

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ  
ІМЕНІ ІВАНА БОБЕРСЬКОГО**

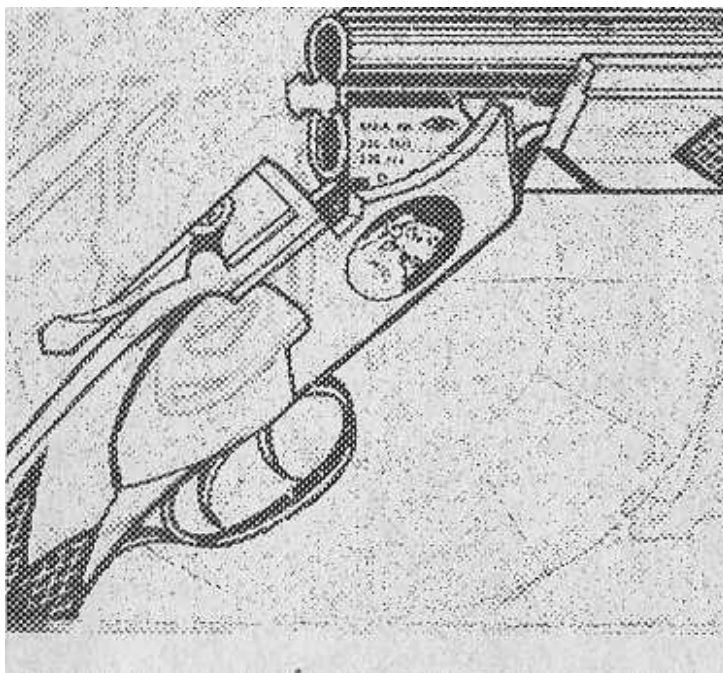
Кафедра стрільби та технічних видів спорту

**Лопатьєв А. О.  
Демічковський А. П.**

**ТЕОРІЯ І МЕТОДИКА ОБРАНОГО  
ВИДУ СПОРТУ**

Стендова стрільба

Лекція. Внутрішня балістика гладкоствольної зброї



Львів 2019

Ухвалено кафедрою стрільби та технічних видів спорту  
Львівського державний університет фізичної культури  
імені Івана Боберського

***Анатолій Олександрович Лопатєв***

доцент кафедри стрільби та технічних видів спорту  
Львівського державного університету фізичної культури  
імені Івана Боберського,  
кандидат фізико-математичних наук,  
майстер спорту, ЗТУ.

***Демічковський Андрій Павлович***

викладач кафедри стрільби та технічних видів спорту  
Львівського державного університету фізичної культури  
імені Івана Боберського,  
майстер спорту України.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Матеріал відповідає підрозділу курсу навчальної програми по теорії і методиці обраного виду спорту зі спеціалізації стендова стрільба [1, 2, 3]. Основні результати для гладко - ствольної зброї не суперечать наведеним в [4, 5, 7, 8], однак структура положень наближена до запропонованої в [6].

Балістика – наука про закони руху снаряду (дробі, кулі, артилерійського снаряду і т.п.). Вона складається з двох самостійних розділів – внутрішньої та зовнішньої балістики. Розрізняють також перехідну балістику, яка вивчає процеси, що проходять в той час, коли снаряд залишає канал ствола. Перехідна балістика пов'язана як з першим так і з другим розділом.

Внутрішня балістика розглядає процеси, які відбуваються в каналі ствола вогнепальної зброї, а зовнішня – всі явища, що супроводжують снаряд при його пересуванні в повітрі.

Розглянемо процес пострілу. Бойок завдає удару по капсулю, капсуль запалюється і надає початок горінню пороху. Під час горіння пороху виникають гази, які через пижі тиснуть на дробовий снаряд, переміщують його каналом, надаючи певну швидкість, і виштовхують з каналу ствола, після чого снаряд переміщується в повітрі.

Основною діючою силою, що викликає тиск в каналі ствола та надає снаряду певну початкову швидкість, є порох. Розглянемо деякі основні відомості по характеристиках пороху.

Порох – це вибухова речовина, яка застосовується у вогнепальній зброї для надання снаряду руху. Порох є джерелом теплової енергії та газоутворення за рахунок підвищення тиску в каналі ствола. Під дією тиску снаряд виштовхується з певного швидкістю.

Різні види пороху дають різний тиск газів. При цьому слід усвідомлювати, що гладкоствольна мисливська зброя призначена для стрільби патронами з експлуатаційним тиском  $663 \text{ кгс/см}^2$  для 12-го калібру, а для спортивних (стендових) рушниць цей показник вищий і досягає  $750\text{-}800 \text{ кгс/см}^2$  [8].

За способом виготовлення та фізико-хімічними властивостями сучасні види пороху можна класифікувати таким чином: механічні суміші (димні види пороху) та колоїдні склади (бездимні піроксилінові та нітрогліцеринові види пороху).

В спортивних цілях використовують бездимні види пороху, серед яких є види пороху на летючому розчиннику – піроксиліні, а також на важко летючому розчиннику – нітрогліцерині. Піроксиліновий порох отримують при обробці піроксиліну (нітроклітчатки) літучим розчинником, наприклад сумішшю спирту з ефіром. Нітрогліцериновий порох отримують як результат перетворення піроксиліну в колоїдну масу шляхом обробки його важколетючим розчинником – нітрогліцерином.

Бездимними піроксиліновими порохами є види пороху таких марок: “Сокіл”, “Сунар” “ВУСД” та ін., представником нітрогліцеринового пороху є “Барс”. За кольором зерна бездимні види пороху бувають жовті, світло-зелені

і навіть темно-бурі. Важливо, щоб поверхня зерен була гладкою. Такі види пороху характеризуються кількістю тепла, яке виділяється при горінні. Так для піроксилінових видів пороху вона складає 800-900 ккал/кг, а для нітрогліцеринових – 1100-1200 ккал/кг, при температурі горіння відповідно 2230-2500° С та 2700-3200° С.

При горінні кілограма піроксилінового пороху утворюється 765 л газу, а нітрогліцеринового – 715 л газу. Бездимні порохи при відсутності тиску зовсім не горять, а при атмосферному тиску на відкритому повітрі можуть горіти, однак з дуже малою швидкістю – порядку 0,2-0,4 м/сек. При стрільбі бездимними види пороху звук пострілу слабший, а віддача рушниці менша, що краще для стрільця та результату, який він може показати. До того ж при пострілі майже не виникає диму та менше забруднюється канал ствола, що сприяє якості бою рушниці. Використання бездимних видів пороху дає можливість при менших за вагою зарядах пороху отримати більші початкові швидкості снарядів, що в свою чергу призводить до менших виносів та більш високих стабільних результатів.

Зупинимося на характеристиках найбільш поширеного пороху "Сокіл". Він складається зі зерен, які мають вигляд пластинок прямокутної форми, желатинізованими та графітованими поверхнями. Довжина ребер в межах 1,28-1,7 мм, середня товщина – 0,13 мм. При добрих балістичних показниках дає сильне полум'я, гучний звук пострілу, великий дульний тиск, останнє обумовлює сильну віддачу, що незадовільно для спортсмена. Початкова швидкість снаряду бажає бути більшою. Позитивною ознакою пороху є невелика точність дозування, порядку 0,05 г, що дає можливість його використання для гладкоствольних рушниць довільних калібрів.

## **ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ ВНУТРІШНЬОЇ БАЛІСТИКИ**

Внутрішня балістика – наука, яка вивчає закономірності явищ і процесів, що відбуваються при пострілі під час згоряння заряду в каналі ствола вогнепальної зброї.

Постріл – складний термодинамічний і газодинамічний процес дуже швидкого, майже миттєвого перетворення хімічної енергії пороху спочатку в теплову, а потім кінетичну енергію порохових газів, які призводять до руху снаряд,ствол і приклад.

До загальних задач внутрішньої балістики як науки відносяться:

- 1) вивчення та аналіз умов і факторів, від яких залежить процес пострілу;
- 2) встановлення загальних та часткових теоретичних і експериментальних закономірностей, які характеризують та супроводжують процес пострілу;
- 3) розробка методів розв'язку задач, які виникають в процесі дослідження пострілу;
- 4) розробка спеціальної апаратури для дослідження явищ і процесів при пострілі.

В явищі пострілу розрізняють такі основні процеси:

- 1) горіння пороху і утворення газів, які мають дуже велику температуру і володіють великим запасом внутрішньої енергії; в цьому процесі швидкість горіння залежить в основному від природи і температури пороху та від тиску газів;
- 2) перетворення теплової енергії порохових газів в кінетичну енергію руху системи: гази заряду-снаряд-ствол-приклад;
- 3) рух газів заряду, снаряда та ствола.

Всі процеси взаємопов'язані і протікають одночасно. Незважаючи на високу інтенсивність протікаючих при пострілі процесів, тим не менш вони закономірні, в певних межах керовані, і при збереженні одних і тих же умов заряджання, стабільні від пострілу до пострілу.

Ці особливості процесу пострілу безпосередньо залежать від властивості бездимних видів пороху горіти закономірно паралельними шарами з порівняно невеликою швидкістю, що дозволяє керувати явищем пострілу, тобто так регулювати притік газів при горінні пороху в каналі ствола в залежності від умов горіння, щоб отримати потрібний закон розвитку тиску і необхідну швидкість снаряду при вильоті його з каналу ствола.

## **ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОСТРІЛУ З ГЛАДКОСТВОЛЬНОЇ ЗБРОЇ**

В явищі пострілу розрізняють такі періоди:

- 1) попередній – від початку горіння заряду до початку руху снаряду;
- 2) перший або основний – горіння пороху і рух снаряда в каналі ствола (до повного згоряння заряду);
- 3) другий – після згоряння заряду до вильоту снаряда з каналу ствола;
- 4) третій – період післядії газів на снаряд після вильоту його з каналу ствола.

В гладкоствольній зброї снаряд рухається в каналі під дією сили тиску порохових газів.

Ствол можна розглядати, як трубку, закриту з одного боку нерухомим затвором, а з другого-рухомим снарядом. Сила тиску на затвор завжди більша за силу тиску на дробовий снаряд. Під дією сили тиску снаряд, рухається з прискоренням і при вильоті з ствола має певну початкову (дульну) швидкість  $u_d$ . Сила, що діє на затвор, надає стволу і з'єднаному з ним прикладу рух. В протилежну сторону діє віддача.

При горінні заряду в каналі ствола тиск  $p$  порохових газів і швидкість  $v$  снаряду змінюються, як функції відстані  $l$  снаряду і часу  $t$  по певним законам, які записують у вигляді  $p=p(l)$ ,  $v=v(l)$  та  $p=p(t)$ ,  $v=v(t)$ .

Розглянемо детальніше основні періоди пострілу.

Явище пострілу протікає таким чином. Під дією ударного механізму спалахує і горить порох при постійному об'ємі, поки тиск газів не досягне

тиску  $p_0$  достатнього для початку пересування снаряда в каналі ствола. Тиск  $p_0$  називається тиском форсування. Дана частина процесу пострілу називається попереднім періодом.

За попереднім періодом слідує перший або основний період пострілу – період горіння пороху в збільшуючому об'ємі каналу ствола. При цьому порохові гази, надаючи снаряду зростаючу швидкість, виконують роботу і охолоджуються.

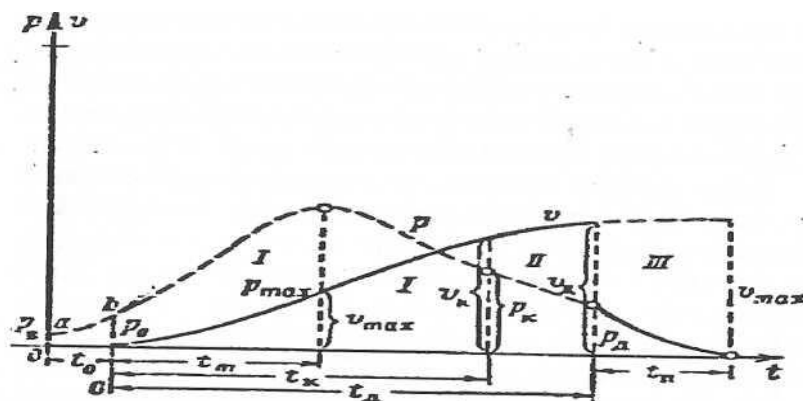


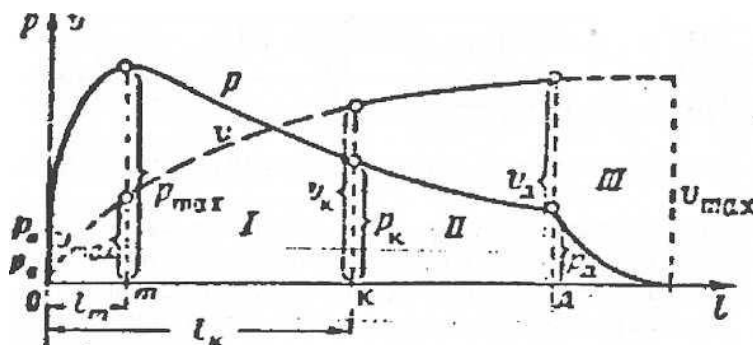
Рис. 1. Криві тиску газів та швидкості снаряду як функції часу.

На початку першого періоду, коли швидкість снаряду ще невелика, об'єм виникаючих газів зростає швидше, ніж об'єм в якому проходить горіння. Як результат, тиск швидко підвищується досягаючи максимуму  $p_{max}$ , снаряд на даний момент проходить шлях  $l_m$ , якому відповідає час  $t_m$  від початку руху. В подальшому, незважаючи на продовження горіння пороху та приток нових газів, тиск починає падати, досягаючи величини  $p_k$ . До моменту повного згоряння пороху. Цьому тиску відповідає шлях снаряду  $l_k$ , час  $t_k$  і швидкість снаряду  $v_k$ . Протягом першого періоду гази роблять більшу частину роботи.

Після згоряння пороху приток газів припиняється, однак так як гази, які знаходяться в каналі ствола, ще мають великий запас енергії, то на ділянці до дульного зрізу вони продовжують збільшувати об'єм і проводити роботу, збільшуючи швидкість заряду. Цей період називається другим періодом пострілу, який є фізичним процесом збільшення об'єму газів, які сильно стисненні і знаходяться при високій температурі. Так як у момент закінчення горіння пороху швидкість снаряду вже велика і далі ще збільшується, то шлях до дульного зрізу снаряд проходить швидко; тому можна нехтувати передачею тепла через стінки ствола і рахувати весь цей період періодом адіабатичного розширення газів. Він закінчується, коли снаряд залишає ствол. В другому періоді пострілу тиск падає від тиску  $p_k$  в кінці горіння до дульного  $p_d$ , а швидкість снаряду зростає відповідно від  $v_k$  до  $v_d$ .

При вильоті снаряду із ствола гази продовжують ще на певній віддалі діяти на снаряд, надаючи йому прискорення. Тому снаряд отримує найбільшу швидкість  $v_{max}$  на деякій віддалі від дульного зрізу, після чого під дією сил опору повітря, швидкість снаряду починає падати.

Період пострілу, протягом якого снаряд набуває швидкості  $u_{max}$  називають третім періодом або періодом післядії газів на снаряд.



**Рис. 2.** Криві тиску газів та швидкості снаряду як функції шляху снаряду.

Якісна картина залежності тиску газів та швидкості снаряду від часу та як функції шляху снаряду наведена на Рис.1 та Рис.2.

### ОСНОВНІ РОЗДІЛИ ВНУТРІШНЬОЇ БАЛІСТИКИ

Внутрішня балістика являє собою спеціальну технічну науку, яка має свій спеціальний профіль.

Внутрішня балістика на сучасному рівні розвитку складається із таких основних розділів, які по суті визначають, як основні напрямки досліджень, так і її задачі.

1. *Піростатика* – вивчення законів горіння пороху і утворення газів при згорянні пороху в постійному об'ємі. В цьому розділі вивчається вплив форми, розмірів, природи пороху, умов зарядження, тиску газів на інтенсивність газоутворення в найпростіших умовах, коли порохові гази не виконують роботи при розширенні. Фізична піродинаміка – вивчення фізичних основ явища пострілу як термодинамічного та газодинамічного процесу; дослідження робіт, які виконуються газами в каналі ствола, втрат тепла і інших явищ, що супроводжують постріл. До цього розділу також відноситься вивчення періоду післядії газів на снаряд та ствол.

2. *Теоретична піродинаміка* – розв'язок основної задачі внутрішньої балістики - встановлення зміни тиску порохових газів і швидкості снаряду як функції шляху снаряду і часу. Залежності, які при цьому отримуються, дозволяють встановлювати основні закономірності пострілу та аналізувати вплив різних умов заряджання і конструктивних характеристик каналу ствола на балістику пострілу.

3. *Балістичне проектування* – одна з найважливіших прикладних задач внутрішньої балістики, яка визначає конструктивні дані каналу ствола і умови заряджання, при яких снаряд даного калібру і ваги отримає при вильоті із каналу ствола задану початкову дульну швидкість  $u_0$ .

При проектуванні ствола розраховують товщину його стінок, вагу ствола, будову затвору, положення центру тяжіння.

## ПРИКЛАДНА ВНУТРІШНЯ БАЛІСТИКА

В момент пострілу при горінні пороху, в залежності від його типу, виникає певна кількість порохових газів з температурою більше  $2000^{\circ}\text{C}$ . При згорянні перших, так званих димних видів пороху виникало близько 40 % порохових газів, останні 60 % - це тверді залишки, тому при пострілі було багато диму. Об'єм порохових газів приблизно в 300 разів більший ніж об'єм пороху.

Сучасні бездимні види пороху, одним з перших з яких був “Сокіл”, горять повільніше, однак кількість газів, як продукту процесу горіння, в 900 разів більше за об'єм пороху. Від моменту спалахування пороху до початку пересування дробового заряду проходить певний час, протягом якого збільшується тиск порохових газів і досягається певне його значення, яке називається тиском форсування. Він тим вищий, чим більш щільно знаходиться дробовий заряд в гільзі. Останнє також сприяє більш повному згорянню пороху. Гази тиснуть в усі сторони з приблизно однаковою силою і виходять там, де опір найменший. Вони не можуть прорватися назад, цьому протидіє замок рушниці, який приймає на себе тиск газів. Дія тиску газів по продовженню осі каналу ствола назад, намагається пересунути рушницю назад в цілому, так виникає віддача. Враховуючи, що рушниця має значно більшу масу ніж пижі і дріб, то швидкості руху вони отримують різні, а саме – обернено - пропорційно масі.

В камері згорання в короткий проміжок часу виникає дуже високий тиск, в середньому  $400-600\text{ кгс/см}^2$  (в нарізній зброї  $3000-4000\text{ кгс/см}^2$ ) при максимально допустимому тиску  $700-800\text{ кгс/см}^2$ .

Стінки патронника і каналу ствола витримують цей тиск і в межах пружних деформацій збільшують свій діаметр в середньому до 0,2 мм. Слабким місцем залишаються пижі, дробовий заряд, який певним чином зафіксований системою заділки (завальцовка або “зірочка”). Саме тому пижі з дробовим зарядом під дією порохових газів починають рухатися з наростаючою швидкістю.

Під дією сили порохових газів в дробовому заряді починають виникати сили розклинювання, через дію яких починають деформуватися окремі дробини, особливо периферійні, які контактують з каналом ствола. На канал ствола діє додатковий тиск. При цьому, чим більша за діаметром дріб, тим більша сила розклинювання і тиск на канал ствола. Тому один і той же заряд пороху для більшої дробі надає їй меншу швидкість. Зменшує початкову швидкість заряду і дульне звуження, яке гальмує заряд в цілому і особливо периферійні дробини. Це одна з причин того, що дробовий заряд при проходженні через дульне звуження набуває витягнутої форми.

Чим дрібніший порох, тим більший тиск він утворює в каналі ствола, однак це не завжди призводить до збільшення початкової швидкості руху заряду. Краще, коли порох утворює менший початковий тиск, однак його середній тиск по каналу ствола вище. Більша сила, діюча на значній віддалі, надасть заряду більшого прискорення і, як результат, більшу початкову



швидкість.

Має значення і сила з якою досилається пиж до пороху. Збільшуючи силу, можна примусити велико - зернистий порох горіти швидше і утворити підвищений тиск в каналі ствола, а зі зменшенням сили можна знизити тиск в каналі ствола при горінні дрібнозернистого пороху.

При просуванні снаряду каналом ствола збільшується об'єм заснарядного простору, і, хоча горіння пороху продовжується, тиск в каналі ствола швидко падає і в дульній частині дробових рушниць складає 450-500 кгс/см<sup>2</sup>, в нарізній зброї до 1000 кгс/см<sup>2</sup>.

Для доброго бою рушниці важливо, щоб канал стволу був суворо циліндричної або конічної форми, і, головне, щоб стінки ствольної трубки були правильно профільовані, а від патронника до дульного зрізу мали товщину, яка відповідає тим тискам, що утворюються в даному місці. У такого ствола збільшення діаметру буде проходити на одну і ту ж величину на всьому протязі. Шріт не буде перебудовуватися, зменшиться також ймовірність прориву газу між пижами і стінками каналу ствола. Така рушниця буде мати хороший та стабільний бій.

Хвиляста обробка зовнішніх стінок ствольної трубки не може забезпечити доброго бою навіть при ідеальній обробці внутрішньої поверхні. Це зумовлено тим, що під дією однакової сили, деформації ствола в різних місцях будуть різні, і дробовий заряд весь час буде перебудовуватися, буде також прорив порохових газів.

Зі збільшенням довжини ствола, збільшується і початкова швидкість заряду. Чим довше певна сила діє на заряд, тим більше прискорення він отримає. Так зі збільшенням довжини ствола на кожні 100 мм, початкова швидкість збільшується в середньому на 7-8 м/сек. Однак рушниця з довгими стволами стає погано керованою, збільшується вага, зміщується центр тяжіння. Простіше на декілька сотих грама збільшити заряд пороху.

Існують цікаві дані, які вказують на зміну початкової швидкості дробі від різноманітних факторів.

#### **Можливі відхилення початкової швидкості, м/сек:**

- |  |          |
|--|----------|
| 1. різниця $\pm 50$ мм в довжині ствола  | $\pm 4$  |
| 2. різниця $\pm 0,15$ мм в середньому діаметрі патронника або гільзи               | $\pm 12$ |
| 3. різниця $\pm 7$ мм в довжині перехідного конуса від патронника до каналу ствола | $\pm 5$  |
| 4. різниця в 0,2 мм в діаметрі каналу ствола                                       | $\pm 5$  |
| 5. при різних сортах капсулів  | $\pm 10$ |
| 6. різниця у формі дна гільзи (плоске або конічне)                                 | $\pm 8$  |
| 7. при різних партіях виготовлення одного і того ж сорту пороху                    | $\pm 5$  |
| 8. при різних об'ємах порохової камери гільзи                                      | $\pm 5$  |
| 9. при різній пружності ПИЖІВ  | $\pm 10$ |
| 10. різниця в 0,5 мм в діаметрі дробі  | $\pm 3$  |
| 11. при дробі різної твердості   | $\pm 4$  |
| 12. різниця в 10° С в температурі  | $\pm 7$  |

13. різниця в 0,05 г у масі бездимного пороху	±6
14. різниця в 0,5 г у масі заряду дробі	±2

Під час пострілу від різкого підвищення тиску в каналі ствола виникає ніби удар по його стінках, який викликає розповсюдження звукової хвилі. Ствол знаходиться під дією вібрації і вісь каналу ствола в момент вильоту снаряда може опинитися вище або нижче, ніж вона була до пострілу, тобто між осями до пострілу, і вже коли заряд покидає дульний зріз, утворюється певний кут, який називається кутом вильоту заряду. Якщо на кінцях ствола зосереджена велика маса, то кут вильоту буде від'ємний, навпаки - додатнім. Поза тим кут вильоту залежить також від того, як рушниця зафіксована в плечі. Якщо приклад впирається п'яткою, то рушниця буде низити, якщо носком - висити.

При вильоті дробового заряду, останній виштовхує з каналу ствола повітря і стискає його. Це повітря з домішками порохових газів викликає виникнення ударної хвилі. Все це є причиною звукового ефекту та віддачі, виникає також полум'я.

Балістичні дослідження рушниць показують, що максимальну швидкість заряд отримує на деякій відстані від дульного зрізу, адже порохові гази діють на заряд ще на деякій відстані в повітрі і дають приріст початкової швидкості в межах 2,5 %. Для куль це додатній фактор, для дробового заряду це вважається від'ємним фактором, який розкидає дріб в різні сторони. Для боротьби з цим використовують різноманітні стаканчики та компенсатори, завданням яких є звести до мінімуму вплив порохових газів на заряд в повітрі, попередити деформацію периферійних дробинок, підвищити початкову швидкість, зберегти снаряд від проникнення в нього порохових газів.

## ВИСНОВКИ

1. Знання основних положень внутрішньої балістики необхідно для усвідомлення того факту, що при проходженні дробового снаряду каналом ствола:

- а) в каналі ствола виникає тиск, який змінюється за певним законом;
- б) швидкість дробового снаряду збільшується від нуля до значення  $v_0$ .

2. Тиск в каналі ствола досягає максимуму в певній точці. Величина цього максимуму залежить:

- а) від марки пороху, точніше від закону його горіння;
- б) від сил розклинювання (дія дробинок, особливо периферійних) на канал ствола.

3. Тиск в каналі ствола не повинен перевищувати певної величини, щоб не викликати розрив ствола.

4. Бажано, щоб дульний тиск був як найменшим, що зменшує віддачу.

5. Швидкість дробового снаряду зростає від нульової до дульної, і в результаті післядії газів ще незначно підвищується до так званої початкової швидкості снаряду.

6. Початкова швидкість дробового снаряду бажана як найбільша, однак при якнайменшому дульному тиску.

7. З точки зору практики, канал ствола повинен бути максимально чистим, а також без будь-яких механічних дефектів.

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

Балістика, внутрішня балістика, зовнішня балістика, перехідна балістика. Внутрішня балістика як наука. Загальні задачі внутрішньої балістики. Постріл. Основні процеси в явищі пострілу. Періоди пострілу.

Тиск порохових газів та швидкість снаряду як функції часу та шляху снаряду. Тиск форсування. Максимальний та допустимий тиск в каналі ствола. Дульний тиск. Дульна та початкова швидкість.

Основні розділи внутрішньої балістики. Піростатика. Фізична піродинаміка. Теоретична піродинаміка. Балістичне проектування.

Виникнення основної діючої сили в каналі ствола. Порох. Класифікація видів пороху. та їх отримання. Піроксилінові та нітрогліцеринові види пороху. Температури горіння Об'єм порохових газів. Виникнення віддачі. Сили розклинювання. Вплив забруднення ствола на процес пострілу. Вплив дефектів на зовнішніх стінках ствольної трубки на бой рушниці. Можливі відхилення початкової швидкості снаряда від різних факторів. Загальні характеристики пороху "Сокіл".

### **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Пятков В.Т. Теорія і методика стрілецького спорту.- Львів: Євросвіт, 1999,- 324 с.
2. Пятков В.Т., Лопатьєв А.О. Теоретико-методичні основи стрілецького спорту.- Львів, 1.995.- 30 с.
3. Пятков В.Т., Рябінін Є.Д., Лопатьєв А.О. Теорія та методика стендової стрільби. Навчальна програма дл інститутів фізичної культури.- Львів, 1996.- 20 с.
4. Штейнгольд Э.В. Все об охотничьем руже.- Москва: Лесная промышленность, 1978,- 224 с.
5. Блюм М.М., Шишкин И.Б. Охотничье руже.- Москва: Экология. 1994,- 288 с.
6. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет.- Москва: Оборонгиз.
7. Толстопят А.И. Охотничьи ружья и боеприпасы к ним.- Москва: Физкультура и спорт, 1954.- 260 с.
8. Трофимов В.Н. Охотничьи боеприпасы и снаряжение патронов к охотничьим ружьям. - Минск: ООО "СЛК", 1996. - 320 с.

### **ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА**

1. Лопатьєв А.О., Дзюбачик Н.И., Виноградский Б.А. О возможных подходах при моделировании сложных систем в стрелковых видах спорта // Наука в олимпийском спорте. –2004. –№ 2. –С.102-107.

2. Лопатьев А.О., Пятков В.Т. Внутрішня балістика гладкоствольної зброї // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. Наук. пр. під ред. Єрмолова С.С. – Харків : ХІІІ., 2001. - № 6. – С. 22-27.

3. Лопатьев А.О., Пятков В.Т., Чапля Е.Я. Макроскопічне моделювання основних елементів системи у стрілецьких видах спорту // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. Наук. пр. під ред. Єрмолова С.С. – Харків : ХХІІІ., 2001. - № 29. – С. 8-14.

### СПИСОК ПОЗНАЧЕНЬ

$t$  - час;

$l$  - віддаль, шлях;

$p$  - тиск;

$v$  - швидкість;

$v_0$  - початкова (дульна) швидкість снаряду;

$p_0$  - тиск, достатній для пересування снаряда в каналі ствола (тиск форсування);

$p_0$  - тиск при вильоті снаряду із каналу ствола;

$p_{max}$  ~ максимальний тиск в каналі ствола;

$t_m$  - час від початку руху, коли тиск  $p$  досягає значення  $p_{max}$

$l_m$  - віддаль, яку проходить снаряд при досяганні тиску  $p$  значення  $p_{max}$ ;

$p_k$  - тиск, який досягається на момент повного згоряння пороху;

$t_k, l_k, v_k$  - час, віддаль, швидкість на момент, коли  $p=p_k$

### ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

1. Теоретична внутрішня балістика.
2. Прикладна внутрішня балістика.
3. Перехідна балістика та її зв'язок з внутрішньою балістикою.
4. Порох - основна діюча сила у внутрішній балістиці.

## ЗМІСТ

Загальні положення	3
Предмет і задачі внутрішньої балістики	4
Основні особливості пострілу з гладко ствольної зброї	5
Основні розділи внутрішньої балістики	7
Прикладна внутрішня балістика	8
Висновки	10
Контрольні питання	11
Рекомендована література	11
Список позначень	12
Тематика контрольних робіт	12