање од чела затварача до пречника P1 на лежишту метка у цеви

R1 = пречник удубљења за венац

R2 = дубина удубљења за венац

r = полупречник заобљења од удубљења према лежишту метка

R3 = пречник удубљења за венац Магнум

Барутна комора

E = растојање од чела затварача до пречника P1 лежишта метка

P1 = пречник лежишта метка на растојању E од чела затварача

P2 = пречник базе барутне коморе на растојању L1 од чела затварача

Конус барутне коморе

α = угао конуса барутне коморе

S = дужина од чела затварача до врха конуса барутне коморе

r1 max = полупречник заобљења, максимални на месту пречника P2

r2 = полупречник заобљења од конуса барутне коморе према грипу

Грип

H1 = пречник основе грипа на растојању L2 од чела затварача

H2 = пречник на растојању L3 од чела затварача

Прелазни конус водишта зрна

G1 = пречник основе прелазног конуса водишта зрна

G = растојање од пречника грипа H2 до пречника F водишта зрна

α_1 = угао конуса од пречника h2 до пречника G1

h = растојање од пречника H2 до пречника G1

s = растојање од пречника H2 до пречника G1 на жљебу

i = полуугао прелазног конуса водишта зрна

Олучење

b = ширина жљебова

N = број жљебова

u = корак увијања жљебова

Q = површина попречног пресека водишта зрна

Kalibrierschein Calibration Certificate

Type Kistler 6215

Serial No. 5345291

Kalibriert durch Calibration Technician	Datum Date
M. Schwizgebel	27. Apr. 2018

Referenzgeräte Reference Equipment	Typ Type	Serien-Nr. Serial No.
Gebrauchsnormal Working Standard	Budenberg 284	12005
Ladungskalibrator Charge Calibrator	Budenberg CPB3800	32967
	Kistler 5395A	441991

Umgebungstemperatur Ambient Temperature °C	Relative Feuchte Relative Humidity %
26	47

Messergebnisse Results of Measurement

Druck Pressure bar	Ladung Charge pC	Empfindlichkeit der Stufe Sensitivity of Step pC / bar
6000	-8444,1	-1,407
5000	-7012,9	-1,403
4000	-5593,6	-1,398
3000	-4173,1	-1,391
2000	-2777,0	-1,389
1000	-1384,8	-1,385
600	-830,65	-1,384
250	-345,67	-1,383
100	-138,41	-1,384
50	-68,967	-1,379

Aus der Stufenkalibrierung berechnet
Calculated by the step wise calibration

Bereich Range bar	Empfindlichkeit Sensitivity pC / bar	Linearität Linearity ≤ ± % FSO
0 ... 6000	-1,402	0,39
0 ... 600	-1,384	0,04

Messverfahren Stufenweise Kalibrierung mit Totgewichtsanlage
Measurement Procedure Stepwise Calibration, with dead weight tester

Bestätigung Confirmation

Das oben durch die Seriennummer identifizierte Gerät entspricht der Vereinbarung der Bestellung und hält die Herstellertoleranzen gemäss den Spezifikationen der Datenblätter ein, sofern nicht anders auf dem Kalibrierschein vermerkt. Das Kistler Qualitätsmanagement System ist nach ISO 9001 zertifiziert. Das Dokument erfüllt die Anforderungen von EN 10204 Abnahmeprüfzeugnis "3.1". Die aufgeführten Referenzgeräte sind auf nationale Normale rückgeführt. Das Dokument wurde elektronisch erstellt und ist daher ohne Unterschrift gültig.

The equipment identified by Serial No. complies with the agreement of the order and meets the manufacturing tolerances specified in the data sheets, unless otherwise specified on the calibration certificate. The Kistler Quality Management System is certified per ISO 9001. This document fulfils the requirements of EN 10204 Inspection Certificate "3.1". The reference equipment is traceable to national standards. The document was issued electronically and is therefore valid without signature.

Kistler Instrumente AG
Eulachstrasse 22
PO Box
CH-8408 Winterthur

Tel. +41 52 224 11 11
Fax +41 52 224 14 14
info@kistler.com

ZKB Winterthur BC 732
Swift: ZKBKCHZZ80A
Account: 1132-0374.628

IBAN: CH67 0070 0113 2003 7462 8
VAT: 229 713
ISO 9001 certified

Kalibrierschein Calibration Certificate

Type Kistler 5015A1000 Serial No. 5298912

Bearbeiter Calibration Technician		Datum Date
U. Schäffler		28. Mar. 2018
Referenzgeräte Reference Equipment	Typ Type	Serie Nr. Serial No.
Ladungskalibrator Charge Calibrator	Kistler 5395	1258084
Umgebungstemperatur Ambient Temperature °C		Relative Feuchte Relative Humidity %
24		40

Geräteinstellungen Instrument settings

HP Filter HP Filter	LP Filter LP Filter kHz	Ausgangsbereich FS Output Range FS V
DC (Long)	1,0	± 10

Messergebnisse Results of Measurement

Nullpunktabweichung ohne Filter Offset Voltage Filter off mV	Nullpunktabweichung mit Filter Offset Voltage Filter on mV	Measure Sprung Measure Jump mV	Drift Drift pC/s; mV/s
0,1	0,2	2,4	0,02

Filter 30 kHz; obere Grenzfrequenz (-3 dB)
Filter 30 kHz; upper cutoff frequency (-3 dB)
kHz

30,6

Obere Grenzfrequenz bei voller Bandbreite (-3 dB)
Upper cutoff frequency at full bandwidth (-3 dB)
kHz

200

Bereichseinstellung Range setting pC	Eingangs-Ladung Input charge pC	Abweichung Spannungsausgang Voltage output error %	Abweichung Anzeige Readout error %
4,990	-4,990	-0,2	-0,1
9,990	-9,990	-0,2	-0,1
49,90	-49,90	0,0	0,0
99,90	-99,90	0,0	0,0
499,0	-499,0	0,1	0,1
999,0	-999,0	0,0	0,1
4'990	-4'990	0,0	0,1
9'990	-9'990	0,0	0,1
49'900	-49'900	0,0	0,1
99'900	-99'900	0,0	0,1
219'900	-219'900	0,0	0,1
1'099'000	-1'099'000	0,0	0,1
2'000'000	-2'000'000	0,0	0,1

Bestätigung Confirmation

Das oben durch die Seriennummer identifizierte Gerät entspricht der Vereinbarung der Bestellung und hält die Herstellertoleranzen gemäss den Spezifikationen der Datenblätter ein, sofern nicht anders auf dem Kalibrierschein vermerkt. Das Kistler Qualitätsmanagement System ist nach ISO 9001 zertifiziert. Das Dokument erfüllt die Anforderungen von EN 10204 Abnahmeprüfzeugnis "3.1". Die aufgeführten Referenzgeräte sind auf nationale Normale rückgeführt. Das Dokument wurde elektronisch erstellt und ist daher ohne Unterschrift gültig.

The equipment identified by Serial No. complies with the agreement of the order and meets the manufacturing tolerances specified in the data sheets, unless otherwise specified on the calibration certificate. The Kistler Quality Management System is certified per ISO 9001. This document fulfils the requirements of EN 10204 Inspection Certificate "3.1". The reference equipment is traceable to national standards. The document was issued electronically and is therefore valid without signature.

Kistler Instrumente AG
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur
Switzerland

Tel. +41 52 224 11 11
Fax +41 52 224 14 14
info@kistler.com

ZKB Winterthur BC 732
Swift: ZKBKCHZ80A
Account: 1132-0374.628

IBAN: CH67 0070 0113 2003 7462 8
VAT: 229 713
ISO 9001 certified

www.kistler.com

Kalibrierschein Calibration Certificate

Type Kistler 5015A1000 Serial No. 5298913

Bearbeiter Calibration Technician		Datum Date	Geräteeinstellungen Instrument settings		
U. Schäffler		28. Mar. 2018			
Referenzgeräte Reference Equipment	Typ Type	Serie Nr. Serial No.	HP Filter HP Filter	LP Filter LP Filter	Ausgangsbereich FS Output Range FS
Ladungskalibrator Charge Calibrator	Kistler 5395	1258084	DC (Long)	1,0 kHz	± 10 V
Umgebungstemperatur Ambient Temperature		Relative Feuchte Relative Humidity			
°C		%			
24		40			

Messergebnisse Results of Measurement

Nullpunktabweichung ohne Filter Offset Voltage Filter off	Nullpunktabweichung mit Filter Offset Voltage Filter on	Measure Sprung Measure Jump	Drift Drift
mV	mV	mV	pC/s; mV/s
0,9	1,2	2,0	0,03

Filter 30 kHz; obere Grenzfrequenz (-3 dB) Filter 30 kHz; upper cutoff frequency (-3 dB)	Obere Grenzfrequenz bei voller Bandbreite (-3 dB) Upper cutoff frequency at full bandwidth (-3 dB)
kHz	kHz
30,4	198

Bereichseinstellung Range setting	Eingangs-Ladung Input charge	Abweichung Spannungsaustrag Voltage output error	Abweichung Anzeige Readout error
pC	pC	%	%
4,990	-4,990	0,0	0,0
9,990	-9,990	-0,1	-0,1
49,90	-49,90	0,0	0,0
99,90	-99,90	0,0	0,0
499,0	-499,0	-0,1	0,0
999,0	-999,0	0,0	0,0
4'990	-4'990	0,0	0,0
9'990	-9'990	0,0	0,0
49'900	-49'900	-0,1	-0,1
99'900	-99'900	0,0	0,0
219'900	-219'900	0,0	0,0
1'099'000	-1'099'000	0,0	0,0
2'000'000	-2'000'000	0,0	0,0

Bestätigung Confirmation

Das oben durch die Seriennummer identifizierte Gerät entspricht der Vereinbarung der Bestellung und hält die Herstellertoleranzen gemäss den Spezifikationen der Datenblätter ein, sofern nicht anders auf dem Kalibrierschein vermerkt. Das Kistler Qualitätsmanagement System ist nach ISO 9001 zertifiziert. Das Dokument erfüllt die Anforderungen von EN 10204 Abnahmeprüfzeugnis "3.1". Die aufgeführten Referenzgeräte sind auf nationale Normale rückgeführt. Das Dokument wurde elektronisch erstellt und ist daher ohne Unterschrift gültig.

The equipment identified by Serial No. complies with the agreement of the order and meets the manufacturing tolerances specified in the data sheets, unless otherwise specified on the calibration certificate. The Kistler Quality Management System is certified per ISO 9001. This document fulfils the requirements of EN 10204 Inspection Certificate "3.1". The reference equipment is traceable to national standards. The document was issued electronically and is therefore valid without signature.

Kistler Instrumente AG
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur
Switzerland

Tel. +41 52 224 11 11
Fax +41 52 224 14 14
info@kistler.com

ZKB Winterthur BC 732
Swift: ZKBKCHZZ80A
Account: 1132-0374.628

IBAN: CH67 0070 0113 2003 7462 8
VAT: 229 713
ISO 9001 certified

www.kistler.com

UB-PRORACUN METODOM DROZDOVA

ORUDJE: 12.7

BARUT: SB

JEDINICE PO SI SISTEMU MERA

POLAZNI PODACI

W0=.000018 S=.000127 XU=0.88 FI=1.2450 M= 0.051

OM= 0.015 F= 971389. DELM=1600. ALFA=.00098 TETA=.275

E0=.00043 AKAPA=1.18605 LAM=-.14501 U1=.106E-08 P0=.180E+08

GUSTINA PUNJENJA DELTA=844.

PRETHODNI PERIOD

Y0=0.00869 PSIO=0.01029 SIG0=0.99748

PRVI PERIOD

I	Y	PSI	V	X	P	T
1	0.021082	0.024928	10.09	0.001	43395064.	0.00017
2	0.033473	0.039508	20.18	0.002	67767128.	0.00027
3	0.045865	0.054036	30.27	0.004	90989184.	0.00034
4	0.058256	0.068511	40.37	0.005	113017824.	0.00039
5	0.070648	0.082933	50.46	0.007	133839056.	0.00043
6	0.083039	0.097302	60.55	0.009	153453392.	0.00047
7	0.095430	0.111618	70.64	0.011	171869600.	0.00050
8	0.107822	0.125882	80.73	0.013	189102864.	0.00053
9	0.120213	0.140093	90.82	0.016	205171952.	0.00055
10	0.132604	0.154250	100.91	0.018	220099472.	0.00058
11	0.144996	0.168356	111.01	0.020	233910160.	0.00060
12	0.157387	0.182408	121.10	0.023	246630880.	0.00062
13	0.169778	0.196407	131.19	0.025	258290240.	0.00064

14	0.182170	0.210354	141.28	0.028	268918080.	0.00066
15	0.194561	0.224248	151.37	0.031	278545600.	0.00068
16	0.206953	0.238089	161.46	0.033	287204608.	0.00070
17	0.219344	0.251877	171.55	0.036	294928128.	0.00071
18	0.231735	0.265612	181.64	0.039	301749152.	0.00073
19	0.244127	0.279295	191.74	0.042	307701568.	0.00075
20	0.256518	0.292925	201.83	0.045	312819104.	0.00076
21	0.268909	0.306502	211.92	0.049	317135808.	0.00078
22	0.281301	0.320026	222.01	0.052	320685824.	0.00079
23	0.293692	0.333497	232.10	0.056	323503200.	0.00081
24	0.306083	0.346916	242.19	0.059	325621536.	0.00083
25	0.318475	0.360281	252.28	0.063	327074912.	0.00084
26	0.330866	0.373594	262.38	0.067	327895744.	0.00086
PM	0.338137	0.381381	268.30	0.069	328096480.	0.00086
27	0.343258	0.386854	272.47	0.071	328117472.	0.00087
28	0.355649	0.400061	282.56	0.075	327772320.	0.00089
29	0.368040	0.413216	292.65	0.080	326891808.	0.00090
30	0.380432	0.426317	302.74	0.084	325507200.	0.00092
31	0.392823	0.439366	312.83	0.089	323649056.	0.00093
32	0.405214	0.452362	322.92	0.094	321346688.	0.00095
33	0.417606	0.465305	333.02	0.099	318629920.	0.00096
34	0.429997	0.478195	343.11	0.104	315526432.	0.00098
35	0.442389	0.491033	353.20	0.109	312064192.	0.00099
36	0.454780	0.503818	363.29	0.115	308269728.	0.00101
37	0.467171	0.516549	373.38	0.121	304168928.	0.00103
38	0.479563	0.529228	383.47	0.127	299786848.	0.00104
39	0.491954	0.541855	393.56	0.133	295147520.	0.00106
40	0.504345	0.554428	403.65	0.140	290274592.	0.00107
41	0.516737	0.566949	413.75	0.147	285190368.	0.00109
42	0.529128	0.579416	423.84	0.154	279916000.	0.00111
43	0.541519	0.591831	433.93	0.162	274473056.	0.00113

44	0.553911	0.604194	444.02	0.170	268880736.	0.00114
45	0.566302	0.616503	454.11	0.178	263158448.	0.00116
46	0.578694	0.628759	464.20	0.186	257323984.	0.00118
47	0.591085	0.640963	474.29	0.195	251395072.	0.00120
48	0.603476	0.653114	484.39	0.205	245387936.	0.00122
49	0.615868	0.665212	494.48	0.214	239318336.	0.00124
50	0.628259	0.677257	504.57	0.224	233201008.	0.00126
51	0.640650	0.689250	514.66	0.235	227050384.	0.00128
52	0.653042	0.701189	524.75	0.246	220879856.	0.00130
53	0.665433	0.713076	534.84	0.258	214701584.	0.00132
54	0.677824	0.724910	544.93	0.270	208527904.	0.00135
55	0.690216	0.736691	555.03	0.283	202369856.	0.00137
56	0.702607	0.748419	565.12	0.296	196237760.	0.00139
57	0.714999	0.760095	575.21	0.310	190141568.	0.00142
58	0.727390	0.771718	585.30	0.325	184090624.	0.00144
59	0.739781	0.783288	595.39	0.341	178093104.	0.00147
60	0.752173	0.794805	605.48	0.357	172157312.	0.00150
61	0.764564	0.806269	615.57	0.374	166290304.	0.00153
62	0.776955	0.817680	625.66	0.392	160498976.	0.00156
63	0.789347	0.829039	635.76	0.411	154789616.	0.00159
64	0.801738	0.840345	645.85	0.432	149167920.	0.00162
65	0.814130	0.851598	655.94	0.453	143639120.	0.00165
66	0.826521	0.862798	666.03	0.475	138207888.	0.00168
67	0.838912	0.873945	676.12	0.498	132878288.	0.00172
68	0.851304	0.885040	686.21	0.523	127654528.	0.00175
69	0.863695	0.896082	696.30	0.549	122539848.	0.00179
70	0.876086	0.907070	706.40	0.577	117537144.	0.00183
71	0.888478	0.918006	716.49	0.606	112649032.	0.00187
72	0.900869	0.928890	726.58	0.637	107877720.	0.00192
73	0.913260	0.939720	736.67	0.670	103225112.	0.00196
74	0.925652	0.950498	746.76	0.705	98692624.	0.00201

75	0.938043	0.961223	756.85	0.742	94281624.	0.00206
76	0.950435	0.971895	766.94	0.781	89992912.	0.00211
77	0.962826	0.982514	777.04	0.822	85827056.	0.00216
78	0.975217	0.993080	787.13	0.866	81784512.	0.00222
79	0.987609	0.998055	797.22	0.878	77865256.	0.00228

NEPOTPUNO SAGOREVANJE

UB-PRORACUN METODOM DROZDOVA

ORUDJE: 12.7

BARUT: NC

JEDINICE PO SI SISTEMU MERA

POLAZNI PODACI

W0=.000019 S=.000127 XU=0.88 FI=1.2000 M= 0.051

OM= 0.015 F= 971389. DELM=1600. ALFA=.00097 TETA=.252

E0=.00035 AKAPA=1.18890 LAM=-.15890 U1=.900E-09 P0=.180E+08

GUSTINA PUNJENJA DELTA=794.

PRETHODNI PERIOD

Y0=0.00983 PSIO=0.01167 SIG0=0.99688

PRVI PERIOD

I	Y	PSI	V	X	P	T
---	---	-----	---	---	---	---

1	0.022208	0.026310	9.99	0.001	40408196.	0.00017
2	0.034585	0.040893	19.98	0.002	61916252.	0.00028
3	0.046963	0.055417	29.97	0.004	82414680.	0.00035
4	0.059340	0.069884	39.95	0.006	101865664.	0.00040
5	0.071717	0.084292	49.94	0.008	120257480.	0.00044
6	0.084094	0.098643	59.93	0.010	137591392.	0.00048
7	0.096471	0.112936	69.92	0.012	153876496.	0.00052
8	0.108848	0.127171	79.91	0.014	169126608.	0.00055
9	0.121225	0.141348	89.90	0.016	183359696.	0.00057
10	0.133602	0.155468	99.88	0.019	196596304.	0.00060

11	0.145979	0.169529	109.87	0.021	208858928.	0.00062
12	0.158357	0.183533	119.86	0.024	220171728.	0.00064
13	0.170734	0.197478	129.85	0.027	230560272.	0.00067
14	0.183111	0.211366	139.84	0.029	240051104.	0.00069
15	0.195488	0.225196	149.83	0.032	248672176.	0.00071
16	0.207865	0.238968	159.81	0.035	256451088.	0.00073
17	0.220242	0.252682	169.80	0.038	263416928.	0.00074
18	0.232619	0.266338	179.79	0.041	269598240.	0.00076
19	0.244996	0.279937	189.78	0.045	275024704.	0.00078
20	0.257373	0.293477	199.77	0.048	279725504.	0.00080
21	0.269751	0.306960	209.76	0.051	283730144.	0.00081
22	0.282128	0.320384	219.75	0.055	287067776.	0.00083
23	0.294505	0.333751	229.73	0.059	289767744.	0.00085
24	0.306882	0.347060	239.72	0.063	291859072.	0.00086
25	0.319259	0.360311	249.71	0.067	293370400.	0.00088
26	0.331636	0.373505	259.70	0.071	294329952.	0.00090
27	0.344013	0.386640	269.69	0.075	294765920.	0.00091
PM	0.345722	0.388449	271.07	0.076	294786528.	0.00091
28	0.356390	0.399717	279.68	0.079	294705792.	0.00093
29	0.368767	0.412737	289.66	0.084	294176320.	0.00094
30	0.381145	0.425699	299.65	0.089	293204384.	0.00096
31	0.393522	0.438602	309.64	0.094	291815552.	0.00098
32	0.405899	0.451448	319.63	0.099	290035264.	0.00099
33	0.418276	0.464236	329.62	0.104	287888448.	0.00101
34	0.430653	0.476966	339.61	0.110	285398464.	0.00103
35	0.443030	0.489639	349.59	0.115	282589536.	0.00104
36	0.455407	0.502253	359.58	0.121	279483840.	0.00106
37	0.467784	0.514810	369.57	0.127	276103168.	0.00108
38	0.480161	0.527308	379.56	0.134	272469376.	0.00109
39	0.492539	0.539749	389.55	0.141	268602880.	0.00111
40	0.504916	0.552132	399.54	0.147	264523264.	0.00113

41	0.517293	0.564457	409.53	0.155	260249824.	0.00115
42	0.529670	0.576724	419.51	0.162	255800992.	0.00116
43	0.542047	0.588933	429.50	0.170	251194496.	0.00118
44	0.554424	0.601084	439.49	0.178	246447376.	0.00120
45	0.566801	0.613178	449.48	0.187	241575824.	0.00122
46	0.579178	0.625214	459.47	0.196	236595536.	0.00124
47	0.591555	0.637191	469.46	0.205	231521360.	0.00126
48	0.603932	0.649111	479.44	0.214	226367600.	0.00128
49	0.616310	0.660973	489.43	0.224	221147680.	0.00130
50	0.628687	0.672777	499.42	0.235	215874576.	0.00132
51	0.641064	0.684523	509.41	0.246	210560432.	0.00134
52	0.653441	0.696211	519.40	0.257	205217104.	0.00137
53	0.665818	0.707842	529.39	0.269	199855488.	0.00139
54	0.678195	0.719414	539.38	0.282	194486160.	0.00141
55	0.690572	0.730929	549.36	0.295	189118528.	0.00144
56	0.702949	0.742386	559.35	0.309	183762304.	0.00146
57	0.715326	0.753785	569.34	0.323	178425760.	0.00149
58	0.727704	0.765126	579.33	0.338	173117568.	0.00151
59	0.740081	0.776409	589.32	0.354	167844912.	0.00154
60	0.752458	0.787634	599.31	0.371	162615072.	0.00157
61	0.764835	0.798801	609.29	0.388	157434864.	0.00160
62	0.777212	0.809911	619.28	0.406	152310128.	0.00163
63	0.789589	0.820962	629.27	0.425	147246928.	0.00166
64	0.801966	0.831956	639.26	0.446	142250304.	0.00169
65	0.814343	0.842892	649.25	0.467	137325104.	0.00172
66	0.826720	0.853770	659.24	0.489	132475800.	0.00176
67	0.839098	0.864590	669.22	0.512	127706544.	0.00179
68	0.851475	0.875352	679.21	0.537	123021008.	0.00183
69	0.863852	0.886056	689.20	0.563	118422280.	0.00187
70	0.876229	0.896703	699.19	0.590	113913472.	0.00191
71	0.888606	0.907291	709.18	0.619	109497120.	0.00195

72	0.900983	0.917822	719.17	0.650	105175664.	0.00199
73	0.913360	0.928295	729.16	0.682	100950976.	0.00203
74	0.925737	0.938710	739.14	0.716	96824808.	0.00208
75	0.938114	0.949067	749.13	0.752	92798696.	0.00213
76	0.950492	0.959366	759.12	0.790	88873600.	0.00218
77	0.962869	0.969607	769.11	0.830	85050512.	0.00223
78	0.975246	0.979791	779.10	0.873	81330176.	0.00229
79	0.987623	0.989916	789.09	0.878	77713072.	0.00234

NEPOTPUNO SAGOREVANJE



ZAVOD ZA ISPITIVANJE ORUŽJA I MUNICIJE doo
Proof House Kragujevac Ltd.
Kragujevac SRBIJA
ul. Stojana Protića bb

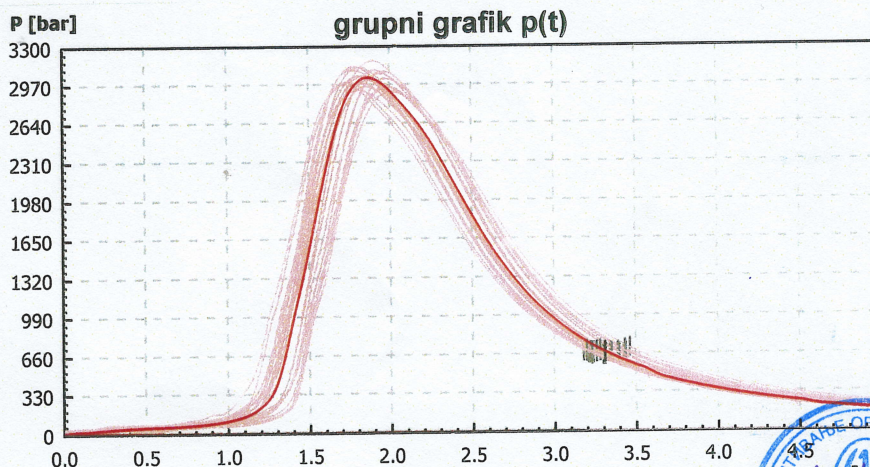
ZAVOD ZA ISPITIVANJE
ORUŽJA I MUNICIJE D.O.O.
Бр. СБ-1
24.10. 2020 год.
КРАГУЈЕВАЦ

Cev:	Metak:	Merna oprema:
Cev: 12.7x108 ZASTAVA Broj cevi: 254963 T/vlaga: 20 °C, 65%	Kalibar: 12.7 x 108 Projektil tip: Ball Masa: 51.3 g Čaura: 108mm , Mesing Kapisla: Berdan	Pretvarač: P: KISTLER 6215, 1.402 pC/bar Pojačavač: Kistler 5015 Akvizionioni modul: Acquitek CH-3160

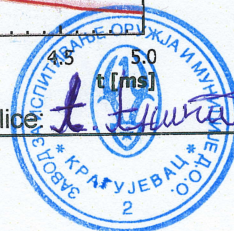
PROTOKOL ISPITIVANJA PRITISKA I BRZINE

12.7 X 108 mm SB BARUT STANDARDNA GRUPA

R.b.	V [m/s]	Pm [bar]	t1 [ms]	tPm [ms]	At[ms]	t4 [ms]
1	799.33	3019.4	0.2390	1.9672	3.0870	3.3260
2	793.18	3001.6	0.3646	1.8718	2.9450	3.3096
3	799.91	3090.8	0.2268	1.7618	3.0346	3.2614
4	809.92	3192.4	0.3384	2.0114	3.1254	3.4638
5	795.39	2942.1	0.3454	1.9904	3.0892	3.4346
6	795.80	2965.7	0.2956	1.7308	2.9542	3.2498
7	794.30	2949.5	0.3436	1.8530	2.9720	3.3156
8	804.14	3061.0	0.3760	1.9414	3.0142	3.3902
9	801.57	3041.0	0.3868	1.8072	2.8550	3.2418
10	802.17	3042.5	0.4258	1.8470	2.8752	3.3010
11	812.04	3169.6	0.2402	1.9054	3.1016	3.3418
12	796.67	3081.7	0.5160	1.9798	2.9222	3.4382
13	804.46	3079.6	0.3364	1.9650	3.0626	3.3990
14	798.72	3090.1	0.3028	1.9096	3.0496	3.3524
15	795.52	2919.6	0.2769	1.8136	2.9535	3.2304
16	797.92	3046.8	0.5036	1.8326	2.7776	3.2812
17	807.81	3120.8	0.2468	1.7854	2.9780	3.2248
18	805.51	3115.7	0.3896	1.8252	2.8706	3.2602
19	806.31	3054.8	0.4851	1.7972	2.7483	3.2334
20	797.86	2985.7	0.3538	1.7420	2.8864	3.2402
Sr.vred:	800.93	3048.5	0.3497	1.8669	2.9651	3.3148
Max:	812.04	3192.4	0.5160	2.0114	3.1254	3.4638
Min:	793.18	2919.6	0.2268	1.7308	2.7483	3.2248
Rv/Rp:	18.86	272.8	0.2892	0.2806	0.3771	0.2390
Std.Dev:	5.44	73.5	0.0859	0.0871	0.1073	0.0764



odgovorno lice:





ZAVOD ZA ISPITIVANJE ORUŽJA I MUNICIJE doo
Proof House Kragujevac Ltd.
KRAGUJEVAC SRBIJA
ul. Stojana Protića bb

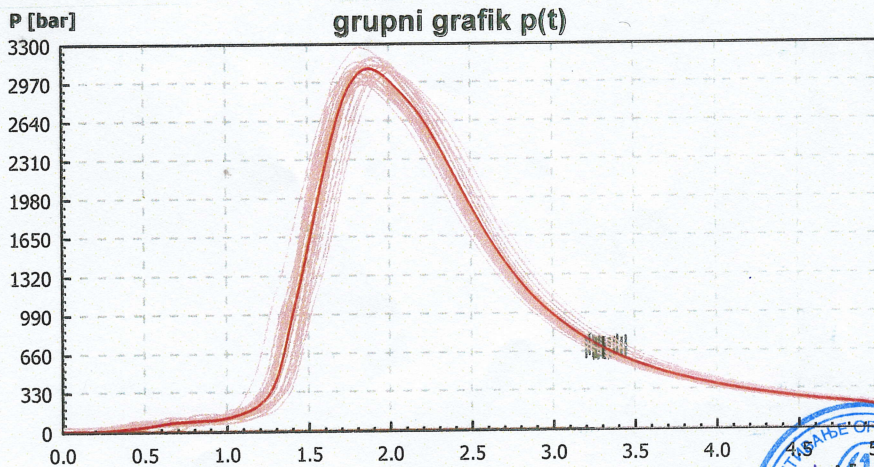
ЗАВОД ЗА ИСПИТИВАЊЕ
ОРУЖЈА И МУНИЦИЈЕ Д.О.О.
Бр. СБ-2
24.10. 2020 год.
КРАГУЈЕВАЦ

Cev:	Metak:		Merna oprema:
Cev: 12.7x108 ZASTAVA Broj cevi: 254963	Kalibar: 12.7 x 108 Projektil tip: Ball Masa: 51.3 g Čaura: 108mm , Mesing Kapisla: Berdan	M.mesto: 2,5 m Baza: 2 m	Pretvarač: P: KISTLER 6215, 1.402 pC/bar Pojačavač: Kistler 5015 Akvizicioni modul: Acquitek CH-3160
T/vlaga: 20 °C, 65%			

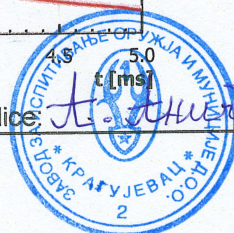
PROTOKOL ISPITIVANJA PRITISKA I BRZINE

12.7 X 108 mm SB BARUT KONTROLISANA MASA BARUTNOG PUNJENJA

R.b.	V [m/s]	Pm [bar]	t1 [ms]	tPm [ms]	At[ms]	t4 [ms]
1	808.33	3110.3	0.4858	1.8572	2.8106	3.2964
2	814.29	3113.7	0.3320	1.9030	3.0060	3.3380
3	804.28	3046.3	0.3356	1.8218	2.9814	3.3170
4	806.87	3034.6	0.4280	1.8354	2.8442	3.2722
5	817.42	3158.7	0.3746	1.8192	2.9306	3.3052
6	801.58	2974.8	0.4168	1.8556	2.8598	3.2766
7	805.88	3054.8	0.3940	1.8182	2.8538	3.2478
8	807.52	3011.6	0.4872	1.9414	2.7638	3.2510
9	806.50	3006.1	0.2520	1.8752	3.0612	3.3132
10	810.39	3180.0	0.2100	1.9306	3.1390	3.3490
11	811.61	3180.1	0.4640	1.8992	2.8540	3.3180
12	813.02	3141.2	0.3042	1.9798	2.9408	3.2450
13	811.17	3110.6	0.4404	1.9458	2.9320	3.3724
14	812.53	3104.9	0.4878	1.9732	2.9034	3.3912
15	809.74	3070.1	0.4792	1.9852	2.9386	3.4178
16	806.20	3104.0	0.4020	1.8530	2.8798	3.2818
17	807.10	3036.1	0.4872	1.8280	2.7344	3.2216
18	805.52	3055.3	0.4470	2.0108	2.9972	3.4442
19	807.78	3016.5	0.3692	1.8262	2.8328	3.2020
20	811.44	3105.3	0.4690	1.8330	2.7928	3.2618
Sr.vred:	808.96	3080.7	0.4033	1.8874	2.9028	3.3061
Max:	817.42	3180.1	0.4878	2.0108	3.1390	3.4442
Min:	801.58	2974.8	0.2100	1.8182	2.7344	3.2020
Rv/Rp:	15.84	205.3	0.2778	0.1926	0.4046	0.2422
Std.Dev:	3.79	59.2	0.0820	0.0655	0.1012	0.0646



odgovorno lice: *[Signature]*





ZAVOD ZA ISPITIVANJE ORUŽJA I MUNICIJE doo
Proof House Kragujevac Ltd.
Kragujevac SRBIJA
ul. Stojana Protića bb

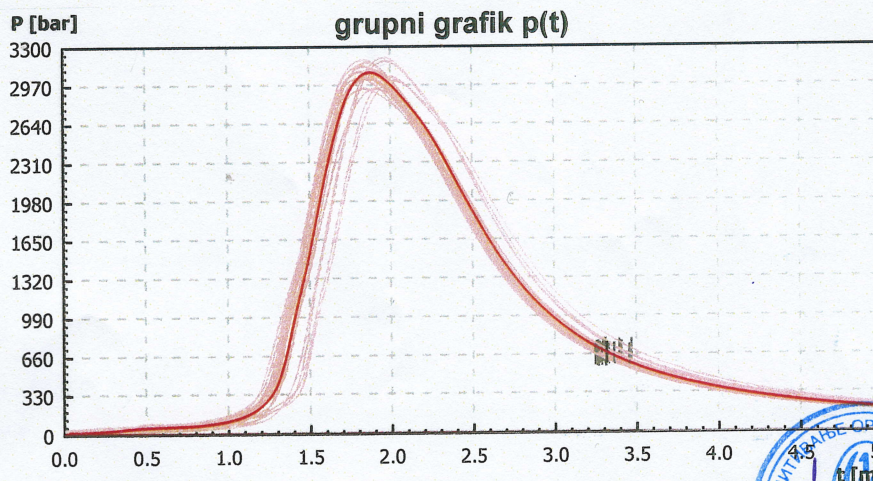
ЗАВОД ЗА ИСПИТИВАЊЕ
ОРУЖЈА И МУНИЦИЈЕ Д.О.О.
Бр. СБ-3
24.10. 2020 год.
КРАГУЈЕВАЦ

Cev:	Metak:	Merna oprema:
Cev: 12.7x108 ZASTAVA Broj cevi: 254963 T/vlaga: 20 °C, 65%	Kalibar: 12.7 x 108 Projektil tip: Ball Masa: 51.3 g Čaura: 108mm , Mesing Kapisla: Berdan	Pretvarač: P: KISTLER 6215, 1.402 pC/bar Pojačavač: Kistler 5015 Akvizionioni modul: Acquitek CH-3160

PROTOKOL ISPITIVANJA PRITISKA I BRZINE

12.7 X 108 mm SB BARUT KONTROLISA MASA BARUTNOG PUNJENJA I PROJEKTILA

R.b.	V [m/s]	Pm [bar]	t1 [ms]	tPm [ms]	At[ms]	t4 [ms]
1	808.94	3084.2	0.4158	1.9658	2.6800	3.3958
2	802.79	3070.7	0.3090	1.8624	3.0100	3.3190
3	812.13	3171.6	0.2089	1.9728	3.3174	3.4064
4	804.86	3054.9	0.4406	2.0276	2.9284	3.4690
5	805.22	3084.0	0.2876	1.8186	3.0820	3.2658
6	809.23	3100.7	0.3328	1.8882	2.7764	3.3092
7	814.92	3158.8	0.2876	1.8626	3.2958	3.2958
8	808.97	3024.6	0.2776	1.8156	3.1074	3.2568
9	812.04	3121.9	0.4876	1.8456	3.2742	3.2742
10	804.57	3021.6	0.3216	1.8566	2.9868	3.3084
11	806.56	3095.9	0.3108	1.8770	2.7882	3.3290
12	804.31	3037.4	0.4698	2.0054	2.8866	3.4564
13	810.31	3034.2	0.4896	1.8556	3.0262	3.3138
14	803.31	3076.7	0.2896	1.8190	3.1860	3.2684
15	808.49	3029.6	0.4892	1.8570	3.2876	3.2876
16	812.86	3181.6	0.2218	1.8402	3.2570	3.2570
17	810.88	3132.1	0.3876	1.8232	3.2562	3.2562
18	813.76	3179.4	0.2784	1.8434	3.2608	3.2608
19	811.59	3165.7	0.4576	1.8302	3.2484	3.2484
20	809.11	3110.1	0.3866	1.9164	2.9744	3.3610
Sr.vred:	808.74	3096.8	0.3575	1.8792	2.9594	3.3170
Max:	814.92	3181.6	0.4896	2.0276	3.1975	3.4690
Min:	802.79	3021.6	0.2089	1.8156	2.7866	3.2484
Rv/Rp:	12.13	160.0	0.2807	0.2120	0.4109	0.2206
Std.Dev:	3.65	54.4	0.0919	0.0643	0.1001	0.0672



odgovorno lice:





ZAVOD ZA ISPITIVANJE ORUŽJA I MUNICIJE doo
Proof House Kragujevac Ltd.
Kragujevac SRBIJA
ul. Stojana Protića bb

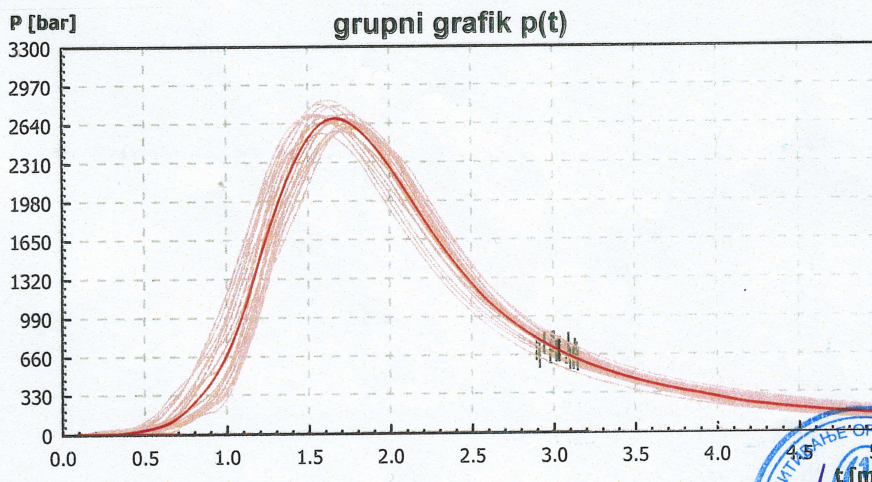
ЗАВОД ЗА ИСПИТИВАЊЕ
ОРУЖЈА И МУНИЦИЈЕ Д.О.О.
Бр. H4-1
31.10. 2020 год.
КРАГУЈЕВАЦ

Cev: Cev: 12.7x108 ZASTAVA Broj cevi: 254963 T/vlaga: 20 °C, 65%	Metak: Kalibar: 12.7 x 108 Projektil tip: Ball Masa: 51.3 g Čaura: 108mm , Mesing Kapisla: Berdan	M.mesto: 2,5 m Baza: 2 m	Merna oprema: Pretvarač: P: KISTLER 6215, 1.402 pC/bar Pojačavač: Kistler 5015 Akvizicioni modul: Acquitek CH-3160
--	---	---	---

PROTOKOL ISPITIVANJA PRITISKA I BRZINE

12.7 X 108 mm NC BARUT STANDARDNA GRUPA

R.b.	V [m/s]	Pm [bar]	t1 [ms]	tPm [ms]	At[ms]	t4 [ms]
1	799.33	2854.9	0.5318	1.5798	2.4102	2.9420
2	797.20	2718.1	0.4784	1.5684	2.4338	2.9122
3	792.88	2730.8	0.2863	1.5538	2.6099	2.8962
4	796.92	2776.4	0.5114	1.7138	2.5626	3.0740
5	790.48	2651.9	0.5429	1.6884	2.6115	3.1544
6	790.11	2641.1	0.5350	1.7814	2.5952	3.1302
7	787.90	2616.8	0.5448	1.6180	2.4568	3.0016
8	797.83	2855.8	0.4170	1.6218	2.5728	2.9898
9	802.98	2855.4	0.3888	1.5900	2.5256	2.9144
10	790.08	2580.0	0.5866	1.6720	2.4576	3.0442
11	795.84	2774.8	0.5808	1.7950	2.5426	3.1234
12	794.71	2598.8	0.5646	1.7518	2.5744	3.1390
13	793.65	2604.1	0.3950	1.6076	2.5960	2.9910
14	792.69	2630.6	0.5930	1.6394	2.4234	3.0164
15	787.93	2702.6	0.5302	1.7472	2.5916	3.1218
16	795.92	2633.9	0.5368	1.7160	2.5656	3.1024
17	790.54	2660.3	0.5892	1.7736	2.5574	3.1466
18	791.92	2596.7	0.5738	1.7368	2.5464	3.1202
19	791.21	2709.9	0.5067	1.5534	2.5820	3.0887
20	798.04	2730.4	0.5710	1.7298	2.5587	3.1297
Sr.vred:	793.91	2696.2	0.5132	1.6719	2.5387	3.0519
Max:	802.98	2855.8	0.5930	1.7950	2.6115	3.1544
Min:	787.90	2580.0	0.2863	1.5534	2.4102	2.8962
Rv/Rp:	15.08	275.8	0.3067	0.2416	0.2013	0.2582
Std.Dev:	4.04	90.0	0.0817	0.0813	0.0650	0.0872



odgovorno lice: *[Signature]*





ZAVOD ZA ISPITIVANJE ORUŽJA I MUNICIJE doo
Proof House Kragujevac Ltd.
Kragujevac SRBIJA
ul. Stojana Protića bb

ЗАВОД ЗА ИСПИТИВАЊЕ
ОРУЖЈА И МУНИЦИЈЕ Д.О.О.

Бр. H4-2
31.10. 2020 год.
КРАГУЈЕВАЦ

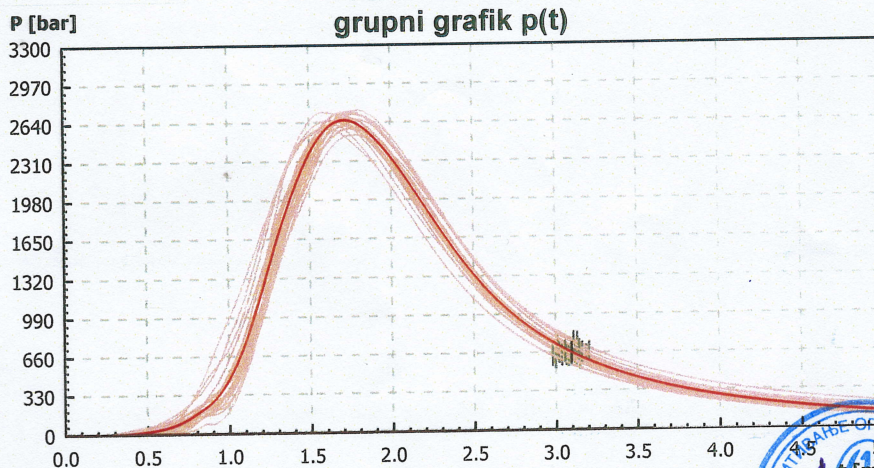
Cev:	Metak:	Merna oprema:
Cev: 12.7x108 ZASTAVA Broj cevi: 254963 T/vlaga: 20 °C, 65%	Kalibar: 12.7 x 108 Projektil tip: Ball Masa: 51.3 g Čaura: 108mm , Mesing Kapisla: Berdan	Pretvarač: P: KISTLER 6215, 1.402 pC/bar Pojačavač: Kistler 5015 Akvizicioni modul: Acquitek CH-3160

PROTOKOL

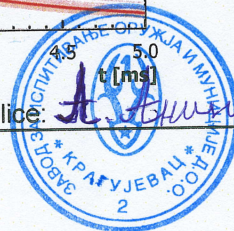
ISPITIVANJA PRITISKA I BRZINE

12.7 X 108 mm NC BARUT KONTROLISANA MASA BARUTNOG PUNJENJA

R.b.	V [m/s]	Pm [bar]	t1 [ms]	tPm [ms]	At[ms]	t4 [ms]
1	797.92	2710.3	0.5718	1.7622	2.4602	3.0320
2	797.03	2594.6	0.5078	1.7642	2.6518	3.1596
3	793.74	2588.7	0.3716	1.6026	2.6276	2.9992
4	799.05	2579.4	0.6180	1.7738	2.5306	3.1486
5	790.26	2721.4	0.5602	1.7462	2.5688	3.1290
6	791.39	2685.2	0.5234	1.6262	2.4912	3.0146
7	795.30	2652.6	0.5936	1.7866	2.5518	3.1454
8	797.48	2650.4	0.4594	1.6780	2.6192	3.0786
9	788.02	2638.3	0.5012	1.7346	2.6146	3.1158
10	792.90	2600.2	0.4924	1.7384	2.6164	3.1088
11	792.97	2744.5	0.5460	1.5962	2.4740	3.0200
12	796.48	2730.4	0.5182	1.6768	2.5460	3.0642
13	793.92	2701.4	0.4134	1.6972	2.6240	3.0374
14	792.28	2709.4	0.6014	1.8008	2.5496	3.1510
15	797.93	2709.6	0.5160	1.7826	2.5936	3.1096
16	797.22	2571.0	0.4334	1.6408	2.5484	2.9818
17	791.99	2631.2	0.5332	1.7256	2.5618	3.0950
18	790.72	2682.7	0.5308	1.7568	2.6116	3.1424
19	793.34	2698.5	0.4976	1.7296	2.5602	3.0578
20	793.74	2650.5	0.4976	1.5987	2.5602	3.0578
Sr.vred:	794.18	2662.5	0.5144	1.7109	2.5681	3.0824
Max:	799.05	2744.5	0.6180	1.8008	2.6518	3.1596
Min:	788.02	2571.0	0.3716	1.5962	2.4602	2.9818
Rv/Rp:	11.03	173.5	0.2464	0.2046	0.1916	0.1778
Std.Dev:	3.01	54.5	0.0620	0.0671	0.0527	0.0558



odgovorno lice: *[Signature]*





ZAVOD ZA ISPITIVANJE ORUŽJA I MUNICIJE doo
Proof House Kragujevac Ltd.
KRAGUJEVAC SRBIJA
ul. Stojana Protića bb

ZAVOD ZA ISPITIVANJE
ORUŽJA I MUNICIJE D.O.O.

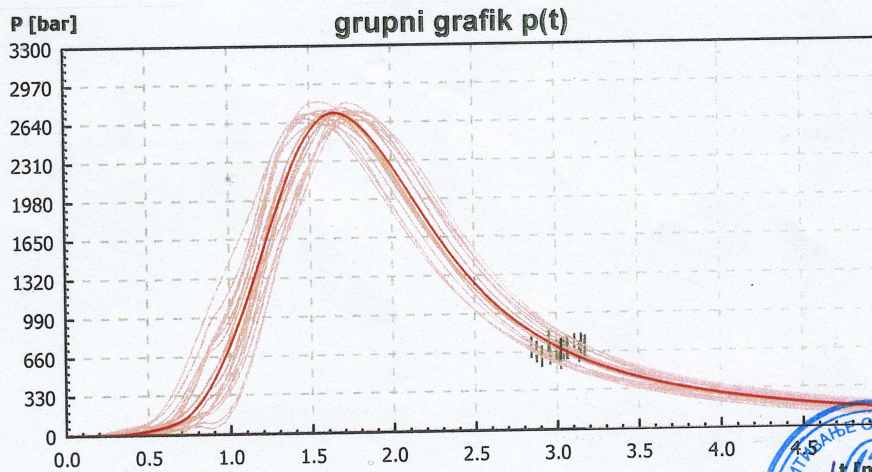
Бр. H4-3
31.10. 20 20 год.
КРАГУЈЕВАЦ

Cev:	Metak:		Merna oprema:
Cev: 12.7x108 ZASTAVA Broj cevi: 254963	Kalibar: 12.7 x 108 Projektil tip: Ball Masa: 51.3 g Čaura: 108mm , Mesing Kapisla: Berdan	M.mesto: 2,5 m Baza: 2 m	Pretvarač: P: KISTLER 6215, 1.402 pC/bar Pojačavač: Kistler 5015 Akvizicioni modul: Acquitek CH-3160
T/vlaga: 20 °C, 65%			

PROTOKOL ISPITIVANJA PRITISKA I BRZINE

12.7 X 108 mm NC BARUT KONTROLISANA MASA BARUTNOG PUNJENJA I PROJEKTILA

R.b.	V [m/s]	Pm [bar]	t1 [ms]	tPm [ms]	At[ms]	t4 [ms]
1	798.23	2792.1	0.3708	1.5524	2.5746	2.9454
2	795.92	2709.3	0.4218	1.5670	2.5378	2.9596
3	799.77	2705.9	0.4128	1.6426	2.6128	3.0256
4	794.06	2722.7	0.4404	1.6506	2.5766	3.0170
5	792.42	2740.5	0.5182	1.5760	2.4326	2.9508
6	794.80	2785.6	0.4258	1.6576	2.6174	3.0432
7	796.23	2702.9	0.3939	1.6108	2.6053	2.9992
8	798.42	2755.3	0.6170	1.6536	2.4906	3.1076
9	800.56	2743.6	0.5628	1.6304	2.5052	3.0680
10	799.40	2678.4	0.3906	1.5604	2.5200	2.9106
11	798.05	2789.2	0.5948	1.6322	2.4190	3.0138
12	798.61	2747.4	0.3168	1.5644	2.5922	2.9090
13	793.05	2665.2	0.4770	1.5614	2.4776	2.9546
14	791.82	2659.4	0.6204	1.7944	2.5290	3.1494
15	796.95	2731.5	0.5595	1.5966	2.5776	3.1371
16	797.48	2712.3	0.5156	1.7302	2.5468	3.0624
17	796.95	2734.1	0.5690	1.7978	2.5442	3.1132
18	798.84	2760.4	0.6084	1.7978	2.4148	3.0232
19	797.16	2729.3	0.6019	1.7738	2.4413	3.0432
20	800.07	2702.7	0.5100	1.6078	2.4432	2.9532
Sr.vred:	796.94	2728.4	0.4964	1.6479	2.5229	3.0193
Max:	800.56	2792.1	0.6204	1.7978	2.6174	3.1494
Min:	791.82	2659.4	0.3168	1.5524	2.4148	2.9090
Rv/Rp:	8.74	132.7	0.3036	0.2454	0.2026	0.2404
Std.Dev:	2.56	37.9	0.0942	0.0853	0.0671	0.0724



odgovorno lice

