

А. Й. Дерев'янчук

**ОСНОВИ БУДОВИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ
ГАРМАТ ТА БОЄПРИПАСІВ**

Підручник

Затверджено Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

Суми
Сумський державний університет
2011

УДК 623.421.2
ББК 68.514.1я73
Д 36

Рецензенти:

Ю. М. Бусяк – доктор технічних наук, старший науковий співробітник (Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О. О. Морозова);

А. В. Гурнович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник (Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗСУ);

О. М. Дробан – кандидат військових наук, доцент (Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного)

*Затверджено Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України як підручник для слухачів, курсантів та
студентів вищих навчальних закладів
(лист № 1/11- 8144 від 29.08.2011 р.)*

Дерев'яничук А. Й.

Д 36 Основи будови артилерійських гармат та боеприпасів :
підручник / А. Й. Дерев'яничук. – Суми : Сумський
державний університет, 2011. – 716 с.
ISBN 978-966-657-390-5

У підручнику розглянуто будову артилерійських гармат 2С3М, Д-30, МТ-12 та боеприпасів до них.

Систематизовано відомості про сучасні артилерійські гармати та боеприпаси, подається склад артилерійського комплексу та його елементи, розглянуті типові схеми будови артилерійських гармат.

Окремі розділи підручника присвячені будові боеприпасів, а саме: снарядів, підвників, бойових зарядів та їх експлуатації.

Крім того, у підручнику розглядається конструкція складових механізмів, агрегатів самохідної та причіпної гармат і протитанкової гармати та надаються основні положення з підготовки стрільби.

Підручник може бути використаний як викладачами, слухачами і студентами ВНЗ, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, так і командирами артилерійських підрозділів.

УДК 623.421.2
ББК 68.514.1я73

© Дерев'яничук А. Й., 2011
ISBN 978-966-657-390-5 © Сумський державний університет, 2011

	С.
Вступ.....	15
Розділ 1. Поняття про артилерійський комплекс.....	17
1.1 Поняття про артилерійський комплекс та його елементи.....	17
1.2 Призначення і характеристики гармат	21
1.3 Загальна будова гармати. Типові схеми будови артилерійських гармат.....	25
1.4 Класифікація гармат і вимоги до них	36
1.5 Історія розвитку артилерії.....	41
1.6 Питання для повторення.....	46
Розділ 2. Прикладна хімія.....	47
2.1 Вибухові речовини.....	47
2.1.1 Фізико-хімічні основи вибухових перетворень.....	47
2.1.2 Загальні відомості про вибухові речовини.....	49
2.1.2.1 Класифікація вибухових речовин та вимоги до них.....	49
2.1.3 Вибухово-енергетичні характеристики вибухових речовин.....	51
2.1.3.1 Кисневий баланс.....	52
2.1.3.2 Об'єм газоподібних продуктів.....	54
2.1.3.3 Теплота вибухового перетворення.....	54
2.1.3.4 Температура вибуху.....	55
2.1.3.5 Швидкість детонації.....	55
2.1.3.6 Працездатність вибуху.....	56
2.1.3.7 Руйнівальна дія вибухів, ударна хвиля, фугасність, бризантність.....	56
2.1.4 Чутливість вибухових речовин.....	63
2.1.4.1 Тепловий імпульс.....	63
2.1.4.2 Механічний імпульс.....	64

	С.	
2.1.4.3	Чутливість бризантних вибухових речовин до удару.....	64
2.1.4.4	Чутливість ініціювальних вибухових речовин до удару.....	65
2.1.4.5	Чутливість вибухових речовин до на- колу.....	65
2.1.4.6	Чутливість вибухових речовин до те- ртя.....	65
2.1.4.7	Чутливість вибухових речовин до струшування.....	66
2.1.4.8	Чутливість вибухових речовин до де- тонації.....	67
2.1.5	Фізична та хімічна стійкість вибухо- вих речовин.....	68
2.1.6	Ініціювальні вибухові речови- ни.....	69
2.1.6.1	Застосування ініціювальних вибухо- вих речовин.....	72
2.1.7	Бризантні вибухові речовини.....	75
2.2	Порохи та тверде ракетне паливо.....	81
2.2.1	Класифікація порохів.....	81
2.2.2	Фізико-хімічні властивості нітроце- люлозних порохів.....	87
2.2.3	Горіння твердого ракетного палива....	93
2.2.4	Маркування піроксилінових порохів..	96
2.2.5	Маркування балістичних порохів.....	99
2.2.6	Позначення форм порохових елемен- тів.....	100
2.3	Піротехнічні склади.....	101
2.3.1	Загальні відомості про піротехнічні склади.....	101
2.3.1.1	Освітлювальні піротехнічні склади....	104
2.3.1.2	Сигнальні піротехнічні склади.....	105
2.3.1.3	Трасуючі піротехнічні склади.....	106

	С.
2.3.1.4	Займисті піротехнічні склади..... 107
2.3.1.5	Запалювальні піротехнічні склади..... 108
2.3.1.6	Димові маскувальні піротехнічні склади..... 113
2.4	Питання для повторення..... 116
Розділ 3. Основи будови боєприпасів.....	117
3.1	Артилерійські постріли і снаряди..... 117
3.1.1	Призначення, склад і типи артилерійських пострілів..... 117
3.1.2	Комплектація артилерійських комплексів пострілами..... 121
3.1.3	Призначення і типи артилерійських снарядів. Вимоги до їх конструкції.... 122
3.1.4	Принцип будови артилерійських снарядів та їх конструктивні характеристики..... 128
3.1.5	Артилерійські снаряди основного призначення..... 137
3.1.5.1	Призначення, будова, дія осколкових, фугасних та осколково-фугасних снарядів..... 137
3.1.5.2	Будова і принцип дії снарядів із стрілоподібними уражаючими елементами..... 148
3.1.5.3	Призначення, будова та дія бронебійних снарядів..... 149
3.1.5.4	Призначення, будова і дія кумулятивних снарядів..... 158
3.1.6	Артилерійські снаряди спеціального призначення..... 165
3.1.6.1	Призначення, будова із дія запалювальних, димових, освітлювальних та агітаційних снарядів..... 165
3.1.7	Призначення, принцип будови та дії 174

	активно-реактивних снарядів.....	
3.1.8	Принцип будови та дії високоточних боєприпасів.....	175
3.2	Підrivники.....	179
3.2.1	Призначення та принципові схеми підrivників.....	179
3.2.2	Склад і призначення елементів вогневого кола підrivників.....	183
3.2.3	Типи сучасних підrivників, вимоги до їх конструкції.....	184
3.2.4	Сили, які діють на підrivник при пострілі, в польоті та при ударі об перешкоду. Характеристика сил.....	187
3.2.5	Призначення, принцип будови та дії основних механізмів та пристроїв підrivників.....	192
3.2.6	Ударні механізми.....	192
3.2.7	Дистанційні пристрої.....	202
3.2.8	Механізми далекого зведення.....	207
3.2.9	Пристрої для ізоляції капсулів.....	208
3.2.10	Детонуючі пристрої.....	212
3.2.11	Ударні механічні та дистанційно-ударні піротехнічні підrivники.....	212
3.2.11.1	Призначення, будова та дія ударних механічних підrivників РГМ-2, РГМ-6, В-429.....	212
3.2.11.2	Призначення, будова та дія п'єзоелектричного підrivника ГПВ-3.....	219
3.2.11.3	Призначення, будова та дія дистанційно-ударного піротехнічного підrivника Т-7.....	225
3.2.12	Призначення, принципова схема та принцип дії радіопідrivників.....	228
3.3	Бойові заряди.....	229

	С.
3.3.1	Призначення і типи бойових зарядів, вимоги до них..... 229
3.3.2	Принцип будови і дії бойових зарядів 232
3.3.3	Призначення, будова і дія гільз..... 242
3.3.4	Призначення, типи засобів запалювання, вимоги до їх конструкції..... 247
3.3.5	Принцип будови і дії капсульних втулок..... 248
3.4	Експлуатація боєприпасів..... 250
3.4.1	Фарбування, індексація і маркування боєприпасів, таврування підричників 250
3.4.2	Поводження з боєприпасами при зберіганні, приведення їх в остаточно споряджений стан. Заходи безпеки... 261
3.4.3	Поводження з боєприпасами при транспортуванні. Заходи безпеки..... 269
3.4.4	Поводження з боєприпасами на вогневій позиції та підготовка їх до стрільби. Заходи безпеки..... 271
3.4.5	Особливості поведження з боєприпасами в різних кліматичних умовах..... 277
3.5	Питання для повторення..... 280
Розділ 4. Основи будови гармат..... 282	
4.1	Ствольно-затворна група..... 282
4.1.1	Призначення типового ствола і його елементів. Вимоги до конструкції ствола..... 282
4.1.2	Типи стволів..... 285
4.1.3	Будова типового ствола і елементів його конструкції..... 296
4.1.4	Призначення, типи дульних гальм. Їх будова і дія..... 307
4.1.5	Призначення, принцип будови і дії 313

	пристроїв продування ствола.....	
4.1.6	Призначення і типи казенників, вимоги до них.....	317
4.1.7	Затвори.....	321
4.1.7.1	Призначення і типи затворів, вимоги до них.....	321
4.1.7.2	Механізми та пристрої затвора.....	326
4.1.7.3	Призначення, принцип будови та дії замикаючого механізму.....	326
4.1.7.4	Призначення, принцип будови та дії стріляючого пристрою.....	336
4.1.7.5	Призначення, принцип будови та дії екстрактора.....	341
4.1.7.6	Призначення, принци будови та дії автоматики затвора.....	347
4.1.7.7	Запобіжні і допоміжні пристрої затвора.....	354
4.2	Противідкотні пристрої.....	356
4.2.1	Призначення та розміщення противідкотних пристроїв.Вимоги до них....	356
4.2.2	Призначення, принцип дії та типи гальм відкотних частин.....	359
4.2.3	Принцип будови і дії, характеристика і застосування основних типів гальм відкотних частин.....	366
4.2.4	Тепловий режим гальма відкотних частин і заходи щодо його забезпечення.....	374
4.2.5	Призначення і типи компенсаторів гальм відкотних частин, принцип їх будови та дії.....	376
4.2.6	Призначення і типи накатників. Вимоги до них.....	380
4.2.7	Принцип будови і дія пружинних на-	382

	катників, їх характеристики та застосування.....	
4.2.8	Принцип будови та дії пневматичних накатників, їх характеристики та застосування.....	386
4.2.9	Призначення, типи, принцип будови і дії ущільнень протівідкотних пристроїв та вимоги до них.....	393
4.3	Лафети артилерійських гармат.....	405
4.3.1	Призначення і типи лафетів, вимоги до них як до бойових станків гармат. Будова лафета.....	405
4.3.2	Люлька.....	408
4.3.3	Верхній станок гармати.....	410
4.3.4	Нижній станок гармати.....	414
4.3.5	Врівноважувальні механізми.....	419
4.3.5.1	Призначення, типи врівноважувальних механізмів та вимоги до їх конструкції.....	419
4.3.5.2	Принцип будови та дії пружних гарматних врівноважувальних механізмів.....	427
4.3.5.3	Принцип будови та дії пневматичних і пневмопружних врівноважувальних механізмів.....	431
4.3.5.4	Контроль параметрів врівноважувальних механізмів при підготовці гармати до бойового застосування.....	436
4.3.6	Вимоги до лафета як до засобу транспортування. Типи ходових частин.....	438
4.3.7	Призначення та склад механізмів і пристроїв ходової частини гармати...	442
4.3.7.1	Рушій та підвіска.....	442

4.3.7.2	Механізм виключення підресорювання.....	444
4.3.7.3	Принцип будови і дії механізмів підресорювання.....	446
4.3.7.4	Принцип будови і дії механізму самоустановки нижнього станка.....	451
4.3.8	Приводи наведення артилерійських гармат.....	454
4.3.8.1	Призначення приводів наведення артилерійських гармат і вимоги до них..	454
4.3.8.2	Склад механізмів наведення, їх типи..	461
4.3.8.3	Принцип будови і дії основних типів механізмів наведення.....	470
4.3.8.3.1	Підйомний механізм.....	470
4.3.8.3.2	Поворотний механізм.....	473
4.3.8.4	Контроль основних параметрів механізмів наведення перед бойовим застосуванням.....	477
4.4	Прилади наведення артилерійських гармат.....	479
4.4.1	Призначення приладів наведення і вимоги до них.....	479
4.4.2	Типи приладів прицілювання гармати.....	483
4.4.3	Оптичні візирі.....	486
4.4.3.1	Призначення, будова і принцип дії оптичного телескопічного візира.....	486
4.4.3.2	Призначення, будова і принцип дії оптичного панорамного візира.....	493
4.4.4	Призначення, принцип будови і дія оптичного телескопічного прицілу. Шкали і користування ними.....	499
4.4.5	Панорамні приціли.....	507
4.4.5.1	Призначення, ТТХ та склад панорам-	507

	ного прицілу.....	
4.4.5.2	Призначення, принцип будови та дії артилерійської панорами ПГ-1М.....	509
4.4.5.3	Призначення, принцип будови та дії панорамного прицілу С-71.....	515
4.4.5.3.1	Призначення, характеристика та склад прицілу С-71.....	515
4.4.5.3.2	Прицілювання по прицілу С-71.....	517
4.4.5.4	Призначення, принцип будови та дія панорамного прицілу ПГ-4.....	518
4.4.5.4.1	Призначення, характеристика та склад прицілу ПГ-4.....	518
4.4.5.4.2	Призначення, будова та дія механічного прицілу.....	519
4.4.5.4.3	Призначення, будова та дія панорамного візира.....	528
4.4.5.4.4	Призначення, будова та дія прицілу ОП5-38.....	532
4.4.5.4.5	Прицілювання по механічному прицілу ПГ-4.....	534
4.4.5.5	Підготовка прицілів до роботи.....	535
4.4.5.6	Користування прицілами.....	536
4.4.6	Урахування впливу нахилу осі цапф люльки ствола на точність стрільби...	537
4.4.7	Прилади нічного спостереження.....	543
4.4.7.1	Призначення і типи приладів нічного спостереження (ПНС).....	543
4.4.7.2	Призначення, принцип будови і дії нічних прицілів.....	549
4.4.7.3	Призначення, загальна будова і принцип дії нічного прицілу АПН6-40.....	553
4.5	Питання для повторення.....	556
Розділ 5.	Елементи газової динаміки.....	558
5.1	Основні рівняння газової динаміки....	558

	С.
5.1.1	Початкові поняття і означення..... 558
5.1.2	Рівняння витрат і енергії рухомого газу. Рівняння руху..... 559
5.2	Характеристика газового потоку..... 564
5.2.1	Швидкість звуку в газі. Види газових потоків..... 564
5.2.2	Критичні параметри газу..... 566
5.3	Тяга ракетного двигуна..... 569
5.3.1	Надзвукове сопло (сопло Лаваля) та його режими роботи..... 569
5.3.2	Реактивна тяга і тяга ракетного двигуна. Питома тяга..... 573
5.4	Питання для повторення..... 576
Розділ 6. Основи внутрішньої балістики..... 577	
6.1	Основні поняття і означення внутрішньої балістики..... 577
6.1.1	Предмет і задачі внутрішньої балістики..... 577
6.1.2	Порохи та їх характеристики..... 579
6.1.3	Густина заряджання та приведена довжина зарядної камори..... 582
6.2	Піростатика..... 584
6.2.1	Основні закономірності горіння пороху..... 584
6.2.2	Загальна формула піростатики та її аналіз..... 587
6.2.3	Швидкість газоутворення..... 590
6.3	Піродинаміка..... 596
6.3.1	Періоди явища пострілу..... 596
6.3.2	Рівняння балансу енергії при пострілі та його аналіз..... 601
6.3.3	Основні енергетичні характеристики пострілу..... 607
6.3.4	Основне рівняння піродинаміки та

	С.
	його фізичний смисл.....
6.3.5	Залежність між тисками газів на дно снаряда і на дно каналу ствола..... 614
6.4	Пряма основна задача внутрішньої балістики та її розв'язування..... 615
6.4.1	Система рівнянь внутрішньої баліс- тики..... 615
6.4.2	Табличний метод розв'язування пря- мої та оберненої задач внутрішньої балістики..... 618
6.5	Питання для повторення..... 626
Розділ 7. Теоретичні основи конструкції гар- мат..... 627	
7.1	Стволи та затвори гармат: елементи теорії..... 627
7.1.1	Характеристика сил, що діють на ствол під час пострілу..... 627
7.1.2	Напруги і деформації в стінках ство- ла. Границя пружного опору..... 637
7.1.3	Тепловий режим ствола..... 642
7.1.4	Затвори: вимоги до конструкції та умови самогальмування замикаючого механізму..... 645
7.1.5	Затвори: обтюрація порохових газів... 648
7.1.6	Затвори: вимоги до конструкції удар- ного механізму та його розрахунок... 650
7.2	Дія пострілу на лафет гармати: від- кот..... 655
7.2.1	Умови стійкості та нерухомості гар- мати з пружним лафетом під час по- стрілу..... 655
7.2.2	Особливості стійкості та нерухомості САУ..... 667
7.3	Вільний відкот..... 669

	С.
7.3.1	Періоди вільного відкоту..... 669
7.3.2	Шлях та швидкість вільного відкоту... 671
7.4	Загальмований відкот..... 678
7.4.1	Періоди загальмованого відкоту..... 678
7.4.2	Вплив дульного гальма на параметри вільного відкоту..... 680
7.4.3	Закон зміни сили опору відкоту..... 685
7.4.4	Швидкість та шлях загальмованого відкоту..... 698
7.5	Накат..... 696
7.5.1	Явище накату та його динаміка..... 696
7.5.2	Умови стійкості та нерухомості гармати з пружним лафетом при накаті... 700
7.5.3	П'ятиперіодна схема накату та її аналіз..... 705
7.6	Питання для повторення..... 710
	Додаток А. Список скорочень..... 711
Список літератури.....	714

Вступ

Однією з характерних ознак останніх десятиріч минулого століття стали створення нових зразків озброєння і військової техніки, модернізація існуючих для потреб збройних сил. Кожен прийнятий на озброєння новий зразок відрізнявся від попередніх підвищеними тактико-технічними характеристиками. Їх удосконалення, у свою чергу, привело до ускладнення їх будови і експлуатації.

Із зазначеного випливає нагальна необхідність підготовки фахівців на рівні, який забезпечує грамотне освоєння нових зразків озброєння та їх експлуатацію.

Відповідно до цього одним із стратегічних напрямів реформування системи військової освіти в Україні є постійне удосконалення форм і методів навчання і виховання, широке впровадження у навчальний процес ефективних методичних прийомів, що активізують пізнавальну, навчальну роботу студентів військових факультетів і кафедр, військових інститутів, запровадження інформаційних технологій з метою індивідуалізації навчання і об'єктивної оцінки студентів і курсантів.

Важливим напрямом діяльності в поліпшенні рівня навчальної роботи є забезпечення навчального процесу літературою, яка б відповідала сучасним вимогам. Особливу важливість ця проблема має в галузях, де на сьогоднішній день у нашій державі немає жодного власного видання.

Цей підручник охоплює широке коло питань, починаючи від історії розвитку артилерії, поняття про артилерійський комплекс і відомостей про вибухові речовини до сутності внутрішньої балістики і теоретичних основ конструкції гармат.

Підручник складається із семи розділів.

Перший розділ присвячений тлумаченню такого поняття, як артилерійський комплекс, надається його структурно-функціональна схема. У ньому коротко подано істо-

рію розвитку артилерії і розкривається загальна будова гармат, наведені типові схеми їх будови.

Розділ другий надає основні відомості про вибухові речовини, порохи і піротехнічні склади. Тут розкриваються їх фізико-хімічні властивості, характеристики тощо.

Розділ третій розкриває основи будови боєприпасів. У ньому розкривається призначення, будова та принцип дії снарядів різного призначення, бойових зарядів, підричників і засобів запалення. Окремим параграфом виділена експлуатація боєприпасів.

Розділ четвертий присвячений основам будови артилерійських гармат. Він містить навчальний матеріал щодо різних типів стволів, затворів, противідкотних пристроїв і механізмів лафета.

Розділи п'ятий і шостий розкривають основні теоретичні положення з газової динаміки і внутрішньої балістики.

У сьомому розділі висвітлені основні теоретичні положення конструкції гармат, розглядається дія пострілу на лафет гармати, надається тлумачення поняття про вільний і загальмований відкот.

Підручник розроблено відповідно до змісту навчальної програми «Артилерійське озброєння».

Даний підручник призначений для слухачів, студентів ВНЗ, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, з метою фундаментального вивчення питань з будови артилерійських гармат і боєприпасів до них. Він може бути корисним командирам артилерійських підрозділів, курсантам ВВНЗ, а також викладачам під час підготовки до занять.

Необхідно зазначити, що розкриті в підручнику положення і рекомендації потребують подальшого розвитку й уточнення, тому автор розраховує отримати від читачів пропозиції щодо удосконалення підручника.

Розділ 1. Поняття про артилерійський комплекс

1.1. Поняття про артилерійський комплекс та його елементи

Вважають, що слово “*артилерія*” виникло від французького слова “*artiller*”, що означає озброювати, забезпечувати зброєю, або ж від італійських слів “*arte de tirore*”, що означає мистецтво стріляти. На сучасному етапі розвитку засобів збройної боротьби ведення бойових дій неможливо без застосування артилерії.

Артилерія призначена для знищення і подавлення засобів ядерного та хімічного нападу, елементів високоточної зброї, артилерії, танків, бойових машин піхоти, протитанкових та інших вогневих засобів, гелікоптерів на площадках, живої сили, пунктів управління, засобів протиповітряної і протиракетної оборони, радіоелектронних засобів, руйнування фортифікаційних споруд противника, а також для дистанційного мінування місцевості, світлового забезпечення бойових дій військ, задимлення ділянок місцевості і доставки в розташування противника агітаційного матеріалу.

За способом надання снаряду поступального руху артилерія поділяється на ствольну і реактивну. Ствольна артилерія – це сукупність гармат (засобів для ураження противника), які призначені для досягнення певного практичного результату внаслідок дії снаряда, якому енергія надається в спеціальній трубі – артилерійському стволі. Внутрішня частина артилерійського ствола називається *каналом ствола*. В артилерійських системах рух снаряда по каналу ствола і на траєкторії досягається за рахунок відповідного перетворення енергії бойового заряду в кінетичну енергію.

Залежно від конструктивного виконання каналу ствола, від характеру руху снаряда і його взаємодії зі стволом і основою, на якій ствол закріплений, ствольна артилерія бу-

ває нарізною, гладкоствольною, безвідкотною і універсальною.

Внутрішній діаметр каналу ствола визначає калібр гармати, виражений у міліметрах.

У цілому гармата – це складна бойова система, яка складається із ствола; основи, що забезпечує гарматі необхідну їй стійкість під час пострілу; прицільних пристроїв та інших допоміжних механізмів і елементів. Сукупність снаряда, бойового заряду і елементів, необхідних для здійснення пострілу і забезпечення дії снаряда біля цілі, називається *артилерійським пострілом*. Сукупність же гармати, належних їй різних за призначенням артилерійських пострілів, прицільних та інших пристроїв називається *артилерійською системою*.

Для забезпечення стрільби та пуску ракет використовуються спеціальні прилади, які називаються *артилерійськими приладами*. До них належать артилерійські приціли, панорами, бусолі, теодоліти, далекоміри, біноклі і т.ін.

Гармати і пускові установки відповідно до ствольної і реактивної артилерії разом із призначеними до них боєприпасами й іншим допоміжним обладнанням утворюють *вогневі артилерійські комплекси*.

Таким чином, вогневі артилерійські комплекси – це сукупність функціонально взаємозв'язаних зразків озброєння і військової техніки, які виконують завдання з ураження противника.

На сучасному етапі розвитку артилерійського озброєння розрізняють поняття “*артилерійського комплексу*” (АК) у широкому і вузькому розумінні. У широкому розумінні АК – це сукупність зразків артилерійського озброєння (АО) і військової техніки (ВТ). До складу АО можуть входити артилерійські гармати, пускові установки реактивних систем і боєприпаси до них. ВТ – це засоби розвідки цілей, засоби управління і забезпечення стрільби, транспортні та інші засоби. Таке трактування поняття АК зручно використовувати під час аналізу і синтезу АО, оцінки різ-

них комплексів і розроблення вихідної системи тактико-технічних вимог (ТТВ), тактико-технічних завдань (ТТЗ) на розроблення конкретного комплексу.

АК у вузькому розумінні – це сукупність гармати з доданими боєприпасами, приладами для забезпечення стрільби і засобами транспортування. Це поняття зручно використовувати під час загального розгляду і вивчення артилерійського озброєння, вимог до складових частин комплексу.

Залежно від призначення, характеру завдань, які вирішуються, умов бойового застосування гармати пускові установки реактивних систем і боєприпаси до них мають різну будову і характер дії, різний зовнішній вигляд. Але за основними принципами будови і дії кожен із цих предметів артилерійського озброєння має багато спільного з його базовим зразком. Це дозволяє на найбільш загальних прикладах розглянути принцип будови і дії типових систем гармат, боєприпасів, допоміжного обладнання і механізмів до них, оцінити перспективи і шляхи їх подальшого розвитку.

До складу артилерійського комплексу входять:

засоби вогневого ураження; засоби забезпечення стрільби і рухомі засоби.

Засоби вогневого ураження включають засоби доставки (артилерійські системи) і боєприпаси.

Засоби забезпечення стрільби у своєму складі мають: засоби зв'язку і управління; засоби балістичного забезпечення; засоби розвідки; засоби метеозабезпечення; засоби топозабезпечення.

До рухомих засобів рухомості відносять автомобільні тягачі або гусеничні базові машини, на яких розміщують засоби вогневого ураження і деякі засоби забезпечення стрільби. У першому випадку такі АК називають причіпними, а у другому – самохідними.

Структурно-функціональна схема АК показана на рис. 1.1.

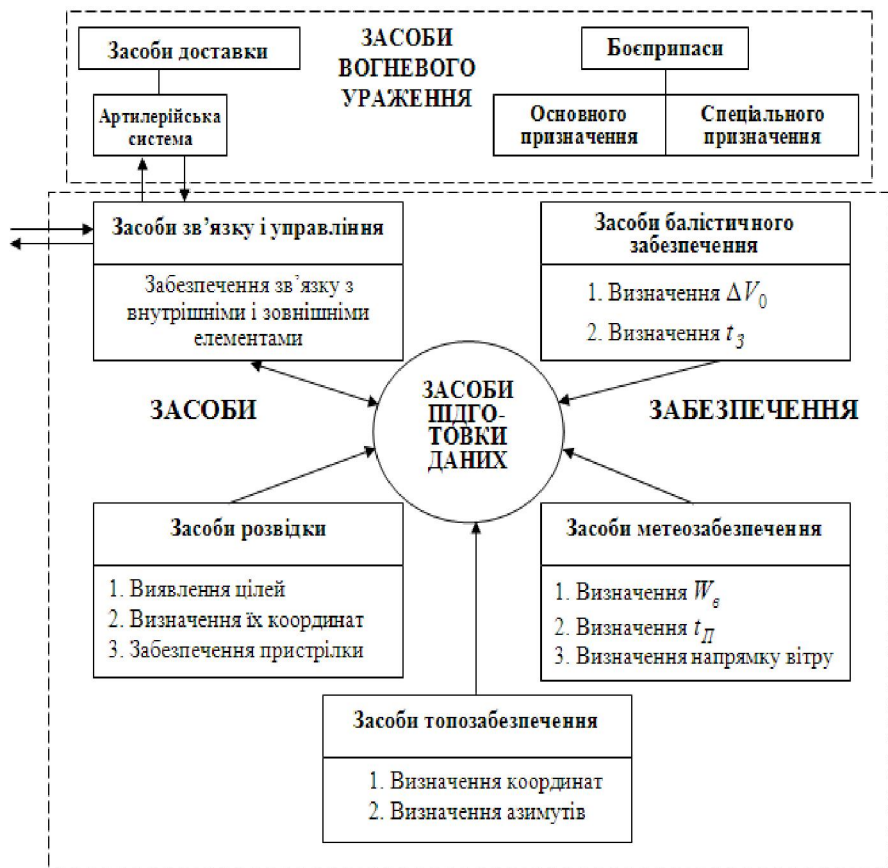
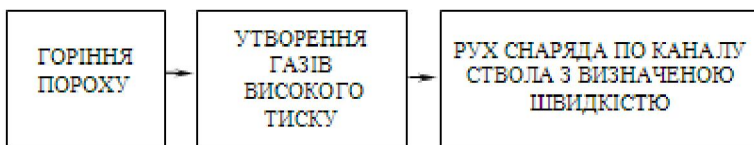


Рисунок 1.1 - Структурно-функціональна схема АК:
 ΔV_0 – початкова швидкість снаряда; t_3 – температура заряду; W_{ϵ} – швидкість вітру; t_{Π} – температура повітря

1.2. Призначення і характеристики гармат

Гармата – це вид ствольної вогнепальної зброї калібру 20 мм і більше, що є засобом доставки боєприпасів певного виду до цілі.

Сучасна гармата – це потужна теплова машина, у стволі якої під час згоряння порохового заряду відбувається перетворення хімічної енергії пороху в теплову енергію порохових газів. Теплова енергія, у свою чергу, перетворюється в кінетичну енергію руху снаряда. Таким чином, перетворення хімічної енергії бойового заряду в кінетичну енергію снаряда відбувається за такою схемою:



Основними показниками досконалості конструкції і бойової могутності гармати є її характеристики, які поділяються на абсолютні і узагальнені.

Знання характеристик гармат необхідно для визначення їх бойових можливостей, а також під час розроблення і проектування конкретних зразків озброєння.

Абсолютні характеристики поділяються на балістичні, конструктивні і експлуатаційні.

До балістичних характеристик належать:

1. *Початкова швидкість снаряда* V_0 , м/с – це розрахункова швидкість, з якою починається рух снаряда поза каналом ствола, з урахуванням того, що за межами ствола порохові гази на снаряд не діють.

Величина цієї швидкості залежить від ряду конструктивних і балістичних параметрів артилерійських систем. Вона використовується під час проектування та оцінки бойової здатності цих систем, підготовки вихідних даних для стрільби.

2. *Максимальна дальність стрільби* D_{max} , м – це максимальна відстань від гармати, на яку може бути доставлений снаряд за нормальних (табличних) умов стрільби. Вона характеризує можливості конкретної гармати уражати віддалені цілі противника і залежить від маси, форми і розмірів снаряда, його початкової швидкості, кута підвищення ствола і т.ін.

3. *Дальність прямого пострілу* $D_{п.п.}$, м – це максимальна відстань польоту снаряда, протягом якої висота його траєкторії не перевищує висоту цілі. Вона в основному характеризує ефективність гармат у боротьбі з танками та іншими бронеоб'єктами під час стрільби прямою наводкою.

4. *Максимальний тиск порохових газів* P_m – це тиск, який створює найбільшу силу дії на снаряд під час його руху по каналу ствола і на відкотні частини гармати. Він також визначає максимальне напруження, яке виникає у стволі гармати під час пострілу. Числове значення цього тиску використовують для проектування гармат і боєприпасів до них.

До основних конструктивних характеристик належать:

1. *Калібр ствола* d , мм – це відстань, яка вимірюється по діаметру каналу ствола між протилежними полями його нарізів. Калібр у гарматах – одна з найбільш важливих їх характеристик, що визначає могутність гармати. Зі збільшенням калібру підвищується могутність гармати.

2. *Кути вертикальної ϕ і горизонтальної ψ наводки гармати.* Кути характеризують вогневу маневреність гармати і визначаються крайніми положеннями осі каналу ствола у вертикальній і горизонтальній площинах без зміни положення самої гармати.

3. *Геометричні розміри і величини маси* – це габарити гармати (довжина, висота, ширина), його маса у похідному M_n , кг, і бойовому $M_б$, кг, положеннях. Значення цих розмірів і величин використовуються під час проектування при

порівнянні різних конструкцій гармат, враховуються під час експлуатації та ремонту. Вони характеризують також маневреність і рухомість гармат на марші і полі бою.

До експлуатаційних характеристик належать:

1. *Швидкострільність гармати.* Вона характеризує ту найбільшу кількість пострілів за одиницю часу, яку можна здійснити з гармати, враховуючи час на її заряджання і виконання інших робіт із забезпечення стрільби (виправлення наводки, охолодження ствола і т.ін.). Найбільша швидкострільність з відновленням наводки після кожного пострілу називається *прицільною*, без відновлення наводки – *максимальною*.

Висока швидкострільність підвищує ефективність ураження цілей, дозволяє виконати бойові завдання меншою кількістю гармат і залежить як від конструкції гармати та боєприпасів, так і від натренованості обслуги.

2. *Час переведення гармати з похідного положення в бойове і навпаки.* Він характеризує її готовність до виконання бойового завдання. Час переведення системи з похідного положення в бойове визначає швидкість відкриття вогню. Час же переведення із бойового положення в похідне характеризує можливості зі швидкої зміни вогневої позиції.

3. *Швидкість транспортування (перевезення) V_{max} , м/с.* Вона характеризує маршеві можливості гармати і залежить від конструктивних якостей її ходової частини.

Узагальнені характеристики визначають могутність і досконалість конструкції гармат. Вони використовуються під час розроблення нових, а також оцінки і порівняння існуючих зразків озброєння. До них належать:

1. *Дульна енергія E_o , кДж.* Вона визначає могутність конкретного зразка і дорівнює кінетичній енергії поступального руху снаряда, який рухається з початковою швидкістю V_o :

$$E_o = \frac{1}{2} q V_o^2, \quad (1.1)$$

де q – маса снаряда.

Для характеристики гармати іноді замість дульної енергії користуються поняттям “*потужність гармати*”.

2. *Коефіцієнт могутності* C_E , кДж/дм³. Для конкретного зразка гармати він вказує, яка кількість енергії E_o припадає на умовну одиницю об’єму його каналу ствола:

$$C_E = \frac{E_o}{d^3} = \frac{qV_o^2}{2d^3}, \quad (1.2)$$

де d – калібр каналу ствола.

Цей коефіцієнт є важливою характеристикою могутності гармати. Під час проектування нового зразка C_E беруть як вихідну величину для розрахунків.

3. *Коефіцієнт використання металу* η , кДж/кг. Він характеризує досконалість конструкції гармати і визначається за формулою

$$\eta = \frac{E_o}{M_b} = \frac{qV_o^2}{2M_b}, \quad (1.3)$$

де M_b – маса гармати в бойовому положенні.

Цей коефіцієнт показує, яку корисну роботу виконує один кілограм маси металу гармати під час пострілу. Чим більший цей коефіцієнт, тим більш досконалою є конструкція гармати.

1.3. Загальна будова гармати. Типові схеми будови артилерійських гармат

Залежно від призначення і типу гармати її конструкція може бути різною, але всі гармати мають такі основні частини: ствол із затвором, противідкотні пристрої (ПВП), лафет.

Ствол гармати – це пристрій, у якому відбувається перетворення хімічної енергії бойового заряду в кінетичну енергію снаряда. Ствол призначений для спрямування польоту снаряда з певною лінійною і кутовою швидкістю.

Затвор призначений для надійного замикання каналу ствола, здійснення пострілу та екстракції стріляної гільзи.

Противідкотні пристрої призначені для з'єднання ствола і лафета, гальмування відкотних частин, повернення їх у початкове положення і утримання їх у цьому положенні до виконання наступного пострілу.

ПВП зменшують максимальну силу дії пострілу на лафет у 30–40 разів. Завдяки цьому забезпечуються стійкість і нерухомість гармати. Забезпечення стійкості і нерухомості гармати під час пострілу є дуже важливою умовою підвищення ефективності стрільби, оскільки при порушенні стійкості і нерухомості виникає необхідність у відновленні початкового положення гармати і наводки, її закріплення.

Крім того, наявність ПВП дозволяє суттєво зменшити вагу лафета і збільшити його термін служби.

Під час пострілу на гармату діє сила віддачі, яка спрямована у бік, протилежний напрямку руху снаряда. Сила віддачі безпосередньо передається на деталі й механізми лафета. Саме цю силу зменшують ПВП. Таким чином, ПВП виконують роль пружного зв'язку між стволом і лафетом.

Лафет складається із: люльки; верхнього станка; підйомного механізму; поворотного механізму; врівноважувального механізму; нижнього станка зі станинами; ходо-

вої частини; приладів наводки (прицілів); допоміжних механізмів і пристроїв.

Люлька призначена для опори ствола, спрямування його руху під час відкоту і накату.

Цапфами люлька опирається на верхній станок і за допомогою підйомного механізму може повертатися у вертикальній площині разом зі стволом і ПВП (вертикальна наводка).

Верхній станок призначений для опори ствола, люльки і ПВП (хитної частини гармати). На верхньому станку розміщуються хитна частина, підйомний механізм, зрівноважувальний механізм, бойовий щит гармати.

Підйомний механізм призначений для повороту хитної частини гармати у вертикальній площині. Таким чином, завдяки підйомному механізму ствола гармати можна надавати кути опускання або підвищення. Хитна частина гармати за допомогою привода і кінематичних ланок повертається у вертикальній площині стосовно осі цапф люльки.

Поворотний механізм призначений для повороту обертової частини гармати в горизонтальній площині або для надання стволу кутів горизонтальної наводки. Поворот верхнього станка з підйомною частиною в горизонтальній площині стосовно нижнього станка забезпечується приводом і кінематичними ланками.

Зрівноважувальний механізм призначений для зрівноваження хитної частини гармати відносно цапф люльки і полегшення роботи підйомного механізму. Силу, яка зрівноважує хитну частину гармати, створює пружина або стиснене повітря.

Нижній станок зі станинами – це нерухома під час наводки частина лафета, призначена для опори обертової частини і з'єднання її з основою гармати. Станини забезпечують стійкість і нерухомість гармати під час пострілу (у бойовому положенні вони розводяться і опираються сошниками на ґрунт).

Ходова частина – це транспортний пристрій, який є частиною лафета причіпної артилерійської гармати. Бойова ходова частина – це ходова частина гармати, яка опирається на ґрунт під час виконання пострілу.

Прилади наводки (приціли) – це прилади, які розміщені на гарматі і призначені для забезпечення наведення гармати. За їх допомогою будуються прицільні кути і забезпечується наводка гармати на ціль. Як правило, сучасні гармати мають механічні і оптичні приціли, а протитанкові гармати, крім того, – нічні, радіолокаційні для прицілювання вночі або за умов поганої видимості.

Верхній станок з підйомною частиною гармати, механізмами і приладами наводки, зрівноважувальним механізмом і бойовим щитом складають обертову частину гармати, обертанням якої стосовно осі цапф нижнього станка здійснюється горизонтальна наводка ствола гармати.

Під час пострілу верхній та нижній станки зі станинами і, як правило, колесами служать опорою ствола і називаються *бойовим станком гармати*.

Під час транспортування причіпних гармат нижній станок зі станинами і ходовою частиною є візком гармати. Таким чином, лафет під час пострілу є бойовим станком гармати, а під час транспортування – її візком.

Залежно від призначення і типу гармати, а також від її конструктивних особливостей окремі частини і механізми гармат можуть бути відсутніми або замінюватися на інші.

Типові схеми будови причіпних, самохідних гармат, реактивних систем залпового вогню, протитанкових комплексів наведені на рис. 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 відповідно.

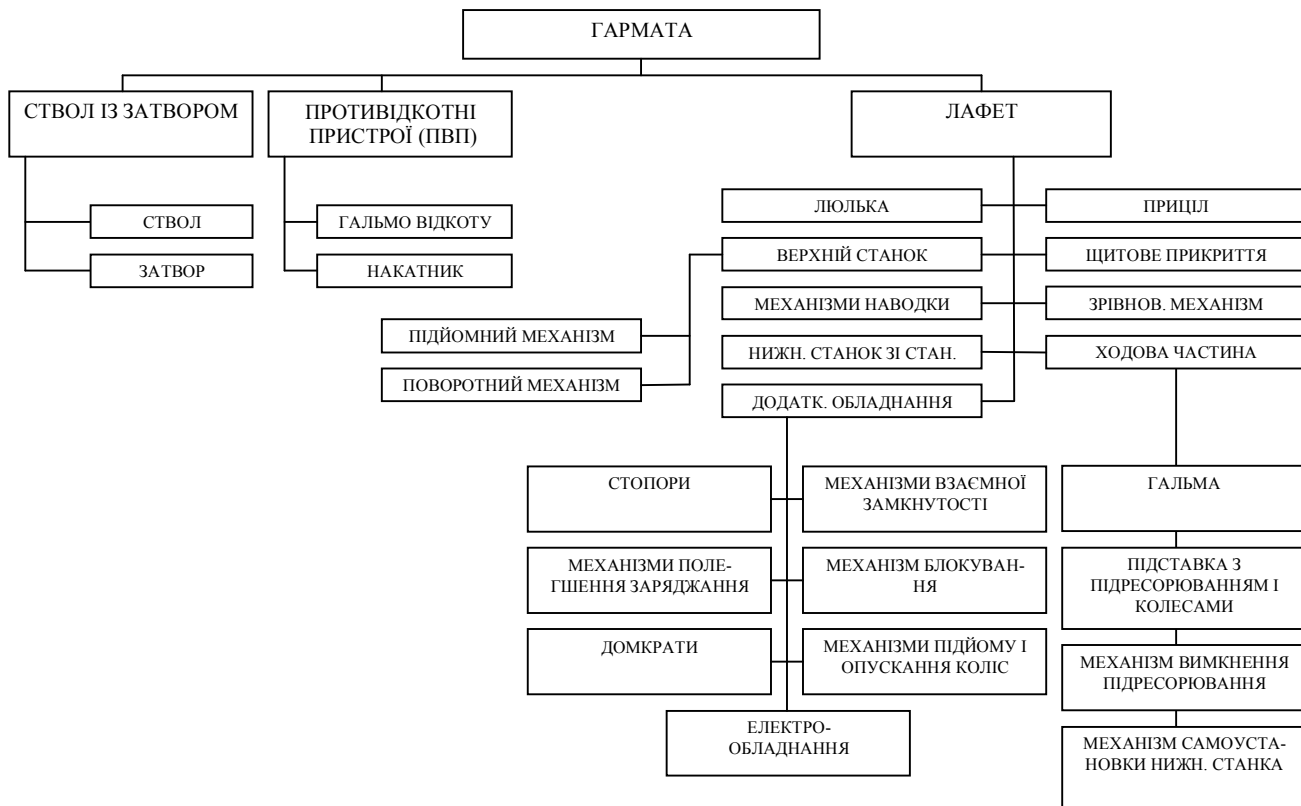


Рисунок 1.2 – Типова схема будови причіпних гармат

1.2.3	- Основні частини гармати
1+2	- Відкотна частина (ВЧ) гармати
ВЧ + (3.1 + 3.2)	- Підйомна частина (ПЧ) гармати
ПЧ + (3.3 + 3.4 + 3.5 + 3.6)	- Поворотна частина гармати
3.1... 3.9	- Основні частини лафета

ПРИЗНАЧЕННЯ :

Ствол із затвором - здійснення направленою пострілу;

П В П - пружний зв'язок ствола із лафетом;

Лафет - при стрільбі - функції бойового станка;
- при транспортуванні - функції візка.

Ствол - перетворення енергії бойового заряду в кінетичну енергію снаряда, надання снаряду направленою польоту з певною початковою лінійною і кутовою швидкістю.

Затвор - надійне замикання каналу ствола;

- виконання пострілу;
- екстракція гільзи.

Гальмо відкоту - поглинання кінетичної енергії ВЧ при відкоті;
- плавне гальмування ВЧ при накаті.

Накатник - повернення ВЧ у початкове положення;
утримання ВЧ у цьому положенні при будь-яких кутах.

Люлька - направлення руху ствола під час відкоту і нака-ту;

- дія на ствол при наведенні;
- розміщення елементів ПЧ.

Приціли - забезпечення наведе-ння гармати.

Верхній станок- основа поворотної частини;

- розміщення підйомної частини та елементів поворотної частини гармати.

Щитове прикриття- захист об-слуги від куль, осколків, дульної хвилі.

Механізми наводки- зміна поло-ження ствола у просторі.

Зрівноважувальний механізм - зменшення моменту незрівно-важення стосовно осі цапф з метою полегшення роботи наводчи-ка.

Нижній станок зі станинами-опора поворотної частини;

- розміщення ходової частини;
- зв'язок із ґрунтом, забезпечен-ня стійкості та нерухомості.

Ходова частина- виконує функ-ції візка при транспортуванні;

- може служити лобовою (пе-редньою) опорою гармати.

Підресорювання - зменшення руйнівної дії дороги на лафет.

Механізм виключення підресор-ювання- підвищення жорсткості лафета в бойовому положенні гар-мати.

Механізм самоустановки ниж-нього станка- вирівнювання пло-щини вогню в бойовому положен-ні гармати.

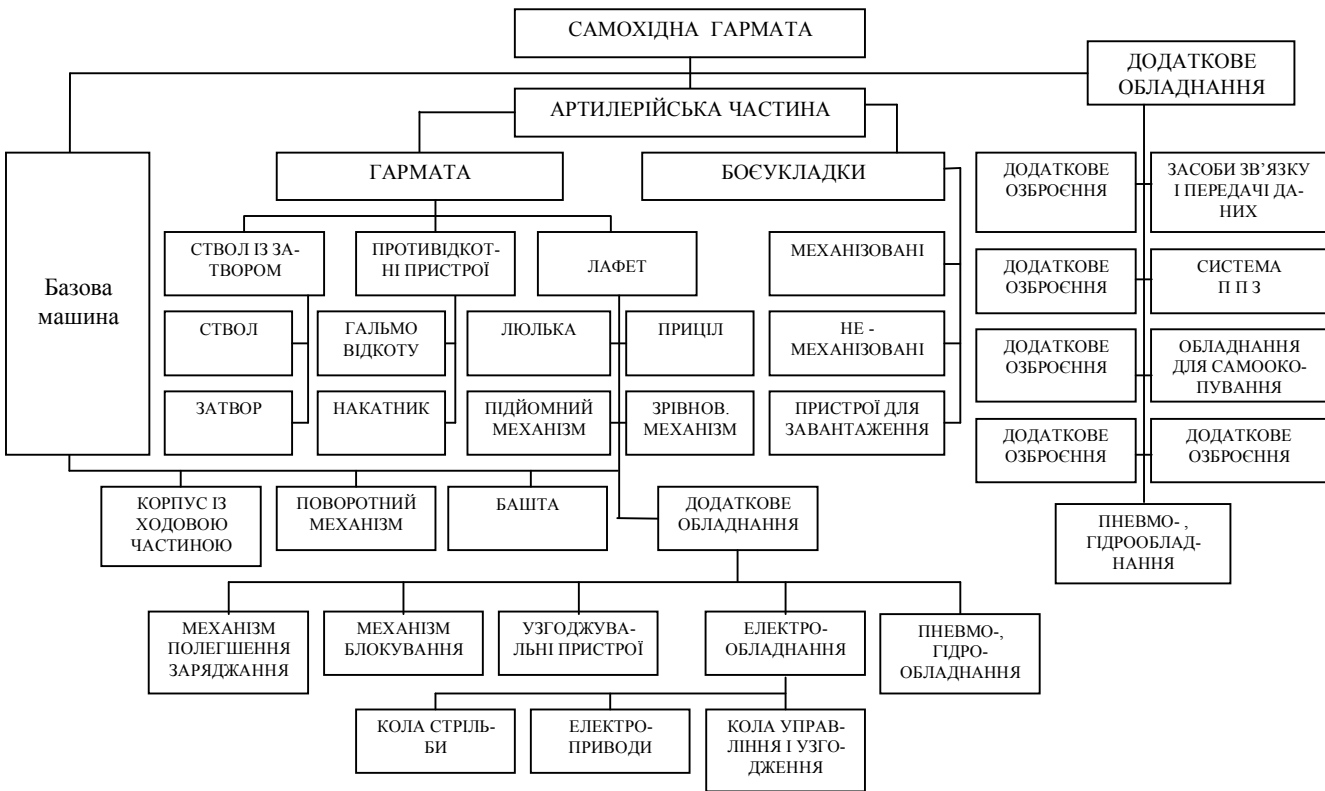


Рисунок 1.3 – Типова схема будови самохідної гармати

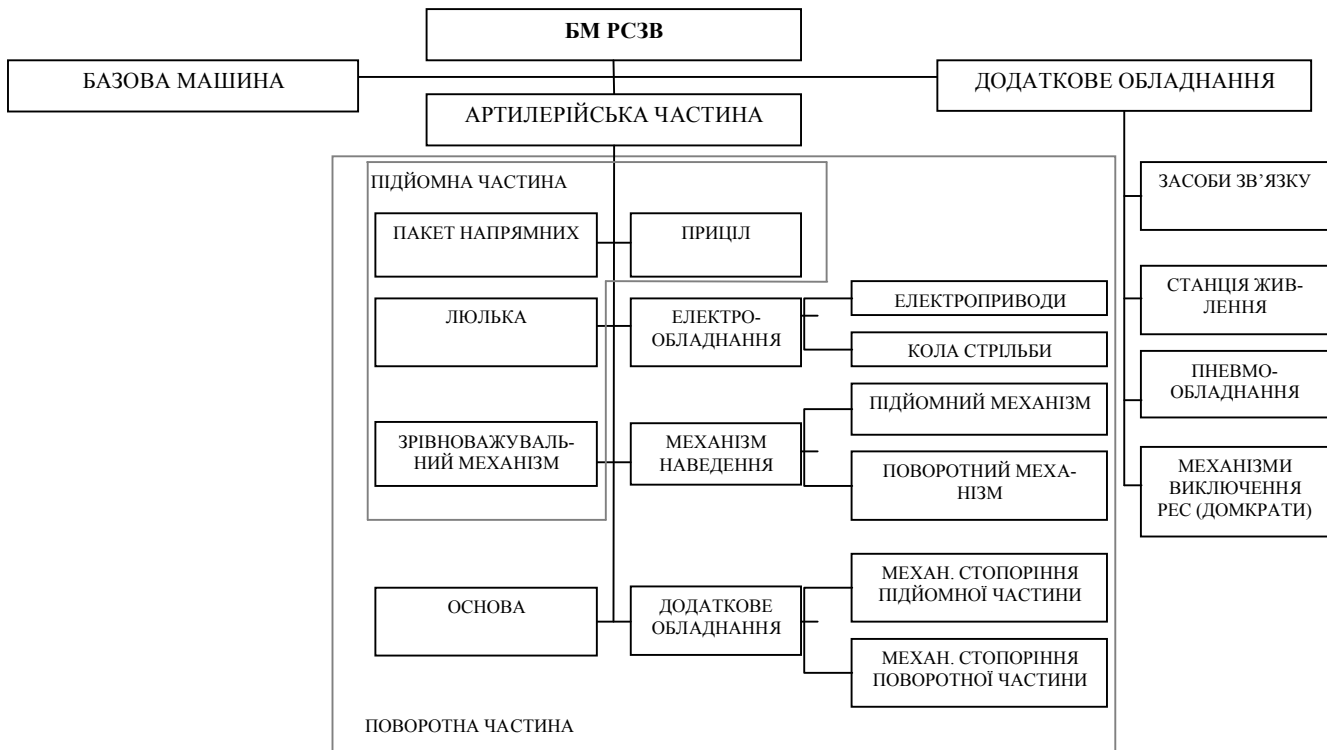


Рисунок 1.4 – Типова схема реактивної системи залпового вогню

Бойові частини БМ РСЗВ

- 1...3 - Основні частини самохідної гармати(СГ);
- 1.1, 1.2 - Основні складові артилерійської частини;
- 1.1.1...1.1.3 - Основні частини гармати;
- 2(1.1.3.5) - Базова машина - виконує подвійні функції;
- 2 - Одна з основних частин СГ;
- 1.1.3.5 - Складова частина лафета;
- 1.1.3.5.1 - Корпус - виконує функції нижнього станка і ходової частини;
- 1.1.3.5.3 - Башта - виконує функції верхнього станка і щитового прикриття.

Складові частини БМ РСЗВ

- 1... 3 - Основні частини РСЗВ;
- 2 - Базова машина виконує функції нижнього станка і ходової частини;
- 1.1 ... 1.8 - Основні складові артилерійської частини;
- 1.7 - Основа виконує функції верхнього станка;
- 1.4.1, 1.4.2 - Основні складові частин електрообладнання;
- 1.4.2 - Кола стрільби виконують функції спускового і ударного механізму затвора;
- 1.6.1, 1.6.2 - Основні складові механізмів наведення;
- 1.8.1, 1.8.2 - Основні складові додаткового обладнання артилерійської частини;
- 3.1 ... 3.4 - Складові частини додаткового обладнання РСЗВ.

РСЗВ призначена для:

- ураження живої сили і техніки противника у районах зосередження;
- знищення і придушення артилерійських і мінометних батарей противника;
- руйнування укріплень, опорних пунктів і вузлів опору противника.

- 1 - *Артилерійська частина* призначена для виконання основних завдань РСЗВ.
- 1.1 - *Пакет напрямних* призначень для спрямування польоту снарядів, надання їм обертального руху, а також для транспортування снарядів.
- 1.2 - *Приціл* призначений для забезпечення наведення пакета напрямних на ціль.

- 1.3 - Люлька призначена для збирання на її пакеті напрямних.
- 1.4 - Електрообладнання артилерійської частини включає:
 - 1.4.1 - Електроприводи, які служать для приведення в дію механізмів наведення;
 - 1.4.2 - Кола стрільби призначені для забезпечення почергового спрацювання електропідпалювачів реактивних снарядів.
- 1.5 - Зрівноважувальний механізм призначений для часткового зрівноваження підйомної частини стосовно осі піднімання, а також зменшує зусилля приводного двигуна або навідника.
- 1.6 - Механізми наведення призначені для наведення пакета напрямних у вертикальній і горизонтальній площинах.
- 1.7 - Основа призначена для розміщення на ній основних вузлів артилерійської частини, виконує функції верхнього станка.
- 1.8 - Додаткове обладнання артилерійської частини включає механізми стопоріння підйомної і поворотної частин, призначене для стопоріння підйомної і поворотної частин по-похідному.
- 2 - *Базова машина* (УРАЛ-375Д) призначена для розміщення і транспортування артилерійської частини; виконує функції нижнього станка.
- 2 - *Додаткове обладнання* РСЗВ призначене для забезпечення виконання основних функцій артилерійською частиною.
- 3.1 - Засоби зв'язку призначені для підтримання зв'язку при виконанні бойових завдань.
- 3.2 - Станція живлення служить для живлення електроприводів, кіл стрільби, освітлення прицілу та інших освітлювальних пристроїв.
- 3.3 - Пневмообладнання служить приводом для механізмів стопоріння та виключення ресор бойової машини.

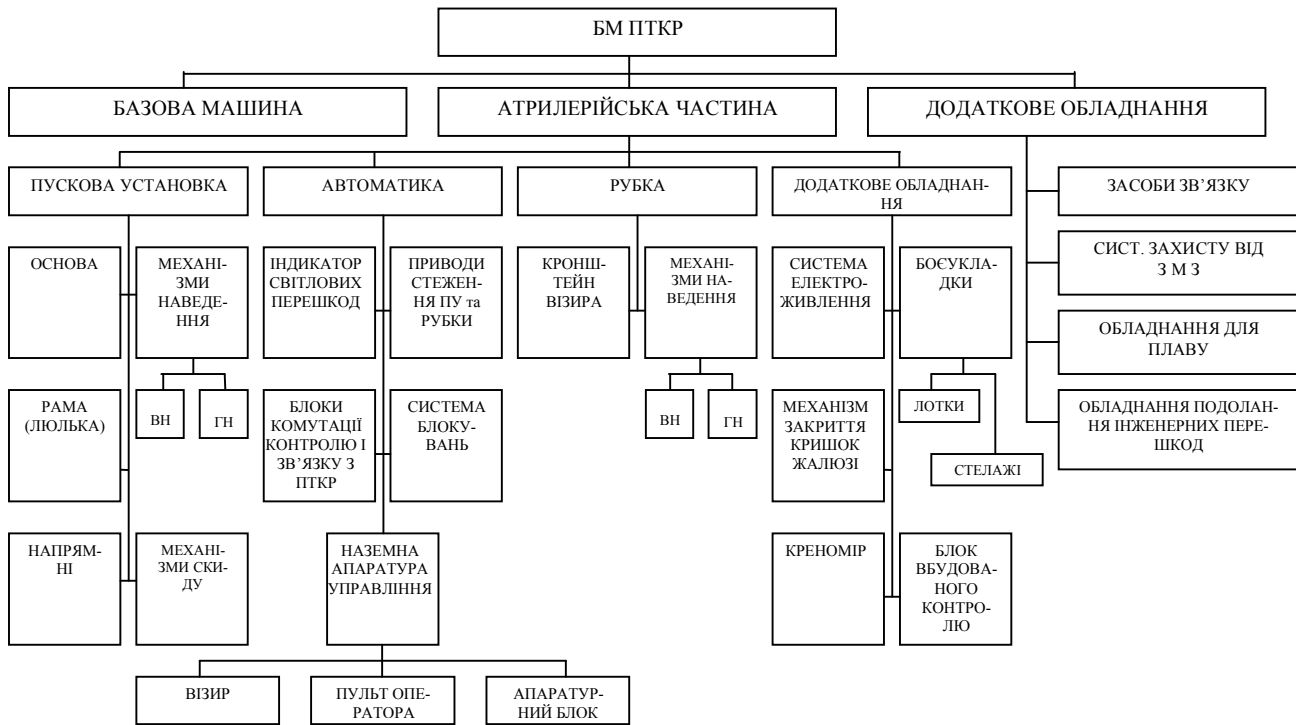


Рисунок 1.4 – Типова схема будови протитанкового комплексу

- 1 ... 3 - Основні частини БМ ПТРК
- 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 - Основні частини артилерійської частини
- 1.1.1 ... 1.1.5 - Основні частини пускової установки
- 1.2.1 ... 1.2.5 - Основні частини автоматики
- 1.3.1,1-3.2 - Основні частини рубки
- 1.4.1 ... 1.4.5 - Основні частини додаткового обладнання артилерійської частини
- 3.1 ... 3.4 - Складові частини додаткового обладнання БМ ПТРК

Пускова установка - призначена для розміщення ПТРК, з'єднання з електричними колами стрільби, НАУ та наведення у вертикальній та горизонтальній площинах.

Механізми скиду - призначені для автоматичного скиду порожнього контейнера або контейнера з ракетою, що не зійшла.

Рубка - призначена для закріплення візира та наведення його на ціль.

Індикатор світлових перешкод - для попередження оператора про застосування противником світлових перешкод.

Наземна апаратура управління - призначена для стеження за ціллю, забезпечення пуску ПТРК, автоматичного визначення координат ракети на польоті відносно лінії візування, формування команд управління та передача їх на ракету.

Слідуючі приводи пускової установки та рубки- призначені для автоматичного наведення візира і пускової установки та відпрацювання електричних сигналів пропорційних величин та швидкості зменшення кута неузгодження між оптичною віссю візира рубки і пускової установки.

Система електроживлення - для живлення електрострумом артилерійської частини ($V \pm 24В$ та - 36В 400 Гц).

Боеукладки - призначення для розміщення бойового комплексу БМ.

1.4. Класифікація гармат і вимоги до них

Наземна артилерія вирішує велику кількість бойових завдань, що призводить до необхідності мати на озброєнні гармати, що відрізняються калібром, способом пересування, цільовим призначенням і т.ін.

Залежно від типу (призначення, конструкції польоту снаряда) гармати поділяються на: пушки; гаубиці; гаубиці-пушки; пушки-гаубиці; міномети; безвідкотні гармати.

Пушки – це гармати, які надають снаряду початкової швидкості 700–1500 м/с, мають настільну траєкторію польоту снаряда і довжину каналу ствола порядку 60–100 калібрів. Кути підвищення стволів пушок, як правило, не більше 45° (кут найбільшої дальності стрільби).

Гаубиці – це гармати, які надають снаряду початкової швидкості порядку 300–700 м/с, мають навісну траєкторію польоту снаряда і довжину каналу ствола до 60 калібрів. Максимальний кут підвищення ствола гаубиці може досягати 70°. У вітчизняній артилерії використовуються гаубиці калібру 122-мм і більше.

Гаубиці-пушки і пушки-гаубиці – це гармати проміжного типу між гаубицями і пушками. Початкова назва гармати визначається тим, які ознаки у неї переважають, – гаубиці або пушки.

Міномети – це гармати, ствол яких у бойовому положенні опирається на плиту, встановлену на ґрунті, і може мати кути підвищення 45° і більше. Стрільба з міномета здійснюється спеціальними снарядами – мінами.

Безвідкотні гармати – це гармати, стволи яких в казенній частині мають сопла для виходу порохових газів в бік, протилежний руху снаряда. При цьому сила віддачі зрівноважується реактивною силою газів, що виходять із сопел, і ствол гармати залишається під час пострілу нерухомим.

За цільовим призначенням виділяють протитанкові гармати, які служать в основному для стрільби по танках та

інших броньованих цілях прямою наводкою. Крім того, існують гармати, які призначені для дій у горах (гірські гармати).

Залежно від калібру розрізняються гармати: малого калібру (20–75 мм); середнього калібру (76–152 мм); великого калібру (більше 152 мм).

За способом пересування гармати поділяють на: самохідні та причіпні.

Самохідні гармати характеризуються високою рухомістю, витривалістю на полі бою і швидкістю переведення з похідного положення у бойове. Їх недоліками є складність конструкції та експлуатації.

Причіпні гармати переміщуються артилерійським тягачем. Порівняно із самохідними гарматами вони відрізняються простотою конструкції і експлуатації.

Кожна гармата призначена для виконання тих чи інших завдань і має певні властивості, які характеризують вдосконаленість та можливості гармати. Перелік усіх властивостей, які повинна мати гармата, складає ТТВ до конструкції гармати. Вимоги відображають досвід експлуатації подібних зразків озброєння і в першу чергу бойовий досвід, стан військової науки і техніки та характер сучасних війн.

ТТВ до гармат бувають загальні і спеціальні. У свою чергу, загальні вимоги поділяються на бойові, службові і виробничо-економічні. Основними є бойові вимоги.

Бойові вимоги

1. *Далекобійність* – це здатність гармати стріляти на якомога більшу відстань. Вона визначається найбільшою горизонтальною дальністю стрільби із даного типу гармати. Далекобійність забезпечує маневр траєкторіями без зміни вогневих позицій, ураження противника на великій відстані. Вона залежить від конструкції снаряда, початкової швидкості його руху і від кута підвищення ствола. Ма-

ксимальна дальність стрільби досягається при куті підвищення ствола близько 45° , а для далекобійних гармат – близько 58° , що забезпечує подолання снарядом щільних шарів атмосфери.

2. *Точність стрільби*. Вона характеризується кучністю та влучністю. Кучність стрільби – це групування точок падіння снарядів на визначеній площі. Вона характеризується відношенням імовірних відхилень за дальністю V_D і за напрямком V_B . Кучність стрільби залежить від стану конкретної гармати, від величин можливих відхилень основних параметрів її складових (ствола, прицільних пристроїв, снарядів і т.ін.) та умов стрільби.

Влучність стрільби залежить від досконалості і технічного стану гармати, боєприпасів, приладів стрільби і спостереження, а також майстерності обслуги.

3. *Вогнева продуктивність* оцінюється двома характеристиками – швидкострільністю і режимом вогню.

Швидкострільність залежить від калібру, ступеня автоматизації і механізації гармати, стійкості гармати під час стрільби, а також від злагожденості та чіткості дій гарматної обслуги. Висока швидкострільність дає можливість виконувати бойові завдання з меншою кількістю гармат, підвищує ефективність ураження цілей.

Режим вогню – це максимально допустима кількість пострілів гармати за визначений час ведення вогню без шкоди для самої гармати, точності і безпеки стрільби. Ця характеристика визначається розрахунково-експериментальним шляхом і наводиться в “Правилах стрільби і управління вогнем артилерії”. Вона залежить від теплового режиму ствола та противідкотних пристроїв гармати, а також від фізичних можливостей обслуги.

4. *Маневреність* – це здатність гармати до транспортування, зміни вогневих позицій, пересування на полі бою, перенесення вогню. У відповідності до цього розрізняють оперативну і тактичну маневреність (рухомість), а також вогневу маневреність.

Оперативна маневреність характеризує здатність гармати до пересування на велику відстань самостійно або ж іншими видами транспорту (залізничним, водним, повітряним).

Тактична маневреність характеризується середньою швидкістю пересування гармати різними дорогами та часом її переведення з похідного в бойове положення і навпаки.

Поліпшення маневреності забезпечується створенням самохідних гармат, використанням ходових частин з підресорюванням, зменшенням ваги гармати. Маневреність сучасних гармат повинна бути не нижче маневреності військ, з якими вони будуть взаємодіяти.

Вогнева маневреність гармати складається із швидкості відкриття вогню і здатності вести вогонь з однієї вогневої позиції без повороту станин у різних напрямках і на різні відстані, швидко переносити вогонь з однієї цілі на іншу і мати різні кути падіння снарядів на одних і тих самих дальностях. Висока вогнева маневреність гармат дозволяє раптово для противника нанести потужний вогневий удар.

5. *Витривалість* – це важлива ознака гармати, що характеризується її здатністю якомога більш тривалий час зберігати свої бойові якості за всіх умов експлуатації, а також протистояти дії уражаючих факторів вогневої протидії противника.

Витривалість визначається кількістю пострілів, яку може здійснити гармата на повному заряді до виходу її з ладу. Витривалість ходових частин гармат вимірюється величиною пробігу до виходу їх із ладу.

Висока витривалість гармат забезпечується міцністю їх деталей, невразливістю в бою, високою маневреністю, точним дотриманням правил експлуатації і т.ін.

Службові вимоги

1. *Безвідмовність дії* всіх механізмів гармати за різних умов експлуатації (кліматичних і погодних, умов транспортування і т.ін.).

2. *Безпека експлуатації* гармати забезпечується високою міцністю найбільш важливих деталей, наприклад, стінок ствола, наявністю запобіжних механізмів, пристроїв і огорожень.

3. *Ергономічність* гармат. Вона характеризує взаємовідносини людини із зразками озброєння, а саме: простоту і зручність експлуатації гармати під час стрільби, переведення гармати із похідного положення в бойове і навпаки під час підготовки її до стрільби, маршу, технічного обслуговування, консервації та розконсервації. Зручність роботи на гарматі створює сприятливі умови виконання всіх операцій обслугою без фізичного і психологічного перевантаження. Ці вимоги виконуються за рахунок поліпшення конструкції гармати, компактного і зручного розміщення на ній механізмів, механізації операцій із заряджання і розряджання гармати.

4. *Нерухомість і стійкість* гармати під час стрільби забезпечується наявністю противідкотних пристроїв, якістю підготовки гармати до стрільби. Стійкість і нерухомість гармати під час стрільби приводить до збільшення швидкострільності та кучності бою, поліпшення умов роботи і виключення можливості нещасних випадків. На стійкість гармати під час стрільби значно впливають також ступінь обладнання вогневих позицій і якість обслуговування гармат.

Виробничо-економічні вимоги

Ці вимоги повинні забезпечити можливість масового, швидкого і економічного виробництва та ремонту гармат. До цих вимог належать:

простота конструкції і технології виробництва, що дозволяє швидко засвоїти масове виробництво, а також правила експлуатації гармат;

взаємозамінність і стандартизація деталей, які забезпечують економічність і масовість виробництва, простоту ремонту гармат;

використання матеріалів, виготовлених із вітчизняної недефіцитної сировини.

Велика роль у скороченні витрат на утримання гармат належить особовому складу. Дбайливе поводження з гарматами, суворе дотримання правил їх зберігання і технічного обслуговування значно збільшують термін служби гармат (витривалість), зменшують втрати і витрати, пов'язані з ремонтом, забезпечують безпеку стрільби.

Крім розглянутих основних вимог до гармат, до деяких гармат ставляться спеціальні вимоги.

1.5. Історія розвитку артилерії

В історії розвитку артилерії можна виділити три характерних етапи. Це етапи розвитку гладкоствольної, нарізної і швидкострільної артилерії.

Вогнепальна артилерія вперше з'явилась у XIV столітті, а у 1382 році була застосована Д.М.Донським для захисту Москви від нападу татар. Перша гармата мала вигляд металевого ствола, закріпленого на дерев'яній основі. У XVI столітті почали використовувати пересувний дерев'яний клин для зміни кута підвищення ствола, квадрант для його вимірювання і колісний лафет з двома нерозсувними дерев'яними станинами. У цей самий період з'являються клинові і поршневі затвори, а вчений-артилерист Онисим Михайлов систематизував артилерійський досвід і написав Статут, в якому дав оригінальні рішення питань організації, будови і бойового застосування артилерії.

У 1741 році талановитий винахідник Д.К.Карпов створив швидкострільну батарею із 44 мортирок, яка мала поворотну основу.

Зразки нарізних гармат з'являлися у XVI, XVII і XVIII століттях, а низький рівень виробництва не забезпечував їх масового виготовлення.

Таким чином, гладкоствольна артилерія проіснувала більш ніж 500 років. Для неї були характерні всі основні елементи сучасної артилерії, але вона мала невелику дальність стрільби, яка не перевищувала 2000-2500 м. Прагнення збільшити дальність і могутність дії снаряда привело до нового етапу розвитку артилерії – нарізної артилерії.

У XIX столітті з'явилися приціли конструкції Кабанова (1811 р.), бойові ракети і нарізна артилерія. Із введенням машинного виробництва почала вдосконалюватися і нарізна артилерія. До цього часу з'явилися: бездимний порох, більш якісні гарматні сталі, противідкотні пристрої та оптичні приціли. Нарізна артилерія, як більш сучасна, почала швидко замінювати гладкоствольну. З 70-х років XIX століття вводиться гільзове заряджання, а дерев'яні лафети замінюються на сталеві.

Проблему збільшення швидкострільності вирішив талановитий конструктор В.С.Барановський, який створив у 1872 році першу у світі швидкострільну 2,5 дюймову гармату на пружному лафеті. Для своєї гармати він розробив: гідравлічне гальмо відкоту, пружинний накатник, підйомний і поворотний механізми, унітарний постріл.

Велике значення для підвищення швидкострільності гармати мало введення оптичних телескопічних прицілів у 1875 році, а з 1906 року і панорамних прицілів. У результаті у другій половині XIX століття були створені нові 76-мм, 107-мм, 152-мм гармати. 76-мм гармата зразка 1902 року була однією з найдосконаліших гармат початку Першої світової війни.

У 1904 році захисники Порт-Артура - мічман С.Н.Власєв і капітан Гобято запропонували використовувати

вати для навісної стрільби шестовими надкаліберними мінами 47-мм морську гармату, а лейтенант Подкурський переконструював морський металний апарат для стрільби каліберними мінами. Так, вперше з'явилися прототипи міномета, який потім був розроблений у 1915 році.

Вітчизняна артилерія до початку Першої світової війни була більш сучасною, ніж в арміях інших країн. Але в ході бойових дій виявилася нестача у боєприпасах і у важкій далекобійній артилерії. У зв'язку з цим починається виробництво боєприпасів і важкої артилерії. Були прийняті на озброєння 305-мм гаубиця зразка 1915 року, 203-мм гаубиця Шнейдера та інші. У роки війни було налагоджене виробництво мінометів, яких у 1917 році на озброєнні армії було близько 5000 шт. Для транспортування важкої артилерії почали використовувати трактори, а легкої – автомобілі, що значно підвищило рухомість артилерії.

Основними підсумками розвитку вітчизняної артилерії за період Першої світової війни є створення бойових ракет, нарізних швидкострільних гармат, польової і важкої артилерії на пружному лафеті, мінометів та інших видів артилерійської техніки.

У період громадянської війни та в період відновлення народного господарства проводилася модернізація кращих зразків старої артилерії. Першим новим зразком артилерійського озброєння стала 76-мм полкова гармата зразка 1927 р. У цей час на гарматах подовжуються стволи, вводяться дульні гальма, збільшується вага бойових зарядів, поліпшується балістика снарядів, з'являються лафети з металевими колесами з гумовими шинами, вводяться врівноважувальні механізми та єдиний приціл. Усі ці заходи привели до збільшення дальності стрільби та підвищення рухомості. Створювалися й нові зразки артилерійського озброєння. У 1931 році на озброєння була прийнята 37-мм, а в 1932 році – 45-мм протитанкові гармати.

У передвоєнні роки з 1933 по 1940 рік було здійснено повне переозброєння артилерії новими зразками гармат та

боєприпасів. За цей короткий час були створені і прийняті на озброєння такі зразки польової артилерії, як 45-мм гармата зразка 1937 р., 76-мм гірська гармата зразка 1938 р., 76-мм дивізіонні гармати зразка 1936 і 1939 рр., 107-мм гармата зразка 1940 року, 122-мм і 152-мм гаубиці зразка 1938 р., 122-мм гармата зразка 1931 і 1937 рр. та інші.

Напередодні війни вперше у світі була створена принципово нова гармата – реактивна артилерія залпового вогню. Батарея “Катюш” вперше була застосована капітаном Флеровим під Оршею у 1941 році. У цей самий період були розроблені нові боєприпаси різних призначень, більш сучасні прилади спостереження, стрільби і топоприв’язки, засоби зв’язку та гусеничні тягачі, що дозволило більш повно використовувати бойові можливості гармат і мінометів.

У період Другої світової війни вітчизняні конструктори оволоділи методами швидкого проектування гармат. Були створені нові протитанкові гармати 45-мм зразка 1942 р., 57-мм зразка 1943 р. та 100-мм зразка 1944 р., яка стала “грозою” німецьких танків “тигр” і “пантера”, за що і отримала назву “звіробій”. Були прийняті на озброєння 76-мм польова гармата зразка 1943 р. і полкова гармата зразка 1942 р., а також 152-мм гаубиця зразка 1943 р.. З’явилося і нове озброєння – самохідна артилерія: СУ-85 зразка 1943 р., СУ-100 зразка 1944 р., СУ-122 зразка 1944 р. і СУ-152 зразка 1943 і 1944 років. Беруться на озброєння міномети 82-мм зразка 1941 р. і 120-мм зразка 1943 р., а також 160-мм міномети.

У конструкціях нових гармат почали використовувати автоматичні затвори, дульні гальма, торсіонне підресорювання, колеса з гумовими шинами. Для боротьби із танками були розроблені підкаліберні і кумулятивні снаряди.

Усього за період війни артилеристи влучним вогнем знищили десятки тисяч танків і САУ. Більш ніж 1800 воїнам-артилеристам було присвоєно звання Героя Радянсько-

го Союзу. За період війни 1600 000 артилеристів були нагороджені орденами і медалями.

Значний вклад у створення першокласного артилерійського озброєння внесли конструкторські колективи, якими керували вчені Грабін В.Г. (гармати малих калібрів і САУ), Іванов І.І. (гармати крупних калібрів), Шавирін Б.І. (міномети) та багато інших.

У післявоєнний період з'явилася якісно нова зброя великої руйнівної сили – ракети з ядерними зарядами, внаслідок чого були створені ракетні війська стратегічного призначення. За допомогою ракет була вирішена непосильна для артилерії проблема стрільби на великі дальності. Поряд зі створенням ракетних комплексів продовжувала розвиватися і артилерія. На озброєння армії надійшли нові зразки гарматної, реактивної і самохідної артилерії, а також комплекси ПТКР з підвищеною бойовою потужністю і високою точністю стрільби. Для артилерійських комплексів були розроблені більш ефективні боєприпаси, нові засоби пересування та прилади для стрільби. У цей період війська отримали такі потужні гармати, як 85-мм дивізіонна протитанкова пушка, 122-мм пушка і гаубиця, 130-мм пушка, 152-мм пушка-гаубиця, 203-мм гаубиця, 160-мм і 240-мм міномети та інші артилерійські системи. Польова реактивна артилерія озброюється сучасними комплексами залпового вогню типу БМ-14, БМ-21, БМ-24. Беруться на озброєння і нові типи самохідної артилерії, які мають більш високі бойові можливості. Це такі самохідні артилерійські установки, як 122-мм самохідна гаубиця 2С1, 122-мм СГ 2С3М, 152-мм СГ 2С5 та 152-мм СГ 2С19. З'являються і самохідні комплекси ПТКР.

Отже, сучасна артилерія має досконалі потужні зразки озброєння, які відповідають її задачам.

1.6. Питання для повторення

1. Дайте визначення артилерійському комплексу.
2. Назвати основні характеристики гармат.
3. Дайте класифікацію гармат.
3. Охарактеризуйте загальну будову гармати.
4. Назвіть основні складові частини артилерійського пострілу.

Розділ 2. Прикладна хімія

2.1. Вибухові речовини

2.1.1. Фізико-хімічні основи вибухових перетворень

Вибух – це надзвичайно швидке виділення механічної роботи руйнування або переміщення зовнішнього середовища, викликане стрімким розширенням стиснутих газів або парів, що утворюються під час фізико-хімічних перетворень речовини. При цьому потенціальна енергія речовини перетворюється в кінетичну енергію руху стиснутих газів або парів.

Залежно від початкового виду енергії та механізму її перетворення розрізняються такі типи вибухів: фізичний вибух, ядерний вибух, хімічний вибух.

Фізичний вибух – стрімке перетворення речовини з початкового стану в пар або газ. Це вибух парового котла з перетворенням нагрітої води в пар або вибух метеорита при зустрічі з планетою або іншим тілом (швидке перетворення кінетичної енергії метеорита в теплоту з подальшим перетворенням твердої речовини в пар).

Ядерний вибух – швидка ядерна або термоядерна реакція (реакція поділу або синтезу атомних ядер). При цьому внутрішня ядерна енергія перетворюється в кінетичну енергію продуктів ядерного перетворення. Енергія таких вибухів на декілька порядків вища, ніж під час вибуху звичайних вибухових речовин.

Хімічний вибух – швидка хімічна реакція з утворенням газо- та пароподібних продуктів, нагрітих до високої температури за рахунок виділення тепла під час реакції, що мають внаслідок цього високий тиск. При розширенні ці газо- і пароподібні речовини виконують механічну роботу. Хімічний вибух здебільшого називають просто вибухом.

Внаслідок перелічених властивостей хімічного вибуху можна зробити висновок про те, що його перебіг визначається такими умовами:

1. Екзотермічністю (тобто реакція відбувається з виділенням великої кількості теплової енергії, близько 4,18 - 7,5 МДж/кг).
2. Високою швидкістю хімічного перетворення – до 4 - 9 км/с.
3. Утворенням великої кількості газо- і пароподібних речовин (300 - 1200 л/кг).
4. Здатністю до самопоширення.

Невиконання хоча б однієї з цих умов виключає можливість перебігу хімічного вибуху.

Військове застосування вибухових речовин (ВР) ґрунтується на використанні ВР як джерела енергії, яка міститься в них у потенціальній формі. Але потенціальну енергію, причому значно більшу, мають багато інших речовин: вугілля, нафта і т. ін. Так, наприклад, при спалюванні 1 кг вугілля в атмосферних умовах енергії звільняється майже в 10 разів більше, ніж під час вибуху 1 кг тротилу: горіння вугілля не має вибухового характеру внаслідок тривалості процесу горіння (декілька хвилин), а вибух тротилу такої ж маси проходить за 10 - 20 мікросекунд.

Таким чином, характерною відмінністю вибухових речовин від невибухових є швидкість звільнення енергії, а не її величина, хоча й це є суттєвим. Наслідком короткочасності вибухових перетворень є їх висока потужність. Так, потужність вибуху 1 кг тротилу за час 10^{-5} с при ККД в 10% становить приблизно 42,1 кВт.

Руйнуюча сила вибухової речовини зумовлена не запасом потенціальної енергії, а винятково високою швидкістю звільнення цієї енергії без доступу кисню з повітря, причому під час вибуху вона звільняється в десятки мільйонів разів швидше, ніж під час горіння.

2.1.2. Загальні відомості про вибухові речовини

Теорія вибухових речовин – розділ науки про вибухові речовини (ВР), що визначає закони вибухових перетворень, дію вибухів та загальні властивості вибухових речовин.

Вибухові речовини (ВР) – це хімічні сполуки або суміші, що здатні до швидкого хімічного перетворення (вибуху), яке зможе самопоширюватися з виділенням великої кількості тепла та газів.

Швидке утворення газоподібних продуктів вибуху, нагрітих до високої температури за рахунок теплоти реакції, приводить до стрімкого зростання тиску, і при розширенні стиснутих газів виконується механічна робота. Основною характеристикою вибухів є надзвичайно швидка дія дуже високого тиску, а звідси і винятково велика потужність, властива тільки вибухам.

ВР є висококонцентрованим і економічним джерелом енергії і широко застосовується в різних галузях господарської діяльності. Це і гірнича справа, будівництво тунелів, гребель та ін., виготовлення штучних алмазів, полімерів; обробка металів (штампування, різання та ін.)

2.1.2.1. Класифікація вибухових речовин та вимоги до них

Вибухові речовини досить різні за своєю фізико-хімічною природою та за можливостями застосування.

Залежно від агрегатного стану ВР бувають: рідкі (нітрогліцерин та ін.), тверді (тротил та ін.), аморфні (пластит).

Залежно від хімічної природи ВР поділяються на: солі (гримуча ртуть, азид свинцю, аміачна селітра та ін.), нітрсполуки (тротил), нітроаміни (гексоген, октоген), нітроефіри (нітрогліцерин).

Окрім індивідуальних ВР, використовуються суміші ВР або складні ВР, або вибухові композиції з окиснювачами, що являють собою суміші окиснювача з ВР або з паливом – димний порох, амотоли динаміти, хлоратні та нехлоратні ВР та ін.

Так, найстаріша вибухова речовина – димний порох – це суміш двох горючих речовин (вугілля та сірки) з окиснювачем (калійна селітра).

Найбільш поширеною класифікацією є та, що ґрунтується на практичному застосуванні ВР. Відповідно до неї ВР діляться на: ініціюючі вибухові речовини, бризантні вибухові речовини, металні вибухові речовини, піротехнічні склади.

Ініціюючі вибухові речовини (ІВР) використовуються для виготовлення зарядів засобів ініціювання (капсулів-підпалювачів, капсулів-детонаторів). До ІВР відносять: гримучу ртуть, азид свинцю та ін.

Бризантні (подрібнювальні) вибухові речовини (БВР) використовуються для руйнування та подріблення об'єктів. З них виготовляють розривні заряди снарядів у боєприпасах. До них належать тротил, гексоген, октоген, ТЕН та ін. Деякі з БВР використовуються як компоненти ракетних палив та порохів (октоген, гексоген).

Металні вибухові речовини (МВР) – порохи, ракетне паливо – використовується як джерело енергії для переміщення снарядів, мін, ракет, куль стрілецької зброї. З них виготовляють бойові заряди.

Піротехнічні склади (ПТС) – багатокомпонентні суміші, що застосовуються для одержання піротехнічних ефектів: звукових, сигнальних, запалювальних, маскувальних та ін.

Практичне використання вибухових речовин зумовлене специфічними вимогами до ВР.

Загальні вимоги до вибухових речовин

Досить великий запас потенціальної енергії, такий, що забезпечує досягнення необхідного ефекту від застосування ВР – руйнування, переміщення, збудження вибухового перетворення інших ВР та ін.

Певні межі чутливості до зовнішніх збуджень, що забезпечують безвідмовність у бойовому застосуванні та безпеку при виготовленні та повсякденному поводженні.

Висока фізична та хімічна стабільність, тобто здатність зберігати довгий час незмінним свої фізико-хімічні властивості.

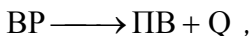
Широка та дешева сировинна база, простота, безпечність та економічність технології виготовлення.

Крім загальних вимог до ВР, встановлено ряд і спеціальних (залежно від галузі застосування та мети використання). Так, єдиним способом спорядження ініціюючих ВР є пресування, а для ПТС – піротехнічний ефект та можливість пресування.

2.1.3. Вибухово-енергетичні характеристики вибухових речовин

Для оцінки можливої руйнівної дії вибухів або їх здатності виконувати роботу необхідно знати кількість теплоти, яка виділяється під час вибуху; об'єм, кількість і якість продуктів вибуху та їх температура.

Хімічна реакція вибухового перетворення в загальному вигляді подана схемою



де ВР – вибухова речовина;

ПВ – продукти вибуху;

Q – тепловий ефект вибухового перетворення.

ня.

Визначимо основні енергетичні характеристики вибуху: кисневий баланс ВР, питомий об'єм газоподібних

продуктів, теплота вибухового перетворення, температура вибуху, швидкість детонації, працездатність вибуху.

2.1.3.1. Кисневий баланс

Кисневий баланс (КБ) ВР – це показник, що характеризує можливості ВР до окиснення пального (вуглецю та водню у складі ВР) за рахунок власного кисню з утворенням вуглекислого газу і води.

Кисневий баланс розраховується за формулою

$$KB = \frac{16(N_0 - N_1)}{\mu} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де N_0 – число атомів кисню у молекулі ВР;

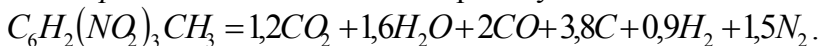
N_1 – число атомів кисню, необхідних для повного окиснення вуглецю і водню;

μ – молярна маса ВР, г/моль;

16 – атомна маса кисню.

Кисневий баланс може бути: нульовим (КБ=0), якщо можливе повне окиснення ВР за рахунок власного кисню, тобто $N_0=N_1$; позитивним, якщо в молекулі ВР атомів кисню більше, ніж необхідно для повного окиснення і ($N_0>N_1$); негативним, якщо не вистачає атомів кисню для повного окиснення ($N_0<N_1$).

Приклад 1. Визначимо КБ тротилу.

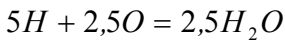
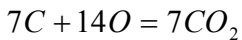


Молярна маса

$$m = 7M_C + 5M_H + 3M_N + 6M_O = 7 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 16 = 227 \frac{г}{моль}.$$

Кількість атомів кисню в молекулі $N_0 = 3 \cdot 2 = 6$.

Для окиснення 7 атомів С і 5 атомів Н необхідно

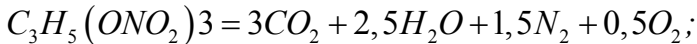


$$N_1 = 16,5$$

$$KB = \frac{16(6 - 16,5)}{227} \cdot 100\% = -74\%$$

KB – негативний.

Приклад 2. Нітрогліцерин.



$$m = 3m_C + 5m_H + 3m_N + 9m_O = 3 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 9 \cdot 16 + 3 \cdot 14 =$$

$$= 227 \frac{\text{г}}{\text{моль}};$$

$$N_0 = 9; \quad N_1 = 8,5;$$

$$KB = \frac{16(9 - 8,5)}{227} \cdot 100\% = 3,5\%$$

KB – позитивний.

Залежно від *KB* вибухові речовини поділяються на три групи: ВР із позитивним або нульовим *KB* (нітрогліцерин, нітродигліколь); ВР із незначним негативним *KB* – ті, де кисню не вистачає для повного окиснення ВР, але досить для перетворення в газоподібні продукти (ТЕН, гексоген, піроксилін та ін.); ВР зі значним негативним *KB* – ті, де кисню не вистачає для перетворення всього палива в газоподібні продукти, внаслідок чого утворюється вільний вуглець у вигляді сажі.

2.1.3.2. Об'єм газоподібних продуктів

Питомий об'єм газоподібних продуктів – об'єм газів (у літрах), що утворилися під час вибуху 1 кг ВР, приведені до нормальних умов ($T=273^\circ\text{ К}$; тиск $P=10^5\text{ Па}$ або $t=0^\circ\text{С}$; $P=760\text{ мм рт. ст.}$).

$$W_1 = \frac{22,4 \cdot n}{\mu} \cdot 1000 \left(\frac{\text{л}}{\text{кг}} \right), \quad (2.2)$$

де W_1 – питомий об'єм газів;
 n – кількість молів пару і газоподібних продуктів, що утворилися під час вибуху 1 кг ВР;
 μ – молярна маса;
22,4 – число Авогадро.

Приклад 3. Тротил (з прикладу 1).

$$n = 1,2 + 1,6 + 2 + 0,9 + 1,5 = 7,2;$$

$$W_1 = \frac{22,4 \cdot 7,2}{227} \cdot 1000 = 710 \left(\frac{\text{л}}{\text{кг}} \right).$$

2.1.3.3. Теплота вибухового перетворення

Теплота вибухового перетворення є однією з найважливіших енергетичних характеристик, яка визначає її практичне використання.

Чим більша теплота вибуху, тим більший тиск, а отже, більша працездатність, потужність ВР; руйнівна дія продуктів вибуху на зовнішнє середовище.

Питомою теплотою вибухового перетворення називається кількість тепла, що виділяється під час вибуху 1 моля, або 1 кг ВР.

Розрахункова теплота вибуху визначається за допомогою таблиць. Для різних ВР її величина різна. Так, для тротилу вона становить

$$Q_V = 957,55 \text{ кДж/моль, або } Q_V = 4220,7 \text{ кДж/моль.}$$

Додавання алюмінієвого порошку до складу ВР значно підвищує теплоту вибуху, але знижує швидкість детонації.

Теплота вибуху тротилу $Q_V = 4,18 \text{ МДж/кг}$ і береться за еталон розрахунку потужності вибуху.

Наприклад, тротиловий еквівалент $1 \text{ кг } U^{235}$ при повному розщепленні всіх ядер становить 20 кілотонн .

2.1.3.4. Температура вибуху

Температура вибуху (T) – це максимальна температура, до якої нагріваються продукти вибухового перетворення. Вона становить $3000 - 4000^\circ \text{ К}$.

2.1.3.5. Швидкість детонації

Швидкість детонації (V) – це швидкість поширення детонаційної хвилі в масі ВР.

Вона визначається залежністю

$$V = 110\sqrt{Q_V}, \quad (2.3)$$

де V – швидкість детонації;
 Q_V – питома теплота вибуху.

Від швидкості детонації залежить тиск продуктів вибуху

$$P_{\text{дет}} = \frac{c_0 \cdot V^2}{4}, \quad (2.4)$$

де $P_{\text{дет}}$ – тиск, атм;
 ρ_0 – густина заряду ВР, г/см^3 ;
 V – швидкість детонації, м/с .

2.1.3.6. Працездатність вибуху

Працездатність вибуху визначається потенціальною енергією – максимальною енергією, яка може виділитися під час вибуху. Її мірою може служити теплота вибуху

$$Q = Q_V \cdot m_{BP}, \quad (2.5)$$

де Q_V – питома теплота вибуху;
 m_{BP} – маса ВР, кг.

Під час вибуху потенціальна хімічна енергія перетворюється в механічну роботу через теплову (внутрішню) енергію газів. При цьому існують досить великі витрати енергії, через що реальний ККД вибуху снаряда в ґрунті дорівнює приблизно 7%.

Як приклад можна навести вибух 200 кг авіаційної бомби, яка споряджена 100 кг амотолу.

Потенціальна енергія її становить $3,51 \cdot 10^5$ кДж. Цього досить, щоб підняти локомотив масою 120 тонн на висоту близько 300 м. Але практично навіть при вибуху у вертикальній шахті, обшитій бронеплитами, тільки $\frac{1}{6}$ частина енергії перетворилася б у механічний рух, через що локомотив досяг би висоти тільки 50 м.

2.1.3.7. Руйнуюча дія вибухів, ударна хвиля, фугасність, бризантність

Під час вибуху ВР утворюються розігріті до температури 3000 - 4000°К, стиснуті до тиску ($2 - 3 \cdot 10^5$ атм) газоподібні продукти вибуху. Розширюючись зі швидкістю $\frac{3}{4}$ швидкості детонації, ці продукти спричиняють сильну динамічну дію на довкілля, стискаючи його і утворюючи вибухові хвилі, які створюють механічні руйнування на відстані.

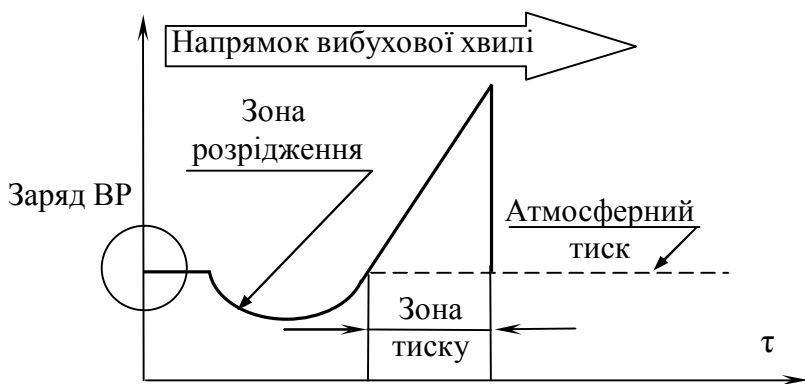


Рисунок 2.1 - Схема дії вибухової хвилі

Вибухова хвиля (ВХ) – це миттєва зміна параметрів стану повітря і тиску, густини, температури, швидкості, що поширюється в усі боки від центру вибуху.

Вибухова хвиля характеризується надлишковим тиском (оскільки вибухове перетворення відбувається значно швидше, ніж розширення продуктів вибуху) і швидкісним натиском (внаслідок руху потоку повітря зі швидкістю 7 - 8 км/с).

У момент надходження в яку-небудь точку простору фронту вибухової хвилі, тиск у цій точці миттєво підвищується, внаслідок чого об'єкт зазнає різкого удару, а повітря, що рухається в напрямку поширення ВХ, створює швидкісний тиск на об'єкт.

За зоною підвищеного тиску утворюється зона розрідження, де тиск нижчий за атмосферний. Віддалення вибухової хвилі від місця її виникнення приводить до того, що параметри її поступово зменшуються, що є наслідком перетворення кінетичної енергії ВХ у теплову, і врешті-решт вона вироджується в звукову хвилю.

Якщо ВХ несе навіть незначний надлишковий тиск ($0,5 \cdot 10^5$ Па, або 0,5 атм), то внаслідок імпульсного характеру навантаження – стрімке зростання тиску і швидкий його

спад – вона викликає руйнування будівель, споруд, ураження людей. При надлишковому тиску $4 - 5 \cdot 10^5$ Па сильні пошкодження отримують танки, тиск $0,8 - 1,0 \cdot 10^5$ Па викликає тяжкі травми особового складу.

Зв'язок між параметрами ВХ і її уражаючими можливостями встановлюється експериментально.

Так, радіус (у метрах) смертельного ураження людей (R_{cm}) приблизно визначається:

$$R_{cm} = 1,1\sqrt{m_{BP}}, \quad \text{при } m_{BP} > 300 \text{ кг,}$$

$$R_{cm} = 2,4\sqrt{m_{BP}}, \quad \text{при } m_{BP} < 300 \text{ кг.}$$

Частина простору навколишнього середовища, в якій проявляється дія продуктів вибуху і ударної хвилі (УХ) при вибухові заряду, називається *полем вибуху*.

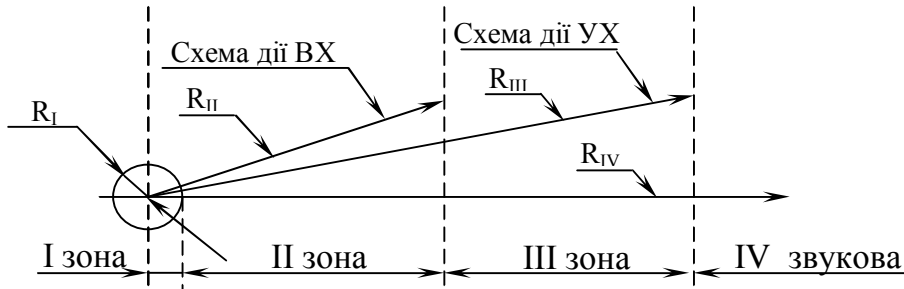


Рисунок 2.2 - Поле вибуху

Поле має 4 зони:

I – зона бризантної дії від продуктів детонації:

$$R_I = 2,0 - 2,5 \text{ заряду ВР;}$$

II – зона сильних руйнувань за рахунок сумісної дії ВХ і продуктів детонації:

$$R_{II} = 20 \text{ заряду ВР;}$$

III – зона загальної дії вибуху, де руйнування зумовлене дією повітряної вибухової хвилі:

$$R_{III} = 100 \div 200 \text{ заряду ВР};$$

IV – зона виродження ВХ у звукову.

Механічна робота руйнування при вибуху здійснюється за рахунок потенціальної енергії, яку має ВР. Робота вибуху проявляється у багатьох формах, але найбільш характерними є фугасна та бризантна дії.

Фугасна дія – робота продуктів вибуху з метання твердого навколишнього середовища, утворення та поширення вибухової хвилі в навколишньому середовищі.

Критерієм фугасності ВР є питомий об'єм газоподібних продуктів.

Бризантна дія – здатність ВР при вибуху подрібнювати або пробивати предмети, що доторкуються до заряду ВР.

Ця дія зумовлена різким ударом продуктів вибуху, що знаходяться під високим тиском.

Критерієм бризантності є початковий тиск продуктів вибуху $P_{дет}$. Це означає, що бризантна дія збільшується зі зростанням густини і різко збільшується зі зростанням швидкості детонації ВР.

При вибуху звичайного заряду ВР продукти вибуху і вибухова хвиля рухаються в усіх напрямках: при цьому тиск, швидкість і густина продуктів вибуху зменшуються пропорційно кубу відстані від центру вибуху. Якщо сконструювати заряд таким чином, щоб уся енергія вибуху була сконцентрована в одному напрямку, то руйнуюча дія вибуху в цьому напрямку різко зростає.

Концентрація бризантної дії вибуху в основному напрямку заряду вибухової речовини називається *кумуляцією*.

Явище кумуляції вперше виявлене і досліджене військовим інженером Боресковим М.М. у 1864 році.

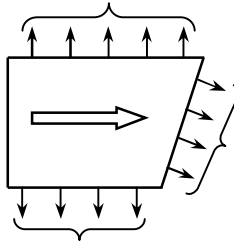


Рисунок 2.3 - Схема дії продуктів вибуху

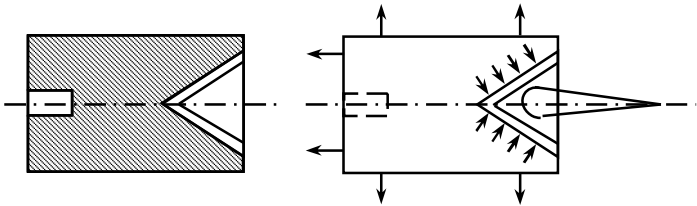


Рисунок 2.4 - Схема дії кумулятивного заряду

Під час вибуху заряду ВР продукти вибуху рухаються в основному в двох напрямках: осьовому та боковому, приблизно перпендикулярно до поверхні заряду.

Якщо в заряді буде заглиблення конічної форми, то продукти вибуху, зіштовхуючись на осі конуса, стискуються і рухаються вздовж осі заряду, утворюючи сфокусований високоенергетичний газовий кумулятивний струмінь, що рухається зі швидкістю 12 - 15 км/с і максимальним тиском до 0,5 млн атм. на деякій відстані від основи заглиблення, що називається кумулятивною фокусною відстанню.

Діаметр струменя при цьому становить 2 - 3 см.

Руйнуюча дія струменя зростає в 3 - 4 рази, якщо конічне заглиблення вкрите тонким шаром металу, що пояснюється утворенням металевого кумулятивного струменя з матеріалу покриття.

Встановлено, що при всебічному стискуванні продуктами вибуху металеве покриття переходить у рідкий стан і при наблизненні на великій швидкості елементів покриття

до осі заглиблення у момент їх зустрічі виникає тиск близько 1 млн атм.

Унаслідок велетенського тиску внутрішні шари металевого покриття (це близько 10% від загальної маси покриття) витісняються і утворюють металевий кумулятивний струмінь, при цьому основна маса металу покриття стискається в компактне тіло – пест. Пест рухається зі швидкістю 1,2 - 1,5 км/с і не впливає на глибину проникнення струменя в перешкоду.

Металевий кумулятивний струмінь, що рухається зі швидкістю 8 - 10 км/с, в польоті розтягується, оскільки задні частинки рухаються набагато повільніше за передні (1,2 - 1,5 км/с). Чим сильніше розтягується струмінь без розривів, тим сильніша його дія на перешкоду і більша глибина пробоїни. Але за межами фокусної відстані струмінь починає розриватися на окремі частини, через що найбільша пробивна дія струменя спостерігається у фокусі (тобто при найбільшій довжині струменя).

Теоретично боеприпаси з кумулятивним зарядом здатні пробивати броню, товщина якої у 5,5 раза перевищує калібр снаряда.

Дія кумулятивного струменя по броні ґрунтується на тому, що під високим тиском (близько 1 млн атм.) метал броні перетікає як рідина.

Це зумовлено тим, що тиск кумулятивного струменя в десятки разів перевищує межу текучості металу. Матеріал броні витискається в напрямку вільної поверхні, утворюючи канал.

Використовуючи закони гідравліки, можна визначити глибину пробоїни:

$$h = L \sqrt{\frac{c_{cmp}}{c_{nep}}} \cdot \cos \beta, \quad (2.8)$$

де L – довжина струменя;
 α – кут зустрічі із перешкодою (від нормалі);

ρ_{cmp} – густина кумулятивного струменя, г/см³;

ρ_{nep} – густина матеріалу перешкоди, г/см³.

Експериментально встановлено, що максимально можлива довжина струменя в 2 - 3 рази перевищує довжину твірної кумулятивного заглиблення. З урахуванням цього

$$h = (2 - 3)l_0 \sqrt{\frac{c_{cmp}}{c_{nep}}} \cdot \cos \beta, \quad (2.9)$$

де l_0 – довжина твірної заглиблення.

Однак глибина бронепробивання залежить не тільки від довжини струменя та співвідношення густини струменя і перешкоди, а і від характеристик міцності перешкоди, її твердості, пластичності, можливого стиснення.

Багатошарова броня у такому випадку, коли кут зустрічі снаряда з перешкодою прямий, практично не впливає на пробивну здатність кумулятивного струменя. Але якщо кут зустрічі перевищує величину 45⁰ від нормалі, пробивна здатність зменшується. Внаслідок цього основна маса струменя взаємодіє зі стінками отвору, а в пробиванні наступного листа бере участь набагато менша частина струменя.

Обертання снаряда з високою кутовою швидкістю зменшує бронепробивну здатність за рахунок розриву монолітності струменя під впливом відцентрових сил. Через це сучасні кумулятивні снаряди стабілізуються в польоті не за рахунок обертання, а хвостовим аеродинамічним стабілізатором.

2.1.4. Чутливість вибухових речовин

Однією з вимог до ВР є чутливість до зовнішніх збуджень, що забезпечує безвідмовність у бойовому застосуванні та визначає безпеку при виготовленні та повсякденному поводженні.

Чутливістю ВР називають її здатність реагувати на зовнішню дію виникненням процесу горіння або вибуху.

Характеризується чутливість мінімальною величиною початкового імпульсу (енергії), необхідного для ініціювання вибухового перетворення. Вона є однією з основних характеристик ВР, яка визначає можливість практичного застосування останньої. Досить важливим фактором є інтенсивність (швидкість) надання енергії.

Так, ініціюючі ВР досить чутливі до механічної дії, не вибухають при їх пресуванні (енергія надається повільно), але безвідмовно вибухають, якщо на них впаде вантаж масою декілька сотень грамів з висоти, меншої за один метр.

Ініціюючі імпульси для виникнення детонації і горіння нерівноцінні між собою навіть для однієї ВР. Наприклад, для збудження горіння тротилу досить енергії полум'я сірника, а для збудження детонації тротилу необхідна енергія вибуху іншої ВР.

Найбільш поширеними видами енергії початкового імпульсу є: теплова енергія – нагрівання, полум'я; механічна енергія – удар, тертя, наколювання; вибухова та хімічна енергія.

2.1.4.1. Тепловий імпульс

Чутливість вибухової речовини до теплового імпульсу характеризується температурою спалаху.

Температура спалаху – це найменша температура, до якої слід нагріти ВР, щоб збудити в ній вибухове перетво-

рення зі швидкістю його перебігу, достатньою для отримання звукового ефекту або полум'я.

Найбільш чутливим для нагрівання є гримуча ртуть, піроксилін, тетрил. Найменш чутливими – азид свинцю, димний порох і тротил.

2.1.4.2. Механічний імпульс

Збудження вибухового перетворення механічним імпульсом базується на тому, що механічна енергія імпульсу при певних умовах переходить у теплову енергію. Внаслідок цього у масі ВР виникають гарячі точки – локальне розігрівання речовини, яке спричиняє горіння ВР і яке залежно від природи ВР і зовнішніх умов або переходить у вибух, або затухає.

2.1.4.3. Чутливість бризантних вибухових речовин до удару

Чутливість БВР до удару характеризується часткою вибухів (табл. 2.1), що сталися під час певного числа випробовувань (50 або 100) при падінні на них вантажу масою 10 кг з висоти 25 см при масі ВР 0,05 г та площі ВР $0,5 \text{ см}^2$.

Таблиця 2.1 - Чутливість до удару деяких БВР

Тротил	4 - 8%
Тетрил	50 - 60%
Гексоген	70 - 80%
ТЕН	100%
Амотол	20 - 30%
Піроксилін	70 - 80%

2.1.4.4. Чутливість ініціюючих вибухових речовин до удару

Чутливість ІВР до удару характеризується нижньою та верхньою межею чутливості (табл. 2.2).

Нижня межа чутливості – максимальна висота падіння вантажу, при якій не відбувається жодного вибуху. Це міра безпечного поводження з ІВР при виробництві та бойовому застосуванні.

Верхня межа чутливості – мінімальна висота падіння того ж вантажу, при якій досягається 100% вибухів. Це міра безвідмовної дії ІВР, від якої залежить надійність дії ІВР. Маса ІВР при випробуванні 0,02 г.

Таблиця 2.2 - Чутливість до удару деяких ІВР

Вибухова речовина	Маса вантажу, кг	Межа чутливості	
		верхня	нижня
Гримуча ртуть	0,69	5,5	8,5
Тетразен	0,69	7,0	12,5
Азид свинцю	0,98	7,0	23,0
ТНРС	1,43	14,0	25,0

2.1.4.5. Чутливість вибухових речовин до наколу

Чутливість до наколу оцінюється найменшою висотою падіння вантажу певної маси на голку, що встановлена на ВР, при якій відбувається вибухове перетворення ВР. Випробування проводиться з визначенням верхньої та нижньої межі чутливості, як і для випробувань на удар.

2.1.4.6. Чутливість вибухових речовин до тертя

Чутливість до тертя визначається на спеціальних приладах шляхом розтирання ВР між двома роликками і характеризуються з одного боку масою вантажу, що стискає

ролики, а з іншого - часом від початку випробування до моменту вибуху ВР.

2.1.4.7. Чутливість вибухових речовин до струшування

Чутливість ВР до струшування під час пострілу та при зустрічі снаряду з перешкодою є дуже важливою з практичної точки зору. Під час руху снаряду у каналі ствола після пострілу, коли діють великі прискорення, внаслідок інерції виникають високі навантаження на шари ВР, що знаходяться біля дна снаряду. Внаслідок напружень, що виникають у цих шарах, може статися передчасний вибух. Крім того, вибух може статися при зміщенні (зсуві) шарів ВР за наявності в заряді ВР дефектів структури (порожнин, тріщин та ін.). Це буде важливим, якщо питомий тиск пресування ВР менший, ніж тиск, що виникає у шарах ВР під час пострілу або під час зустрічі з перешкодою.

Передчасна детонація ВР різко знижує ефективність уражаючої дії снарядів; тому практикою встановлені величини критичного напруження $\sigma_{кр}$ (тобто найбільше напруження, яке може витримати ВР у зарядах снарядів при струшуванні без вибухів) та напруження, що допускається $\sigma_{доп}$ (тобто таке, що забезпечує безпечність стрільби). Відомо, що $\sigma_{доп}$ повинне бути меншим, ніж $\sigma_{кр}$ за величиною.

Оцінка стійкості ВР до струшування проводиться як дослідним шляхом, так і розрахунковим.

Приклад. Тротил: $\sigma_{кр} = 19 \cdot 10^7$ Па;
 $\sigma_{доп} = 11 \cdot 10^7$ Па.

2.1.4.8. Чутливість вибухових речовин до детонації

Чутливість БВР до детонації характеризується мінімальною масою заряду ініціюючих ВР, що забезпечують повну та незагасаючу детонацію певної ВР (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Чутливість до детонації

Вибухові речовини	Мінімальний ініціувальний заряд, z	
	гримуча ртуть	азид свинцю
Тетрил	0,29	0,025
ТЕН	0,17	0,03
Тротил пресований	0,36	0,09
Гексоген	0,19	0,05

Чутливість до детонації БВР використовують для виготовлення вторинних зарядів капсулів-детонаторів, підривачів.

Заряд ІВР, що служить для збудження детонації БВР, називають ініціатором, а виріб, що складається зі стакана із запресованим до нього зарядом ІВР і БВР, – капсулем-детонатором.

Заряди можуть вибухати не тільки при безпосередньому контакті, але й на деякій відстані один від одного. Передача детонації на відстані називається детонацією через вплив.

Відстань, на яку передається детонація, залежить від природи ВР, величини, форми, розміщення і середовища, в якому передається детонація. Так, ТЕН і гексоген передають детонацію краще, ніж тротил; повітря передає детонацію краще, ніж вода і метал.

Чутливість ВР залежить від багатьох факторів і перш за все від природи ВР і визначається ступенем міцності хімічних зв'язків у молекулах ВР. Чим міцніший зв'язок, тим менша чутливість ВР.

На чутливість ВР впливають і фізична структура та густина заряду ВР. Рідкі ВР більш чутливі, ніж тверді; зі

збільшенням розмірів кристалів твердих ВР зростає їх чутливість, яка залежить також від форми кристалів.

Підвищення температури збільшує чутливість ВР, а наявність домішок збільшує або зменшує чутливість. Речовини, що підвищують чутливість ВР, називаються сенсibilізаторами (скло, пісок), а речовини, що знижують чутливість, називаються флегматизаторами (парафін, стеарин, алюмінієва пудра).

Процес флегматизації – досить поширений і використовується при виробництві ВР, особливо чутливих, таких, наприклад, як гексоген.

2.1.5. Фізична та хімічна стійкість вибухових речовин

Стійкість (стабільність) – це здатність ВР зберігати майже незмінними свої фізичні та хімічні властивості, а отже, і вибухово-енергетичні характеристики в умовах довгочасного зберігання.

Мірою стійкості ВР є швидкість зміни фізичних та хімічних властивостей впродовж певного часу. Стійкість є дуже важливою характеристикою при зберіганні великої кількості боєприпасів (мобілізаційних запасів) і визначає термін безпечного їх зберігання та службової придатності ВР. Розрізняють фізичну та хімічну стійкість ВР.

Фізична стійкість – здатність ВР зберігати незмінними фізичні якості (густину, міцність, гігроскопічність та ін.) в умовах зберігання ВР, що залежить від природи ВР і різних факторів, як фізичних (випаровування, поглинання вологи), так і фізико-хімічних (рекристалізація). Так, димний порох містить калійну селітру (KNO_3), не стійку до дії вологи; розривні заряди, що виготовлені за технологією військового часу з технічного недостатньо очищеного тротилу-сирцю з низькою температурою плавлення, при зберіганні можуть виділяти легкоплавку (евтектичний сплав) маслоподібну рідину («тротилове масло»), що призводить до розрихлення заряду ВР, утворення порожнин. Внаслі-

док цього зменшується стійкість до струшування під час пострілу, а це може призвести до передчасних розривів снарядів в каналі ствола гармати.

Хімічна стійкість – це здатність ВР в умовах практичного зберігання не змінювати своїх хімічних властивостей, не розкладатися, не вступати в хімічні реакції з оболонкою, в якій міститься заряд ВР та з домішками, що знаходяться в заряді ВР.

Хімічна стійкість характеризується в основному первинним розпадом ВР, а також самоприскореним (автокаталітичним) розкладанням, викликаним продуктами первинного розпаду.

Основними факторами, що визначають як хімічну, так і фізичну стійкість ВР, є хімічна будова, умови та температура зберігання ВР. Найменш стійкими є нітроєфіри (нітрогліцерин), найбільш стійкими – нітроаміни (тротил).

Домішки, що виконують роль каталізатора (це залишки кислот, оксиди азоту, луги) знижують хімічну стійкість ВР. Домішки – стабілізатори (дифеніламін, ацетон, централіт) підвищують хімічну стійкість ВР. Боєприпаси, споряджені стабілізованими ВР, можуть зберігатися десятиріччями без зміни хімічного складу та фізичних якостей.

2.1.6. Ініціюючі вибухові речовини

Серед різних вибухових речовин особливе місце посідають ініціюючі вибухові речовини (ІВР). Основні характерні властивості ІВР:

висока чутливість до простих зовнішніх дій, тобто здатність до вибуху від простих початкових імпульсів: удару, наколу, форсу вогню та ін.;

висока ініціююча здатність в незначній мірі збуджувати вибухові перетворення інших ВР.

ІВР мають високу чутливість до зовнішніх дій і призначені для ініціювання (збудження) вибуху в зарядах ін-

ших ВР або процесу горіння у порохових та реактивних зарядах.

ІВР мають більш низькі вибухово-енергетичні характеристики, ніж бризантні ВР. Наприклад, теплота вибуху ІВР лежить у межах 1,5 - 2,1 МДж/кг, а швидкість детонації становить 4500 - 5500 м/с; у той час як ці характеристики для бризантних ВР відповідно дорівнюють 4,2 - 6,7 МДж/кг і 7000 - 9000 м/с.

Спеціальні вимоги до ІВР: висока ініціююча здатність, що має забезпечити безвідмовне збудження вибухового перетворення у заряді ВР; достатня безпека в застосуванні; висока стійкість; гарна сипучість і здатність до пресування.

Застосовуються як індивідуальні ініціюючі речовини, так і суміші.

З індивідуальних ІВР найчастіше застосовуються: гримуча ртуть $Hg(ONC)_2$; азид свинцю $Pb(N_3)_3$; тринітрорезорцинат свинцю (тенерс, ТНРС) $C_5H(NO_2)_3O_2$, Pb_2H_2O – стифнат свинцю; тетразен $C_2H_8N_{10}O$.

Основною формою вибухового перетворення однорідних ІВР є детонація. Процес горіння для цих ІВР миттєво завершується детонацією.

Ініціюючі суміші – це механічні суміші, що складаються з ІВР – ініціатора вибуху, окиснювача і пального. Окиснювачами є нітрати солей $Ba(NO_3)_8$ – бертолетова сіль та деякі інші. Як пальне використовуються речовини, що утворюють при згорянні велику кількість твердих розжарених частинок і тим самим збільшують запалювальну здатність капсулів-запалювачів. Наприклад, капсуль-запалювач для артилерійських капсульних втулок вміщує гримучу ртуть $Hg(ONC)_2$ – 25% (як ініціатор вибуху), хлорат калію $KClO_3$ – 37,5% (як окиснювач), антимоніт Pb_2S_3 – 37,5% (як пальне).

У продуктах перетворення ударного складу є речовини, що викликають прискорення зносу каналу ствола. Для

підвищення довговічності ствола гармати розроблені суміші, що не викликають появи іржі.

Наприклад: склад 3:

- 50% ТНРС (ініціатор вибуху),
- 5% тетразену (ініціатор вибуху),
- 30% нітрату барію (окиснювач),
- 25% амомінію (пальне).

Ударні суміші не поступаються за своєю чутливістю до зовнішніх дій перед однорідними ІВР, а іноді і перевищують їх. Основною формою вибухового перетворення цих сумішей є горіння, що переходить у вибух, але не завершується детонацією. Вибух супроводжується потужним потоком розжарених твердих і газоподібних продуктів, що мають добру запалювальну здатність.

Спільна дія запалювальної здатності і довжина форсу вогню використовуються для збудження процесу горіння порохів і піротехнічних складів (ПТС).

Основні вибухово-енергетичні і фізико-хімічні властивості ІВР наведені в таблиці 2.4.

Усі ІВР існують лише у твердому стані: при нагріванні вони вибухають раніше, ніж при плавленні. Найбільша густина серед ІВР у азиду свинцю ($q=4,8$ г/см³), найменша – у тетразену ($q=1,65$ г/см³), що впливає на тиск детонації і, отже, на ініціюючу здатність, що зростає зі збільшенням густини.

Вимога гарної здатності до пресування і сипучості пояснюється тим, що основним методом виготовлення засобів ініціювання є пресування. Цим вимогам повністю відповідають лише гримуча ртуть і тетразен.

Для надання доброї здатності до пресування і сипучості азид свинцю і ТНРС після виготовлення піддають флегматизації і гранулюванню (озерненню). Флегматизація полягає в тому, що до частини ВР вводять у кількості 1 - 3% легкоплавку речовину (парафін, віск і т.ін.) у вигляді розчину з наступним протиранням через шовкове сито

(гранулювання) і просушування. Чутливість флегматизованих ВР дещо нижча, ніж у чистих.

Усі ІВР розкладаються за допомогою кислот і лугів, а гримуча ртуть розкладається концентрованою сірчаною кислотою за умов вибуху.

ІВР є речовини хімічно стійкі, але з підвищенням температури вони повільно розкладаються, що може призвести до відмови в дії засобу ініціювання або до вибуху. Тому категорично забороняється зберігати боєприпаси під дією прямих сонячних променів. Усі ІВР негігроскопічні, погано розчиняються як у воді, так і в органічних розчинниках, що ставить підвищені вимоги до чистоти початкових (вихідних) продуктів і до технології отримання ІВР, оскільки очищення ІВР перекристалізацією з розчину неможливе.

2.1.6.1. Застосування ініціюючих вибухових речовин

ІВР використовується для виготовлення засобів ініціювання, до яких належать засоби запалювання (капсулі-запалювачі, ударні, наколювальної дії, дії тертя, а також електрозапалювачі) і засоби детонації (капсулі-детонатори променевої і наколювальної дії, а також електродетонатори).

На початку XIX століття з'являються такі ІВР, як гримуча ртуть, азид свинцю, тринітрорезорцинат свинцю, тетразен.

Гримуча ртуть $Hg(ONC)_2$ застосовується для виготовлення первинних зарядів підривних капсулів-детонаторів, електродетонаторів, а насамперед – для виготовлення капсульних сумішей, що йдуть на спорядження капсулів-запалювачів.

Азид свинцю $Pb(N_3)_2$ широко застосовується для виготовлення первинних комбінованих зарядів капсулів-детонаторів (підривних і артилерійських); у променевих капсулях-детонаторах з ТНПС, які є більш чутливими до

форсу вогню, в накольних капсулях-детонаторах з накольною сумішшю.

Азид свинцю і гримучу ртуть не можна застосовувати в безпосередньому контакті один з одним з причини реакції обміну, що приводить до утворення двох нових ІВР: азиду ртуті і гримучого свинцю, які більш чутливі до зовнішніх дій, ніж початкові речовини.

Тринітрорезорцинат свинцю (ТНРС) ($C_6HN_3O_8Pb_2H_2O$) самостійного застосування не має внаслідок низької ініціюючої здатності. Проте висока чутливість до теплової дії і низька до удару і струсу робить його зручним для використання в артилерійських азидних променевих капсулях-детонаторах як добавку, що поглинає збудження детонації свинцю.

Тетразен $C_2H_3N_{10}O$ самостійного застосування не має, але застосовується як добавка-сенсibiliзатор до азиду свинцю для підвищення чутливості до наколу. Газоподібні продукти вибуху тетразену вміщують аміак, який нейтралізує кислі продукти вибуху ударних сумішей, що спричиняють корозію ствола гармати.

Основні властивості ініціюючих вибухових речовин наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Властивості ініціюючих вибухових речовин

Характеристика речовини	Вибухові речовини			
	Гримуча ртуть $Hg(ONC)_2$	Азид свинцю $Pb(N_3)_3$	ТНРС $C_6HN_3O_8Pb_2H_2O$	Тетразен $C_2H_3N_{10}O$

Продовження табл. 2.4

Характеристика речовини	Вибухові речовини			
Вигляд	Кристалічна речовина білого або сірого кольору	Дрібнокристалічна речовина білого кольору	Дрібнокристалічна речовина жовтого кольору	Дрібнокристалічна речовина блідо-жовтого кольору
Густина, г/см ³	4,3	4,8	3,08	1,65
Здатність до пресування	Пресується	Пресується з флегматичним затормом	Пресується	–
Гігроскопічність	Ні	Ні	Малогігроскопічна	Малогігроскопічна
Розчинність у воді	Розчиняється мало, з втратою вибухових властивостей	Не розчиняється, у вологому стані детонує	Не розчиняється	Не розчиняється
Взаємодія з металами	Взаємодіє з Cu, Al	Взаємодіє з Cu	Не взаємодіє	Не взаємодіє
Хімічна стійкість	Стійка	Стійка	Стійка	Стійка, при 50°C розкладається

2.1.7. Бризантні вибухові речовини

БВР (*Brizant* – подрібнюючий) характеризуються великою руйнівною дією вибуху щодо навколишнього середовища. Основною формулою вибухового перетворення БВР є детонація. Але порівняно з ІВР БВР мають меншу чутливість до простих імпульсів (удару, наколу і т.д.), і тому детонацію БВР збуджують вибуховим імпульсом капсуля-детонатора і часто навіть з використанням додаткових детонаторів імпульсу.

Завдяки високим вибухово-енергетичним характеристикам і невисокій чутливості БВР використовуються для виготовлення розривних зарядів у боєприпасах (снарядах, мінах, бойових частинах ракет і т.д.) і в підривних засобах (детонаторах та ін.)

Основні *вимоги* до БВР: максимальна потужність вибуху на одиницю об'єму і висока швидкість детонації, тобто одержання максимального ефекту як від ударної вибухової хвилі, так і від руйнівної дії продуктів вибуху; велика ефективність руйнування при невеликих розмірах боєприпасів; тривала стабільність при зберіганні; нечутливість до нагріву і ударів.

Усі БВР можна поділити на індивідуальні, складні, високомолекулярні і пластичні.

Індивідуальні бризантні вибухові речовини

До них належать:

1. Тротил, ТНТ-2, 4, 6 і тринітротолуол $C_7H_5N_3O_6$. Їх отримують нітруванням толуолу за наявності сірчаної кислоти. Вони легко розплавляються паром, і це використовується для їх заливки до оболонок бойових снарядів. За наявності вологи і аміаку вони утворюють високочутливі сполуки. Детонують під водою. Пресований тротил більш чутливий, ніж литий, і тому досить часто шашки з пресованим тротилом служать проміжним детонатором для підриву заряду з литого тротилу. Тротил у чистому виді за-

стосовується для спорядження боєприпасів практично всіх типів, для виготовлення підричних засобів у проміжних детонаторах і широко застосовується у вибухових сумішах і сплавах з іншими сполуками.

2. Гексоген (циклотриметилен тринітроамін) $C_3H_6O_6N_6$. Його одержують нітруванням уротропіну азотною кислотою. Погана здатність до пресування і підвищена чутливість цієї найбільш потужної БВР вимагає флегматизації (віск, парафін) – флегматизований пресований гексоген використовується для спорядження кумулятивних і осколково-фугасних снарядів підвищеної могутності (ПТКР). Гексоген входить до складу деяких пластичних ВР, а в суміші з іншими ВР (тротил, ТЕН та ін.) – для лаштування різних типів боєприпасів.

3. Октоген (циклотетраметилен тетранітроамін) $C_4H_8O_8N_8$ є аналогом гексогену. Його одержують також нітруванням уротропіну у відповідних умовах. Він широко використовується в суміші з іншими ВР, тому що чистий бездомішковий октоген є надто високочутливим. Використовується не лише як потужна БВР, але і як добавка до ракетного палива і високоенергетичних артилерійських порохів. Крім того, октоген можна використовувати в зарядах, які зазнають дії високих температур, наприклад, у снарядах швидкострільних автоматичних гармат.

4. ТЕН (пентаеритрит тетранітрат) $C(CH_2ONO_2)_4$. Його одержують взаємодією чотириатомного спирту пентаеритриту $C(CH_2OH)_4$ з азотною кислотою. Він підлягає флегматизації воском (5 - 10%) і парафіном з метою зменшення чутливості. В суміші (внаслідок надмірної чутливості у чистому вигляді) з тротилом використовується для лаштування кумулятивних боєприпасів. Флегматизований ТЕН використовується також для виготовлення детонаторів і детонуючих шнурів.

5. Тетрил (2,4,6 – тринітрофенілметилнітроамін) $C_7H_5N_5O_8$ одержують нітруванням диметиламіну. Він легко детонує і використовується для виготовлення детонато-

рів до розривних зарядів, снарядів, авіабомб та інших боеприпасів, а також для вторинних зарядів у капсулях-детонаторах.

6. ЕДНА (етилендинітроамін) $O_2NNHCH_2NHNO_2$. Поєднання в ньому високих вибухово-енергетичних характеристик і малої чутливості зумовлює його використання в боеприпасах.

Основні властивості індивідуальних бризантних вибухових речовин наведені в таблиці 2.5.

Складні, або сумішеві бризантні вибухові речовини

У сучасних боеприпасах використовуються суміші або сплави на основі індивідуальних ВР, в яких, змінюючи співвідношення компонентів, можна підібрати ВР з необхідними вибухово-енергетичними характеристиками (потужність вибуху, сприятливість до детонації, зменшення чутливості до пострілу та ін.).

Аміачно-селітрові вибухові речовини

Амотоли (шифр А-40, А-50, ..., число вказує на процент вмісту аміачної селітри) – 40 - 90% аміачної селітри + 60 - 10% тротилу (толу).

Амонали – алюмовмісні амотоли – 30 - 80% аміачної селітри + 10 - 50% тротилу + 5 - 25% порошкоподібного алюмінію.

Шнейдерит – 80% аміачної селітри і 12% динітронафталіну.

Аміачно-селітрові вибухові речовини

Амотоли (шифр А-40, А-50, ..., число вказує на процент вмісту аміачної селітри) – 40 - 90% аміачної селітри + 60 - 10% тротилу (толу).

Амонали – алюмовміщувальні амотоли – 30 - 80% аміачної селітри + 10 - 50% тротилу + 5 - 25% порошкоподібного алюмінію.

Шнейдерит – 80% аміачної селітри і 12% динітронафталіну.

Таблиця 2.5 - Властивості індивідуальних бризантних вибухових речовин

Характеристика речовини	Тротил (тол)	Тетрил	ТЕН	Гексоген	Октоген
1	2	3	4	5	6
1. Формула	$C_7H_5N_3$ H_6	$C_7H_5N_3O_8$	$C(CH_2ONO_2)_4$	$C_3H_6O_6N_6$	$C_4H_8O_8N_8$
2. Вигляд: форма, колір	Кристалічні речовини жовтого кольору		Кристалічні речовини білого кольору		
3. Густина, г/см ³	1,66 Пресується добре	1,73	1,72	1,82	1,95
	Пресується добре в флегматизованому стані				
4. Температура плавлення, °С	81 - 82	128 - 129	142 - 143	203 - 204	278-280
5. Гігроскопічність	Без розкладу	Негігроскопічні речовини у воді не розчиняються			
6. Розчинність у воді	Малогігроскопічний	Негігроскопічні речовини у воді не розчиняються			
7. Взаємодія з металами	З металами не взаємодіють				
8. Хімічна стійкість	Хімічно стійкі речовини				
9. Температура спалаху, °С	290	190	215	230	290
10. Чугливість до механічних дій, % вибухів	4 - 8%	50 - 60%	100%	70 - 80%	96 %

Продовження табл. 2.5

Характеристика речовини	Тротил (тол)	Тетрил	ТЕН	Гексоген	Октоген
11. Швидкість детонації, м/с	7000	7500	8400	8400	9100
12. Роботоздатність (у свинцевій бомбі), мл	285-320	340	500	470	440
13. Бризантність, Нмм (обтиснення свинцевих стовпчиків)	16 Вага заряду	19 Вага заряду	16 Вага заряду	16 Вага заряду	19 - 20 Вага заряду
14. Теплоота вибуху Q , МДж/кг	4,2	4,6	5,9	5,7	5,8
15. Питомий об'єм газів під час вибуху, л/кг	730	756	790	910	940
16. Температура вибуху, К	3500	3800	4600	4400	–

Продовження табл. 2.5

Характеристика речовини	Тротил (тол)	Тетрил	ТЕН	Гексоген	Октоген
17.Застосування	Для лаштування осколкових, фугасних, осколково-фугасних і бетонобійних снарядів; складова частина складних ВР	Для виготовлення детонаторів; для вторинних зарядів капсулів-детонаторів; розривних зарядів дрібнокаліберних снарядів	Для спорядження малокаліберних боєприпасів (у флегматизованому стані); заряди детонуючих шнурів	Для спорядження бронейіно-фугасних і кумулятивних снарядів (у флегматизованому стані), підривники, детонатори, потужні підривні шапки ПШМ-250	Для кумулятивних боєприпасів (у флегматизованому стані)

Усі вони використовуються для вибухів у гірничій промисловості. За рахунок аміачної селітри АСВР інтенсивно взаємодіють з металами і мають невисоку хімічну стійкість. Аміачна селітра – один з найдосконаліших джерел енергії, має низьку швидкість детонації ($D=1000 - 3000$ м/с) і великий об'єм газоподібних продуктів, що зумовлює низьку бризантність, але високу фугасність (утворення потужної вибухової хвилі).

Алюмовмісні вибухові речовини

Введення до складу БВР алюмінієвої пудри збільшує фугасну дію вибуху, збільшує його підпалювальну дію, зменшує чутливість ВР (алюміній-флегматизатор). До алюмовмісних ВР належать:

А-ІХ-2 (76% гексоген + 4% флегматизатора + 20% алюмінієвої пудри). Він використовується для спорядження броньбійних, осколково-запалювальних снарядів, а також боєприпасів фугасної дії (авіабомб, торпед та ін.);

ТГА (тротил 20 - 60%, гексоген 25 - 30%, алюміній 15 - 20%). Використовується для спорядження великогабаритних боєприпасів фугасної дії (боєголовки ракет, торпед і т.д.);

ТА – алюмінізований тротил має більшу фугасну дію, ніж тротил, і має запалювальні властивості; використовується в осколкових та осколково-фугасних боєприпасах;

ТГ (20 - 80% гексогену +80 - 20% тротилу) за потужністю перевищує тротил, але менш чутливий, ніж чистий гексоген, хімічно стійкий.

Перспективними є рідинні та газоподібні ВР, які перевищують за потужністю звичайні БВР типу тротилу. Рідинні ВР – це суміш пального (вуглеводні нітросполуки, спирти) з окиснювачем (тетранітрометан, окис азоту тощо). На основі рідинних ВР створені боєприпаси «об'ємного вибуху» фугасної дії, призначені для знищення площинних цілей.

2.2. Порохи та тверде ракетне паливо

2.2.1. Класифікація порохів

Порохи – це багатокомпонентні тверді вибухові суміші, здатні до горіння за певним законом за рахунок власних окиснювальних елементів з виділенням тепла і утворенням газоподібних продуктів. Порохи використовуються як джерела енергії метання снарядів, мін, куль, ракет.

Основна форма вибухового перетворення – горіння, що не переходить у детонацію навіть у замкнутому об'ємі при тиску до 3000 атм.

Вимоги, що ставляться до порохів: достатня могутність, яка забезпечує металъну та запальну дію; певні межі чутливості до механічних та теплових імпульсів, що забезпечує безвідмовність дії в умовах безпеки використання; здатність при зберіганні не змінювати фізико-хімічні властивості; здатність стало та закономірно горіти; достатня механічна міцність порохових елементів; безполум'яність та бездимність при пострілі; менша корозійна та ерозійна дія на канал ствола гармати; широка та дешева сировинна база.

Порохи поділяються на дві групи: порохи – механічні суміші та порохи колоїдного типу.

До порохів механічних сумішей належить димний порох, який складається з калієвої селітри (окиснювач), деревного вугілля (пальне), сірки (цементатор).

Порохи колоїдного типу або бездимні – порохи, основою яких є нітрат целюлози.

Сучасні бездимні порохи одержують з нітроцелюлози (НЦ). НЦ – високомолекулярна речовина, яку одержують від взаємодії азотної кислоти з дуже чистою целюлозою, яка знаходиться у бавовні, льоні, деревині. Процентний вміст азоту в НЦ називається ступенем нітрації. Теоретично НЦ повинен вміщувати 14,14% азоту. НЦ, що використовується в порохам, вміщує 10,7 - 13,5% азоту.

Залежно від ступеня нітрації НЦ поділяється на: піроксилін (12 - 13,5%), колоксилін (10,7 - 12%).

Чим більше азоту, тим більший запас потенціальної енергії в НЦ.

Піроксилін – це легкозапальна ВР. Під час вибуху піроксиліну виділяється значна кількість газів за дуже короткий проміжок часу. Тому піроксилін піддають пластифікації, внаслідок чого він перетворюється в тверду непористу масу, здатну горіти без вибуху з виділенням такої ж кількості газоподібних продуктів. Пластифікований піроксилін набуває властивостей металъної ВР – пороху.

Залежно від вмісту азоту піроксилін поділяється на: сумішевий піроксилін (12,5 - 13% азоту), піроксилін №2 (12 - 12,5% азоту).

Колоксилін – це вогнебезпечна, але не вибухова речовина. Застосовується для виробництва баліститних порохів і твердих ракетних палив (ТРП) у суміші з вибуховим розчинником (нітрогліцерином, нітрогліколем), а також динамітів тощо, у виробництві нітролаків і нітроклеїв. На основі колоксиліну одержують целулоїд – тверду пружну пластмасу, пластифіковану камфорою.

Універсальним розчинником для всіх видів технічної нітроцелюлози є ацетон. У процесі виробництва порохів нітроцелюлозу пластифікують, обробляючи її різними розчинниками, а потім ущільнюють і формують з них порохові елементи певної форми і розмірів.

Розчинники – пластифікатори НЦ поділяються на дві групи:

1. Легколетючі пластифікатори – енергетично інертні, знижують калорійність пороху і тому їх вміст в пороху 1 - 5% (спиртовоефірна суміш $C_2H_5OOH : C_2H_2OCOH_5 = 1 : 1,5$; ацетон $CH_3 - CO - CH_3$). Після формування порохової маси леткий розчинник усувається з пороху до мінімуму, оскільки його надлишок може стати причиною фізичної нестабільності внаслідок високої леткості розчинника; порох стає однорідним нітроцелюлозним і називається піроксиліновим.

2. Важколеткі розчинники – пластифікатори, що сприяють підвищенню калорійності порохів, оскільки є ВР. До них належать: нітрогліцерин $ONOCH_2 - CH(ONO_2) - CH_2ONO_2$ – потужна ВР, і порох на її базі називається нітрогліцериновим; нітродигліколь $O(CH_2CH_2ONO_2)_2$ – вибухово-енергетичні характеристики нижчі, ніж у нітрогліцерину, але він краще розчиняє і пластифікує колоксилін, назва порохів – нітродигліколеві; нітроксилітан $CH_2 - (CH_2ONO_2)_2CHCH_2ONO_2$ – ВР середньої потужності; назва порохів – нітроксилітанові.

Ці розчинники застосовуються до пластифікації низькоазотних НЦ – колоксилінів, і вміст їх у готовому пороху залишається незмінним. Готовий порох складається з двох компонентів – НЦ і вибухового розчинника - і називається двоосновним.

Залежно від природи розчинника-пластифікатора НЦ порохи поділяються на 4 групи: порохи на інертному легкому розчиннику, що усувається в процесі виробництва – піроксилінові порохи; порохи на вибуховому важколеткому розчиннику, що не усувається в процесі виробництва, – баліститні порохи; порохи на змішаному розчиннику – кордитні порохи; порохи без розчинника – віскозні порохи.

Піроксилінові порохи

Кожний піроксиліновий порох містить у собі піроксилін, дифеніламін (стабілізатор, тобто речовина, що підвищує хімічну стійкість $(C_6H_5)_2N - 1 - 2\%$), а також летку речовину. Крім них, до складу пороху вводяться добавки для одержання порохів з певними властивостями.

Піроксилінові порохи залежно від добавок поділяються на: малоерозійні порохи, що вміщують протиерозійні добавки (парафін, церезин, вазелін), які знижують розгарно-ерозійну дію порохових газів у каналі ствола; безполум'яний порох, який вміщує 3 - 5% полум'ягасних речовин (сульфат калію, каніфоль, смоли тощо) – для гасіння дупельного і зворотного полум'я; полум'ягасний порох (ПГ або ПГП), який вміщує 45 - 50% полум'ягасних речовин і застосовується як добавка 10 - 25% до основного заряду для гасіння полум'я; малогіроскопічні піроксилінові порохи (МГ або МГП), які вміщують гідрофобні добавки: дибутилфталат, динітротолуол, тротилове масло (у порохах, позначених ТМ), знижують гіроскопічність у 1,5 - 2 рази; кольоровий піроксиліновий порох (КПП), що вміщує велику кількість органічних фарбників, при згорянні яких утворюється дим різних кольорів.

Піроксилінові порохи, при згорянні яких утворюється невеликий розжар канал ствола, застосовуються в дрібнокаліберній артилерії з дуже високим темпом вогню (наприклад, зенітній), а також в артилерії високої потужності з малою живучістю ствола.

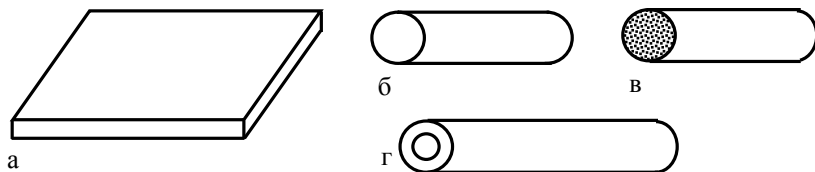


Рисунок 2.5 - Розподіл піроксилінових порохів за формою:
а – пластинні; б, в – зернисті; г – трубчасті

Для запобігання електризації, яка може привести до запалювання порохів при терті, піроксиліновий зернистий порошок піддають флегматизації і графітуванню (покриттю тонким шаром графіту).

З метою запобігання випаровуванню розчинника з порохового елемента і захисту від атмосферної вологи піроксилінові порохи зберігають у герметичній укупорці.

Баліститні порохи

Баліститні порохи – це пластифіковані концентровані тверді розчини НЦ (колоксиліну) у важколеткому розчиннику. В деяких порохох, здебільшого в ракетних, застосовуються суміші з двох важколетких розчинників, наприклад, на нітрогліцерині та нітродигліколі.

Баліститний порошок практично не дає усадки, оскільки розчинник-пластифікатор залишається у пороху як його компонент.

За призначенням баліститні порохи поділяються на: гарматні (трубки різної довжини); мінометні (пластинки, стрічки, спіралі, кільця); ракетні (шашки ТРП).

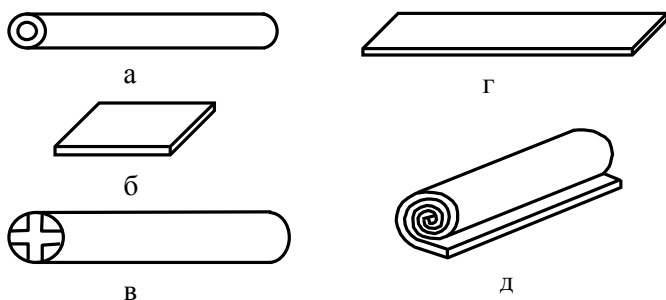


Рисунок 2.6 - Форми і розміри порохових елементів баліститних порохів:

а – трубки різної довжини; б – пластинки; в – шашки ТРП; г – стрічки;
д – кільця, спіралі

На відміну від піроксилінових баліститні порохи мають високі енергетичні характеристики, горять при високій температурі, що сприяє швидкому розжаренню каналу ствола артилерійської гармати.

Вони мають властивість, що полягає у можливості змінювати у широкому діапазоні їх енергетичні характеристики за рахунок зміни кількості важколетких розчинників і введення різних добавок.

Трубчасті баліститні гарматні порохи маркуються групою калорійності – чим вищий номер групи, тим більша калорійність пороху.

Низькокалорійні порохи часто називаються холодними порохами і застосовуються в зарядах потужних гармат для зниження розжароерозійної дії.

Кордитні порохи

Ці порохи виготовляються з високоазотного піроксиліну, а також леткого (ацетону) і важколеткого (нітрогліцерину) розчинників. Процентний склад: 52 - 73% піроксиліну, 10 - 12% нітрогліцерину, 3 - 5% динітротолуолу,

додатковий пластифікатор, 3 - 5% стабілізатора хімічної стійкості і 0,5 - 2% спиртоацетонового розчинника.

Віскозні порохи

Виготовляються без розчинників. Застосовуються для гвинтівочних та пістолетних патронів, а також для виготовлення мінометних зарядів.

2.2.2. Фізико-хімічні властивості нітроцелюлозних порохів

Особливостями нітроцелюлозних (НЦ) порохів є залежність швидкості горіння від їх густини, невисока механічна міцність та залежність крихкості від температури.

Для піроксилінових порохів густина становить 1,56 - 1,64 г/см³, а для баліститних – 1,54 - 1,6 г/см³. Гравіметрична (насіпна) густина застосовується для визначення вмісту даного типу пороху, до гільзи або камери гармати. Це відношення маси пороху, вільнонасіпаного до судини, до об'єму цієї судини.

Механічна міцність порохових елементів і паливних шашок не дуже висока.

При зниженні температури збільшується крихкість, що призводить до утворення тріщин, які роблять порох непридатним, оскільки під час пострілу з таким порохом за рахунок різкого підвищення тиску порохових газів можливе розривання ствола гармати, а також зменшується розчинність НЦ у різному розчиннику і через деякий час на поверхні пороху з'являються краплі рідини розчинника (явище ексудації). При підвищених температурах НЦ порохи і ТРП стають пластичними, а при тривалому зберіганні спостерігається звітрювання розчинника, що супроводжуються зниженням балістичних і енергетичних характеристик пороху. Стійкість до звітрювання (властивість зберігати стабільність балістичних характеристик) називається балістичною стабільністю.

Гігроскопічність НЦ порохів (палив) становить 1,5 - 2% (кількість вологи у складі пороху). Збільшення вологості пороху призводить до зменшення енергетичних і балістичних характеристик пороху (від 1% вологи – на 10 - 15% зменшується тиск порохових газів). Для зменшення гігроскопічності порохів до них додають спеціальні гідрофобні добавки, а також зберігають у герметичній металічній укупорці.

Хімічна стійкість визначає термін зберігання пороху (більше 20 років), однак при тривалому зберіганні пороху поступово втрачають хімічну стійкість і, отже, енергетичні і балістичні характеристики. Найважливіші ознаки: зміна запаху, зміна зовнішнього вигляду, зелений наліт на гільзах, порушення механічної міцності тощо. Придатність пороху визначається засобом лакмусової проби.

Характеристики порохів

Властивості порохів оцінюють енергетичними та балістичними характеристиками, які залежать від природи та складу пороху.

Теплота горіння, або калорійність пороху,

$Q_{дж} \left[\frac{кДж}{кг} \right]$ – кількість теплоти, що виділилася при згорянні у постійному об'ємі 1 кг пороху з урахуванням теплоти конденсації води, що утворилася при цьому.

Між кількістю теплоти, що виділилась при згорянні пороху, і початковою швидкістю снаряда існує пряма залежність.

Енергія порохових газів, що утворилася при пострілі:

$$E = Q_{дж} \cdot \omega, \quad (2.8)$$

де $Q_{дж}$ – калорійність пороху;
 ω – маса порохового заряду.

На підставі закону про збереження енергії

$$z \cdot Q_{\text{дж}} \cdot \eta = \frac{q \cdot V_0^2}{2}, \quad (2.9)$$

де η – ККД порохових газів (25 - 40%);
 q – маса снаряду;
 V_0 – початкова швидкість снаряда.

З (2.2) випливає, що

$$V_0 = \sqrt{\frac{2z \cdot Q_{\text{дж}} \cdot \eta}{q}}. \quad (2.10)$$

Початкова швидкість снаряда прямо пропорційна квадратному кореню від кількості теплоти, що виділилася при згорянні пороху, і обернено пропорційна до маси снаряда.

Питомий об'єм газів $W \left[\frac{\text{л}}{\text{кг}} \right]$ – об'єм, що займають порохіві гази при згорянні 1кг пороху, приведений до нормальних умов. ($T=273^{\circ}\text{K}$, $P=0,1\text{МПа}$). Чим більший об'єм газів, тим більша їх працездатність.

Температура горіння. Працездатність порохових газів залежить від температури: чим вища температура, тим більший запас енергії мають порохіві гази і тим більшу роботу вони можуть здійснити при розширенні.

Сила пороху, або потенціал пороху $f, \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right]$ – механічна робота, яку можуть здійснити газоподібні продукти при згорянні 1кг пороху, розширяючись при атмосферному тиску і охолоджуючись від температури горіння T до $T=0^{\circ}\text{K}$,

$$f = n \cdot R \cdot T_1 = \frac{P_0 \cdot T_1 \cdot W_1}{273}, \quad (2.11)$$

де n – кількість молей порохових газів, що утворюються при згорянні 1 кг пороху;

R – універсальна газова стала, $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{кг}} \right]$;

T_1 – температура горіння пороху;

P_0 – атмосферний тиск, Па;

W_1 – об'єм газоподібних продуктів горіння 1 кг пороху.

Тиск порохових газів у каналі ствола під час пострілу можна обчислювати за спрощеним рівнянням Ван-дер-Ваальса для реальних газів:

$$P(V - \delta \cdot \omega) = n \cdot R \cdot T_1 \cdot \omega, \quad (2.12)$$

де α – питомий коволюм порохових газів (власний об'єм молекул порохових газів 1 кг пороху)

$$\delta = W \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}, \quad (2.13)$$

V – об'єм судини, у якій спалюється порох;

ω – маса пороху;

T – температура порохових газів.

Враховуючи, що $n \cdot R \cdot T_1 = f$ – сила пороху, $\frac{\omega}{V} = \Delta$ – густина заряджання, то максимальний тиск порохових газів у замкненому об'ємі в момент повного згорання пороху дорівнюватиме:

$$P = \frac{f \cdot \Delta}{1 - \delta \cdot \Delta}. \quad (2.14)$$

Це основне рівняння внутрішньої балістики, що описує рух снаряда в стволі гармати під дією порохових газів. З ньо-

го впливає, що тиск тим більший, чим більша сила пороху і питомий коволюм.

Δ – густина заряджання $\Delta \left[\frac{\text{кг}}{\text{дм}^3} \right]$ – відношення ма-

си порохового заряду до об'єму зарядної камори. Чим більша густина заряджання, тим більший тиск порохових газів, що утворюються, і тим більша початкова швидкість снаряда. Для сучасних артилерійських гармат густина заряджання $\Delta = 0,7 - 0,8 \left[\frac{\text{кг}}{\text{дм}^3} \right]$.

Швидкість горіння пороху $V \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$ – швидкість пере-

міщення фронту горіння вглиб порохового елемента; вона залежить від природи і фізичної структури пороху, зовнішнього тиску і від його початкової температури.

Розрізняють 3 стадії горіння пороху: збудження процесу (запалювання); поширення полум'я вздовж поверхні порохового зерна (розпалювання); поширення полум'я вглиб пороху (власне горіння).

Швидкість розпалювання залежить від хімічної структури, стану поверхні порохового зерна і особливо від тиску. Горіння починається з випарювання пороху. Пари, що утворилися на поверхні, відтікають від неї і нагріваються за рахунок тепла від горіння попередніх частин; біля температури горіння самі вступають в екзотермічну хімічну реакцію. Тепло цієї реакції йде на випарювання пороху, нагрівання наступної порції газів з конденсованою фазою від початкової температури до температури випарювання.

Процес горіння пороху – це поширення реакції розкладу від поверхневих шарів пороху вглиб порохового елемента, причому продукти горіння рухаються в протилежному напрямку. У замкненому об'ємі порох розпалюється практично миттєво і горить паралельними шарами з однаковою швидкістю. Це положення називають геометричним законом горіння пороху.

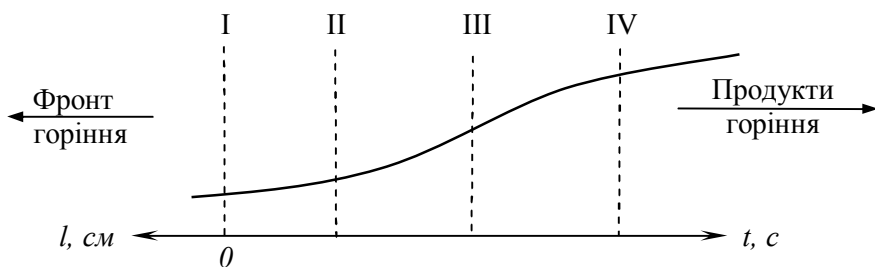


Рисунок 2.7 - Стадії горіння пороху

Зона I – відповідає нагрітому, але не розпаленому пороху.

Зона II – відповідає термічному розкладу твердого пороху, в основі якого лежить НЦ, з утворенням газоподібних продуктів і твердих частинок.

Зона III – зона горіння, що супроводжується взаємодією газоподібних продуктів і твердих частин при високій температурі.

Зона IV – зона горіння газоподібних продуктів реакції горіння (CO , CO_2 , H_2O , H_2).

Швидкість горіння визначає час згоряння порохових зарядів, інтенсивність газоутворення, характер зміни тиску порохових газів у процесі пострілу і залежить від природи та складу пороху (калорійності), від початкової температури і тиску.

Зі збільшенням калорійності і початкової температури швидкість горіння збільшується, а зі збільшенням густини – зменшується.

Для звичайної гармати швидкість горіння пороху

$$V = V_1 \cdot P, \quad (2.15)$$

де V_I – коефіцієнт швидкості горіння, тобто швидкість горіння пороху за умов тиску 1атм $V_I=5 - 7,5$;
 P – тиск газів у каналі ствола гармати.

Величезний вплив на швидкість газоутворення і на початкову швидкість снаряда має форма порохового елемента – зерна .

Залежно від характеру зміни поверхні, що горить, і швидкості газоутворення розрізняють:

1. Порохи депресивної форми, поверхня горіння яких при згорянні зменшується, тобто

$$\frac{S_z}{S_0} < 0,$$

де S_0 – початкова поверхня порохового елемента;
 S_z – поверхня горіння порохового елемента.

До депресивних порохів належать порохи, що мають форму кулі, куба або пластини.

2. Порохи прогресивної форми горіння $\frac{S_z}{S_0} > 1$, поверхня горіння яких збільшується, і, отже збільшується швидкість газоутворення. До прогресивної форми належать порохи, зерна яких мають циліндричну форму із 7 каналами.

3. Порохи з постійною поверхнею горіння $\frac{S_z}{S_0} = 1$ – до них належать трубчасті порохи з броньованими торцями.

2.2.3. Горіння твердого ракетного палива

Ракета приводиться в рух реактивною силою, що виникає при згорянні заряду ТРП, при цьому теплова енергія продуктів згорання переходить у кінетичну енергію руху. Гази, що утворюються при згорянні заряду, стиснені до

високого тиску ($1 - 2,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$), мають високу температуру ($2700 - 3000 \text{ К}$) і рухаються зі швидкістю $100 - 200 \text{ м/с}$ до сопла 1. Рухаючись по соплу, вони розганяються у звуженій частині до швидкості звуку, а в розширеній – до надзвукової, створюючи реактивну тягу двигуна. Тяга двигуна залежить від тиску продуктів згоряння у камері 5, від величини мінімального критичного перерізу, від його форми, а також від тиску навколишнього середовища (повітря).

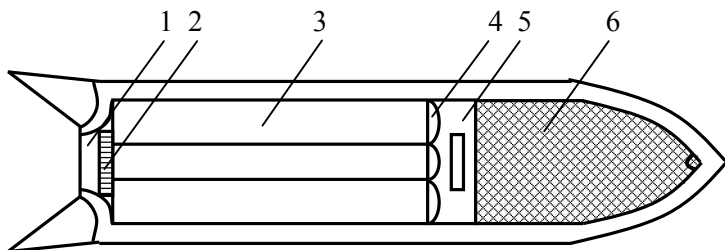


Рисунок 2.8 - Реактивний снаряд:

1 – сопло; 2 – діафрагма; 3 – ракетний двигун твердого палива РДТП;
4 – запалювальний склад; 5 – камера згоряння; 6 – бойова частина

ТРП, як і порох, горить паралельними шарами. Швидкість горіння – найважливіша характеристика – визначає величину поверхні горіння, необхідної для одержання заданої тяги РДТП, залежно від призначення РДТП лежить у межах $1 - 70 \text{ мм/с}$.

Для підвищення швидкості горіння використовують каталізатори горіння – елементоорганічні (сполуки) похідні фероцену, хелати перехідних металів та ін., перехлорат свинцю, графіт тощо.

Сажа і графіт до того ж використовуються для запобігання нестабільності горіння. Швидкість горіння має бути досить великою (з огляду на відповідну тягу і швидкість польоту ракети) і в той самий час по можливості малою, щоб забезпечити найбільшу довжину активної ділянки траєкторії, що регулюється введенням різних добавок.

$$V = ap^{\nu}, \text{ або } V = ap + b, \quad (2.17)$$

де p – тиск;

a, b, ν – коефіцієнти, що залежать від природи палива, наявності каталізатора, розміру частинок і інших властивостей палива.

Для більшості сучасних РДТП тиск у камері згорання досягає $3 - 10 \cdot 10^7$ Па (максимальний, відразу після запалювання – $3 \cdot 10^7$ Па).

Оскільки тиск у камері РДТП порівняно невисокий, стінки реактивних снарядів (ракет) виготовляють значно тоншими, ніж стінки стволів артилерійських гармат.

Форма поверхні горіння регулюється бронюванням-нанесенням на поверхню заряду малогорючого складу, наприклад, пластмаси, швидкість горіння якої в 10 разів менша швидкості горіння заряду ТРП.

Зміна тиску в камері РДТП, а також швидкості горіння і тяги двигуна залежить від форми поверхні горіння заряду ТРП.

При різних порушеннях режиму роботи РДТП виникає аномальне горіння. До таких належать:

резонансне горіння – небезпечне для міцності двигуна, може призвести до вибуху; спосіб боротьби – введення добавок з негорючих матеріалів;

ерозійне горіння – різке підвищення тиску у початковий період, коли переріз каналу заряду дорівнює перерізу сопла. Для його усунення збільшують початковий вільний переріз у паливному заряді;

переривчасте горіння – викликане неповним згоранням палива, коли потік газів, що йдуть вздовж поверхні заряду, виносить продукти, що згоріли неповністю, із сопла. Для усунення переривчастого горіння («чмихання»)

підвищують початковий тиск, вводючи каталізатори горіння.

Для швидкого запалювання заряду ТРП застосовують спеціальні запалювачі від електрозапалу і легкозапалювального піротехнічного складу, який містить у собі метали (титан, алюміній, магній тощо).

У сопло РДТП вміщують мембрану, яка розкривається при досягненні пускового тиску. Пусковий тиск у РДТП значно більший за робочий тиск.

2.2.4. Маркування піроксилінових порохів

Сучасні умовні позначення порохів вміщують такі характеристики: марка і склад пороху; якість нітроцелюлози; номер партії пороху; рік виготовлення; назва заводу – виробника; характеристика способу виробництва.

Під маркою пороху зашифровані склад, форма, розміри порохового елемента, а також товщина шару горіння (т.ш.г.)

Щодо піроксилінових порохів, то жодної вказівки на те, що це піроксиліновий порох, не дається, тобто природа піроксилінового пороху не шифрується.

Пластинчасті порохи позначаються P_n , поряд з літерами ставлять два числа, поділених рискою – розміри порохового елемента: перше число дає товщину квадратної пластинки у сотих частках міліметра 0,00 (товщину шару горіння), друга – ширину пластинки у десятих частках міліметра.

Наприклад, $P_n 50-50$ – порох пластинчастий з товщиною шару горіння 0,5 мм і шириною пластинки 5,0 мм

Зернисті пороху з одним каналом (окрім гвинтівочних) або з кількома каналами позначаються дробом: чисельник вказує на товщину шару горіння у десятих частках міліметра, а знаменник - на число каналів у зерні. Наприклад, 4/1 означає порох зернистий з товщиною шару горін-

ня 0,4 мм, одноканальний; 12/7 порох зернистий з товщиною шару горіння 1,2 мм, одноканальний.

Зернисті піроксилінові гвинтівочні і кулеметні пороху виготовляються у формі короткого циліндра з одним каналом, а для крупнокаліберних кулеметів – з кількома каналами. Ці пороху обов'язково флегматизуються камфорою з метою одержання пороху, що горить зі змінною швидкістю – найменшою у зовнішніх шарах і нормальною у внутрішніх. Флегматизація камфорою і графітування не шифруються у випадку гвинтівочних порохів:

BT – гвинтівочний піроксиліновий, флегматизований і графітований порох під важку кулю у формі циліндра з одним каналом, з т.ш.г. = 0,32 мм.

BV – гвинтівочний піроксиліновий, флегматизований, графітований порох до уніфікованого патрона зразка 1943 р., у формі циліндра з одним каналом, з т.ш.г. = 0,32 мм.

BL – гвинтівочний піроксиліновий, флегматизований, графітований під легку кулю у формі циліндра з одним каналом, т.ш.г. = 0,32 мм.

За технологією виготовлення зерен піроксилінових порохів під важку кулю, тобто таких, які мають форму циліндра з одним каналом і товщиною шару горіння 0,32 мм, готують полум'ягасні пороху типу:

BTX-10 – піроксиліновий полум'ягасний порох виготовлений за технологією *BT* (гвинтівочний під важку кулю), що містить 20% полум'ягасних добавок (дихлорвінілова смола).

Полум'ягасні піроксилінові пороху виготовлені у вигляді зерна з різною товщиною шару горіння і різною кількістю каналів; позначається так:

5/6x-25 – піроксиліновий полум'ягасний порох з т.ш.г.=0,5 мм, шестиканальний має 25% полум'ягасної хлороганічної смоли.

Трубчасті піроксилінові пороху позначаються дробом, де чисельник вказує на т.ш.г. у десятих частках мі-

ліметра, а знаменник – наявність каналу; після дробу ставлять літери *ТР*. Наприклад, 12/1 *ТР*.

ТР – піроксиліновий трубчастий порох з т.ш.г.= 1,2 мм, є здебільшого гарматним порохом.

Пористі порохи (циліндр без каналу або з каналом), які швидко згоряють, позначаються літерою *П*, після якої ставлять число – кількість ваги калійної селітри, яка надає пороху пористості. Чим більше число, тим більше пористість пороху. Наприклад, П-85 означає, що порох пористий, швидкозгоряючий, при його виготовленні застосовано 85 часток ваги калійної селітри на 100 часток піроксиліну.

Вихідною сировиною для виробництва піроксилінових порохів є целюлоза або бавовна (маркірується «сі»), або деревина (маркірується «ЦГ», «ЦА», «Рп», «РБ»).

При маркіруванні піроксилінових порохів вводять ще додаткові індекси, що ставляться після марки пороху.

Наприклад:

«*ПЕР*» – порох перероблений зі старих паперів;

«*ФЛ*» – флегматизований (крім гвинтівочних);

«*СТ*» – стабілізований (з додаванням стабілізатора – дифеніламіну);

«*ПГ*»

«*ППП*»

«*УГ*»

«*БП*»

«*БСК*»

ками;

} полум'ягасні порохи;

(каніфоль)

(сульфат калію)

} безполум'яні порохи з

полум'ягасними добав-

«*ВТМ*» – піроксиліновий порох типу ВТ для мінометів (без флегматизатора);

ВВТ

ВВЛ

ВВУ

ВП

ВМ

} віскозні порохи

Для холостої стрільби порох маркірується «Х».

2.2.5. Маркірування баліститних порохів

Склад і природа баліститних порохів позначається індексами, що вказують на орієнтовний склад пороху. Так, нітрогліцеринові баліститні порохи, у яких розчинник – пластифікатор нітрогліцерин, маркуються Н, НБ – високої калорійності;

НТ – охолоджувальна добавка травелін (динітротолуол);

НДТ – охолоджувальна добавка дибутилфталату і травеліну;

НЦ – підвищена кількість центроліту як охолоджувальної добавки.

Наприклад. НДТ-3 22/1 – порох баліститний, нітрогліцериновий, дибутилфталат і травелін – охолоджувальні добавки, 3-тя група калорійності, т.ш.г.=2,2 мм, одноканальний.

Марки реактивного палива (пороху)

НМг – нітрогліцериновий, що вміщує стабілізатор хімічної стійкості та горіння (оксид магнію MgO – 2%).

РН – нітрогліцериновий ракетний порох із крейдою (вапном) як стабілізатором горіння.

РСН – нітрогліцериновий ракетний порох з оксидом свинцю як каталізатором горіння; крейдою як стабілізатором горіння.

РНДСН – ракетний нітрогліцериновий порох (додатковий пластифікатор нітродигліколь, каталізатор горіння – оксид свинцю, стабілізатор горіння – крейда (вапно).

КДСН – нітроксилітановий порох (те саме, що у РНДСН).

Літерна позначка додаткового металевого палива, що вводитьсь до складу ТРП: А – алюмінізоване ракетне паливо.

2.2.6. Позначення форм порохових елементів

Гарматні трубчасті баліститні пороху: після літер, що вказують на природу пороху, через тире ставлять цифру, що відображає групу калорійності даного пороху; а потім дріб – у чисельнику товщина шару горіння трубки у десятих частках міліметра, а в знаменнику – наявність каналів.

Позначення «ТР» для трубчастих баліститних порохів не застосовується, оскільки останні не виготовляються у вигляді зерен циліндричної форми. Наприклад, НДТ-3 22/1 означає порох баліститний, нітрогліцериновий, гарматний, що вміщує охолоджувальні добавки дибутилфторат і травелін, третя група калорійності, трубчастий, з т.ш.г.=2,2 мм.

Мінометні баліститні пороху виготовляються у формі стрілок, пластинок, кілець та спіралей.

Порохові елементи у формі стрічки позначаються літерою Л, поряд з якою ставиться число, що вказує на товщину стрічки (т.ш.г.) у сотих частках міліметра. Наприклад, НБЛ 95 означає: порох баліститний, нітрогліцериновий, високої калорійності, мінометний, у формі стрічки, з т.ш.г.=0,05мм.

Порохові елементи у формі пластинки позначаються буквами ПЛ і цифрами, розділеними рискою. Наприклад, НБПЛ10-10 – порох нітрогліцериновий, баліститний, мінометний, високої калорійності, пластинчастий т.ш.г.=0,1мм, ширина пластини 1,0 мм.

Порохові елементи у формі кільця позначаються літерою К, після якої ставиться дробове число: чисельник – внутрішній діаметр кільця, мм, знаменник – зовнішній діаметр кільця в мм, а через тире ставлять число, що означає т.ш.г. у сотих частках, мм. Наприклад, НБК 32/64-14 – порох нітрогліцериновий, баліститний, мінометний, високої калорійності, у формі кільця із внутрішнім діаметром 0,32 мм, зовнішнім 0,64 мм, т.ш.г.=0,14 мм.

Порохові елементи у формі тонкої і довгої стрічки, що звернута у рулон у вигляді архімедової спіралі, позначають Сп і двома числами, що розділені рискою; перше означає товщину стрічки (т.ш.г.) у сотих частках міліметра, друге – ширину стрічки у міліметрах. Наприклад, НБСп 14-47 – порох нітрогліцериновий, баліститний, висококалорійний, мінометний у формі спіралі, з т.ш.г.= 0,14 мм і шириною стрічки – 47 мм.

Позначення номера партії, року виготовлення, заводу – виробника і методу виробництва НЦ-порохів

Кожна партія готового пороху має певний номер, а також час його виготовлення. Записуються ці дані у вигляді дробу з чисельником – номером партії пороху та знаменником – роком виготовлення пороху, які ставляться після позначення марки пороху. Наприклад, 4/58 – порох партії 4, рік виготовлення – 1958.

2.3. Піротехнічні склади

2.3.1. Загальні відомості про піротехнічні склади

Піротехніка – з грецької «вогневе мистецтво» – галузь техніки, що пов'язана з виробництвом і застосуванням ПТС, при горінні яких виникають світлові, теплові, димові, звукові і реактивні ефекти.

Піротехнічні вироби відомі з глибокої давнини. Так, запалювальні суміші застосовувалися при облозі Трої, при навалі татаро-монгольських полчищ на Русь. У Росії ПТС почали застосовувати з 17-го століття, в основному для проведення феєрверків, салютів і т.ін.

Широко застосовувалися ПТС і вироби з них у першій світовій війні, а особливо у другій світовій війні.

Основні розрахунки для ПТС вперше були виконані піротехніками Носовим Н.А., Матюкевичем Ф.Ф. (1840-

1869 рр.) і розвинені Цитовичем П.С. і Степановим Ф.В., що в 1894 р. надрукували свої праці з мирної піротехніки, які й до цього часу є кращими з відомих у світовій практиці.

ПТС споряджають різні види боєприпасів (снаряди, міни, ракети, авіабомби та ін.), навчально-імітаційні та інші вироби.

ПТС широко застосовуються в народному господарстві:

металотермія (Al, Mg, Ca – термія) для одержання чистих металів (уран, РЕМ, Ti, Zr), для зварювання рейок, труб, проводів і т.ін.;

космонавтика – наприклад, до конструкції американського космічного корабля «Джеміні» входило 87 піротехнічних пристроїв для відділення корабля від ракети-носія і т.ін.;

сільське господарство – димові суміші для захисту від заморозків, для боротьби зі шкідниками рослин; протиградові суміші, що застосовуються для зміни несприятливих умов природи;

кінематографія – при зйомках батальних сцен кінофільмів, наприклад, панорама Бородинської битви в кінофільмі «Війна і мир» вимагала 23 т димного пороху, було підірвано 15000 димових гранат і 2000 імітаційних зарядів.

Більшість ПТС являють собою складні суміші, що складаються з ряду компонентів – окиснювача, пального, зв'язувача (цементатора) і добавок.

Найбільш поширеними окиснювачами є солі кислот: азотної [$Ba(NO)_2$; KNO_3 та ін.]; хлорної [$KClO_3$ та ін.]; оксиди металів [Fe_3O_4].

При нагріванні до визначеної температури окиснювач розкладається з виділенням кисню, за рахунок якого і проходить згоряння пального. Але є багато ПТС, де пальне згоряє завдяки кисню повітря.

Як пальне використовують метали: Mg, Al та їх сплави, наприклад, «електрон», нафту і нафтопродукти, цукор, смоли і т.ін.

Зв'язувачами (цементаторами) є полімери, ПХВ, фенол-формальдегідні смоли-бакеліт, ідітол і т.ін., шелак.

Вони необхідні: для зв'язування механічних сумішей і надання спресованій суміші бажаних механічних властивостей; для виконання ролі флегматизаторів і стабілізаторів – для безпеки при виготовленні і зберіганні; як додаткове пальне.

Крім того, вводяться добавки-солі, що забарвлюють вогонь; барвник, що дає кольоровий дим; стабілізатори хімічної стійкості і т.ін.

Основною формою перетворення ПТС є процес горіння, як під дією кисню, що міститься в окиснювачі, так і за рахунок кисню повітря.

Піротехнічний ефект (у тому числі і швидкість горіння) залежить від природи окислювача і пального, від розміру частинок компонента, їх чистоти, ретельності змішування, ступеня пресування, а також від конструкції виробу.

Для виготовлення ПТС компоненти подрібнюють, сушать, просіюють, змішують, заповнюють картонні або металічні гільзи і пресують.

Багато ПТС, особливо ті, що вміщують хлорати ($KClO_3$), мають вибухові властивості, чутливість їх до зовнішнього впливу залежить від хімічного складу. Крім того, багато ПТС є гігроскопічними і хімічно малостійкими, особливо *Mg*-утримуючі суміші. Тому зберігають ПТС в гермоукупорці, і зовнішньою ознакою хімічного розкладання ПТС є роздутість гермоукупорки, що виконана з тонкого листового заліза, в результаті підвищення внутрішнього тиску, що створюється газоподібними продуктами розкладу ПТС.

Загальні *вимоги* до ПТС: заданий піротехнічний ефект; безпека при виготовленні, обходженні, зберіганні; достатня фізико-хімічна стійкість; широка і дешева сировинна база.

За призначенням ПТС поділяються на освітлювальні, сигнальні, трасуючі, запалювальні, димові і т.ін.

Знання основних видів ПТС, їх призначення й використання необхідно при вивченні теми “Стрільба вночі за палювальними, димовими і освітлювальними снарядами”.

2.3.1.1. Освітлювальні піротехнічні склади

Освітлювальні суміші призначені для освітлення великих ділянок місцевості. Ними споряджають освітлювальні снаряди, міни, авіабомби, 26-мм патрони і гвинтівочні гранати.

Вимоги: необхідний час дії і забезпечення доброї видимості на місцевості.

Час дії визначається тактичним призначенням освітлювального ПТС і лежить у проміжку від 8 секунд до 8 хвилин.

Видимість на місцевості залежить від спектру і потужності світлового випромінювання.

Людське око найбільш чутливе до жовто-зеленої частини спектру, тобто в проміжку 5,6 - $5,7 \cdot 10^9$ м. Випромінювання в жовто-зеленій частині спектру дає при високій температурі продукти розпаду $Ba(NO_3)_2$ і $NaNO_3$, високу температуру – 2500 - 3000°C створюють порошки Mg і Al і їх сплави. Таким чином, освітлювальні суміші – це суміші пального (порошку Mg , Al або їх сплави) з окиснювачем $Ba(NO_3)_2$ або $NaNO_3$ і з невеликою кількістю органічного зв'язувального цементатора. Теплота горіння – 6,0 МДж/кг, швидкість горіння – 0,5 - 10 мм/с, сила світла залежить від діаметру виробу, температури і швидкості горіння, а також властивостей продуктів горіння, коливається у проміжках 10^4 - 10^7 КФ. Сила світла фотоосвітлювальних сумішей, що застосовується при нічних аерозйомках, досягає сотен млн Кд при тривалому свіченні 0,1с. Випромінювання полум'я освітлювальної суміші – головним чином теплове за рахунок розжарених частинок MgO , Al_2O_3 і частково – люмініцентне.

Типова суміш у %:

$Ba(NO_3)_2$ – 58 % – окиснювач, джерело іонів барію;

Mg – 32 % – пальне;

ідітол – 10 % – зв'язуюче (цементатор і додаткове паливо).

Швидкість горіння цієї суміші 4,9 мм/с, сила світла $9,3 \cdot 10^4$ Кд. Вперше освітлювальні ракети були введені у війська як засіб сигналізації.

2.3.1.2. Сигнальні піротехнічні склади

Сигнальні суміші призначені для спорядження патронів та інших піротехнічних виробів, що використовуються для подачі сигналів, зв'язку, цілевказівок, які видно на відстані декількох кілометрів, і поділяються на засоби нічної і денної дії. Вночі використовують кольорові вогні, а вдень дим і вогні.

Вимоги – надійне розпізнавання сигналу і певний час дії. Час, необхідний для сприйняття світла, – 8 - 15с; краще за все людське око розпізнає червоний, жовтий і зелений кольори. При цьому найважливіша характеристика – чистота кольору полум'я, тобто не менше 70% інтенсивності повинно бути монохроматичним. При температурі 1200 - 2000°C фарбування полум'я в червоний колір дає монохлорид стронцію Si_2Cl , в зелений колір – монохлорид барію $BaCl$, в жовтий – атоми натрію. Окиснювачами в сигнальних сумішах найчастіше є нітрати вищеназваних металів (60 - 70%), а також хлорати і перхлорати. Пальним, що забезпечує високу яскравість полум'я, служить металічний Mg (11 - 18%), а як зв'язуюче і додаткове пальне – штучні смоли. Хлоруючими добавками, необхідними для створення летких монохлоридів стронцію і барію, служать поліхлорвініл (ПХВ), гексахлорбензол і т.ін.

Приблизний склад червоного вогню, %: хлорат калію $KClO_3$ – 60 % – окиснювач, джерело іонів хлору; карбонат

стронцію $SrCO_3$ – 25 % – джерело іонів стронцію; ідітол – 15 % – цементатор і пальне.

Прикладом складу жовтого вогню служить: нітрат барію – 45 % $Ba(NO_3)_2$ – окиснювач; металевий магній – 15 % Mg – пальне; оксалат натрію – 25 % $Na_2C_2O_4$ – джерело атомів натрію; ідітол – 15 % – цементатор і пальне.

Склад зеленого вогню: нітрат барію $Ba(NO_3)_2$ – 59 % – окиснювач; металевий магній Mg – 18 % – пальне; поліхлорвініл ПХВ – 23 % – цементатор і пальне.

Швидкість горіння таких сумішей – 3 - 5 мм/с, сила світла – $4 \cdot 10^3$ - $1,1 \cdot 10^4$ Кд.

Для сигналізації вдень, а також для цілевказання і пристрілки застосовують сигнальні суміші – фарбовані дими. Вони містять: $KClO_3$ – 35 - 40 % – окиснювач; цукор, крохмаль – 20 - 25 % – пальне; термічно стійкі органічні барвники, що здатні розгорітися з утворенням кольорового диму – 40 - 45 %; стабілізатор хімічної стійкості, вогнегасник.

Наприклад, червоним фарбником диму є родамін, жовтим фарбником – аурамін.

Часто в сигнальних сумішах використовують і звукові ефекти. При горінні таких ПТС внаслідок зміни швидкості горіння виникає вібруючий звук. Сигнальні суміші широко застосовуються на залізничному, морському і повітряному транспорті, при проведенні феєрверків.

2.3.1.3. Трасуючі піротехнічні склади

Трасуючі суміші призначені для спорядження трасерів, які служать для забезпечення доброї видимості траєкторії польоту кулі, снаряду і т.ін.

Застосовуються при коригуванні вогню, наведення снарядів у ціль, наприклад, ПТКР.

Вимога – добра видимість траси вдень і вночі, не викликати корозію ствола.

Трасуючі суміші містять металічне пальне, окиснювачами є нітрати барію і стронцію (червоний вогонь) і цементаторами – смоли.

Приблизна рецептура трасуючої суміші:

червоного вогню: $Sr(NO_3)_2$ – 60 %; магній Mg – 30 %; смола – 10 %.

білого вогню: $Ba(NO_3)_2$ – 55 %; Mg – 35 %; смола – 10 %.

Швидкість горіння трасуючої суміші – 1 - 10 мм/с, а сила світла – 8 - 15 $\cdot 10^3$ Кд.

Запалювання трасерів здійснюється від порохових газів або від спецобладнання.

2.3.1.4. Займисті піротехнічні склади

Займисті суміші призначені для підпалювання запалювальних ПТС і тому до них ставляться такі вимоги: легкість займання від звичайних засобів запалювання; висока запалювальна здатність.

Найбільш поширена займиста суміш типу димного порошу, в якому сірка замінена ідітолом:

KNO_3	– 75% – окиснювач;
деревне вугілля або магній	– 15% – пальне;
ідітол	– 10% – зв'язуюче.

Високу чутливість до теплового імпульсу має перекис барію BaO_2 . Так, для безвідмовного займання трасуючих сумішей від порохових газів у момент пострілу використовують такі суміші:

BaO_2	– 80 % – окиснювач;
Mg	– 18 % – пальне;
цементатор	– 2 % – зв'язуюче.

Для ПТС, що важко займаються (наприклад, термітні суміші) застосовують перехідні суміші, що складаються із займистої суміші та запалювальної суміші.

Займісті суміші широко використовуються не тільки у військовій справі. Так, терочні суміші (займання від тертя) використовуються і при виготовленні сірників.

Процес займання сучасних сірників полягає в тому, що при терті сірникової головки об намазку на коробці відбувається екзотермічна реакція між червоним фосфором в намазці і бертолетовою сіллю ($KClO_3$) в головці сірника. До складу сірникової головки входить бертолетова сіль, молоте скло-сенсibiliзатор, що підвищує чутливість $KClO_3$ до тертя, пальне (сірка, сурма і т.ін.) і цементатор - зв'язуюче – клей.

Фосфорна намазка на коробці містить червоний фосфор, цементатор-зв'язуюче – декстрин.

2.3.1.5. Запалювальні піротехнічні склади

Запалювальні суміші призначені для знищення живої сили і техніки противника, будівель, споруд і т.ін.

Вимога – висока запалювальна здатність, утворення рідких продуктів горіння – шлаків, трудність гасіння і легкість займання.

Усі запалювальні суміші діляться на дві групи: запалювальні суміші, що згоряють за рахунок кисню окиснювача, який знаходиться в суміші; запалювальні речовини, які згоряють за рахунок кисню повітря.

Запалювальні речовини, які мають окиснювач

1. Терміти і термітні суміші являють собою порошкоподібні суміші еквімолекулярної кількості алюмінію (рідше – магнію) і оксиду менш активного металу: заліза, марганцю і т.ін. Термітна реакція вперше була відкрита академіком Бекетовим Н.Н. (1865р.). Його дослідження в цій галузі відіграли визначну роль у військовій справі.

Найбільш поширений терміт – залізоалюмінієвий, горіння якого відбувається за рівнянням:



Особливість термітів: висока температура горіння (2400 - 2800°C), горіння без доступу повітря, утворення розплавлених шлаків, трудність гасіння. Терміт легко пропалює листи дюралюмінію, тонкі листи сталі і заліза. До недоліків термітів належить трудність займання (1000 - 1200°C) і незначне полум'я, внаслідок чого радіус запальної дії обмежений.

2. З метою зменшення цих недоліків застосовуються термітно-запалювальні суміші, які являють собою суміш терміту (40 - 60%) з речовинами, які полегшують займання і збільшують полум'я.

До таких речовин належать солі азотної кислоти, сірка, металічне пальне і т.ін.

<i>Наприклад:</i>	залізна окалина	– 40%;
	алюміній	– 18%;
	нітрат барію	– 38%;
	зв'язуюче	– 4%.

При горінні – температура 2400 - 2600°C, утворюються розплавлений шлак і полум'я. Ці суміші, як правило, використовуються для спорядження авіабомб, снарядів і т.і.

3. До запалювальних сумішей належать суміші на основі кисневоутримувальних солей і металічного пального, які горять частки секунди, але дають високу температуру – 2500 - 3000°C. Використовуються в запальних кулях і снарядах для займання моторного палива та інших легкозаймистих матеріалів.

<i>Наприклад:</i>	перхлорат калію KClO_4	– 68 %;
	алюміній	– 34 %.

4. Запалювальні суміші, в яких металеве пальне згорає за рахунок кисню бризантного ВВ. Наприклад, флегматизований ТЕН з алюмінієм або суміш А-ІХ-2, тобто всі алюмінізовані БВР, що є розривними зарядами і одночасно діють як запалювальні.

*Запалювальні речовини, що згоряють за рахунок кисню
повітря*

До них належать:

1. *Рідке пальне* (нафта, нафтопродукти і т.ін.) – широко застосовувалося в роки Другої світової війни у різних запалювальних виробках – авіабомбах 50 - 100 кг. Для збільшення часу горіння рідинним паливом промочувалося бабовна, б/п нитки і т.ін.

Перевагою пального є легка займистість, довготривалість горіння і утворення великого полум'я, широка сировинна база.

До недоліків слід віднести низьку температуру горіння (700 - 900°C), велике розтікання, легкість випаровування.

Недоліки рідкого пального можуть бути усунені застосуванням пального в твердому стані.

2. *Тверде пальне* – «твердий гас», «тверда нафта» і т.ін. – являє собою рідинне пальне, що перетворене відповідною обробкою, наприклад, розчином 4 - 6% стеаринової кислоти з подальшим додаванням спиртового розчину луку в холодноподібний стан, тобто відбувається желатинізація пального. Застосовують в авіабомбах у комбінації з термітами.

Змішування рідинного палива із загусником створюють напалми.

Це суміш алюмінієвих солей нафтенних і пальметинових кислот – липка легкозаймиста маса. Для липкості додають смоли, полімери. За зовнішнім виглядом – це гумовий клей, горить 3 - 5 хв., температура горіння – 900 - 1000°C.

Додавання в напалми білого фосфору або металічного натрію робить його самозаймистим, утруднює гасіння, підвищує тяжкість опіків. Такі напалми називаються супернапалмами. Температура горіння – 1100 - 1200°C. Напалм має найбільшу ефективність при застосуванні по живій си-

лі, що знаходиться поза укриттям, тобто по мирному населенню, і є зброєю агресора.

Так, у В'єтнамі було витрачено 500 тис. тонн напалму, скинуто більше 1млн 700 тис. тонн запальних боєприпасів.

Для підвищення температури горіння до складу напалмів вводять металічне пальне. До нього належить легкий алюмомагнієвий сплав, що має назву «електрон» і містить 90% магнію, 8% алюмінію і 2% домішок (неорганічні окиснювачі – наприклад, $KClO_3$.) Широко використовуються для виготовлення корпусів легких авіабомб, споряджених термітом.

При згорянні утворюється полум'я з температурою 2000 - 2200°C.

Металізовані запалювальні суміші на основі нафтопродуктів називаються пірогелями і являють собою тістоподібну липку масу, що горить 2 - 5 хвилин з виділенням великої кількості чорного диму. Температура горіння – 1400 - 1600°C, а з добавкою $KClO_3$ – близько 2000°C.

3. Особливу групу запальних сумішей становить білий фосфор і суміші на його основі. *Білий фосфор* – отруйна тверда і самозаймиста речовина з температурою горіння 800 - 900°C. При горінні виділяється густий, отруйний білий дим.

Самозаймисті суміші використовуються і у вогнеметних танках.

Основні характеристики та засоби використання деяких сумішей запалювальних речовин армії США наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Запалювальні речовини армії США

Назва суміші ЗР	Вид пального, вміст загусника, %	Суміш загусника, %	Температура горіння, °С	Засоби застосування (використання)
1	2	3	4	5
Напалм № Р-1	Бензин - 88 М-1 – 2-12	М1 - суміш А1 - солей, кислот 25 - нафтен- нових 50 - пальме- тинових 25 - олеїно- вих	1100	Вогнемети, авіабомби, запальні баки, фугаси, запальні доп. засоби
Напалм № Р-8	Керосин - 96-97 № 1 - 3-4	–	1100	–//–
Напалм № Р-2	Бензин - 94-98 № 4 - 2-6	М4 – двох- основна А1-сіть	–	Запальні пат- рони, авіабом- би, авіабаки
Напалм № 13	Бензол - 25 Бензин - 25 Полістирол - 50	Полістирол	1200	Запальні баки, авіабомби, допоміжні засоби
Піроге- лі РТ-1, РТ-2, РТ-5.	Бензин керосин - 35-40 напівбугадіон - 40- 45 нітрат натрію - 5-10	Ізобутил- метакритат, магнієві стружки	1600	Запальні авіа- бомби, допо- міжні засоби
ТРА	Триетилаломы- ній, політзобутилен	–	–	Некеровані ракетки, вогне- мети
Терміт- ні суміші ТН-1, ТН-2, ТН-3.	Терміт - 50-50 нітрат барію - 20- 30 сірка - 2-10 масло смоли - 10-15	–	2200	Гранати, запальні авіабомби

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5
Назва суміші ЗР	Вид пального, вміст загусника, %	Суміш загусника, %	Температура горіння, °С	Засоби застосування (використання)
Електрон	Сплав магнію - 90 алюміній - 8 домішки - 2	—	2800	Корпуси запальних бомб
Білий фосфор	Фосфор - 60, дивінілстирольний каучук - 40	—	900 - 1000	Запальні артилерійські снаряди і міни

2.3.1.6. Димові маскувальні піротехнічні склади

Димові маскувальні суміші служать для маскуванню дій військ від спостереження і для захисту їх від прицільного вогню, цілевказання, сигналізації і т.ін.

При використанні димових маскувальних ПТС в атмосфері утворюється стійка нейтральна хмара аерозолу, диму чи туману, що одержали назву димових завіс. За своїм призначенням вони можуть бути осліплюючими чи маскувальними.

Осліплююча димова завіса створюється безпосередньо в розташуванні противника за допомогою артилерії і авіації. Маскувальна димова завіса створюється в розташуванні своїх військ з використанням димових шашок, гранат і т.ін.

Димові маскувальні завіси одержують подрібненням при вибуху димоутворюючих речовин з наступною їх конденсацією у твердому чи рідкому стані.

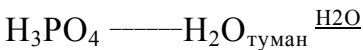
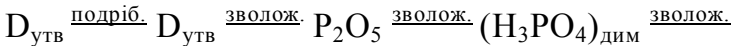
Вимоги: димова завіса повинна мати максимальну покривну здатність, бути стійкою і нетоксичною.

Існує два види сумішей маскувальних димів, що відрізняються між собою: димоутворюючі речовини містяться

в готовому вигляді; димоутворюючі речовини одержують при горінні (металохлоридні суміші).

До складу першого типу належать білий фосфор, а також суміші, що містять окиснювач, пальне і димоутворюючу речовину.

Використання білого фосфору як димоутворюючої речовини базується на його диспергуванні (подрібненні) в повітрі з наступним самоокисненням киснем повітря з утворенням фосфорного ангідриду (P_2O_5). Останній легко реагує з вологою повітря, утворює нелетку ортофосфорну кислоту H_3PO_4 , яка конденсується у вигляді подрібнених гігроскопічних частинок диму, а останні, зволожуючись вологою повітря, утворюють білий туман.



Аерозоль білого фосфору – неотруйний, тому широко застосовується в димових маскувальних боеприпасах.

До термічних димових маскувальних сумішей, що містять готову димоутворюючу речовину, належать суміші з окиснювача, пального і димоутворюючої речовини, за які використовують легкозаймісті сполуки – хлористий амоній, ароматичний вуглеводень (нафталін, антрацен і т.ін.) та інші. Процес димоутворення полягає у возгонці при горінні димоутворюючих речовин з утворенням диму при переході їх у твердий стан внаслідок охолодження.

Наприклад:

хлорат калію	– 20 %	– окиснювач;
вугілля	– 10 %	– пальне;
хлористий амоній	– 50%	– джерело диму;
нафталін	– 20 %	– джерело диму.

Процес димоутворення відбувається за схемою:

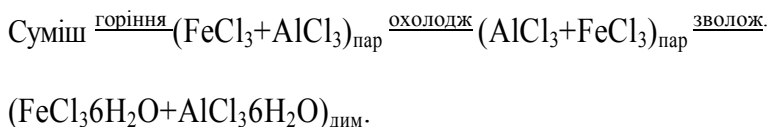


До складу другого типу (металохлоридні суміші) входять поліхлоровані вуглеводи, метали та їх окиси, що утворюють легкозайmistі хлориди, окислювач, різні домішки.

Як поліхлоровані вуглеводи використовуються гексохлоретан, гексохлорциклогексан і т.ін., як метали – цинк, залізо, алюміній, кремній та їх окисли.

Як окиснювач використовуються хлорати $KClO_3$, перхлорати $KClO_4$, солі азотної кислоти NaN_3 . Як добавки використовуються флегматизатори, що перешкоджають різкому підвищенню температури, розрихлювач, що забезпечує рівномірний перебіг горіння, полум'ягасники.

Реакція горіння металохлоридних димоутворюючих сумішей:



При згорянні виділяється велика кількість тепла, що забезпечує возгонку хлоридів металів, які потім конденсуються в повітрі у вигляді диму і, поглинаючи вологу повітря, утворюють аерозолі.

Димоутворюючі суміші використовуються у димових шашках, гранатах. Вони нетоксичні, у момент підпалювання виникає температура до 1000°C .

У сучасних умовах роль маскувальних димів зростає. Крім осліплення противника і маскуванню від візуального спостереження, на дими покладаються задачі прикриття військ від радіолокаційного спостереження, протидії розвідці управління вогнем противника, що здійснюються з використанням інфрачервоної, телевізійної, лазерної й іншої техніки.

2.4. Питання для повторення

1. Що таке вибух і які його основні типи?
2. Назвіть основні характеристики вибуху.
3. Типи вибухових речовин та їх характеристика.
4. Дайте характеристику руйнуючої дії вибуху (ударна хвиля, фугасність, бризантність).
5. Назвіть основні піротехнічні склади та їх застосування.

Розділ 3. Основи будови боєприпасів

3.1. Артилерійські постріли і снаряди

3.1.1. Призначення, склад і типи артилерійських пострілів

Під боєприпасами розуміють предмети озброєння, що призначені для ураження живої сили, вогневих засобів, бойової техніки та оборонних споруд противника. При цьому під ураженням розуміють знищення, руйнування, осліплення або інший вплив на противника, які приводять до повного або часткового припинення ним бойових дій.

До боєприпасів відносять досить широке коло предметів озброєння: артилерійські та мінометні постріли; реактивні снаряди і бойові частини ракет; авіаційні бомби, торпеди тощо; набої і гранати стрілецької зброї.

В артилерії ураження противника досягається за допомогою артилерійських і мінометних пострілів та реактивних снарядів, що є сполученням артилерійських снарядів або мін із бойовими зарядами, які використовуються для їх метання, приведення в дію артилерійських снарядів або забезпечуються підривниками бойових зарядів із засобами запалення.

Сукупність перелічених предметів озброєння становить поняття “артилерійські боєприпаси”, а один їх комплект – артилерійський постріл.

Артилерійським пострілом називається сукупність предметів озброєння, зібраних у визначеному порядку і призначених для здійснення одного пострілу із гармати або міномета.

До складу артилерійського пострілу входять такі предмети озброєння: снаряд із відповідним спорядженням; підривник; бойовий заряд у гільзі або картузі; засіб запалення.

Вияток становлять практичні постріли, снаряди яких не мають спорядження, а отже, і підривника, а також деякі типи бронебійних пострілів.

Основною особливістю більшості артилерійських пострілів є наявність у них вибухової речовини, що робить їх вибухонебезпечними в поводженні.

Артилерійські постріли прийнято ділити на типи за такими найбільш важливими і загальними ознаками.



Рисунок 3.1 - Класифікація пострілів

Бойові постріли призначені для проведення стрільб. Вони повинні складатися з елементів, придатних для стрільби, та повністю задовольняти поставлені до них вимоги. З певного поєднання пострілів різного призначення складаються бойові комплекти гармат.

Практичні постріли призначені для проведення практичних (навчально-бойових) стрільб у військах і на полігонах, при яких вражаюча дія снарядів біля цілі не має особливого значення. Вони відрізняються від бойових пострілів більш простою будовою і менш дорогими у виготовленні снарядами, які забезпечують тільки спостереження вибухів або пробойн у щитах. Наприклад, в осколково-фугасних снарядах замість вибухової речовини використовують інерційну речовину з невеликим зарядом: практичні кумулятивні снаряди замість розривного заряду і

підривника мають ваговий габарит. Усе це дозволяє підігнати вагу снарядів до табличної ваги і забезпечує якісне спостереження вибухів або пробоїн у щитах. У військах замість практичних використовуються бойові постріли зі зниженими зарядами для зниження зносу гармат.

Холості постріли призначені для імітації бойової стрільби на навчаннях і для салютів. Холості постріли не мають снарядів і є спеціальним бойовим зарядом у гільзі, яка зверху або обтискається, або забивається декількома клейтухами. Холості постріли унітарного заряджання мають вкорочені гільзи. Застосовувати холості постріли у вигляді бойових зарядів для стрільби бойовими і практичними снарядами категорично забороняється.

Навчальні постріли застосовуються для навчання особового складу способів заряджання гармати, поводження з боєприпасами і для вивчення їх будови. Вони складаються з деталей, які імітують бойові елементи, або охолощених елементів бойових пострілів. Застосовувати бойові постріли як навчальні категорично забороняється.

Постріли унітарного заряджання складаються з одного предмета, в якому всі елементи пострілу зібрані в одне ціле. Снаряди і бойовий заряд у гільзі з'єднуються між собою жорстко і герметично. Запояскова частина снаряда завжди з натягом вставляється в дульце гільзи, яка закочується в кільцеві канавки на снаряді.

Постріли роздільно-гільзового заряджання складаються з двох предметів: снаряда і бойового заряду в гільзі. Заряджання гармат у цьому разі проводиться в два прийоми: спочатку пробійником досилається снаряд, а потім рукою досилається бойовий заряд. Бойові заряди таких пострілів завжди виготовляються змінними і складаються безпосередньо перед заряджанням гармати на вогневій позиції залежно від дальності стрільби і характеру вогневого завдання.

Застосування пострілів роздільно-гільзового заряджання зі змінними бойовими зарядами дозволяє вести

стрільбу з однієї вогневої позиції по різних цілях за найвигідніших умов зустрічі снаряда з ціллю, тобто з найбільшою ефективністю при помірному зносі каналу ствола. Застосування гільзи і посиленої кришки із заливкою її герметизуючим сполученням забезпечує достатню герметичність бойового заряду при зберіганні. Крім того, при використанні таких пострілів у гарматах із клиновими затворами досягається висока швидкострільність, незважаючи на те, що заряджання гармати проводиться за два прийоми. Недоліками пострілів роздільно-гільзового заряджання є можливість некомплектної подачі пострілів на вогневу позицію, складність автоматизації заряджання та знижена швидкострільність. Постріли роздільно-гільзового заряджання застосовуються у гарматах польової артилерії калібром від 122 до 152 мм.

Постріли роздільно-картузного заряджання складаються з трьох предметів: снаряда, бойового заряду в картузі й засобу запалення – ударної трубки. Заряджання гармати проводиться за три прийоми: спочатку досилається снаряд, потім бойовий заряд, а після закривання затвора в його гніздо вкладається засіб запалення. Відсутність гільзи робить постріл картузного заряджання простим і дешевшим у виготовленні, але потребує застосування спеціальних заходів для герметизації бойових зарядів для зберігання, для обтюрації порохових газів при пострілі й для надання бойовому заряду певної форми і міцності.

Постріли готові – це постріли, зібрані з повного комплекту встановлених елементів і, отже, готові до бойового застосування. Вони можуть бути в остаточноспорядженому вигляді, коли у вічко снаряда угвинчений підричник, і в не остаточно-спорядженому вигляді, коли у вічко снаряда угвинчена пластмасова пробка.

На військових складах постріли зберігаються тільки готові в остаточно або в неостаточно спорядженому вигляді. На вогневу позицію постріли подаються тільки в остаточно спорядженому вигляді.

Постріли повні – це комплектні, але незібрані постріли, всі елементи яких зберігаються на одному складі артилерійської бази або арсеналу роздільно. Підготовка таких пострілів до стрільби проводиться тільки артилерійськими базами та арсеналами.

Мінометні постріли можна віднести до пострілів унітарного картузного заряджання, тому що вони становлять один предмет: заряджання міномета завжди проводиться за один прийом.

Основна частина бойового заряду – додаткові пучки – розміщуються в картузах на трубці стабілізатора міни, а запалювальний заряд у картонній гільзі з піддоном вставляється у трубку стабілізатора міни.

3.1.2. Комплектація артилерійських комплексів пострілами

Під час розроблення артилерійських комплексів розробляється та затверджується перелік комплекту пострілів, які застосовуються для стрільби з кожного зразка гармати. Перелік комплекту пострілів із зазначенням основних комплектних елементів та їх характеристика приводяться у “Керівництві з бойової комплектації пострілами...” всіх артилерійських, мінометних та реактивних комплексів, що перебувають на озброєнні, а також тих, які зняті з озброєння, але зберігаються на базах та арсеналах. Артилерійські боєприпаси використовуються для стрільби з гармат у певному сполученні у вигляді комплекту пострілів різного призначення, а зберігаються у військах та подаються на вогневу позицію у певній кількості – у вигляді бойових комплектів.

Бойовим комплектом називається комплект пострілів, призначених для даного зразка гармати, визначений за складом та кількістю спеціальним наказом.

Таким чином, *боєкомплект* – це суворо встановлена наказом кількість пострілів різного призначення на одини-

цю озброєння. Боєкомплект є розрахунково-постачальною одиницею, яка дозволяє правильно планувати виробництво пострілів різного призначення і правильно постачати ним війська. Склад боєкомплектів встановлюється на основі аналізу досвіду війни, навчань і маневрів.

Розподіл артилерійських боєприпасів на постріли та бойові комплекти називається *комплектацією*.

Комплектація артилерійських комплексів пострілами повинна відповідати бойовому призначенню гармати та забезпечувати ефективність виконання бойових завдань. Наприклад, 122-мм самохідна гаубиця (СГ) використовується для вирішення завдань в інтересах механізованих частин та підрозділів. Тому до складу її боєкомплекту включаються постріли основного призначення з осколково-фугасними і кумулятивними снарядами, що дозволяє їй знищувати живу силу та вогневі засоби противника, руйнувати польові оборонні споруди і пригнічувати артилерію противника, а також вести боротьбу з його механізованими засобами, танками, САУ й іншими броньованими об'єктами.

Крім того, 122-мм СГ комплектується пострілами зі снарядами спеціального призначення, які подаються на вогневу позицію в міру необхідності: пострілами з димовими, освітлювальними, агітаційними й іншими спеціальними снарядами.

3.1.3. Призначення і типи артилерійських снарядів. Вимоги до їх конструкції

Артилерійським снарядом називається елемент пострілу, призначений для доставки до цілі розривного заряду і для її ураження або забезпечення ураження цілі іншими засобами.

Політ снаряда до цілі повинен бути стійким, тобто снаряд не повинен перекидатися, а його вісь повинна стежити за напрямком руху центра мас, що досягається шля-

хом стабілізації снаряда.

Для ураження цілі снаряд приводиться в дію за допомогою підривника або використовується кінетична енергія руху снаряда. При цьому створюються уражальні фактори, тобто місцеві фізичні або інші явища, викликаючи потрібні зміни властивостей цілі. Іноді снаряди потрібні для виконання спеціальних завдань: освітлення місцевості вночі, встановлення димових завіс або цілевказівки. Такі снаряди забезпечують ураження цілі за допомогою інших бойових засобів. Різноманітність цілей на полі бою і завдань, які виконує артилерія в бою, а також різноманітність артилерійських комплексів призвели до розроблення великої кількості снарядів, які відрізняються один від одного за конструкцією та дією (рис. 3.2).

Снаряди основного призначення застосовуються для безпосереднього ураження цілі. До них належать: осколкові, осколково-фугасні, фугасні, бетонобійні, броньобійні, кумулятивні снаряди і снаряди з готовими уражальними елементами. Постріли зі снарядами основного призначення входять до складу боекомплектів гармат.

Снаряди спеціального призначення застосовуються для вирішення спеціальних завдань з осліплення противника, освітлення місцевості, що зайнята ним, запалення його захисних споруд і складів, пристрілки і цілевказівок. До снарядів цієї групи належать: димові, освітлювальні, запалювальні, пристрільно-цілевказівні та агітаційні снаряди.

Снаряди допоміжного призначення використовуються для навчальних стрільб та стрільб під час полігонних випробувань зброї. До них належать: практичні, балістичні, лафетопробні, навчальні та інші снаряди.

Каліберні снаряди – це більша частина сучасних снарядів, калібр яких дорівнює калібру гармати.

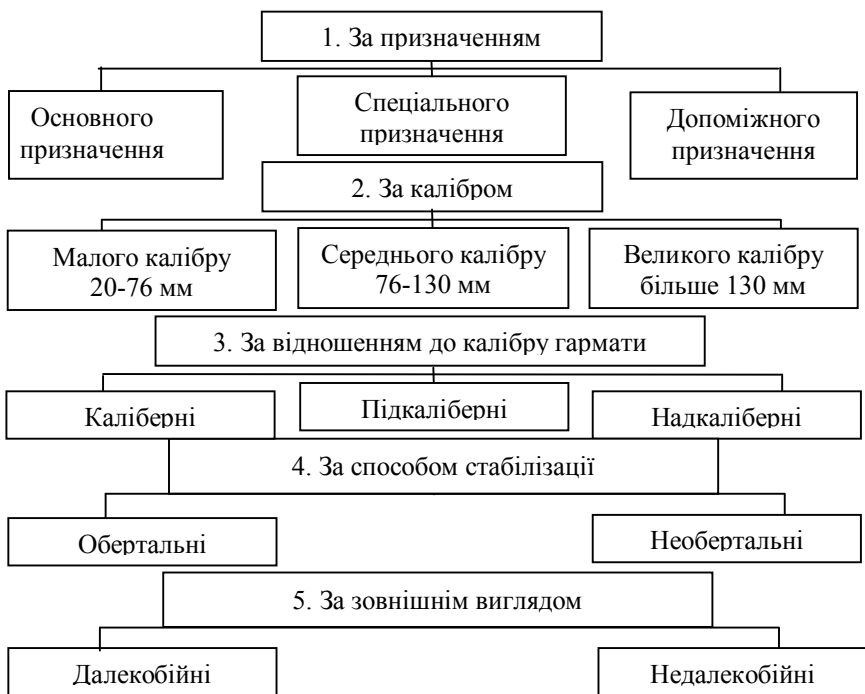


Рисунок 3.2 - Класифікація снарядів

Підкаліберні снаряди мають діаметр уражальної частини, менший, ніж калібр гармати. Для правильного ведення по каналу ствола такі снаряди мають піддони, які утворюють ведучі частини снарядів. Діаметр піддона дорівнює калібру гармати.

Надкаліберні снаряди мають діаметр уражальної частини більше калібру гармати. Використовуються надкаліберні снаряди в гранатометах.

Обертальні снаряди стабілізуються у польоті за допомогою надання їм швидкого обертального руху, що викликає появу в них гіроскопічної властивості стійкості. Кутова швидкість обертання снарядів вимірюється десятками тисяч обертів за хвилину.

Необертальні оперені снаряди стабілізуються у польоті за допомогою пір'я стабілізаторів, що викликають

появу в них аеродинамічної властивості стійкості. Таким снарядам надається, як правило, невеликий обертальний рух для поліпшення кучності бою та інших цілей, кутова швидкість якого в 10 разів менша, ніж в обертальних снарядах. Тому їх звичайно називають перевіряючими снарядами.

Далекобійні снаряди мають подовжену головну і коротку циліндричну частини і, як правило, циліндричну пояскову частину, чим знижується їх опір під час польоту в повітрі з великою швидкістю.

Недалекобійні снаряди мають укорочену головну і подовжену циліндричну частини. Таку форму мають, наприклад, кумулятивні снаряди з малою швидкістю польоту. Недалекобійна форма снарядів забезпечує малий опір при польоті їх у повітрі з невеликими швидкостями і більшу потужність дії снарядів біля цілі.

Вимоги до конструкції артилерійських снарядів повинні враховувати як досвід бойового застосування аналогічних зразків, так і виробничо-сировинні можливості, досягнення науки, рівень розвитку техніки і т.ін.

Тактико-технічні вимоги: потужність дії; далекобійність; кучність бою; безпечність під час поведіння і стрільби; стійкість при довгому зберіганні.

Потужність дії характеризує ефективність дії снаряда біля цілі й визначається залежно від його призначення і характеру цілі. Наприклад, мірою потужності осколково-фугасного снаряда є кількість убійних осколків і радіус ураження, об'єм ґрунту, викинутого під час вибуху; броньобійного і кумулятивного снарядів – товщина броні, що пробивається снарядом, і т.ін.

Потужність дії снарядів основного призначення біля цілі визначається такими параметрами: конструкцією снаряда, його формою і розмірами; механічними властивостями металу оболонки; типом і масою вибухової речовини.

Сучасні вимоги до потужності снарядів спеціального призначення задовольняються, головним чином, за рахунок

поліпшення їх спорядження, використання сучасних конструкцій елементів спорядження з нових речовин і складів, більш високими запалювальними, освітлювальними, димоутворювальними та іншими властивостями відповідно до призначення снаряда.

Далекобійність визначає найбільшу відстань, на яку гармата може закинути снаряд, тобто далекобійність визначається досягненням цілі. В умовах сучасного бою при великій глибині бойових порядків і значному розосередженні цілей ця вимога набуває першочерговості. Далекобійність залежить від величини кута кидання, початкової швидкості польоту снаряда і здатності зберігати свою швидкість у польоті. Перші два фактори забезпечуються конструкцією гармати і бойового заряду, а останній визначається балістичними якостями снаряда: формою, поперечним навантаженням та стійкістю снаряда в польоті.

Кучність бою є важливою характеристикою снаряда, оскільки від неї залежать витрата снарядів, час на виконання бойового завдання, межу віддалення своїх військ від противника, по якому ведеться артилерійський вогонь. На кучність бою впливає як конструкція артилерійської гармати, так і конструкція снаряда і бойового заряду, а також метеорологічні умови під час стрільби і підготовленість обслуги гармати.

Конструкція снаряда, тобто будова його оболонки і ведучої частини, розподіл мас його елементів визначають умови руху снаряда по каналу ствола та його стійкість на траєкторії. Кучність бою залежить від розсіювання снарядів через різницю їх мас, зовнішнього обрису і розподілу мас елементів остаточно спорядженого снаряда.

Для збільшення кучності бою, а отже і зменшення на розсіювання снарядів за рахунок неточності виготовлення і збирання елементів їх конструкції, необхідно правильно і ретельно сортувати снаряди на вогневій позиції. Крім того, обслуга повинна правильно організувати зберігання снарядів на вогневій позиції, їх очищення перед стрільбою,

звертаючи особливу увагу на ведучу частину снарядів, а також під час стрільби забезпечити одноманітність досилання снарядів в камору гармати при заряджанні.

Безпечність під час поводження і стрільби передбачає усунення передчасних розривів снарядів, у каналі ствола, перед дульним зрізом під час пострілу і на траєкторії під час польоту снаряда. Передчасний розрив снаряда може призвести до псування гармати й ураження обслуги гармати або своїх військ, які перебувають попереду стріляючої гармати.

Безпечність забезпечується високою якістю процесу розроблення і виробництва снарядів, а також суворим дотриманням правил їх експлуатації та заходів безпеки. Чітке знання будови та дії боєприпасів і суворе виконання правил поводження з ними у військах, дотримання заходів безпеки повністю гарантують усунення передчасних розривів снарядів з експлуатаційних причин.

Стійкість при тривалому зберіганні забезпечує постійну бойову готовність снарядів. Вона визначається здатністю снарядів тривалий час зберігати свої фізико-хімічні властивості і зумовлюється природою речовин, що використовуються, конструкцією снаряда, герметичністю оболонок і умовами зберігання боєприпасів.

Захист оболонок снарядів від корозії досягається їх фарбуванням. До виробничо-економічних вимог належать: простота конструкції та виробництва снарядів; уніфікація снарядів та їх корпусів; дешевизна матеріалів.

Значення виробничо-економічних вимог зумовлюється великими витратами боєприпасів у війні, що вимагає організації масового виробництва боєприпасів, а отже, і великих матеріальних витрат та значних виробничих потужностей.

3.1.4. Принцип будови артилерійських снарядів та їх конструктивні характеристики

Більшість артилерійських снарядів за своєю будовою - це сукупність таких основних елементів: оболонки; спорядження відповідно до призначення снаряда; підривника; додаткових елементів: ведучі та стабілізувальні пристрої, трасер.

Будова деяких снарядів значно відрізняється своїми складовими елементами. Так, бронебійні підкаліберні снаряди не мають спорядження, а отже, і підривника. Оберткові снаряди не мають стабілізувального пристрою, а осколкові, фугасні, осколково-фугасні, бетонобійні й спеціальні снаряди польової артилерії не мають трасера.

Оболонка снарядів призначена для надання їм форми, розміщення спорядження й інших елементів ураження цілі.

Оболонка снарядів може бути цілекорпусною або збірною, складатися з корпусу, пригвинтної головки, угвинтного днища і т.п. У середині оболонки більшості снарядів є камора для розміщення спорядження, а в головній або донній частині – вічко під підривник. Для виготовлення оболонок застосовуються снарядні сталі різних марок і сталистий чавун. Товщина стінок оболонок визначається розрахунком на міцність або із умов отримання найбільшої могутності. Різноманітність у будові оболонок зумовлюється як процесом їх виготовлення і спорядження, так і дією снарядів біля цілі, а також необхідною міцністю корпусу снаряда. Виходячи з характеристик міцності оболонок, у військах слід суворо виконувати вказівки таблиць стрільби з комплектації пострілів роздільного заряджання, які встановлюють обмеження у застосуванні повних і деяких номерів зарядів для стрільби зразками снарядів. Наприклад, не можна комплектувати бетонобійні снаряди Г-530 152-мм гаубиці зразка 1943 року повними зарядами, тому що їх оболонка може не витримати

ти максимального тиску порохових газів у момент пострілу, що призведе до передчасного розриву снаряда в каналі ствола гармати.

Спорядження снарядів основного призначення являє собою розривний заряд із бризантної вибухової речовини: тротилу, амотолу з тротиловою пробкою і без неї, суміші тротилу з гексогеном або з флегматизованого гексогену. Виготовляються розривні заряди пресуванням, шнекуванням або заливкою.

Спорядження снарядів спеціального призначення містить заряд спеціального складу: запалювального, димотворювального і т.ін., який забезпечує отримання потрібного ефекту. Крім того, для забезпечення нормальної дії таких снарядів до складу спорядження входить виштовхувальний або розривний заряд і спеціальні елементи (парашутна система, силові елементи, газодинамічні пристрої).

Підривники призначені для приведення в дію снаряда в заданій точці траєкторії або в заданий момент часу шляхом надання його розривному або виштовхувальному заряду початкового імпульсу. Підривники дуже складні й різноманітні за конструкцією, а їх застосування залежить як від призначення снаряда і виду його спорядження, так і від виду стрільби. Тому їх будова і дія будуть розглянуті пізніше.

Ведучий пристрій снаряда призначений для його ведення під час пострілу по каналу ствола. До складу ведучого пристрою входять елементи снаряда, що торкаються при пострілі ствола: центрувальні потовщення; ведучі пояски або кільця; обтюрувальні пояски.

Центрувальні потовщення призначені для центрування снаряда в каналі ствола гармати під час пострілу, що визначає їх кількість, положення, розміри та якість обробки. Більшість оболонок сучасних снарядів мають два центрувальних потовщення: верхнє, розміщене під основою головної частини снаряда; нижнє, розміщене частіше – ви-

ще і рідше – нижче ведучих поясків.

Центрувальні потовщення ретельно обробляються з метою зменшення зносу полів нарізів каналу ствола, їх діаметр звичайно на 0,1–0,25 мм менше калібру гармати, чим забезпечуються вільне заряджання та рух снаряда по каналу ствола гармати.

Ширина центрувальних потовщень коливається від 0,15 до 0,30 калібру (клб.) Нижнє центрувальне потовщення часто робиться ширше верхнього для того, щоб зменшити вплив зносу нарізів на початку каналу ствола на центрування снаряда при заряджанні гармати.

Ведучі пояски призначені для надання снаряду обертання, обтіюрації порохових газів і центрування снаряда під час руху по каналу ствола гармати, а у снарядів до пострілів роздільно-гільзового заряджання і для фіксації їх у каналі ствола. Ведучі пояски розташовуються на циліндричній частині снаряда та його запоясковій частині. Як правило, використовують 1–2 ведучих пояски.

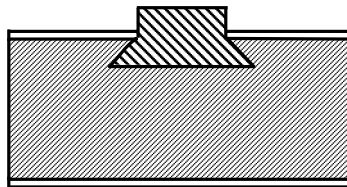


Рисунок 3.3 - Розміщення пояска на оболонці

Ширина ведучих поясків визначається розрахунком їх на міцність і не повинна перевищувати 25 мм для снарядів середніх калібрів і 35 мм – для снарядів великих калібрів. Якщо за розрахунком потрібен більш широкий поясок, то використовують два вузьких ведучих пояски, загальна ширина яких відповідає розрахунковій ширині. Діаметр ведучих поясків роблять на 0,001–0,015 клб більше діаметра каналу ствола по дну нарізів. Це перевищення – форсування ведучих поясків – забезпечує надійну обтіюрацію порохових

газів, перешкоджає повороту ведучих поясків стосовно корпусу снаряда при пострілі й поліпшує їх роботу в гарматах зі зношеним каналом ствола.

Ведучі пояски закріплюються в кільцевих канавках оболонки снарядів, виконаних у вигляді “ластівкового хвоста”, глибина яких становить 0,02–0,03 клб. Ведучі пояски найчастіше виготовляються із чистої електротехнічної міді або міді з додаванням нікелю. Ведучі пояски можуть бути залізокерамічними та біметалевими. Залізокерамічні ведучі пояски виготовляються із залізного порошку з додаванням графіту, парафіну та ін., зі спіканням їх при високій температурі. Біметалеві ведучі пояски складаються з міцно зварених між собою залізної основи та мідної зовнішньої частини, яка під час пострілу вривається в нарізи каналу ствола.

Під час пострілу опір нарізів поступальному руху снаряда і самого снаряда обертальному руху викликає великий тиск бойових граней на ведучі пояски. Від їх здатності витримувати цей тиск без зім'яття, зрізання і зриву залежить правильний політ снаряда на траєкторії.

У військах потрібно особливо ретельно оберігати ведучу частину оболонки від пошкоджень та корозії. Перед заряджанням необхідно перевірити стан всієї оболонки снарядів і особливо її ведучої частини, не допускаючи до стрільби снаряди з пошкодженими або із заіржавленими центрувальними потовщеннями і ведучими поясками. Ведуча частина сучасних снарядів фарбується, що дещо збільшує її діаметральний розмір.

Обтюрувальні пояски відрізняються від ведучих поясків тим, що вони не надають снаряду обертального руху. Такі пояски встановлюються на плаваючих кільцях оболонки, звичайно необертальних кумулятивних снарядів, і виготовляються з міді. Під час пострілу з початком вривання мідного обтюрувального пояска в нарізи до вильоту снаряда з каналу ствола він повертається в кільцевій канавці його оболонки, не перешкоджаючи поступальному

руху снаряда по стволу. Деяке провертання снаряда в каналі ствола гармати виникає за рахунок тертя, що виникає між плаваючим кільцем з обтюрувальним пояском і оболонкою снаряда.

Стабілізувальний пристрій необертальних снарядів, які мають пір'я, призначений для забезпечення аеродинамічної стійкості снарядів у польоті і являє собою стабілізатор, який складається з таких частин: корпусу, пір'я, додаткових елементів.

Додаткові елементи забезпечують кріплення пір'я на корпусі стабілізатора у складеному вигляді. Під час вильоту снаряда за дульний зріз ствола, під дією відцентрової сили і сили опору повітря, пір'я стабілізатора розкриваються, забезпечуючи стабілізацію снаряда на польоті та провертання його за рахунок косоного зрізу передніх ребер пір'я стабілізатора.

Трасери призначені для полегшення спостереження за польотом снарядів з метою корегування стрільби. Трасери складаються з корпусу із запалювальним і трасуючим складом. Запалювання трасерів здійснюється пороховими газами в каналі ствола гармати під час пострілу. Трасери утвинчуються в нарізне вічко дна бронебійних, кумулятивних та осколкових снарядів.

Зовнішнім обрисом снаряд є тілом обертання, отриманим шляхом оберту плоскої геометричної фігури навколо осі симетрії снаряда. Зовнішня поверхня снаряда становить його форму.

Головна частина снаряда може бути конічною або оживальною, а іноді й ступінчастою. Форма і розміри встановлюються залежно від початкової швидкості снаряда, його призначення і вимог до кучності. Зі збільшенням довжини головної частини збільшується далекобійність, але погіршується кучність бою, і, як правило, зменшується потужність снаряда. Звичайно довжина головної частини у гарматних снарядів більша, ніж у гаубичних при одних і тих самих калібрах і призначенні снарядів.

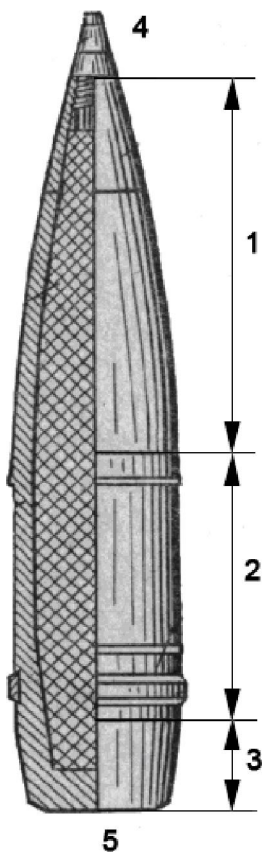


Рисунок 3.4 – Елементи снаряда:

- 1 – головна частина;
- 2 – циліндрична частина;
- 3 – запояскова (хвостова) частина;
- 4 – вершина снаряда;
- 5 – дно снаряда

циліндрово-конічною або циліндричною і мати довжину, яка не перевищує 1,1 клб. Циліндрична запояскова частина зустрічається у пострілів унітарного заряджання. Для більшої міцності з'єднання снаряда з гільзою вона може

Довжина головної частини снарядів знаходиться в межах від 1,5 до 3,5 клб, а радіус обрису оживальної частини – від 2 до 15 клб.

Циліндрична частина снаряда утворює основний об'єм, у якому розміщується спорядження. Своєю довжиною і будовою вона визначає правильність ведення снаряда по каналу ствола гармати, далекобійність і потужність більшості їх типів. Довжина циліндричної частини снарядів знаходиться в межах – 1,2–3 клб. На циліндричній частині снарядів розташовується його ведучий пристрій.

Запояскова (хвостова) частина снаряда сприяє зменшенню донного опору снаряда, який виникає за рахунок розрідження повітря за його донним зрізом. Тому вона має форму та розміри, що залежать від початкової швидкості снаряда та типу пострілу, до якого він призначений.

За формою запояскова частина снаряда може бути

мати одну-дві канавки, в які вдавлюється метал дульця гільзи при патрунуванні пострілів. Циліндрово-конічна запояскова частина частіше зустрічається у снарядів до пострілів роздільно-гільзового заряджання, тому що вона зменшує зрив потоку повітря за донним зрізом снаряда. В оперених снарядів за запоясковою частиною розташований стабілізатор.

Вершина снаряда може бути гострою, притупленою або затупленою. У снарядах із головними підривниками форма вершини визначається формою підривника

Донний зріз снаряда в більшості випадків – плоский і тільки в деяких випадках, наприклад, при застосуванні в снаряді донного підривника або трасера на ньому робиться приливок з різьбовим гніздом для більш міцного їх закріплення. Крім того, донний зріз спеціальних снарядів може мати угвинчене або вкладне дно. З метою усунення впливу дії розрідження, що виникає за донним зрізом на швидкість снаряда, в окремих випадках дно роблять у вигляді порожнинного конуса.

Під час визначення форми та розмірів снарядів на практиці використовують дослідні дані, на основі яких графічно виражається залежність між швидкістю снаряда та його формою, довжиною і розмірами окремих елементів.

Із графіка (рис. 3.5) бачимо, що із підвищенням початкової швидкості загальна довжина снаряда і довжина головної частини збільшуються, а довжина циліндричної частини снаряда обмежується вимогами міцності оболонки під час пострілу або при ударі у перешкоду та стійкістю його в польоті, а необертальних – тільки міцністю під час пострілу та удару в перешкоду.

Досвід показує, що стійкість обертальних снарядів при їх довжині не більше 3,6 клб. Необертальні оперені снаряди можуть мати довжину 10 і більше клб без втрати стійкості в польоті. Повна довжина сучасних обертальних снарядів коливається в межах від 2,3 до 5,6 клб, де нижня межа зумовлюється потужністю дії снарядів біля цілі, а

верхня – їх стійкістю у польоті.

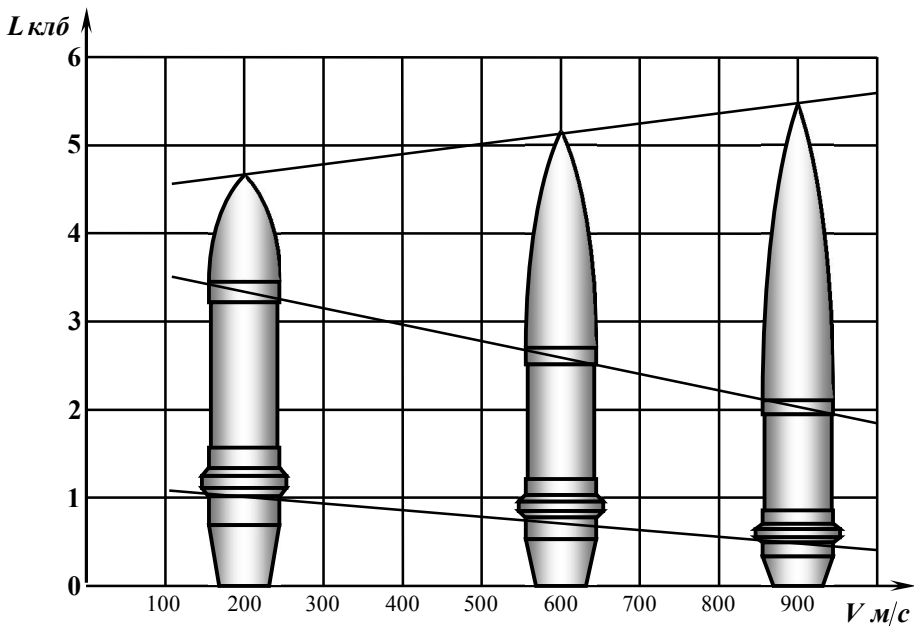


Рисунок 3.5 - Залежність геометричних розмірів частин оболонки снаряда від його довжини

Основні конструктивні характеристики артилерійських снарядів

Конструктивні характеристики снарядів дають можливість визначати досконалість їх конструкції, ступінь забезпечення тактико-технічних вимог, які ставляться до даного типу снарядів, та робити висновки про їх будову.

До основних конструктивних характеристик належать:

калібр снаряда	d , мм;
маса снаряда	q кг;
маса розривного заряду	ω , кг;
товщина стінок корпусу	δ , клб;

коефіцієнт наповнення	$a = \frac{\omega}{q} \cdot 100\%, \%$;
відносна маса розривного заряду	$C_{\omega}, \text{кг/дм}^3$;
відносна маса снаряда	$C_q, \text{кг/дм}^3$;
положення центра мас стосовно донного зрізу	X ;
полярний момент інерції	A ;
екваторіальний момент інерції	B .

Калібр снаряда – d , мм, визначає діаметр снаряда за центрувальним потовщенням.

Маса снаряда – q і *розривного заряду* – ω , кг, за інших однакових умов характеризують його потужність.

Товщина стінок корпусу – δ , клб, зумовлює міцність корпусу снаряда під час пострілу та удару об перешкоду та характеризує його тип. Найменшу товщину стінок корпусу мають фугасні та кумулятивні снаряди, а найбільшу – бронебійні каліберні снаряди.

Коефіцієнт наповнення – $a = \frac{\omega}{q} \cdot 100\%$, виражений у відсотках, характеризує вміст вибухової речовини в снаряді. Знаючи вагу снаряда, середній коефіцієнт наповнення снарядів даного типу і працездатність вибухової речовини, якою споряджений снаряд, можна з достатньою для практики точністю визначити очікуваний результат дії снаряда біля цілі.

Відносна маса розривного заряду $C_{\omega} = \frac{\omega}{d^3}$ кг/дм³ дає уяву про те саме, що й коефіцієнт наповнення, але в умовних одиницях. Він дозволяє приблизно визначити масу розривного заряду для снарядів даного калібру і типу. Збільшення відносної маси спорядження в снарядах даного калібру може бути одержане за рахунок збільшення його довжини та зменшення товщини стінок корпусу зі збільшеним спорядженням.

Положення центра ваги снарядів стосовно донного зрізу, його полярний та екваторіальний моменти інерції

дозволяють робити висновок про стійкість снаряда в польоті та забезпечення потрібної далекобійності.

Основні конструктивні характеристики артилерійських снарядів різних типів наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Основні конструктивні характеристики артилерійських снарядів

Типи снарядів	L , клб	δ , клб	α , %	C_q , кг/дм ³	C_w , кг/дм ³
Фугасні	4,5 - 5,0	1/15 - 1/6	10 - 25	8 - 14	2 - 3
Осколково-фугасні	4,5 - 5,5	1/8 - 1/6	10 - 15	12 - 14	1,5 - 2,5
Осколкові	4,4 - 6,0	1/6 - 1/4	5 - 10	14 - 16	1,0 - 1,6
Бетонобійні	4,5 - 5,6	1/8 - 1/5	7 - 18	11 - 18	1,2 - 2,0
Кумулятивні	3,5 - 5,0	1/17 - 1/12	10 - 17	7 - 13	0,8 - 2,8

З табл. 3.1 бачимо, що найбільша товщина стінок корпусу і найменший коефіцієнт наповнення вибуховою речовиною у бронейіних снарядів, які мають найбільшу відносну масу снаряда.

3.1.5. Артилерійські снаряди основного призначення

3.1.5.1. Призначення, будова та дія осколкових, фугасних та осколково-фугасних снарядів

Осколкові, фугасні та осколково-фугасні снаряди за своїм складом аналогічні й відрізняються в основному товщиною стінок корпусу і масою розривного заряду. Такі снаряди складаються із таких основних елементів: корпусу, розривного заряду, підривника (рис. 3.6).

Корпус снаряда має нарізне вічко або пригвинтну головку з нарізним вічком під підривник. Корпус фугасних снарядів виготовляється з міцної сталі, а осколкових – із крихкої сталі або сталистого чавуну. Корпус осколково-

фугасних снарядів виготовляється з міцної, але в той же час крихкої сталі.

Розривний заряд виготовляється із бризантних вибухових речовин: сталевих снарядів, як правило, зі тротилу або флегматизованого гексогену, а снарядів сталевого чавуну – зі сплаву тротилу з динітронафталіном або із амотолу з тротиловою пробкою. Спорядження здійснюється методом заливки, пресування або шнекування.

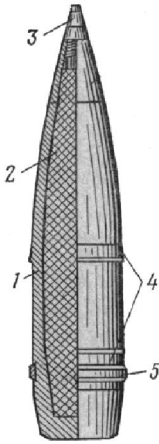


Рисунок 3.6 - Осколково-фугасний снаряд:

1 – оболонка; 2 – розривний заряд; 3 – підривник; 4 – центрувальні потовщення; 5 – ведучий поясок

Комплектуються ці снаряди головними ударними підривниками або дистанційними підривниками. Стрільба може вестися з установками їх на миттєву, інерційну, уповільнену або дистанційну дію. Правильне поєднання механічних якостей матеріалу корпусу, кількості й потужності вибухової речовини розривного заряду, а також вибору типу підривника та його установки забезпечується за інших однакових умов отримання максимальної потужності дії снарядів біля цілі.

Основні конструктивні характеристики таких снарядів наведені в табл.3.2.

Наведені характеристики свідчать про те, що фугасні снаряди мають найбільш короткі й тонкостінні корпуси, високий коефіцієнт наповнення, характеризуються порівняно високими відносними масами розривного заряду і малими відносними масами снарядів, що особливо властиво гаубичним фугасним снарядам; осколкові снаряди відрізняються від фугасних протилежністю їх характеристик, а

характеристики осколково-фугасних снарядів займають проміжне значення між ними.

Таблиця 3.2 - Основні конструктивні характеристики артилерійських снарядів

Типи снарядів	L , клб	δ , клб	α , %	$C_{\text{в}}$, кг/дм ³	$C_{\text{г}}$, кг/дм ³
Фугасні: гаубичні гармати	4,5–5,0	1/15–1/10	18–25	2,5–3,0	8–11
	4,5–5,0	1/10–1/6	10–18	2,0–2,5	11–14
Осколково-фугасні	4,5–5,5	1/8–1/6	10–15	1,5–2,0	12–14
Осколкові	4,4–6,0	1/6–1/4	5–10	1,0–1,6	14–16

Дія осколково-фугасних снарядів складається з ударної, осколкової і фугасної. Перевага того або іншого виду дії снаряда зумовлюється його типом і призначенням.

Фугасні снаряди призначені головним чином для руйнування небетонованих польових споруд силою ударів і газів, а також для знищення живої сили, вогневих засобів і бойової техніки у місцях їх зосередження. Вони застосовуються тільки для ударної стрільби з гармат крупних калібрів (152-мм і вище).

Осколкові снаряди призначені головним чином для знищення живої сили осколками корпусу, а також для подавлення вогневих засобів, артилерії та руйнування легких польових укриттів; вони застосовуються для ударної стрільби, стрільби на рикошетах і дистанційної стрільби з гармат малого та середнього калібрів.

Осколково-фугасні снаряди є уніфікацією фугасних та осколкових снарядів і призначені для руйнування польових оборонних споруд противника силою удару та газів розривного заряду і знищення живої сили і бойової техніки противника осколками корпусу снаряда. Вони застосовуються в гарматах малих та середніх калібрів.

Розглянемо види дії різних типів снарядів.

Ударна дія полягає у пробиванні перешкоди або в прониканні снаряда у перешкоду за рахунок кінетичної енергії, яку він має в момент зустрічі з ціллю:

$$E_e = \frac{qV_c^2}{2}. \quad (3.1)$$

Визначальним фактором при ударній дії є кінетична енергія снаряда, яка при його зустрічі з перешкодою витрачається в основному на деформацію або руйнування снаряда, стрясування та нагрівання середовища і снаряда. У фугасних, осколково-фугасних, бетонобійних та каморних бронебійних снарядів найчастіше ударна дія поєднується з фугасною, осколковою та запалювальною дією. Ударна дія є єдиною для снарядів, які не мають спорядження, наприклад, для бронебійних підкаліберних снарядів. Для каморних бронебійних снарядів і для бетонобійних снарядів ударна дія є основною, а для осколково-фугасних та фугасних снарядів вона забезпечує вибух снарядів у оптимальній точці перешкоди.

Ударна дія характеризується товщиною перешкоди, яка пробивається снарядом або глибиною проникнення в неї. Для визначення глибини проникнення снаряда в перешкоду найбільш поширена формула Березанського

$$h = \lambda K_n \frac{q}{d^2} V_c \cos \alpha, \quad (3.2)$$

де q - маса снаряда, кг;
 d - калібр снаряда, мм;
 V_c - кінцева швидкість снаряда у момент зустрічі з перешкодою, м/с;
 α - кут від нормалі до перешкоди;
 λ - коефіцієнт форми снаряда, що залежить від довжини його головної частини, а саме:

при $L_r = 1,5$ $\lambda = 1$;

при $L_r = 2,5$ $\lambda = 1,3$;

K_n - коефіцієнт, що характеризується властивостями перешкоди, а саме:

$$\text{для крихкого ґрунту} - K_n = \frac{1}{105},$$

$$\text{для щільного ґрунту} - K_n = \frac{5}{104},$$

$$\text{для кам'янистого ґрунту} - K_n = \frac{5}{106}.$$

Із формули випливає, що глибина проникнення снаряда зростає зі збільшенням довжини головної частини, кінцевої швидкості, відношення маси до квадрата калібру, або коефіцієнта поперечного навантаження снаряда, і зі зменшенням міцності перешкод та кутів зустрічі з ними. Глибина проникнення у ґрунт середньої щільності 122-мм осколково-фугасних снарядів гаубиці М-30 під час стрільби на повному заряді на дальність 10 км становить 1,6 м. Крім перелічених факторів, на глибину проникнення снаряда можуть впливати умови його зустрічі з перешкодою, час дії підривника, міцність корпусу снаряда та інші фактори.

Так, при кутах зустрічі з перешкодою більше 50° траєкторія снаряда в ній стає криволінійною, причому снаряд намагається вийти з перешкоди і при кутах падіння Q_c менше 30° відбувається рикошет. При кутах падіння менше 10° снаряд рикошетує, не заглиблюється в ґрунт, залишаючи на поверхні землі слід у вигляді рівчака.

Явище рикошету використовується під час стрільби для отримання повітряних розривів снарядів з метою підвищення їх осколкової дії.

Осколкова дія полягає в ураженні цілі осколками, які виникають при розриві оболонки снаряда і мають певну масу, швидкість і напрямок руху. Уражальним фактором осколкової дії є кінетична енергія осколка або спеціального вражального елемента:

$$E_{оск} = \frac{q_{оск} V_{оск}^2}{2q} \quad (3.3)$$

Осколкова дія відрізняється від ударної тим, що від моменту розриву снаряда до моменту ураження цілі осколок повинен пройти деякий шлях у просторі.

Кінетичну енергію осколок отримує при подрібненні корпусу снаряда за рахунок енергії вибуху розривного заряду.

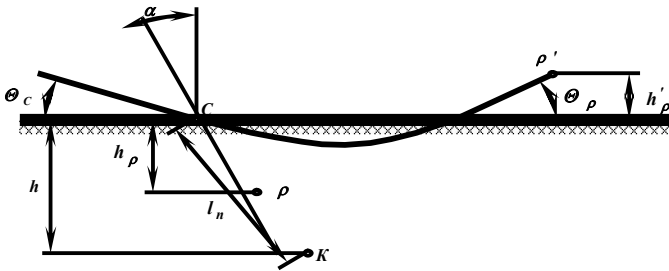


Рисунок 3.7 - Рух снаряда у перешкоді

Під час вибуху на внутрішню поверхню корпусу снаряда діє тиск у $100\text{--}300 \text{ кг/см}^2$ продуктів вибухового перетворення, які розривають корпус на осколки та надають їм імпульс сили. При цьому швидкість розльоту осколків становить $1000\text{--}1500 \text{ м/с}$. Для ураження цілі необхідно, щоб осколок був убивчим.

Убивчим осколком для ураження живої сили є осколок масою $4\text{--}5\text{ г}$, що має убивчу енергію в $1 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^2$. Осколкова дія є основною для осколкових та осколково-фугасних снарядів при установці підричника на миттєву дію. Осколкову дію мають також фугасні, бетонобійні, броньобійні та кумулятивні снаряди.

Осколкова дія снаряда характеризується числом убивчих осколків N , убивчим інтервалом $R_{уб}$ і величиною площі зони ураження $S_{ур}$.

Загальна кількість осколків при розривах снарядів різного калібру наведена в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Кількість осколків при розриві снарядів

Калібр снаряда, мм	Число осколків масою	
	від 1 до 4 г	від 4 г і більше
100	900–1200	450–550
122	1000–1500	600–850
152	1800–2200	900–1300

Розподіл осколків за групами характеризується табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Розподіл осколків

Межі маси осколків, г	1–2	2–4	4–8	8–20	20–100	>100
Число осколків, %	25	21	20	18	11	5

Розрахунок числа осколків звичайно проводять за формулою Юстрова

$$N = \epsilon \frac{w_{ep}}{d} \frac{y_{nc}}{y_e \delta} \frac{c^2 + 0,5}{c - 1}, \quad (3.4)$$

де β – коефіцієнт, який залежить від властивості ВР:

для тротилу $\beta = 46$,
для амотолу $\beta = 30$;

w_{ep} – маса вибухової речовини, г;

d – калібр снаряда, см;

$\sigma_{nc} \sigma_e$ – межі пропорційності та тимчасового опору, Н/м²;

δ – відносне подовження металу, %;

χ – коефіцієнт, який залежить від відношення мас заряду і снаряда:

при $\chi_{ep} = 7\%$ $\chi = 1,8$;
при $\chi_{ep} = 15\%$ $\chi = 1,4$.

Із формули випливає, що кількість осколків

збільшується зі збільшенням калібру снаряда, потужності вибухової речовини,

коефіцієнта наповнення снаряда і зі зменшенням міцності та

в'язкості металу корпусу. Очевидно, що кількість осколків суттєво

залежить від конструкції снаряда. Для одержання осколків заданої маси і

форми іноді на поверхні корпусу наносять насічку.

Розподіл осколків у просторі залежить від форми снаряда і умов зустрічі його з ціллю.

У статичних умовах підриву снаряда осколки розлітаються по

нормалі до його зовнішньої поверхні. При цьому основний потік осколків від

циліндричної частини спрямований перпендикулярно до осі снаряда, що становить

80% усіх осколків. Решта осколків від головної та донної частини спрямовується уздовж осі

снаряда, що становить приблизно 10%. У польоті осколки будуть дещо відхилитися від напрямку польоту снаряда.

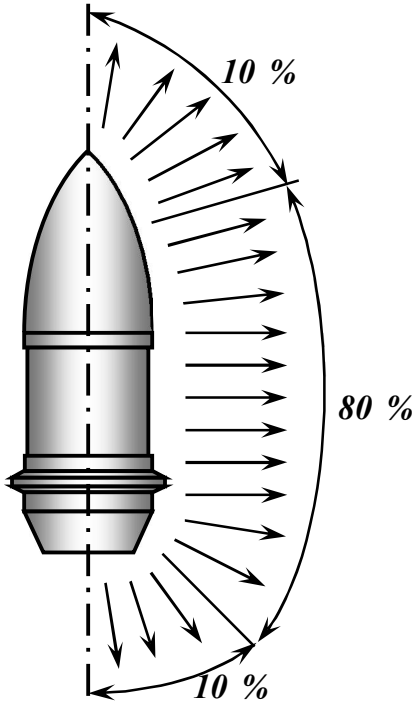


Рисунок 3.8 – Схема розподілу осколків

Убивчий інтервал визначається за емпіричною формулою

$$R_{уб} = 65,6 \sqrt[3]{q_{оск}} lq \frac{V_{оск}}{V_{уб}}, \quad (3.5)$$

де $q_{оск}$ - маса осколка, гр;

$V_{оск}$ - швидкість осколка стосовно швидкості снаряда:

$$V_{оск} = 1000-1500 \text{ м/с};$$

$V_{уб}$ - швидкість осколка, при якій ціль уражається;

$$V_{уб} = 200 \text{ м/с}.$$

Серед умов зустрічі снаряда з ціллю найбільше значення має його положення стосовно цілі у момент розриву. Найбільш вигідним буде таке положення снаряда, при якому основний пучок осколків спрямований до цілі.

Величина площі зони ураження при ударній стрільбі буде максимальною при зустрічі снаряда по нормалі з поверхнею землі, оскільки розліт основного пучка осколків буде уздовж поверхні землі, що є вигідним для ураження відкрито розміщеної живої сили. Для ураження живої сили, укритої в траншеях, більш ефективною буде стрільба на рикошетах з висотою розривів 3–6 м, а укритої за протилежними схилами – дистанційна стрільба з висотою розривів 10–12 м.

Ефективність осколкової дії залежить також від часу й одноманітності дії підричників. При низькій чутливості або великих відхиленнях у часі дії від розрахункового часу підричників снаряди встигають заглибитися в перешкоду на значну глибину, що знижує їх осколкову дію. Так, при ударній стрільбі 122-мм осколково-фугасними снарядами на твердому ґрунті площа ураження буде прямокутної форми розмірами 40 м по фронті і 8 м у глибину при глибині воронки в 15–20 см. При збільшенні глибини воронки до 35–50 см площа ураження, а отже, і осколкова дія снаряда знижуються приблизно в 2 рази.

При дистанційній і рикошетній стрільбах неодно-

манітність часу дії підричників призводить до відхилень точок розривів снарядів від оптимальної висоти розриву, чим знижується ефективність осколкової дії, особливо за рахунок високих розривів при дистанційній стрільбі. Для стабілізації висоти розривів при дистанційній стрільбі використовують неконтактні радіопідричники.

Таким чином, висока осколкова дія снарядів досягається:

- раціональною будовою снарядів: правильним вибором вибухової речовини і металу корпусу, співвідношенням між масами розривного заряду і корпусу, а також забезпеченням оптимального дроблення корпусу снаряда;

- застосуванням високоякісних і стабільних у дії підричників;

- знаходженням оптимальних умов стрільби.

Фугасна дія полягає в зміщенні і руйнуванні оборонних споруд, будов і бойової техніки за рахунок енергії вибуху.

Для отримання найбільшої фугасної дії снаряд до моменту вибуху повинен заглибитись у перешкоду на деяку оптимальну глибину, а тому фугасній дії передуює ударна дія снаряда.

Уражальними факторами фугасної дії є ударна хвиля і продукти вибуху, які поширюються у середовищі на всі сторони від точки вибуху.

При розширенні сильно стиснених і нагрітих продуктів вибуху вони прямують у бік найменшого опору середовища до поверхні перешкоди. У результаті цього ґрунт викидається на поверхню з утворенням конусоподібної воронки, розмір якої характеризується глибиною h_e і радіусом r . При $r = h_e$ воронку прийнято називати нормальною, при $r < h_e$ – мілкою і при $r > h_e$ – глибокою.

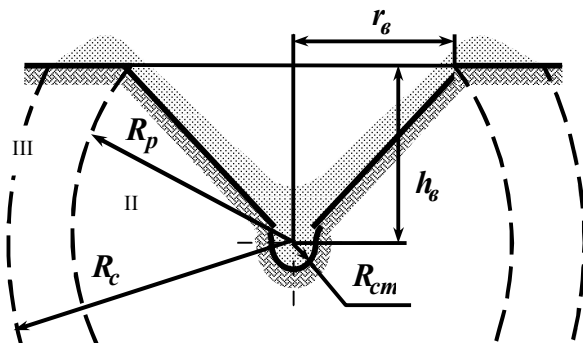


Рисунок 3.9 - Схема дії фугасного снаряда

Навколо точки розриву снаряда в ґрунті розрізняють три зони:

I- сфера стиснення – з радіусом R_{cm} , що дорівнює декільком калібрам снаряда, в цій зоні ґрунт зміщується і ущільнюється;

II- сфера руйнування – з радіусом R_p , в якій поширюється сильна ударна хвиля, що викликає порушення зв'язків між частинками ґрунту і призводить до утворення в ньому тріщин і до руйнування оборонних споруд;

III - сфера струсу – з радіусом R_c , в якій послаблена ударна хвиля викликає тільки коливальний рух частин ґрунту без руйнування міцних споруд.

Фугасна дія є основною для фугасних, бетонобійних і осколково-фугасних снарядів при встановленні підричника на фугасну дію. Для кумулятивних, осколкових і каморних бронебійних снарядів вона буде додатковою.

Фугасна дія снаряда характеризується радіусом руйнування R_p і об'ємом викинутого ґрунту W_6 .

Радіус руйнування визначається за емпіричною формулою

$$R_p = K_p \sqrt[3]{w_{p3}} \quad (3.6)$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від властивостей середовища:

$$\begin{array}{ll} \text{для пухкого ґрунту} & - K_p = 1,07, \\ \text{для кам'янистого ґрунту} & - K_p = 1,0; \end{array}$$

m_{pz} - маса розривного заряду, кг

З формули бачимо, що радіус руйнування збільшується зі збільшенням маси розривного заряду, а отже, для однотипних снарядів зі збільшенням калібру, і зменшується зі зростанням міцності середовища.

Для 122-мм і 152-мм осколково-фугасних снарядів – радіус руйнування в ґрунті середньої міцності відповідно дорівнює 1,65 м і 2,03 м.

Об'єм воронки залежить від маси розривного заряду і заглиблення снаряда в момент вибуху. Практично сучасні фугасні й осколково-фугасні снаряди викидають у середньому на 1 кг вибухової речовини 1,2–1,5 м³ ґрунту. Зі збільшенням заглиблення снаряда воронка стає глибокою, і її об'єм зменшується. При досить глибокому заглибленні відбувається камуфлет – підземний розрив снаряда без утворення воронки. Розрив снаряда на оптимальній глибині забезпечується встановленням підричника на певний час дії. Таким чином, вибух фугасного й осколково-фугасного снаряда супроводжується утворенням воронки і струсом ґрунту, що й викликає руйнування та обвали польових оборонних споруд. Фугасна дія по броньованих цілях приводить до заклинювання, зриву і перекидання башт, руйнування зварки і механізмів за бронею, вибуху боєкомплектів танків і САУ.

3.1.5.2. Будова і принцип дії снарядів із стрілоподібним вражальними елементами

Снаряди з готовими вражальними елементами призначені для знищення відкрито розміщеної живої сили противника і складаються з: корпусу з пригвинтною голівкою; стрілоподібних вражальних елементів; вибивного заряду;

дистанційного механічного підричника (рис. 3.10).

Стрілоподібні вражальні елементи розміщуються у вигляді стільників у корпусі снаряда в кількості до 8000 штук. Кожний елемент має довжину близько 25 мм, важить 0,5 г і являє собою загострений металевий стрижень з оперенням.



Рисунок 3.10 – Снаряд з готовими вражальними елементами:

1 – підричник; 2 – порохова петарда; 3 – пригвинтна головка; 4 – трубка; 5 – стрілоподібний елемент; 6 – вибивний заряд

При спрацюванні дистанційного підричника в розрахунковій точці траєкторії запалюється вибуховий заряд. За рахунок тиску порохових газів вибивного заряду відривається пригвинтна головка, і вражальні елементи викидаються із снаряда і розсіюються у вигляді конуса.

Аеродинамічна форма стріл і наявність у них оперення забезпечують їм політ вістрям уперед. У 1967 році американці у Південному В'єтнамі вперше застосували такі снаряди для стрільби із 105-мм гаубиці по живій силі й зробили висновок про ефективність використання цих снарядів для боротьби з живою силою як на відкритій місцевості, так і в джунглях, особливо в ближньому бою під час стрільби прямим наведенням.

3.1.5.3. Призначення, будова та дія бронейних снарядів

Бронейні снаряди застосовуються для ураження броньованих рухомих і нерухомих цілей під час стрільби прямою наводкою з гармат калібром від 37 до 152 мм.

Дія бронепробивних снарядів зводиться в основному до пробивання броні та ураження осколками живої сили, озброєння та обладнання, розміщених за бронєю.

Оскільки товщина броні є величиною, яка задана, то за характеристику ударної дії бронепробивних снарядів зручніше брати величину мінімальної швидкості снаряда V_{min} в момент зустрічі з ціллю, необхідну для пробивання броні заданої товщини.

Характеристика ударної дії бронепробивних снарядів визначається за емпіричною формулою Жакоб-де-Морра

$$V_{min} = k \frac{d^{0.75} b^{0.7}}{q^{0.5} \cos \alpha}, \quad (3.7)$$

де d – калібр снаряда, дм;
 b – товщина броні, дм;
 α – кут зустрічі снаряда з бронєю в градусах;
 q – маса снаряда, кг;
 k – коефіцієнт, що залежить від властивостей

броні й конструкції снаряда;

$k = 2200-3000$ – для тупоголових снарядів і гетерогенної (неоднорідної) цементованої броні, а також для гостроголових снарядів і гомогенної (однорідної) броні середньої і високої твердості;

$k = 1600-2000$ – для гомогенної броні низької твердості;

$k = 3000$ – для підкаліберних снарядів з осердями.

Знаючи характеристики снаряда і броні та умови зустрічі снаряда з бронєю, за допомогою цієї самої формули можна визначити і найбільшу пробивну товщину броні. З формули Жакоб-де-Морра бачимо, що необхідна швидкість для пробивання броні зростає зі збільшенням товщини броні, кута зустрічі й відношення калібру снаряда до його маси, звідси для бронепробивних снарядів однієї конструкції ($C_q = \text{const}$) зі збільшенням калібру величина V_{min} зменшується. При зменшенні маси снаряда даного

калібру величина V_{min} також зменшується.

Осколкова дія бронебійних снарядів характеризується кількістю вражальних осколків, які утворюються в результаті розриву корпусу снаряда продуктами детонації розривного заряду каморних снарядів чи силами внутрішнього напруження підкаліберних снарядів після пробивання броні, а також унаслідок руйнування самої броні. При цьому осколкова дія супроводжується запалювальною, оскільки розжарені осколки викликають спалах палива і масла, яке витікає з перебитих трубопроводів.

Для полегшення коригування вогню бронебійні снаряди постачаються трасерами, а тому їх часто називають бронебійно-трасувальними снарядами.

Бронебійні снаряди по відношенню до калібру гармати поділяються на: каліберні, підкаліберні.

Каліберні бронебійні снаряди призначені для стрільби прямою наводкою по танках, САУ, бронетранспортерах та амбразурах ДОТ снарядами до 100-мм калібру, а також по особливо міцних залізобетонних спорудах снарядами більше 100-мм калібру.

Каморні бронебійні снаряди мають товстостінний корпус із суцільною головною частиною й угвинченим дном із донним підривником і трасером. Камора таких снарядів порівняно невелика, споряджається пресованими шашками із флегматизованого гексогену. На головній чи циліндричній частині корпусу вище камери роблять надрізи – локалізатори його руйнування. Так, у процесі пробивання броні під час руйнування головної частини снаряда підрізи викликають утворення конусів ковзання, по яких руйнівна головна частина снаряда обтискує корпус, зменшуючи ймовірність його руйнування і зберігаючи камору з розривним зарядом від розкриття. Крім того, підрізи перешкоджають розширенню тріщин уздовж корпусу.

Основні характеристики каморних бронебійних снарядів наведені в табл. 3.5.

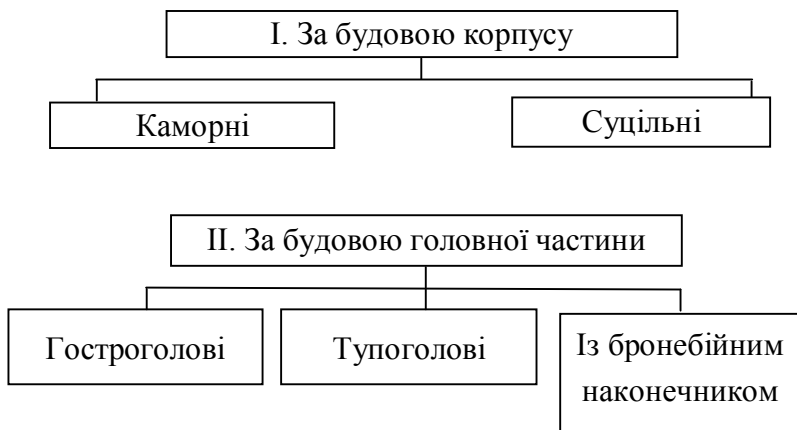


Рисунок 3.11 - Класифікація каліберних бронебійних снарядів

Суцільні бронебійні снаряди відрізняються відсутністю камори з розривним зарядом, а отже, – й угвинченого дна з підривником. Трасер таких снарядів загвинчується в нарізне вічко корпусу. Суцільні бронебійні снаряди застосовуються до пострілів гармат 122-мм калібру.

Таблиця 3.5 - Характеристики каморних бронебійних снарядів

Тип снаряда	L , клб	σ , клб	α , %	C_q , кг/дм ³	C_ω , кг/дм ³
Бронебійний камерний	3,0-4,0	1/5-1/3	0,5-2,5	13-20	0,1-0,4

Гостроголові бронебійні снаряди більш ефективно діють під час удару в броню під кутом, близьким до 90°, а при кутах зустрічі з нею менше 60° вони, як правило, дають рикошет.

Тупоголові бронебійні снаряди під час удару в броню зустрічаються гострою кромкою притуплення головної частини, що перешкоджає їх ковзанню по поверхні броні,

чим знижується їх рикошетування. Крім того, притуплення головної частини тупоголового снаряда забезпечує розподіл тиску під час удару в броню по відносно більшій площі перерізу снаряда, ніж гостроголового снаряда, що зменшує руйнування головної частини і втрати снарядом кінетичної енергії.

Дія гостроголового снарядів по броні супроводжується проколом, а тупоголових – вибиванням пробок із броні. При малих кутах зустрічі з бронєю дія обох снарядів супроводжується проломом броні.

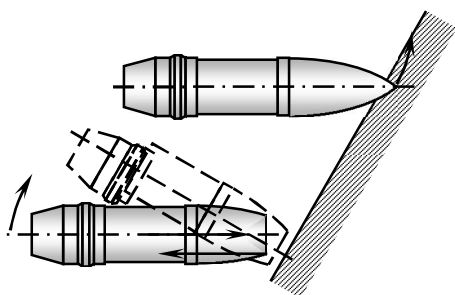


Рисунок 3.12 - Дія по броні тупоголових броньбійних снарядів

Для зменшення опору, а отже, і втрати швидкості при польоті в повітрі тупоголові і деякі типи гостроголових снарядів споряджаються балістичними наконечниками, які не беруть участі в пробиванні броні. Снаряди з броньбійними наконечниками мають підвищену бронепробійність, що особливо важливо під час стрільби по гетерогенній броні з цементувальною поверхнею. Броньбійні наконечники таких снарядів забезпечують зменшення рикошетування завдяки наявності притуплення, руйнування цементувального шару гетерогенної броні внаслідок великої їх твердості й запобігання головної частини снаряда від руйнування їх обтисненням. Під час удару в броню броньбійний наконечник руйнує її цементувальний

шар, руйнуючись при цьому сам, а головна частина, залишаючись незруйнованою, пробиває менш міцний нецементований шар броні.

Броневі снаряди з броневими наконечниками за інших однакових умов мають бронепробійність на 20–30% вищу порівняно зі снарядами без броневих наконечників.

Бронепробійність таких снарядів становить 1,2–1,8 клб.

З викладеного випливає, що каліберні броневі снаряди в загальному випадку можуть мати такі основні елементи: балістичний наконечник, броневий наконечник, корпус із угвинтним дном, розривний заряд, донний підрильник, трасер.

Природно, що виготовлення броневих снарядів з броневими балістичними наконечниками помітно ускладнює технологію, а отже, і підвищує їх вартість. Однак це ускладнення компенсується їх підвищеною бронепробивною дією.

Підкаліберні броневі снаряди призначені для стрільби прямою наводкою головним чином по важких танках і САУ, а також по амбразурах ДОТ.

Застосування підкаліберних броневих снарядів дозволило суттєво підвищити ефективність броневих дії за рахунок збільшення їх початкової швидкості шляхом зниження маси снаряда при рівному або більшому за масою бойовому заряді і зосередженні основної маси снаряда в надтвердому осерді. Оскільки площа осердя набагато менша площі каліберного снаряда, то питома енергія удару осердя також буде в декілька разів більшою. Така концентрація енергії удару на невеликій площі осердя, але з великою твердістю, забезпечує високу бронепробивність. Основна відмінність підкаліберних броневих снарядів від каліберних полягає у меншій їх масі і, як правило, в наявності особливо твердого броневих осердя.

Обертальні снаряди за конструкцією можуть бути обтічної і катушкової форми з осердями, а необертальні – з відокремлюваним піддоном або диском з осердям або без нього.

Обертальні підкаліберні снаряди обтічної форми складаються із таких основних елементів: балістичного наконечника, головної втулки, піддону з обтічником, бронейного осердя, трасера.

Обертальні підкаліберні снаряди катушкової форми мають аналогічну будову зі снарядами обтічної форми і відрізняються головним чином конструкцією піддону і відсутністю обтічника на ньому.



Рисунок 3.6 - Класифікація бронебійних підкаліберних снарядів

Розглянемо основні елементи конструкції обертальних підкаліберних снарядів.

Балістичний наконечник надає снаряду зручної обтічної форми, а іноді він одночасно виконує роль головної втулки. Виготовляється зі сталі.

Головна втулка утримує бронебійне осердя в піддоні й з'єднується з ним різьбою. Виготовляється з легкого матеріалу.

Піддон з обтічником призначений для центрування осердя в каналі ствола гармати під час пострілу і надання

снаряду обертального руху, що забезпечує стійкість у польоті. Для зменшення маси снаряда у піддоні робляться виточки і розточки, які у снарядів обтічної форми закриваються обтічником. Товщина стінок піддона встановлюється, виходячи із його міцності під час пострілу. Піддон виготовляється з м'якої вуглецевої сталі, а обтічник – з листової сталі.

Броневий осердя є головним елементом снаряда і призначене для безпосереднього ураження цілі. Він має циліндрично-оживальну форму, виготовляється з карбиду вольфраму з невеликою домішкою нікелю шляхом спікання. Завдяки високій густині, близько $15,5 \text{ кг/см}^3$, осердя має всі властивості надтвердих сплавів, лише дещо поступаючись за твердістю алмазу.

Трасер угвинчується в нарізне вічко дна піддона і забезпечує можливість коригування вогню під час стрільби бронебійними снарядами. Дія обертальних підкаліберних снарядів полягає у такому. Під час удару в броню руйнуються балістичний наконечник і головна втулка. Бронебійне осердя, маючи велику кінетичну енергію і твердість, зустрічає загостреним кінцем броню, проникає до неї і пробиває її. Піддон до зустрічі з бронєю рухається разом з осердям, збільшує його масу, а після зустрічі осердя з бронєю передає осердю частину своєї кінетичної енергії, чим сприяє пробиванню броні. Зустрівшись із бронєю, піддон руйнується, залишаючись перед нею.

Під час проникнення в броню внаслідок сильного стиску в осерді виникають великі сили внутрішнього напруження. При виході з броні з осердя миттєво знімаються сили стиску броні, і він руйнується на осколки внутрішніми силами напруження. Осколки осердя і броні є джерелом уражальної заброневої дії.

Підкаліберні снаряди обтічної форми мають більшу бронепробивну дію, ніж снаряди котушкової форми. Це пояснюється тим, що їх осердя виступає більше з піддона і передає більше кінетичної енергії в момент удару.

Крім того, вони менше втрачають швидкість під час польоту в повітрі, а отже, зберігають більше кінетичної енергії до моменту удару в броню за інших однакових умов.

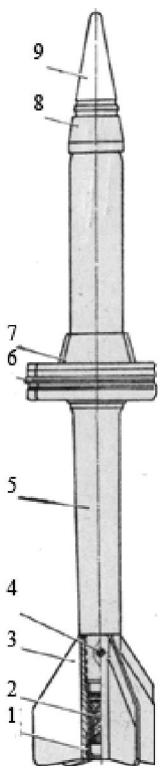


Рисунок 3.14 - Броненібийний підкаліберний снаряд БМ2:

- 1 – гайка трасера;
- 2 – трасер;
- 3 – стабілізатор;
- 4 – стопорний гвинт;
- 5 – корпус;
- 6 – обтюрувальний пояс;
- 7 – піддон;
- 8 – броненібийний наконечник;
- 9 – балістичний наконечник

Необертальні підкаліберні снаряди з відокремлюваним піддоном або диском складаються з таких основних елементів (рис. 3.14): активної частини – оперений снаряд із трасером, пасивної частини – піддон або диск.

Піддон або диск служить для обтюрації порохових газів під час пострілу і для закріплення його в гільзі.

Після вильоту снаряда із каналу ствола піддон або диск, які мають невелику вагу і погану балістичну форму, відділяються від активної частини за рахунок відцентрових сил і сили опору повітря. Активна частина, завдяки добрій балістичній формі, продовжує летіти з високою швидкістю й уражає ціль із потужним броньованим захистом. Початкова швидкість польоту таких снарядів досягає значень 1100–1500 м/с, що дозволяє уражати броньовані цілі на збільшеній дальності (1500–2000 м).

Підкаліберні обертальні снаряди пробивають броню товщиною до 2,5 клб. Необертальні підкаліберні снаряди з відокремлюваними піддонами або дисками – до 3 клб.

3.1.5.4. Призначення, будова і дія кумулятивних снарядів

Кумулятивні снаряди призначені для ураження броньованих рухомих і нерухомих цілей стрільбою прямою наводкою з гармат середнього калібру.

Кумулятивні снаряди, на відміну від бронebійних, пробивають броню не за рахунок кінетичної енергії, а за рахунок ефективного використання енергії вибухової речовини кумулятивного заряду (рис. 3.15).

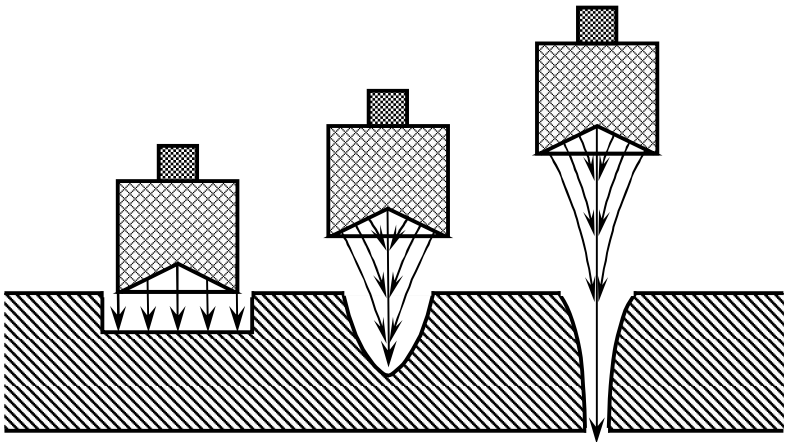


Рисунок 3.15 - Схема дії кумулятивного заряду

Кумулятивний ефект був відкритий ще в 1864 році генералом М.М.Боресковим і практично використовувався у саперній справі. В кумулятивних снарядах він почав використовуватися з 30-х років XX ст., що дозволило в роки Великої Вітчизняної війни використовувати для боротьби з танками противника не тільки гармати, а й гаубиці, які мали невисоку швидкість польоту снарядів.

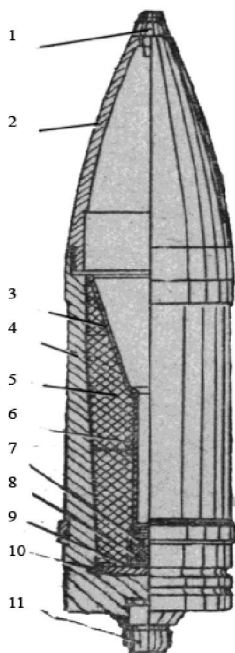


Рисунок 3.16 – Кумулятивний снаряд:

- 1 – підрильник;
- 2 – головка;
- 3 – облицювання кумулятивної воронки;
- 4 – корпус;
- 5 – розривний заряд;
- 6 – центральна трубка;
- 7 – капсуль-детонатор;
- 8 – детонатор;
- 9 – мастика;
- 10 – дерев'яний вкладиш;
- 11 – трасер

кумулятивну виїмку установлюють металеве облицювання із червоної міді або з її сплавів.

Дія кумулятивних снарядів полягає в такому. Під час підриву розривного заряду починається процес перетворення вибухової речовини у хвилю детонації. На фронті

Досвід показує, що характер руйнування броні залежить не лише від потужності вибухової речовини і його маси, але і від форми й положення розривного заряду стосовно броні в момент вибуху.

Якщо в розривному заряді зробити кумулятивну виїмку, то такий заряд зробить більше заглиблення в броні. Якщо ж такий заряд підірвати на деякому віддаленні від броні, то він зробить ще більше заглиблення в броні. Це пояснюється тим, що ударна хвиля вибуху отримує напрямок зосередження в бік перешкоди і при деякому віддаленні від неї встигає сформуватися в ущільнений кумулятивний струмінь.

Таким чином, суть кумулятивного ефекту полягає у фокусному зосередженні енергії вибуху в заданому напрямку, тобто у створенні концентрованого ущільненого газового потоку в ділянці кумулятивної виїмки.

Для підвищення густини газового потоку, а отже, і руйнівної дії кумулятивного снаряда в кумулятивну виїмку

цієї хвилі практично миттєво утворюються продукти детонації, які рухаються за хвилею детонації. При досягненні хвилею детонації кумулятивної виїмки продукти детонації почнуть поширюватись у просторі майже перпендикулярно до її поверхні. Якщо ж кумулятивна виїмка покрита металевим облицюванням, то під дією високих тисків, які дорівнюють сотням тисяч атмосфер, матеріал облицювання стає схожим на нестискувану рідину, а її частинки переміщуються разом із продуктами детонації, збільшуючи густину потоку.

Продукти вибуху й частинки облицювання з її поверхні прямують до осі, де, вдаряючись одне об одного, утворюють кумулятивний струмінь невеликого діаметра, спрямований уздовж осі, і мають густину, близьку до густини матеріалу облицювання, температуру близько 1000°K і швидкість – 10–15 км/с. До кінця формування кумулятивний струмінь має довжину l_{kc} і найбільші пробивні здатності. Потім струмінь поступово розтягується і руйнується. До складу кумулятивного струменя входить до 25% матеріалу облицювання, решта 75% його утворюють товкач, який переміщається за струменем разом із продуктами детонації з відносно невеликою швидкістю (1–2 км/с).

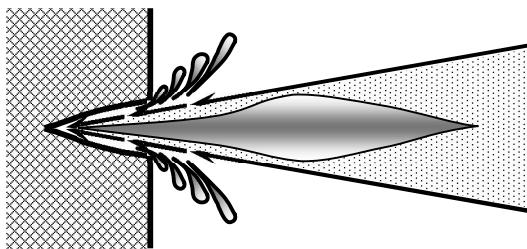


Рисунок 3.17 - Дія кумулятивного струменя

При зустрічі кумулятивного струменя, який рухається з космічною швидкістю, з бронею у результаті гальмування кінетична енергія струменя перетворюється в потенціальну

енергію тиску дуже великої сили, яка дорівнює 1–2 млн атмосфер, що і забезпечує пробивання броні.

При цьому товсач та інші елементи снаряда залишаються перед бронею. У цьому разі взаємодію кумулятивного струменя з бронею можна розглядати як взаємодію струменя нестискуваної рідини з рідинним середовищем, тобто під час пробивання броні її матеріал вимивається все новими ділянками кумулятивного струменя з утворенням спочатку конічного кратера, а потім наскрізного отвору. З цього можна зробити висновок, що кумулятивний струмінь є уражальним фактором. Уражальна дія за бронею забезпечується спільною дією кумулятивного струменя, газоподібних продуктів детонації розривного заряду і металевими частинками броні.

Характеристикою дії кумулятивних снарядів, як і дії бронейних снарядів, є найбільша товщина броні, що пробивається, для визначення якої користуються формулою академіка Лавренть'єва

$$b^* = l_{kc} \sqrt{\frac{\delta_{kc}}{\delta_n}} \cos \alpha, \quad (3.8)$$

де l_{kc} – довжина кумулятивного струменя;
 δ_{kc} – густина кумулятивного струменя;
 α – кут зустрічі кумулятивного струменя;
 δ_n – густина матеріалу перешкоди.

Для обертальних снарядів густина кумулятивного струменя зі збільшенням швидкості обертання снаряда зменшується, оскільки струмінь перебуває під дією відцентрових сил.

Довжина кумулятивного струменя залежить від форми й площі поверхні кумулятивної виїмки. Очевидно, що зі збільшенням калібру снаряда довжина кумулятивного струменя збільшується.

Крім того, зі зменшенням кута зустрічі кумулятивно-го струменя з поверхнею перешкоди бронейність зменшується. Варто визначити, що кумулятивні снаряди не дають рикошету струменя при невеликих кутах зустрічі з бронею.

Таким чином, ефективність дії кумулятивних снарядів залежить від їх конструкції, потужності вибухової речовини, будови кумулятивного вузла, способу стабілізації снаряда, властивостей перешкоди і кута зустрічі з нею і не залежить від швидкості снаряда в момент зустрічі з перешкодою.

Звичайно кумулятивні снаряди комплектуються головними підривниками з високою чутливістю, одноманітністю та швидкістю дії.

Будова підривника та головної частини снаряда повинна забезпечувати при заданій швидкості V_c зустріч кумулятивного струменя з перешкодою в момент завершення її формування. Відстань між основою кумулятивної виїмки і поверхнею перешкоди в цей момент називається фокусною відстанню F . Вважаючи миттєвим спрацьовування детонаційного вузла і формування кумулятивного струменя, можна визначити найвигіднішу довжину головної частини снаряда:

$$L_{\Gamma} = F + V_c \cdot t_n , \quad (3.9)$$

де t_n – час дії підривника.

Ефективність дії кумулятивного струменя знижується зі зміною швидкості зустрічі снаряда з перешкодою та часу дії підривника. Тому підривники кумулятивних снарядів повинні відрізнятись високою одноманітністю дії, а стрільба ними повинна вестись тільки з тими бойовими зарядами, які вказані в Таблицях стрільби. Як правило, це спеціальні бойові заряди. Для передачі вибухового імпульсу від головного підривника до капсуль-детонатора з детонатором, який знаходиться на дні снаряда, в розривному

заряді по його осі є циліндричний отвір із центральною трубкою. Розривний заряд разом з усіма його деталями називають кумулятивним вузлом.

Основні характеристики кумулятивних снарядів наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Характеристики кумулятивних снарядів

Тип снаряда	L , клб	σ , клб	α , %	C_q кг/дм ³	C_{ω} , кг/дм ³
Кумулятивний	3,5–5,0	1/17– 1/12	10–17	7–13	0,8–2,8

З табл. 3.6 випливає, що кумулятивні снаряди за своїми конструктивними характеристиками близькі до фугасних снарядів і на відміну від них мають дещо меншу товщину корпусу та коефіцієнт наповнення вільного об'єму у головній частині снаряда і в кумулятивній виїмці розривного заряду. За способом стабілізації в польоті кумулятивні снаряди поділяються на обертальні та необертальні.

Обертальні кумулятивні снаряди складаються з таких основних елементів: головного підричника; корпусу з пригвинтною головкою; кумулятивного вузла у складі: розривного заряду, металевго облицювання, центральної трубки, капсуль-детонатора з детонатором, запобіжного конусу; трасера (рис. 3.16).

Головний підричник угвинчується в нарізне вічко головної втулки і має високу стабільність дії.

Корпус – тонкостінний сталевий з потовщенням стінок до донної частини, чим забезпечується міцність під час стрільби. Дно корпусу має нарізне вічко під трасер. Пригвинтна головка – сталева тонкостінна оживальної форми з нарізним вічком під підричник.

Розривний заряд – із пресованих шашок флегматизованого гексогену або тєну з кумулятивною виїмкою.

Металеве облицювання конічної або сферичної форми з міді або її сплавів, але може бути з цинку, заліза або сталі.

Центральна трубка зберігає підривний заряд від руйнування і забезпечує одноманітність передачі вибухового імпульсу від головного підривника на капсуль-детонатор з детонатором, розміщеним у донній частині розривного заряду.

Запобіжний конус зберігає металеве облицювання від руйнування під час дії підривника і внутрішню порожнину центральної трубки від потрапляння до неї сторонніх предметів.

Трасер полегшує спостереження за кумулятивним снарядом під час коригування вогню.

Необертальні оперені кумулятивні снаряди за будовою аналогічні до обертальних снарядів, але додатково мають такі елементи: стабілізувальний пристрій, плаваюче кільце з ведучим пояском.

Стабілізувальний пристрій забезпечує аеродинамічну стійкість снаряда у польоті й складається з корпусу з трасером і пір'я, які розкриваються після вильоту снаряда зі ствола під дією відцентрових сил і сили опору повітря.

Плаваюче кільце з мідним ведучим пояском забезпечує обтюрацію порохових газів при пострілі. Плаваюче кільце закріплене в проточці корпусу снаряда і під час пострілу вільно повертається відносно нього.

Під час руху снаряда по каналу ствола він під дією сил інерції осідає, підтискуючись до плаваючого кільця, що викликає повертання снаряда за рахунок тертя між плаваючим кільцем і корпусом снаряда. Це повертання підтримується й у польоті завдяки наявності косих зрізів на пір'ях стабілізатора. Таке обертання оперених снарядів збільшує кучність стрільби.

Броньбійність необертальних кумулятивних снарядів значно вища, ніж обертальних. Так, обертальні кумулятивні снаряди пробивають броню товщиною до 2 клб, а необертальні – до 4 клб.

Таким чином, при відносній простоті будови і виготовлення кумулятивні снаряди мають добру броньбійну

дію під час стрільби з гармат, які мають невеликі початкові швидкості снарядів. У цьому полягає їх основна перевага. До недоліків кумулятивних снарядів належать обмеження дальності стрільби і можливість слабкої дії по екранованій броні.

Поліпшення дії кумулятивних снарядів досягається за рахунок удосконалення конструкції кумулятивного вузла, застосування необертальних оперених снарядів, поліпшення конструкції підривника і підвищення дальності й кучності стрільби.

Крім того, кумулятивні снаряди мають і порівняно добру осколкову дію, а тому вони можуть використовуватися проти піхоти, але у виняткових випадках. З метою збільшення осколкової дії деякі снаряди мають товстостінний сталевий захисний конус.

3.1.6. Артилерійські снаряди спеціального призначення

3.1.6.1. Призначення, будова і дія запалювальних, димових, освітлювальних та агітаційних снарядів

Запалювальні снаряди призначені для дистанційної або ударної стрільби з метою створення осередків пожежі у місцях зосередження живої сили та бойової техніки противника. (рис. 2.18 а). Вони застосовуються для стрільби з гармат середнього калібру, як правило, у супроводі стрільбою осколково-фугасними снарядами з метою перешкоди боротьби з пожежами.

Запалювальні снаряди мають досить сильну вражальну дію з великим психологічним ефектом, особливо під час раптових і масованих ударів.

Найбільшу дію запалювальні снаряди мають на дерев'яні споруди, склади паливних матеріалів і боєприпасів, місця скупчення техніки і цистерн із паливом, сухі лісові й степові масиви. Вони також застосовуються для випалення противника з траншей, ходів сполучення, в танках.

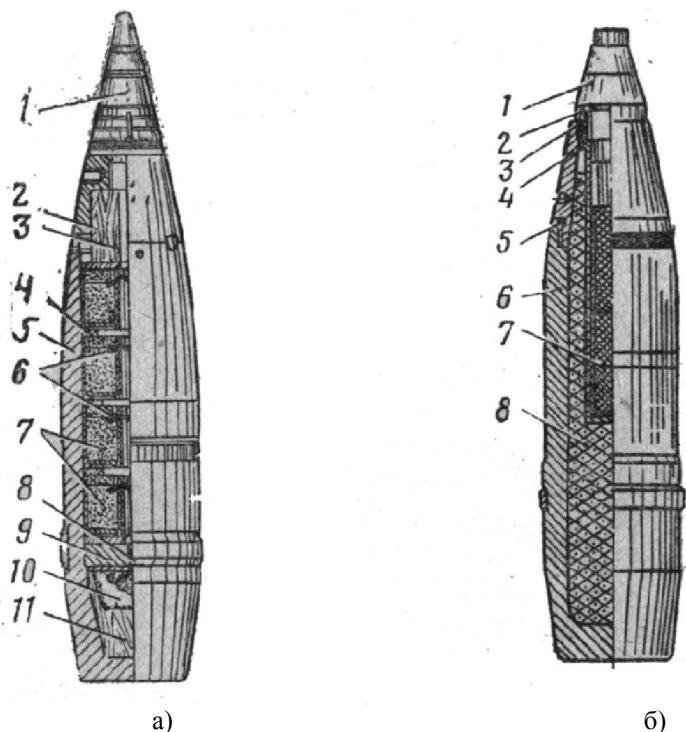


Рисунок 3.18 - Запалювальний та димовий снаряди

а:
 1 – дистанційний ударний підривник; 2 – пригвинтна головка; 3 – дерев'яний вкладиш; 4 – прокладки; 5 – корпус; 6 – стопін; 7 – запалювальні елементи; 8 – уповільнювач; 9 – діафрагма; 10 – вибивний заряд; 11 – дерев'яний вкладиш

б):
 1 – підривник; 2 – запальний стакан; 3,5 – кільцеві прокладки; 4 – головка; 6 – корпус; 7 – розривний заряд; 8 – димоутворювальна речовина

Ефективність дії запалювальних снарядів визначається кількістю і складом запалювальних елементів, запалювальною здатністю, часом горіння і важкістю гасіння запалювальної речовини, а також властивостями цілі та умовами зустрічі снарядів із нею.

У наш час найбільш поширені запалювальні снаряди є на основі терміту, який при горінні розвиває температуру 3000°С. Час горіння елемента становить 15–20 с.

Запалювальні снаряди складаються з таких основних елементів: дистанційного підривника, корпусу з пригвинтною головкою, запалювальних елементів, діафрагми із сповільнювачем, вибивного заряду.

Дистанційний підривник угвинчується в нарізне вічко пригвинтної головки корпусу снаряда і з'єднується із запалювальним елементом і вибивним зарядом запалювальним шнуром, розміщеним у центральному каналі запалювальних елементів.

Корпус із пригвинтною головкою за будовою аналогічний корпусу осколково-фугасних снарядів, але його камера розділяється діафрагмою на дві нерівні частини, з яких верхня – більша частина – заповнюється запалювальними елементами, а нижня – менша – вибивним зарядом.

Запалювальні елементи - це сегменти, які складаються з міцної тонкостінної оболонки із листової сталі або сплаву “електрон” (алюмінієво-магнієвий сплав), який заповнений запалювальною речовиною і має стопін (шнур, який промочений пороховою м'якоттю) для його запалювання. Запалювальні елементи укладаються у декілька рядів по 3–4 шт. у кожному і в такому положенні щільно закріплюються дерев'яним вкладишем.

Стальна діафрагма має канал для розміщення у ньому сповільнювача, який сприяє доброму запалюванню запалювального складу в сегментах до викиду їх з оболонки снаряда.

Вибивний заряд – навіска з дрібнозернистого димного рушничного пороху в картузі – розміщується у донній частині снаряда.

Принцип дії запалювальних снарядів полягає у такому: при спрацьовуванні дистанційного підривника в розрахунковій точці траєкторії утворюється променевий

імпульс, який через запалювальний шнур і стопіни запалює спочатку запалювальний склад, а потім після вигорання сповільнювача – вибивний заряд. Порохові гази, які утворюються при горінні вибивного заряду, тиснуть на стальну діафрагму, що приводить до зрізання різьби пригвинтної головки, і вона разом із запалювальними елементами викидається вперед.

Запалювальні елементи летять до цілі, при зустрічі з якою діють на неї полум'ям або розжареними твердими продуктами горіння, запалюючи матеріал та підтримуючи його горіння.

Запалювальні снаряди можуть комплектуватися також ударними підривниками. У цьому випадку снаряди замість вибивного заряду та сталюї діафрагми мають розривний заряд у запальному стакані, а їх запалювальні елементи заливаються білим фосфором. Під час удару об перешкоду підривник викликає детонацію розривного заряду, який забезпечує дроблення корпусу та розкидання запалювальних елементів.

Білий фосфор на повітрі самоспалахує і запалює запалювальні елементи. А далі – дія, аналогічна розглянутій.

На корпусах запалювальних снарядів нижче верхнього центрального потовщення наноситься червона кільцева смуга.

Димові снаряди призначені для ударної або дистанційної стрільби з метою поставлення димових завіс, цілевказівки та пристрілки. Використовуються для стрільби з гармат, як правило, середнього калібру (рис. 3.18 б).

Димові снаряди використовуються для засліплення спостережних та командних пунктів, вогневих позицій батареї та окремих гармат, вогневих точок та живої сили противника з метою зниження дії його вогню, маскування дії своїх військ, обмеження противника в маневруванні резервами. Їх використовують також для цілевказівки та

пристрільки, забезпечення танкових атак, визначення напрямку та швидкості повітря в районі цілі.

Ефективність дії димових снарядів залежить від типу та кількості димоутворювальної речовини, конструкції снаряда і підричника, стану атмосфери та умов стрільби.

У наш час найбільш широко застосовуються димові снаряди з використанням фосфору як димоутворювальної речовини, здатної утворювати стійку, непроглядну та неосідаючу хмару диму. Його перевага в тому, що хмара диму більш ніж на 80% складається з хімічних елементів атмосфери.

Найбільш сприятливими умовами задимлення є твердий ґрунт та густа рослинність у місцях падіння снарядів, слабкий вітерець, прохолодна сира погода, похмуре небо, відсутність потоків повітря. Особливу увагу потрібно звертати на швидкість і напрямок вітру, враховуючи вплив його на переміщення хмари диму. При швидкості вітру більше 5 м/с хмара швидко розсіюється, а при швидкості – 8–10 м/с поставлення димової завіси практично неможливе.

Димові снаряди складаються з таких основних елементів: підричника, корпусу з пригвинтною головкою, запалювального стакана з розривним зарядом, димоутворювальної речовини.

Під час удару снаряда об ґрунт спрацьовує підричник, викликаючи детонацію розривного заряду, в результаті якої корпус руйнується, і димоутворювальна речовина роздрібнюється, розпиляється, самозапалюється.

Продукти окислення димоутворювальної речовини конденсуються в густий дим, фосфор дає щільну хмару білого диму при з'єднанні фосфорного ангідриду P_2O_5 .

Маса бризантної вибухової речовини становить 2% від маси снаряда. Розміри хмари диму досягають 25–40 м упоперек, а час її дії – 20–40 с.

Деякі димові снаряди комплектуються дистанційними підричниками. Такі снаряди замість розривного заряду мають вибивний заряд, а їх корпуси – угвинтне дно. При

спрацьовуванні трубки в розрахованій точці траєкторії запалюється вибивний заряд, порохові гази якого вибивають дно і, витікаючи із снаряда контейнера, розсіюють димоутворювальну речовину. Димова суміш, яка горить у контейнері, утворює щільну хмару білого або кольорового (зеленого, червоного, жовтого, фіолетового) диму. Димоутворювальні суміші – досить складні. До їх складу звичайно входить пиленеподібний цинк або його сполуки, чотирхлористий вуглець та інші горючі та цементуючі речовини. Дим утворюється внаслідок хімічної взаємодії цинку з чотирхлористим вуглецем при повільному горінні суміші та з виділенням при цьому легкозапального хлористого цинку, частинки якого здатні знаходитись у повітрі у підвішеному стані. Такі снаряди доцільно використовувати для стрільби при м'якому ґрунті або при порівняно сильному вітрі, тобто коли ударна стрільба неефективна. На корпусах димових снарядів вище верхнього центрального потовщення наноситься чорна кільцева смуга.

Освітлювальні снаряди призначені для освітлення місцевості вночі з метою забезпечення спостереження за діями противника та за результатами стрільби, а також для сигналізації, поставлення світлових орієнтирів та створів, які вказують напрямок руху. Використовуються вони для стрільби в основному з гармат середнього калібру. В наш час використовуються освітлювальні снаряди виключно дистанційної дії парашутного типу.

Ефективність дії освітлювальних снарядів залежить від типу та кількості освітлювального складу, тривалості його горіння, конструкції снаряда, точності дії підричника та умов стрільби. Темна ніч, чисте повітря і рівна місцевість є сприятливими умовами для використання освітлювальних снарядів. Місячне світло знижує видимість цілей, які освітлюються снарядом, а туман і дощ зовсім виключають їх використання.

Освітлювальні снаряди складаються з таких елементів: дистанційного підричника, корпусу з пригвинтним або

вкладним дном, вибивного заряду, діафрагми, освітлювального смолоскипа з вертлюгом, парашутом у півциліндрах (рис. 3.19 а).

Освітлювальний смолоскип – це контейнер з освітлювальним вмістом, у донній частині якого закріплений вертлюг, що виключає закручування строп при викиді смолоскипу з парашутом зі снаряда, що обертається. Освітлювальний вміст для снарядів, як правило, містить три компоненти: паливо (порошкоподібний алюміній, магній), окиснювач – нітрати натрію та барію, цементатор – каніфоль, камфора, смола, оліфа.

У польоті в заданій точці траєкторії спрацьовує дистанційний підричник і підпалює вибивний заряд, який через отвір у діафрагмі запалює освітлювальний вміст смолоскипа. Тиск порохових газів вибивного заряду одночасно передається через діафрагму та півциліндри на дно снаряда, що приводить до зрізання різьби або шпильок та викиду його з корпусу снаряда. Разом із дном викидаються діафрагма та півциліндри із смолоскипом і парашутом. Розлітаючись, півциліндри звільняють парашут. Під натиском повітря парашут розкривається і швидко гасить швидкість смолоскипа до величини, при якій сила опору повітря буде дорівнювати силі ваги смолоскипа. Після цього починається вертикальний спуск смолоскипа зі швидкістю 5–15 м/с і місцевість освітлюється силою світла 400000–1000000 св. При спрацьованні снаряда на висоті 400–600 м забезпечується освітлення місцевості в радіусі 500–700 м протягом 30–60 с.

Під час стрільби слід враховувати вітер і кінцеву швидкість снаряда. Після розкриття парашута смолоскип буде переміщуватися разом із атмосферою горизонтально за напрямком і швидкістю горизонтального вітру на даній висоті. Кінцева швидкість снаряда за умовами міцності парашута не повинна перевищувати заданої величини. Як правило, вона дорівнює 230–250 м/с.

Існують і безпарашутні освітлювальні снаряди, будова яких аналогічна будові запалювальних снарядів, але замість запалювального складу в сегментах міститься освітлювальний склад. Але освітлення місцевості такими снарядами – нерівномірне, а час горіння – невеликий – 20–25 с, оскільки освітлювальні елементи падають з великою швидкістю – 30–50 м/с.

На корпусі освітлювальних снарядів нижче верхнього центрального потовщення наноситься біла кільцева смуга.

Агітаційні снаряди призначені для викиду в розташування противника агітаційної літератури та листівок. За своєю будовою вони нагадують освітлювальні снаряди, але замість смолоскипа та парашута вони споряджаються літературою або листівками, навернутими на дерев'яні валики у вигляді рулонів із діаметром, що дорівнює внутрішньому діаметру оболонки снаряда (рис. 2.19 б). У снаряд вставляється один або два рулони залежно від довжини листівок із таким розрахунком, щоб напрямок навертання листівок та напрямок обертання снаряда збіглися.

При спрацьовуванні дистанційної трубки, а отже, і вибивного заряду, рулони з листівками і дном викидаються із снаряда, і під дією обертального руху та опору повітря рулони розгортаються, розкидаючи листівки.

Площа розкидання листівок залежить від калібру снарядів, висоти викиду листівок і швидкості вітру в районі цілі. Найбільш сприятливими умовами вважається висота викиду 100–150 м при швидкості вітру до 7 м/с. При цьому 122-мм агітаційний снаряд забезпечує розсіювання листівок на площі шириною до 50 м і довжиною до 600 м. Сильний вітер, дощ і туман знижують ефективність дії агітаційних снарядів.

Спорядження снарядів агітаційною літературою і листівками може проводитися безпосередньо у військах встановленим порядком.

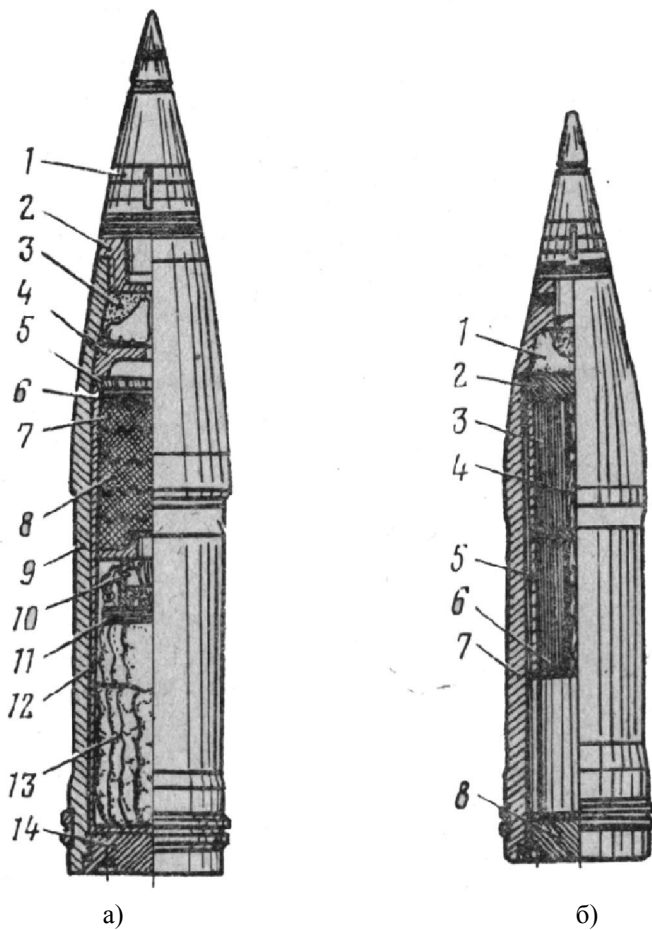


Рисунок 3.19 - Освітлювальний та агітаційний снаряди

а:

1 – дистанційно-ударний підривник; 2 – головка; 3 – вибивний заряд; 4 – діафрагма; 5 – кришка; 6 – стакан; 7 – вогнезаймиста речовина; 8 – освітлювальна речовина; 9 – корпус; 10 – вертлюг; 11 – стропи парашута; 12 – стальний півциліндр; 13 – парашут; 14 – дно

б:

1 – вибивний заряд; 2 – діафрагма; 3 – листівки; 4 – дерев'яний валик; 5 – стальний півциліндр; 6 – стальна прокладка; 7 – корпус; 8 – дно

3.1.7. Призначення, принцип будови та дії активно-реактивних снарядів

Активно-реактивні снаряди та міни призначені для стрільби із артилерійських гармат та мінометів на велику дальність.

Активно-реактивний принцип як засіб поліпшення бойових якостей артилерійських комплексів дозволяє збільшити далекобійність існуючих артилерійських комплексів або створити нові гармати меншої маси для тієї самої дальності стрільби. Однак у таких снарядів менша ефективність дії біля цілі, оскільки для розміщення порохового двигуна довелося зменшити масу розривного заряду вибухової речовини. Крім того, вони складніші за конструкцією, а отже, і дорожчі, ніж звичайні боєприпаси.

В активно-реактивних снарядах поєднуються якості звичайного (активного) та реактивного снарядів. Так, активно-реактивний снаряд складається із таких основних елементів: підричника, оболонки, спорядження, реактивного двигуна, сповільнювача і соплового блока (рис. 3.20).

Під час пострілу запалюються бойовий заряд та пороховий сповільнювач порохового реактивного двигуна. Порохові гази, які утворилися від звичайного бойового заряду, виштовхують снаряд із ствола з певною швидкістю. Після вигорання сповільнювача запалюється заряд порохового реактивного двигуна, який після згорання надає додаткової швидкості снаряду, що і забезпечує значне збільшення дальності стрільби. Після вигорання порохового заряду реактивного двигуна активно-реактивний снаряд летить як звичайний снаряд.

Застосування активно-реактивних снарядів дозволяє збільшити далекобійність артилерійських комплексів на 25–100%, але ефективність їх дії біля цілі дещо знижується, а вартість зростає на 10–15%.

При цьому кучність стрільби активно-реактивними снарядами лише незначно поступається кучності стрільби звичайними артилерійськими снарядами.

Активно-реактивні снаряди можуть використовуватися для гармат та безвідкотних гармат усіх калібрів.



Рисунок 3.20 - Активно-реактивний снаряд

3.1.8. Принцип будови та дії високоточних боєприпасів

Керований снаряд 3ОФ39 (рис. 3.21) призначений для стрільби з 152-мм самохідної гаубиці 2С3М та гармати -

гаубиці Д-20, 152-мм гаубиці 2С19 на зарядах першому, третьому і четвертому. Стрільба можлива як удень, так і вночі (при освітленні місцевості штатними освітлювальними засобами) по нерухомих цілях і цілях, які рухаються зі швидкістю до 36 км/год, за умов їх оптичної спостережності.

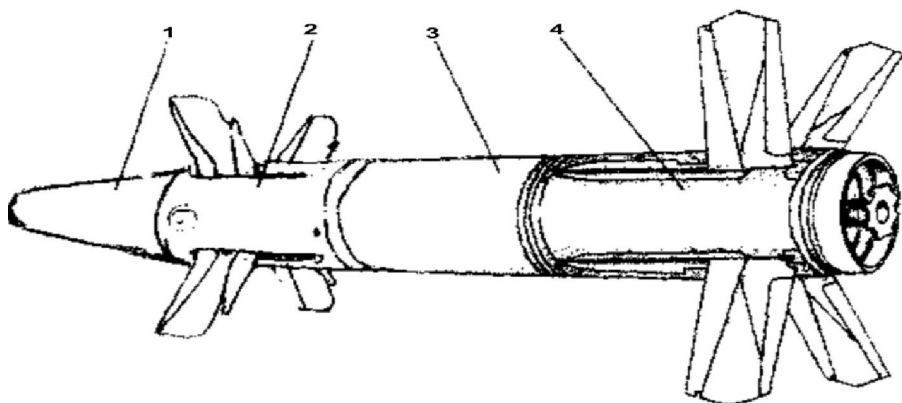


Рисунок 3.21 - Загальний вигляд снаряда 3ОФ39:

1 – носівий блок; 2 – автопілотний блок з лазерною напівактивною голівкою самонаведення; 3 – осколково-фугасна бойова частина; 4 – хвостова частина

Принцип дії високоточних боеприпасів, засобів синхронізації та керованих боеприпасів полягає в такому: перед початком стрільби на лазерному цілевказівнику-дальномірі (ЛЦД) встановлюють розрахований час вмикання ЛЦД у режим підсвітки, на снаряді роблять відповідну установку підривника для скидання ковпака і його установку. У момент пострілу на приладі 1А35К натискають кнопку ПУСК, у результаті чого формується кодована команда про момент пострілу й передається на прилад 1А35І, що дешифрує команду і передає сигнал на вмикання приладу відпрацювання часу на ЛЦД 1Д15; під час польоту снаряда до цілі у встановлений час відбувається скидання ковпака, й відкривається об'єктив оптико-електронної голівки наведення; після відпрацювання

встановленого часу ЛЦД наведений у ціль, автоматично вмикається в режим підсвітки цілі та опромінює її лазерним променем. Відбитий від цілі сигнал приймається оптико-електронною голівкою наведення, і починає працювати система керування боєприпасу, що компенсує похибку пострілу. При зустрічі снаряда з ціллю (перешкодою) спрацьовує підричник і відбувається розрив боєприпасів. По закінченні циклу підсвітки цілі ЛЦД переводиться в режим розвідки та вико-ристовується для спостереження результатів ураження цілі або визначення полярних координат розриву снаряда. Принцип дії керованого снаряда показаний на рис. 3.22.

При виборі (призначенні) КСП (СП) і вогневих позицій артилерійських підрозділів, що застосовують керовані снаряди, необхідно враховувати можливості ЛЦД з підсвітки цілей, дальність стрільби снарядом і припустиме взаємне положення КСП (СП) і вогневої позиції підрозділу. ЛЦД 1Д15 може здійснювати підсвітку цілей із КСП (СП) на дальність від 200 до 5000 м. Виправлення на похибку не повинне перевищувати 10-00 під час стрільби керованими снарядами 30Ф39.

Умовами, сприятливими для ефективного виконання вогневих завдань керованими боєприпасами, є:

- достатня прозорість атмосфери, що не перешкоджає проходженню лазерного променя при підсвіті ЛЦД і поширенню відбитого від цілі сигналу;

- розташування цілей на скаті, зверненому у бік КСП (СП), з якого проводиться підсвітка цілі, або наявність перевищення КСП (СП) над районом цілі;

- відсутність перед ціллю рослинності або інших факторів, що перешкоджають опроміненню її лазерним променем.

Умовами, що утрудняють або виключають виконання вогневих завдань керованими снарядами, є:

- пил, дим, дощ, снігопад, туман;

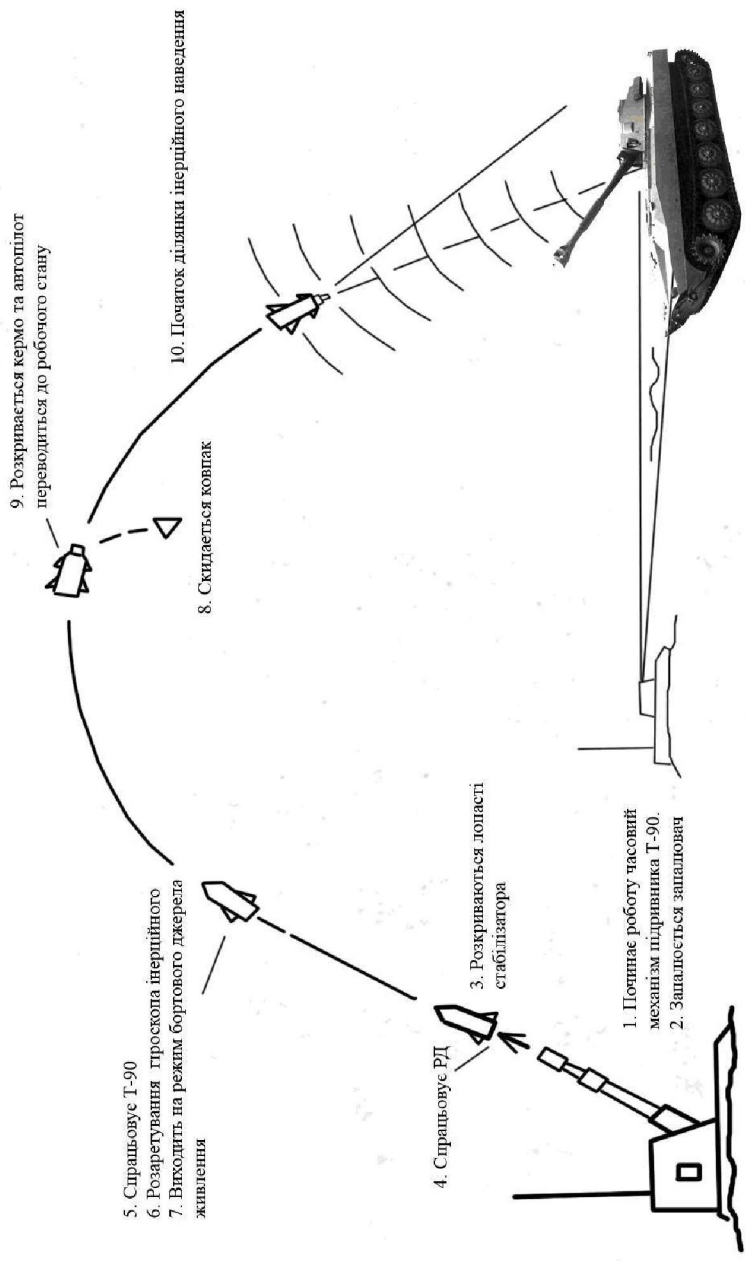


Рисунок 3.22 - Принцип дії керованих снарядів на траєкторії

- низька (нижче 600 м) хмарність, що обмежує своєчасне захоплення відбитого від цілі сигналу оптико-електронною головкою наведення снаряда;

- сильний (більше 15м/с) вітер, що впливає на роботу системи керування.

3.2. Підривники

3.2.1. Призначення та принципові схеми підривників

Підривники – це спеціальні механізми, призначені для приведення до дії снарядів після пострілу в потрібній точці траєкторії або після удару снаряда об перешкоду.

Застосування підривників викликане тим, що снаряди споряджаються бризантними вибуховими речовинами або порохами, які відносно безпечні в службовому поводженні, а для виклику їх дії необхідний досить потужний початковий детонаційний або променевий імпульс. Тому підривники є обов'язковими елементами снарядів та мін, які мають розривний або вибивний заряди.

Уперше вони з'явилися в середині XVI ст. у вигляді трубок для підриву порохових зарядів чавунних ядер, а з другої половини XIX ст. – у вигляді ударних або дистанційних підривників до продовгуватих снарядів нарізної артилерії. В подальшому роботи проводилися як зі створення нових зразків підривників, так і з удосконалення старих. Над створенням нових зразків підривників та їх удосконаленням працювали конструктори.

Так, Рдултовський В.Й. конструює цілу серію підривників ударної дії типу РГМ (РГМ, РГМ-2, РГМ-6 та ін.) для артилерійських снарядів.

Вишневський створює підривники ГВМЗ (ГВМЗ, ГВМЗ-1, ГВМЗ-7 та ін.) для мінометних пострілів, а в подальшому вони ж почали використовуватись і для реактивних снарядів.

Пчелінцев у середині 50-х років ХХ ст. розробляє п'єзоелектричні підрильники типу ГПВ (ГПВ-1, ГПВ-2 та ін.) для кумулятивних снарядів та ПТРК.

З 1943 року почали використовуватися в зенітній, а потім у наземній артилерії радіопідрильники для артилерійських снарядів та мін.

У післявоєнні роки разом з існуючими піротехнічними дистанційними підрильниками з'являються механічні дистанційні підрильники з годинниковими механізмами.

Детонаційне коло підрильника виробляє детонаційний імпульс і в загальному випадку може мати, крім детонаційного кола, й вогневе.

Детонаційне коло підрильника має такі функціональні елементи: капсуль-підпалювач (*кп*), пороховий сповільнювач (ПС), капсуль-детонатор (КД), детонатор (Д) (рис. 3.23).

Збудження детонаційного кола підрильника здійснюється, як правило, променевим імпульсом його вогневого кола. Але деякі підрильники не мають вогневого кола. Детонаційне коло таких підрильників збуджується наколом накольного капсуль-детонатора або тепловим імпульсом іскрового електродетонатора.

Пороховий сповільнювач та передаточний заряд не є обов'язковими елементами підрильника, і в ряді конструкцій вони відсутні.

Таким чином, основною характерною ознакою підрильників є наявність у них детонаційного кола, що виробляє імпульс детонації, який забезпечує безвідмовне збудження детонації розривного заряду з бризантною вибуховою речовиною.

Вогневе коло підрильника виробляє променевий (тепловий, вогневий) імпульс і має лише вогневе коло, яке складається з таких функціональних елементів: капсуль-підпалювача (*кп*), порохового сповільнювача (ПС), порохової петарди (ПП) (рис. 3.24).

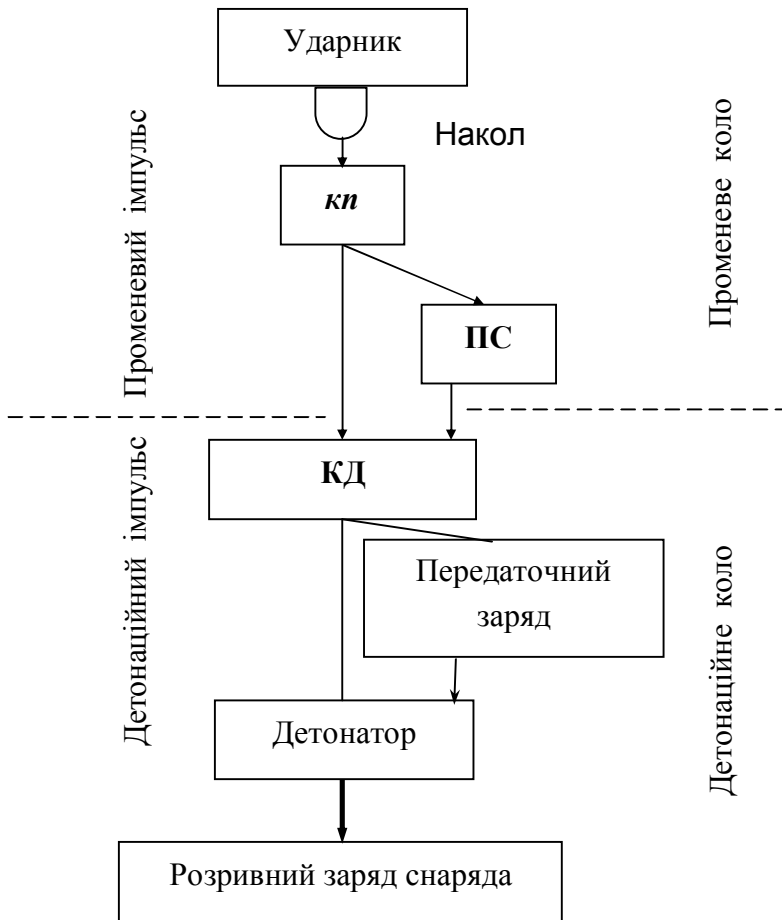


Рисунок 3.23 - Детонаційне коло підричника

Основною характерною ознакою підричників є наявність у них вогневого кола, яке виробляє променевий імпульс, що забезпечує безвідмовну дію запалювача та горіння вибухового заряду з димного рушничного пороху.

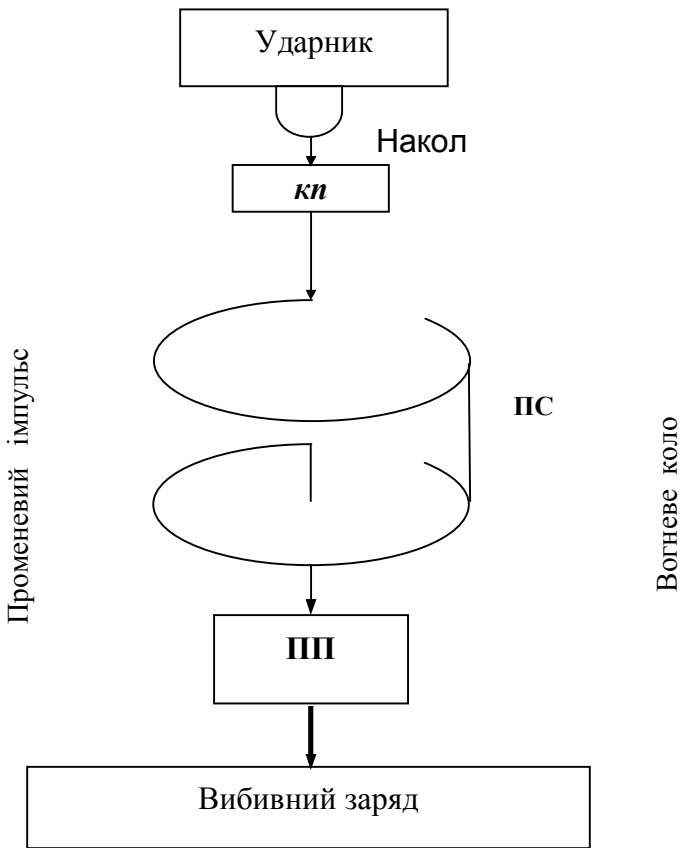


Рисунок 3.24 - Вогневе коло підричника

Детонаційне і вогневе кола приводяться до дії частіше від наколу жалом ударника капсуль-підпалювача або накольного капсуль-детонатора. У п'єзоелектричних підричниках детонаційне коло приводиться в дії від теплової дії іскри електричного струму, яка проскакує між електродами іскрового електродетонатора в момент удару підричника об перешкоду.

3.2.2. Склад і призначення елементів вогневого кола підривників

Капсуль-підпалювач призначений для отримання початкового теплового імпульсу при наколі його жалом ударника. Найчастіше до його складу входить гримуча ртуть, завдяки цьому він дуже чутливий до зовнішнього впливу та особливо до наколу.

Сповільнювач призначений для уповільнення дії підривника, затримки під час передачі променя вогню від капсуль-підпалювача на капсуль-детонатор або порохову петарду. Він виготовляється з димного рушничного пороху або дистанційного піротехнічного вмісту у вигляді пресованих елементів або різноманітного роду запресовок, наприклад, у дистанційних кільцях піротехнічних трубок.

Капсуль-детонатор призначений для отримання початкового детонаційного імпульсу під час дії на нього променевого імпульсу або жала ударника. Він має ініціювальний склад на основі азиду або тринітрорезорцинату свинцю. Ініціювальний склад капсуль-детонатора менш чутливий до зовнішнього впливу, ніж ініціювальний склад капсуль-підпалювача.

Передаточний заряд призначений для передачі імпульсу детонації від капсуль-детонатора на детонатор у підривниках запобіжного типу. Виготовляється у вигляді пресованої шашки із чутливих бризантних підривних речовин типу тетрил, ТЕН, гексоген.

Детонатор призначений для посилення імпульсу детонації для того, щоб забезпечити безвідмовність у збудженні детонації бризантної вибухової речовини. Виготовляється у вигляді пресованої шашки з тих самих бризантних вибухових речовин, що і передаточний заряд.

Порохова петарда призначена для посилення променевого імпульсу для того, щоб забезпечити безвідмовність запалювання та стійке горіння пороху вибухового заряду

снаряда. Виготовляється пресуванням з димного рушничного пороху.

Крім елементів детонаційного та вогневого кіл, підричники мають багато деталей, зібраних в окремі механізми та пристрої, призначені забезпечити безпеку у поведженні та безвідмовність у дії по різноманітних цілях. Наявність тих чи інших механізмів та пристроїв або деталей у складі підричника визначається їх типом, вимогами до них, а також силами, що діють на них.

3.2.3. Типи сучасних підричників і вимоги до їх конструкції

У наш час на озброєнні сучасної артилерії є велика кількість підричників різноманітних конструкцій, що пояснюється різноманітністю завдань, які вирішує артилерія різних калібрів із різноманітними за призначенням боеприпасами, а також прийняттям на озброєння нових зразків гармат з підвищеною балістикою. Щоб забезпечити вивчення будови та правильно оцінювати якості підричників, користуються їх класифікацією за важливими і загальними ознаками (рис. 3.25).

Під час більш детального вивчення підричників класифікація їх може бути продовжена за менш важливими ознаками.

Незалежно від типу до підричників, як і до снарядів та інших елементів артилерійських пострілів, ставлять ряд тактико-технічних та виробничо-економічних вимог.

До основних тактико-технічних вимог, які визначають бойові та експлуатаційні якості підричників, належать: безпека у службовому поведженні під час пострілу та під час польоту; безвідмовність дії; простота поведження перед зарядженням; стійкість при тривалому зберіганні.

Безпека – це відсутність передчасних вибухів снарядів та мін з причин передчасного спрацьовування підричників.

Безпека у службовому поведженні забезпечується використанням у підричниках запобіжних пристроїв, що надійно утримують їх деталі на місці під час дії зусиль, що виникають у результаті поштовхів, ударів та різкого гальмування при поведженні з боєприпасами, та їх транспортуванні.



Рисунок 3.25 - Класифікація підричників

Безпека під час пострілу під час руху снаряда або міни по каналу ствола та безпосередньо за дульним зрізом забезпечується ізоляцією капсулів один від одного або від

передаточного заряду і детонатора, а також установленням контрзапобіжних пристроїв, сповільнювачів, механізмів далекого зведення і ретельною перевіркою справності мембран підривників.

Безвідмовність досягається застосуванням у підривниках досить чутливих ударних механізмів та надійним зведенням запобіжних пристроїв, використанням дублюючих механізмів та пристроїв, а також ретельною перевіркою перед стрільбою якісного стану підривів.

Чутливість підривників під час удару об перешкоду оцінюється здатністю безвідмовно діяти при найменших кутах зустрічі з перешкодою якомога меншої міцності.

Надійне зведення підривників під час стрільби досягається у тому разі, якщо рухомі деталі будуть звільнитися запобіжними пристроями під впливом сил, що виникають при пострілі та в польоті.

З викладеного випливає, що безпека та надійне зведення (безвідмовність) забезпечуються використанням спеціальних пристроїв, приладів і механізмів, які повинні здійснювати переведення підривника зі стану безпеки у стан готовності після вильоту снаряда або міни з каналу ствола або після віддалення їх на безпечну відстань від гармати або міномета.

Простота у поводженні перед зарядженням зводиться до скорочення часу на виробництво скомандованих установок при підготовці підривників до стрільби, що забезпечується застосуванням у них відносно простих установочних та запобіжних пристроїв, що не потребують складного інструменту для роботи з ними.

Стійкість при тривалому зберіганні повинна забезпечувати незмінність бойових властивостей підривників, що досягається підбором матеріалів для їх виготовлення, відповідних якостей та надійної їх ізоляції від зовнішнього середовища.

Виробничо-економічні вимоги передбачають швидке розгортання масового виробництва підривників у воєнний

час. До них належать: простота конструкцій та уніфікація механізмів і деталей, мала витрата коштів на виробництво підричників, можливість застосування прогресивної технології виготовлення.

Виконання тактико-технічних та виробничо-економічних вимог є обов'язковою умовою під час проектування та виготовлення підричників.

3.2.4. Сили, що діють на підричник при пострілі, в польоті та під час удару об перешкоду. Характеристика сил

При пострілі, під час руху снаряда або міни по каналу ствола при польоті у повітрі й під час удару їх об перешкоду на деталі підричників діють сили інерції, опору повітря і реакція перешкоди, які або використовуються для приведення в дію механізмів і пристроїв, або враховуються під час конструювання підричників. Розглянемо дію цих сил.

Сили, що діють на деталі підричника під час пострілу

Під час руху снаряда або міни по каналу ствола зі зростаючою швидкістю з'являються позитивні прискорення, які приводять до появи сил інерції, що діють на всі деталі підричників. У цей період на деталі підричників діють такі сили інерції:

1. *Сила інерції S від лінійного (поступального) прискорення j_1* діє в напрямку, протилежному напрямку руху снаряда по каналу ствола та у період післядії газів, викликає усідання рухомих деталей підричників: інерційних гільз та стопорів; розгиначів; ударників або капсулів запалювальних механізмів, а також інших інерційних деталей. Числова величина цієї сили досягає великих значень, а тому вона використовується як рушійна сила для спрацьовування запобіжних пристроїв у процесі

зведення підричників. Величина цієї сили визначається за формулою

$$S = mj_1 = m \frac{dV}{dt} . \quad (3.10)$$

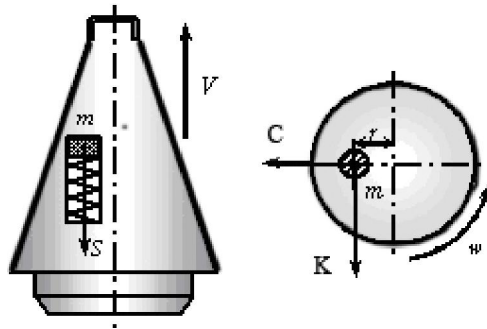


Рисунок 3.26 - Сили, що діють на деталі підричника при пострілі

Крім того, на деталі підричників обертальних снарядів діють сили інерції від дотичного та доцентрового прискорень.

2. Сила інерції K від дотичного прискорення j_2 діє у напрямку, протилежному напрямку обертання снаряда, намагається повернути деталі, центр тяжіння яких знаходиться на осі обертання снаряда. Ця рушійна сила – невелика, і тому вона мало використовується у сучасних підричниках. Але її слід враховувати, оскільки вона намагається збити установку, надану дистанційному підривнику поворотом установочних кілець. Цим пояснюється використання масивних латунних гайок у піротехнічних дистанційних підривниках, які під дією сил інерції деформують алюмінієву різьбу головок корпусів, чим і підтискують алюмінієві дистанційні кільця до тарелі корпусу, забезпечуючи надійну фіксацію установок.

3. Відцентрова сила інерції C від доцентрового прискорення j_3 спрямована від осі обертання по радіусу, який з'єднує центр мас деталі і вісь обертання і є рушійною си-

люю, що прагне перемістити деталі підричників у напрямку її дії. Числова величина цієї сили може бути досить значною, особливо при стрільбі із сучасних гармат. Тому вона частіше використовується в механізмах підричників для спрацювання відцентрових стопорів, повороту або переміщення відцентрових повзунів, дисків та втулок пристроїв для ізоляції капсулів, видалення стопорних кульок та інших відцентрових пристроїв, тобто вона використовується у процесі зведення підричників у снарядах з гіроскопічною стабілізацією. Величина цієї сили визначається так:

$$G = mj_3 = mr \frac{dw}{dt} . \quad (3.11)$$

При стрільбі снарядами з аеродинамічною стабілізацією (ствольної та реактивної артилерії) та мінами діє тільки сила інерції від лінійного прискорення, що й зумовлює своєрідність конструкцій механізмів і пристроїв підричників, якими комплектуються такі снаряди та міни.

Сили, що діють на деталі підричника при польоті у повітрі

Під час польоту снаряда або міни у повітрі на деталі підричника діють сили опору повітря та сила набігання.

1. *Сила опору повітря* R діє тільки на зовнішні деталі підричників, викликаючи втрату швидкості руху снаряда або міни, а отже, й інерційної сили набігання деталей, які знаходяться у їх корпусах. На практиці як рушійна сила підричника наземної артилерії та мінометів вона не використовується. Але її слід враховувати, і при пошкодженні мембрани вона перемістить ударник, викликаючи накол капсуля запальвача, а отже, передчасний розрив снаряда. Тому при огляді снарядів необхідно ретельно перевіряти

стан мембран і підривників і не допускати до стрільби снаряди, у яких підривники мають пошкоджені мембрани.

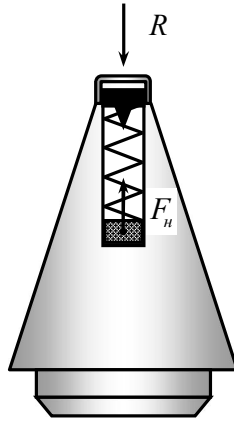


Рисунок 3.27 - Сили, що діють на деталі підривника у польоті

2. *Сили набігання F_n* виникають унаслідок втрати снарядом швидкості за рахунок опору повітря. Інерційна сила набігання, яка є рушійною силою відносно малої величини, використовується у підривниках досить рідко і в основному для подачі реакційних ударників уперед до мембрани при їх зведенні. Але її також слід враховувати, оскільки вона прагне перемістити вперед деталі ударних механізмів, що може призвести до передчасного наколу капсуль-підпалювача, а отже, і до розриву снаряда або міни на траєкторії. Для запобігання цього у підривниках використовують контрзапобіжні пристрої.

Сили, що діють на деталі підривника при ударі об перешкоду

У момент удару снаряда або міни об перешкоду на деталі підривників діють сили реакції перешкоди та сили інерції.

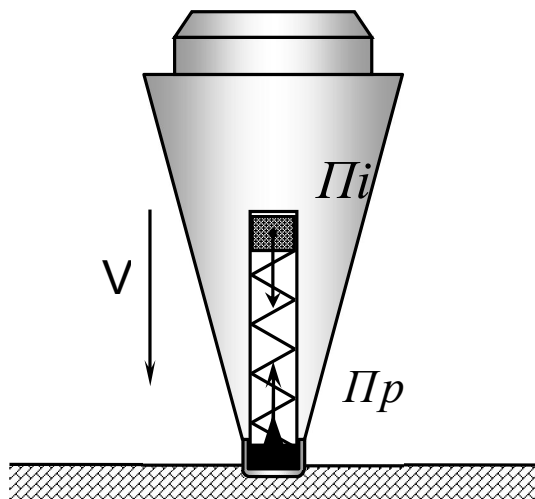


Рисунок 3.28 - Сили, що діють на деталі підричника при зустрічі з перешкодою

1. *Сила реакції (опору) перешкоди P_p* – спрямована у бік, протилежний руху снаряда, і використовується як руйнівна сила для переміщення реакційних ударників, захищених установочними ковпачками, назад, що приводить до наколу капсуль-підпалювача та миттєвого спрацьовування підричника, а отже, і до розриву снаряда.

2. *Сила інерції P_i* спрямована в бік руху снаряда і виникає внаслідок втрати снарядом швидкості при заглибленні у перешкоду. Ця сила використовується для переміщення інерційних ударників у підричниках без реакційних ударників або з ними, але захищеними інерційними ковпачками.

Для визначення числових значень сил інерції і реакції при ударі снаряда в перешкоду поки не існує точних формул. Тому чутливість та безвідмовність дії механізмів, що базуються на використанні цих сил, звичайно визначаються дослідним шляхом. Таким чином, під час конструювання та вивчення будови підричників, дослідження їх дії необхідно

враховувати спільний вплив усіх сил інерції опору повітря та реакції перешкоди на деталі та механізми підричників, розраховувати їх величину та напрямок дії.

3.2.5. Призначення, принцип будови та дії основних механізмів і пристроїв підричників

Виходячи з призначення підричників, тактико-технічних і виробничо-економічних вимог до них і враховуючи діючі на них сили, підричники можуть мати такі основні механізми та пристрої: ударні механізми, бокобійні пристрої, запобіжні та контрзапобіжні пристрої, запалювальні механізми, сповільнювальні пристрої, дистанційні пристрої, самоліквідуючі пристрої, установлювальні пристрої, механізми далекого зведення, пристосування для ізоляції капсулів, детонуючі пристрої.

Конструкції деяких підричників мають більш складні механізми, які поєднують у собі частину перелічених механізмів та пристроїв. Наприклад, запобіжно-звідні або запобіжно-детонуючі механізми та пристрої, які будуть розглянуті під час вивчення конкретних зразків підричників.

3.2.6. Ударні механізми

Ударні механізми призначені для збудження детонаційного кола підричників вогневого кола підричників при ударі снаряда або міни об перешкоду, або в момент звільнення ударника від спускових пристроїв у польоті.

Ударні механізми за принципом дії поділяються на: реакційної або миттєвої дії, інерційної дії, подвійної дії, пружної дії.

Ударні, механізми реакційної дії – це механізми, які спрацьовують від реакції перешкоди, що викликає руйнування і переміщення ударника у напрямку, протилежному руху снаряда. При цьому ударник наколює жалом капсуль-

підпалювач (підривник РГМ-2) або капсуль-детонатор (підривник ГКН), і вони, спрацьовуючи, передають початковий імпульс наступному кільцю вогневого кола або детонаційного кола.

У підривниках із пневматичним ударним механізмом (підривник ГВМЗ-7) переміщення реакційного ударника, виконаного у вигляді поршня, супроводжується миттєвим стисненням повітря, що приводить до різкого підвищення його температури та спрацьовування капсуль-підпалювача.

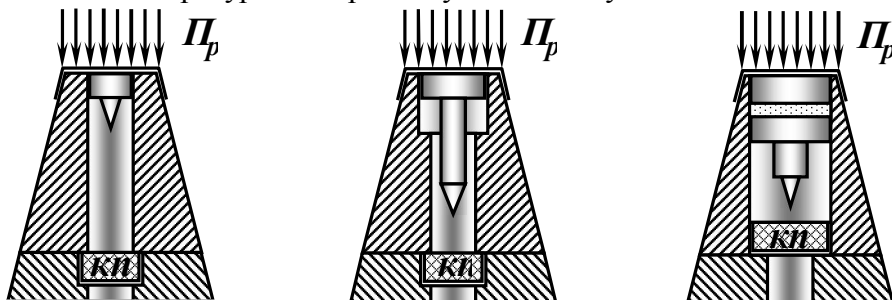


Рисунок 3.29 - Ударні механізми реакційної дії

У п'єзоелектричних підривниках (підривник ГПВ-2) переміщення реакційного ударника супроводжується миттєвим стисненням п'єзоелемента. У результаті ефекту поляризації при стисненні на ньому з'являється різниця потенціалів у декілька кіловольтів, в іскровому електродетонаторі відбувається електричний розряд, який викликає його спрацьовування. Ударні механізми реакційної дії мають підвищену швидкодію (до 0,001 с) та використовуються тільки у головних підривниках.

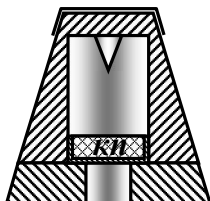


Рисунок 3.30 - Ударні механізми інерційної дії

Ударні механізми інерційної дії – це механізми, які спрацьовують під дією сил інерції, що виникають внаслідок втрати снарядом швидкості при ударі та під час руху в перешкоді (підричник ДБР). Переміщення інерційного ударника відбувається у напрямку руху снаряда і завершується наколом капсуль-підпалювача або капсуль-детонатора на жало або навпаки, що залежить від загальної будови підричників. Принцип спрацьовування їх як у головних, так і в донних підричниках однаковий.

Але у головних підричниках ударні механізми інерційної дії використовуються у поєднанні з реакційними механізмами. Швидкодія інерційних ударних механізмів становить у середньому близько 0,005 с, а з використанням сповільнювачів – 0,01–0,15 с.

Ударні механізми пружинної дії – це ударні механізми підричників, які діють від пружності стиснутої пружини та роблять накол капсуль-підпалювача (підричник В-90) або капсуль-детонатора у момент звільнення ударника від відповідних запобіжників або спеціальних спускових пристроїв у заздалегідь заданій при установці підричника точці траєкторії.

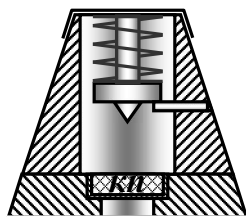


Рисунок 3.31 - Ударний механізм пружинної дії

З метою підвищення безвідмовності спрацьовування ударних механізмів при малих кутах зустрічі з перешкодою або при падінні снарядів на неї боком підричники комплектуються бокобійними пристроями, а для забезпечення безпеки у службовому поведженні та при пострілі – запобіжними та контрзапобіжними пристроями.

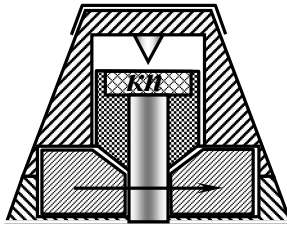


Рисунок 3.32 - Бокобійний пристрій

Бокобійні пристрої призначені для забезпечення безвідмовної дії ударних механізмів при малих кутах зустрічі снарядів з перешкодою або при падінні їх боком. Бокобійні пристрої поділяються на інерційні кільця або шайби, зв'язані з ударниками інерційної дії головних або донних підричників.

При малих кутах зустрічі або падінні снарядів боком на перешкоду інерційні кільця або шайби переміщуються у бік, долаючи опір жорстких запобіжників і штовхають інерційний ударник (підричник ДБР) до жала, чим і усуваються можливі відмови у дії підричників. Бокобійні пристрої звичайно є складовою частиною ударних механізмів.

Запобіжні пристрої призначені для утримання ударників та інших рухомих частин підричників від переміщення в умовах службового поводження при пострілі та в польоті до моменту удару їх об перешкоду з метою забезпечення безпеки при поводженні з ними. Величина опору запобіжних пристроїв повинна мати більше зусиль, що діють на підричники у службовому поводженні, та менше сил, що діють на них під час пострілу або під час удару об перешкоду. Таким чином, запобіжні пристрої повинні забезпечувати як надійну безпечність у службовому поводженні з підричниками, так і надійне зведення їх під час стрільби.

У підричниках використовуються такі типи запобіжників: механічні та піротехнічні.

Механічні, у свою чергу, поділяються на: жорсткі, пружні, інерційні стопори, відцентрові стопори.

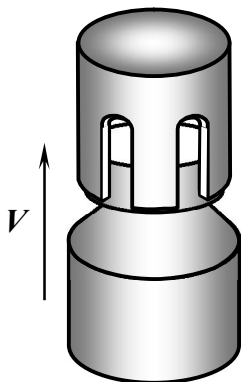


Рисунок 3.33 - Жорсткий запобіжний пристрій

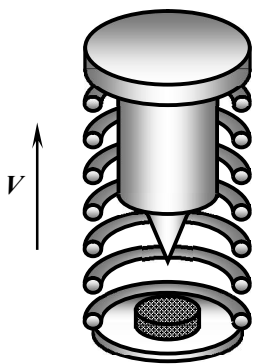


Рисунок 3.34 - Пружинний запобіжний пристрій

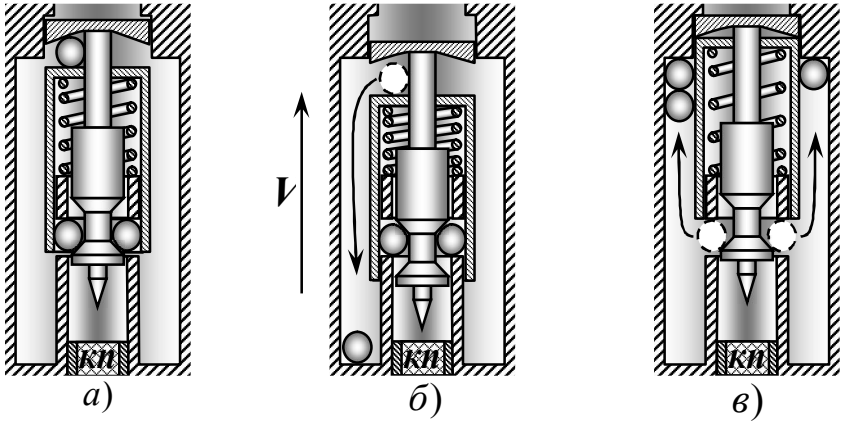
стійкість, ніж жорсткі, й забезпечують кращу звідність. Часто пружинні запобіжники використовуються поєднано із жорсткими (осідаюча гільза і запобіжна пружина підричника РГМ-2).

Інерційні запобіжні пристрої – це стопорні пристрої, які спрацьовують під дією на них сил інерції від лінійних

Жорсткі механічні запобіжні пристрої – це запобіжники, які отримують залишкові деформації під дією сил інерції від лінійних прискорень снарядів і не відновлюють свого початкового опору після завершення дії цих сил. До жорстких запобіжників належать: осідаючі гільзи (ударний механізм РГМ-2); лапчасті запобіжники (бокобійні пристрої ДБР); чеки нирців (підричник РГМ-2) та ударників; розрізні кільця (підричник МД-8) та інші пристрої.

Пружинні механічні запобіжні пристрої відрізняються тим, що вони не зазнають залишкової деформації і не втрачають свого опору навіть при багаторазовій дії зусиль в умовах службового поведіння (падіння, поштовхи під час транспортування і т.п.) Пружинні запобіжники мають більшу

прискорень. Це підпружинне інерційне тіло, як правило, зі стопорною кулькою.



3.35 - Інерційний запобіжний пристрій:

а – вихідне положення; б – у момент пострілу; в – у польоті

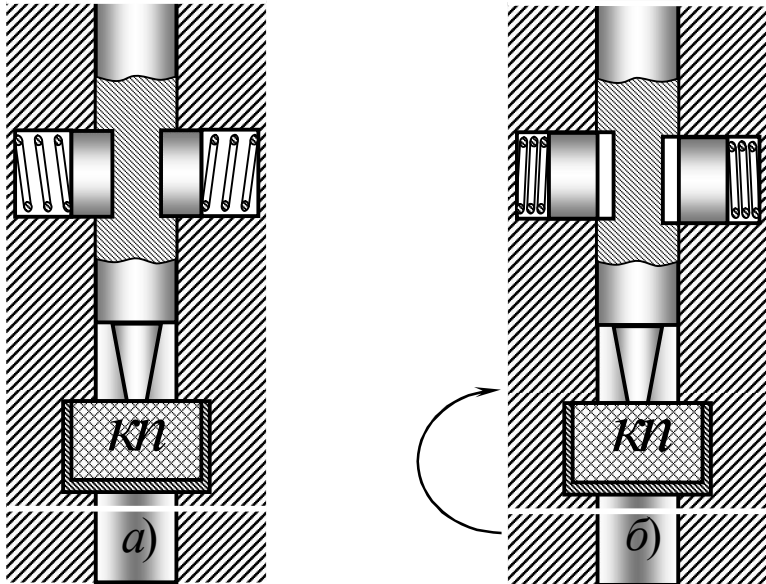


Рисунок 3.36 - Відцентровий запобіжний пристрій:

а – вихідне положення; б – після вильоту з каналу ствола

До інерційних запобіжних пристроїв належать:

- стрижені з пружинами та кульками (інерційний стопор та замикач підривника ГПВ-2);

- осідаючі втулки зі стопорами, пружинами та упорними кульками (стопор поворотної втулки підривника РГМ-2);

- осідаючі втулки (підривник ГВМЗ-7) та гільзи (підривник ДБР) з пружинами.

Відцентрові запобіжні пристрої – це стопорні пристрої, які спрацьовують під дією на них відцентрових сил від обертального руху снаряда. Це інерційне тіло з пружиною (підривник ДБР), розміщене перпендикулярно до осі підривника. Такі стопори забезпечують більш високий ступінь безпеки у службовому поводженні, ніж інерційні стопори, оскільки вони повністю виключають зведення підривників під час трясін і при випадкових падіннях снарядів, особливо при застосуванні 3-відцентрових стопорів для стопоріння однієї і тієї самої деталі. Але вони підлягають дії сил інерції від лінійних прискорень, які викликають їх заклинювання, а, отже, і відмови у дії підривників.

Піротехнічні запобіжні пристрої – це порохові запобіжники, які являють собою запресовування з димного пороху або піротехнічного складу з металевим стрижнем, а інколи – з кулькою (підривник ГВМЗ-7).

Такі запобіжники для запалювання піротехнічного складу потребують використання спеціальних запалювальних механізмів, що не завжди вдається здійснити в малогабаритних підривниках.

Контрзапобіжні пристрої – це такі запобіжні пристрої, які утримують від переміщення під дією сил набігання рухомі деталі підривників під час польоту снаряда у повітрі (рис. 3.37а). За конструкцією вони можуть бути: пружинними (контрзапобіжна пружина РГМ-2), жорсткими (лапчастий контр-запобіжник РГМ-2).

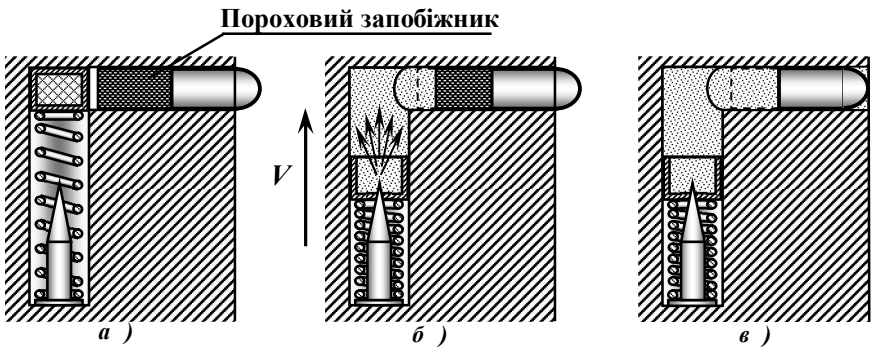


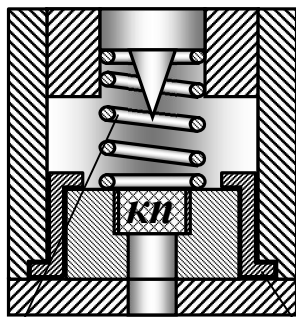
Рисунок 3.37 - Піротехнічний запобіжний пристрій:
a – вихідне положення; б – у момент пострілу; в – у польоті

Найбільше поширення отримали пружинні контрзапобіжні пристрої. Однак при значних силах доцільно використовувати жорсткі контрзапобіжні пристрої, оскільки вони потребують менших витрат енергії для подолання їх опору рухомими деталями під час удару снаряда об перешкоду, а отже, менше знижують чутливість підрильників при забезпеченні необхідної безпеки.

Крім того, жорсткі контрзапобіжні пристрої при малих габаритах дозволяють утримати високий опір.

Запалювальні механізми – це прості ударні механізми інерційної дії, призначені для запалювання у момент пострілу піротехнічних складів дистанційних кілець, порохових запобіжників, сповільнювачів, самоліквідуючих пристроїв підрильників.

У запалювальних механізмах як запобіжні пристрої найчастіше використовуються пружини і рідше – жорсткі запобіжні пристрої. Під час пострілу під дією сили інерції від лінійного прискорення осідає жало (трубка Т-7) або капсуль-підпалювач (підрильник ГKB-2), який долає опір запобіжної пружини і робить накол капсуль-запалювачу. Променевий імпульс запалює піротехнічний склад відповідного пристрою підрильника.



а)
лапчатий контрзапобіжник
контрзапобіжна пружина

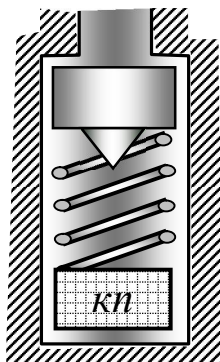


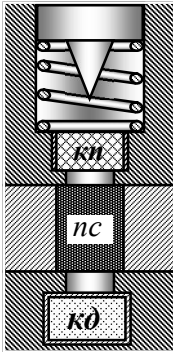
Рисунок 3.38 – Запалювальний механізм

Сповільнювальні пристрої використовуються в контактних підрильниках для сповільнення дії підрильника після удару снаряда об перешкоду. За цей час снаряд пробиває перешкоду або заглиблюється у неї і тільки після цього розривається, чим досягається найбільша ефективність у його дії. При малих кутах зустрічі снаряда з перешкодою сповільнення у дії підрильників дозволяє отримати повітряні розриви з рикошетів. Така стрільба особливо ефективна при знищенні піхоти у траншеях.

Конструкція сповільнювальних пристроїв може бути різноманітною, але найбільше поширення отримали пристрої з пороховими сповільнювачами. За характером дії сповільнювальні пристрої поділяються на два типи: зі сталим часом сповільнення, з авторегульованим часом сповільнення.

Порохові сповільнювальні пристрої зі *сталим часом сповільнення* використовуються у підрильниках з декількома установками і являють собою латунну втулку зі стовпчиком димного пороху. Часто для посилення променевого імпульсу сповільнювача використовуються порохові підсилювальні стовпчики з каналом усередині або порохові підсилювачі (підрильник ГВМЗ-7). Для забезпечення надійності дії

сповільнювачі дублюються (підривник М-12), а іноді використовують два сповільнювачі з різним часом уповільнення (підривник МРВ). За допомогою установлювального крана тако-



го підривника можна встановити малий або більший час сповільнення. Вмикання сповільнювача у вогневий ланцюг здійснюється за допомогою установлювального крана або втулки.

Дія таких підривників базується на використанні інерційних сил, що виникають унаслідок втрати снарядом поступальної швидкості під час удару об перешкоду і при заглибленні у неї (підривник ДБР).

Рисунок 3.39 – Сповільнювальний механізм зі сталим часом сповільнення

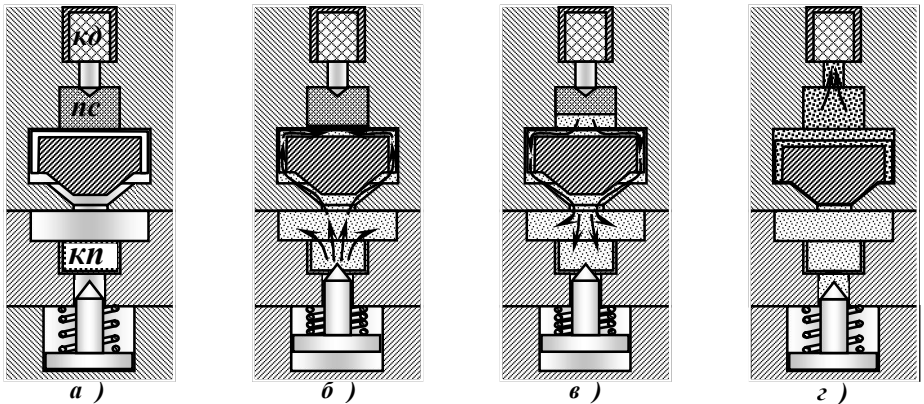


Рисунок 3.40 - Сповільнювальний механізм із авторегульованим часом сповільнення:

а – вихідне положення; б – у момент пострілу; в – на польоті; г – при зустрічі з перешкодою

Пристрій являє собою камеру з порохом і інерційним клапаном із жалом. Під час

удару снаряда об перешкоду та руху в ній клапан переміщується й утримується силами інерції в передньому положенні. При цьому залишається відкритим отвір для запалювання порохового сповільнювача від капсуль-підпалювача та виходу порохових газів під час горіння сповільнювача, чим забезпечується його нормальне горіння при проникненні снаряда в перешкоду. При виході снаряда з перешкоди або зупинці в ній припиняється дія інерційних сил, і порохові гази сповільнювача переміщують інерційний клапан до перекриття отвору для виходу порохових газів. У замкнутому просторі швидко підвищується тиск, а отже і швидкість горіння запалювача, і він практично згоряє миттєво, що викликає спрацювання підричника відразу ж після пробивання перешкоди або зупинки в ній.

Таким чином, необхідний час уповільнення встановлюється автоматично, залежно від властивостей перешкоди.

3.2.7. Дистанційні пристрої

Використовуються в дистанційних підричниках для виклику їх дії через певний проміжок часу після пострілу з метою отримання повітряних розривів снарядів або мін у необхідній точці траєкторії. Час спрацювання встановлюється спецключем перед заряджанням згідно з часом для польоту снаряда або міни до необхідної точки розриву.

Дистанційні пристрої поділяються на два типи: механічні, піротехнічні.

Механічні дистанційні пристрої відраховують час польоту снаряда за допомогою годинникового механізму, робота якого починається з вильотом снаряда за дульний зріз і закінчується залежно від установки, наданої перед заряджанням гармати; спрацювання годинникового механізму викликає дію пружинного ударного механізму, який і приводить у дію детонаційний або вогневий ланцюг

підривника. Подібний пристрій мають підривники В-90, ДТМ-75.

Піротехнічні дистанційні пристрої відраховують час польоту снаряда або міни до необхідної точки траєкторії за рахунок вигорання піротехнічного вмісту, запресованого в дугових канавках дистанційних кілець. Піротехнічний вміст додається до вогневого ланцюга між капсуль-підпалювачем та капсуль-детонатором (підривник Д-ІУ) або капсуль-підпалювачем та пороховою петардою (підривники Т-1 та Т-7). Змінюючи довжину ділянки горіння піротехнічного вмісту поворотом дистанційних кілець, можна змінювати і час передачі променевого імпульсу на капсуль-детонатор або порохову петарду. У цьому разі піротехнічний вміст дистанційних кілець є регульованим сповільнювачем вогневого ланцюга підривників.

Самоліквідуючі пристрої використовуються в контактних підривниках (підривник ПТКР) для виклику їх дії через певний відрізок часу після пострілу у разі невлучення снарядів у ціль. Вони являють собою запресовування повільного горіння піротехнічного вмісту в дуговій канавці, яка запалюється при пострілі запалювальним механізмом. Час горіння вмісту більше часу польоту снаряда на максимальну дальність. Бувають підривники з установкою на потрібний час самоліквідування. При вигоранні піротехнічного складу спрацьовує капсуль-детонатор, викликаючи підрив снаряда без зустрічі з ціллю. У снарядах калібру 20–25 мм самоліквідація відбувається від трасерів, після вигорання яких промінь вогню передається пороховому підсилювачу, який викликає детонацію розривного заряду снаряда.

Установлювальні пристрої призначені для установки перед пострілом часу спрацювання підривника після зустрічі снаряда або міни з перешкодою (в ударних підривниках) або після пострілу – у дистанційних підривниках.

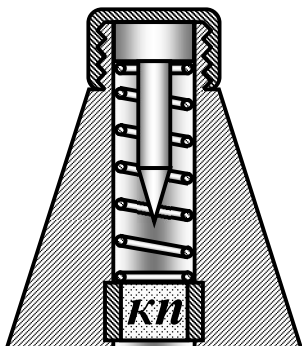


Рисунок 3.41 – Установлювальні ковпачки

установлювальні ковпачки; установлювальні крани; установлювальні ковпачки та крани; установлювальні втулки; в дистанційних підрильниках – установлювальні втулки з планками, дистанційні кільця.

Установлювальні ковпачки використовуються в головних підрильниках з ударним механізмом подвійної дії. При нагвинченому ковпачку дія підрильника буде інерційною, оскільки реактивний ударник захищений ковпачком і не сприймає реакцію перешкоди. При згвинченому ковпачку підрильник миттєво спрацьовує від реактивного ударника. Установлювальні ковпачки частіше використовуються в поєднанні з установлювальними кранами.

Установлювальні крани використовуються в головних та донних підрильниках зі сповільнювальними пристроями зі сталем часом затримки.

При встановленні крана на “З” вогонь від капсуль-підпалювача передається на капсуль-детонатор через пороховий сповільнювач, тому що прямий канал закривається і променевий імпульс від капсуль-підпалювача не передається безпосередньо на капсуль-детонатор.

Кожній з установок ударних підрильників відповідає певний вид їх дії (миттєве, інерційне, сповільнене), який характеризується часом їх спрацьовування після удару в перешкоду снаряда або міни. Залежно від конструкції підрильників у них використовують такі установлювальні пристрої: в контактних підрильниках –

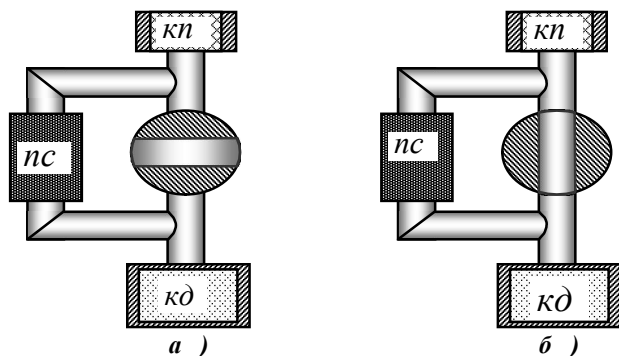


Рисунок 3.42 - Установлювальні крани:
а – при закритому крані; б – при відкритому крані

Установлювальні ковпачки та крани використовуються в головних підривниках з ударним механізмом подвійної дії: миттєвої – при згвинченому ковпачку та відкритому крані; інерційної – при нагвинченому ковпачку та відкритому крані; сповільненої – при нагвинченому ковпачку та закритому крані.

Подібну будову має підривник РГМ-2, який забезпечує осколкову, фугасну та фугасну сповільнену дію снарядів.

Установлювальні втулки зумовлюють величину переміщення повзуна, який ізолює капсуль-підпалювач від капсуль-детонатора (підривник ГВМЗ-7). При установці крана на “О” повзун переміщається по установлювальній втулці, відкриваючи обидва вогнепровідні канали. При установці крана на “З” виступ втулки розміщується напроти повзуна таким чином, що обмежує його переміщення; і відкривається тільки канал, що веде до капсуль-детонатора через пороховий сповільнювач. Таким чином, у першому випадку дія підривника буде миттєвою, а в другому – сповільненою.

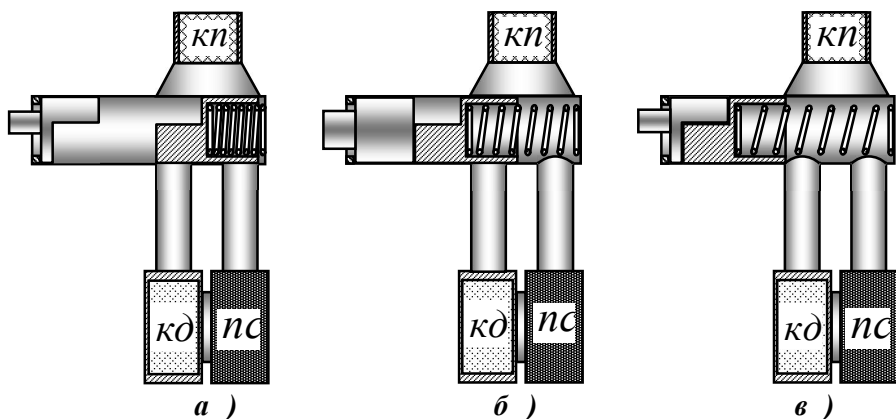


Рисунок 3.43 - Установлювальні втулки:

а – вихідне положення; б – при установці крана на “З”; в – при установці крана на “О”

Установлювальні втулки з планками використовуються в дистанційних підричниках механічного типу з годинниковими механізмами з метою установки часу їх спрацьовування на траєкторії (на певній відстані від цілі). При повороті втулки повертається планка з фігурним вирізом стосовно стріли, яка фіксує пружинний ударний механізм. У момент пострілу стріла звільняється від стопора і повертається годинниковим механізмом до збігу з фігурним вирізом. При цьому стріла за допомогою пружини виштовхується у фігурний виріз планки, звільняє ударник, який приводить до дії підричник. Подібні пристрої використовуються в підричниках В-90, ДТМ-75.

Дистанційні кільця використовуються в дистанційних підричниках піротехнічного типу з аналогічною метою, але час спрацьовування змінюється за рахунок зміни довжини ділянки горіння піротехнічного складу поворотом двох дистанційних кілець стосовно третього (підричники Т-7 та Т-1) до збігу скомандуваної поділки з установлювальною рисою на корпусі.

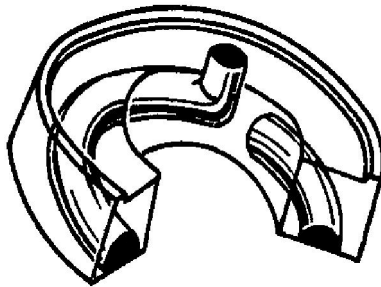


Рисунок 3.44 - Дистанційні кільця

3.2.8. Механізми далекого зведення

Механізми далекого зведення призначені для забезпечення переведення підричників у бойове (зведене) положення після віддалення снаряда або міни на безпечну відстань від гармати. Отже, вони виключають можливість передчасного спрацювання підричників і забезпечують безпеку обслуги. Величина безпечної відстані визначається типом та калібром снарядів.

Найбільше поширення серед таких механізмів отримали:

- піротехнічні запобіжники;
- механічні пристрої (інерційні гільзи із зигзагоподібним пазом, годинникові механізми).

Піротехнічні запобіжники входять до складу тих пристроїв підричників, від яких залежить зведення ударних механізмів. Підбором часу горіння їх складу можна забезпечити необхідну дальність зведення підричників, але їх використання потребує введення спеціальних запалювальних механізмів (підричник ГВМЗ-7), що недоцільно у малогабаритних підричниках.

Інерційні гільзи із зигзагоподібним пазом використовуються для збільшення часу зведення ударних механічних підричників під час польоту снарядів або мін у повітрі (підричник М-12). При пострілі під дією сил інерції від лінійного прискорення інерційна гільза осідає, стискаючи

запобіжну пружину, а на польоті підіймається під дією сил набігання та пружини, забезпечуючи звільнення та зведення ударника. При цьому штифт втулки ударника переміщається по зигзагоподібному пазу гільзи, чим примушує її робити оберти, що збільшує час осідання та підйому гільзи, а отже, і час зведення підривників.

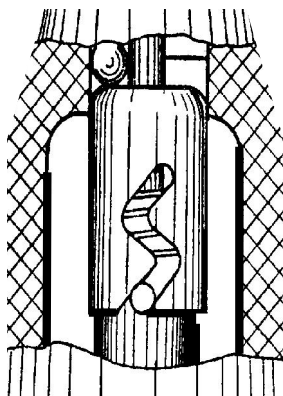


Рисунок 3.45 - Механізм далекого зведення з інерційною гільзою

Годинникові (колісні) механізми використовуються для сповільнення часу повороту пристрою для ізоляції капсуль-детонатора від детонатора, а отже, – і часу зведення підривника. Наприклад, вони використовуються для сповільнення часу повороту відцентрових поворотних втулок (підривник В-90) та двигунців, тобто для сповільнення часу зміщення капсуль-детонатора з передаточним зарядом і детонатором.

3.2.9. Пристрої для ізоляції капсулів

Використовуються з метою запобігання передчасного спрацьовування підривників при пострілі у разі небажаного, випадкового спрацьовування капсулів або неправильної дії ударних механізмів. Більшість капсулів дуже чутлива до зовнішньої дії. Тому з метою певної безпеки підривників

необхідно, щоб під час руху снарядів або мін по каналу ствола капсуль-детонатор (а отже, і капсуль-підпалювач) був ізольований від детонатора (підривник РГМ-2). Такі підривники належать до групи підривників запобіжного типу. Вважається, що менш стійким із капсулів є капсуль-підпалювач, і тому здійснюється тільки його ізоляція від капсуль-детонатора (підривник ГВМЗ-7). Такі підривники є підривниками напівзапобіжного типу.

Якщо ізоляція капсулів за умовами пострілу не потрібна, то такі підривники комплектуються механізмом далекого зведення або тільки запобіжними пристроями (підривник ДБР). Подібні підривники є підривниками незапобіжного типу.

Необхідність у тому або іншому виді запобіжників здебільшого залежить від калібру снаряда, ваги його розривного заряду та тиску порохових газів у каналі ствола під час пострілу. Іноді для підвищення надійності дії пристрою для ізоляції капсулів доповнюються жорсткими запобіжниками у вигляді понирювача з чекою. Розглянемо основні конструкції пристроїв для ізоляції капсулів.

Пристрої для ізоляції капсуль-запалювачів від капсуль-детонаторів

1. *Двигунці* використовуються для виведення капсуль-запалювачів у бік від осі жала та капсуль-детонатора (підривник М-12) або перекриття вогнепередавальних каналів від капсуль-підпалювача на капсуль-детонатор (підривник ГВМЗ-7) у службовому поводженні. Переведення двигунця у бойове положення відбувається під дією пружини після звільнення його від відповідних стопорів. Так, у підривнику М-12 двигунець переміщається після звільнення його жалом ударника після зведення ударного механізму, а двигунець підривника ГВМЗ-7 – після вигорання піротехнічного запобіжника механізму далекого зведення.

2. *Сосок ударника* використовується для перекриття каналу від капсуль-підпалювача до капсуль-детонатора (підривники КТМ) або до порохової петарди (підривник Т-7). При пострілі інерційний ударник осідає під дією сил інерції, стискує сосок до опорного майданчика корпусу підривника і перекриває вогнепередавальний канал до капсуль-детонатора або до порохової петарди від капсуль-підпалювача.

Пристрої для ізоляції капсуль-детонаторів від детонаторів

1. *Поворотні втулки* (рисунок 3.46 а) використовуються для виведення капсуль-детонаторів із детонаційних ланцюгів підривників. У службовому поводженні вони утримуються інерційними або відцентровими стопорами, ізоляція капсулів здійснюється тілом детонаційної втулки з передаточним зарядом. Поворот втулки у бойове положення здійснюється силою заведеної пружини (підривник РГМ-2) або відцентрової сили з уповільненням годинникового механізму (підривник В-90). Вісь обертання та центр мас втулки змінені відносно осі обертання снаряда, що дозволяє отримати відцентрову силу необхідної величини. Поворотні втулки – компактні й можуть використовуватися у малогабаритних підривниках.

2. *Поворотні диски* (рис. 3.46 б) використовуються для тих самих ланцюгів, але не обертаються у площині, яка проходить крізь поздовжню вісь підривника під дією заводної пружини (підривник ГКН) або відцентрової сили (підривник ГКВ). Звичайно вони виводять капсуль-детонатор у бік від осі жала і детонаційного ланцюга. Зустрічаються головним чином у малогабаритних підривниках.

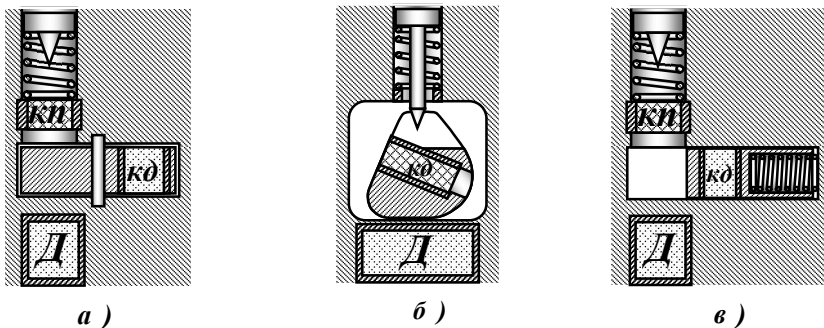


Рисунок 3.46 - Пристрої ізоляції капсуль-запалювачів від детонаторів:

а – поворотні втулки; б – поворотні диски; в – двигунці

3. *Двигунці* (рис. 3.46 в) також використовуються для виведення капсуль-детонатора з детонаційного ланцюга. Вони утримуються у службовому поводженні інерційними, відцентровими, піротехнічними запобіжниками.

Переміщення в бойове положення здійснюється силами стиснутих пружин (підривник ГПВ-2) або відцентровими силами (підривник КТД). У бойовому стані двигунець фіксується від зворотних відскоків спеціальним стопором. Відцентрові двигунці використовуються тільки у підривниках до обертальних снарядів. Розглянуті способи ізоляції капсулів забезпечують безпечність підривників при підриванні капсуля в каналі ствола, але не виключають передчасного спрацьовування підривників після вильоту їх з каналу ствола до віддалення на безпечну відстань, якщо капсуль-підпалювач спрацьовує в каналі ствола і навіть за наявності сповільнювача.

Для виключення подібних випадків підривникам надають спеціальні запобіжні пристрої – нирці з чеками. При підриванні капсуль-підпалювача у каналі ствола або при польоті до зведення підривника його порохіві гази тиснуть на нирець, який зрізає чеку і стопорить пристрій для

ізоляції капсулів. Підричник не зводиться і не спрацьовує біля цілі. Подібний пристрій має підричник РГМ-2.

3.2.10. Детонуючі пристрої

Призначені для забезпечення детонації розривного заряду снаряда. У підричниках запобіжного типу детонуючі пристрої складаються з таких основних елементів: капсуль-детонатора або іскрового електродетонатора, передачного заряду, детонатора.

Підричники напівзапобіжного типу не мають передачного заряду. Призначення елементів та їх будова розглянуті у попередніх розділах.

3.2.11. Ударні механічні та дистанційно-ударні піротехнічні підричники

3.2.11.1. Призначення, будова та дія ударних механічних підричників РГМ-2, РГМ-6, В-429

Механічний підричник РГМ-2 – головний, ударний, запобіжного типу, з установками на миттєву, інерційну та сповільнену дії, використовується для комплектації: 122-мм гаубичних осколкових, осколково-фугасних, запалювальних димових снарядів зі сталістого чавуну; 130-мм гарматних осколково-фугасних та пристрілково-цілевказівних снарядів; 152-мм гарматних осколкових та осколково-фугасних снарядів.

Підричник (рис. 3.47) складається з таких основних вузлів та механізмів: корпусу, головної втулки, ударного механізму, установлювального пристрою, сповільнювального пристрою, поворотно-запобіжного механізму, детонуючого пристрою.

Корпус призначений для розміщення основних вузлів та механізмів.

Головна втулка вгвинчується в корпус і призначена для розміщення в ній ударного механізму.

Ударний механізм складається з: мембрани, ударника миттєвої дії (грибок, ударний стрижень, жало), інерційного ударника з капсуль-підпалювачем, осідаючої гільзи з лапками, запобіжного кільця, лапчастого контрзапобіжника, запобіжної пружини, звідної пружини, контрзапобіжної пружини, запобіжних кульок, обмежувального кільця.

Установлювальний пристрій складається з: установлювального ковпачка, установлювального крана, двох втулок, обмежувальної шпильки.

Заводська установка – кран на “0”, ковпачок – нагвинчено.

Сповільнювальний пристрій складається з: втулки, порохового сповільнювача.

Поворотно-запобіжний механізм складається з: поворотної втулки з пружиною, детонаційної втулки, нирця з чекою, стопорного механізму (стопора з пружиною, осідаючої втулки з пружиною, упорної кульки).

Детонуючий пристрій складається з: капсуль-детонатора, передаточного заряду, детонатора.

У службовому поводженні ударники утримуються від переміщення кулькою та осідаючою гільзою, а стопор утримує поворотну втулку в холостому положенні, при якому капсуль-детонатор зміщений відносно передаточного заряду і відділений від детонатора детонаторною втулкою. Для запобігання підричника від передчасної дії при установці крана на “3” служить нирець з мідною чекою, який під час пострілу залишається цілим, але легко зрізається газами, які утворюються при запалюванні капсуль-підпалювача. При цьому нирець опускається в проріз поворотної втулки, застопорюючи її від повороту у зведений стан підричника.

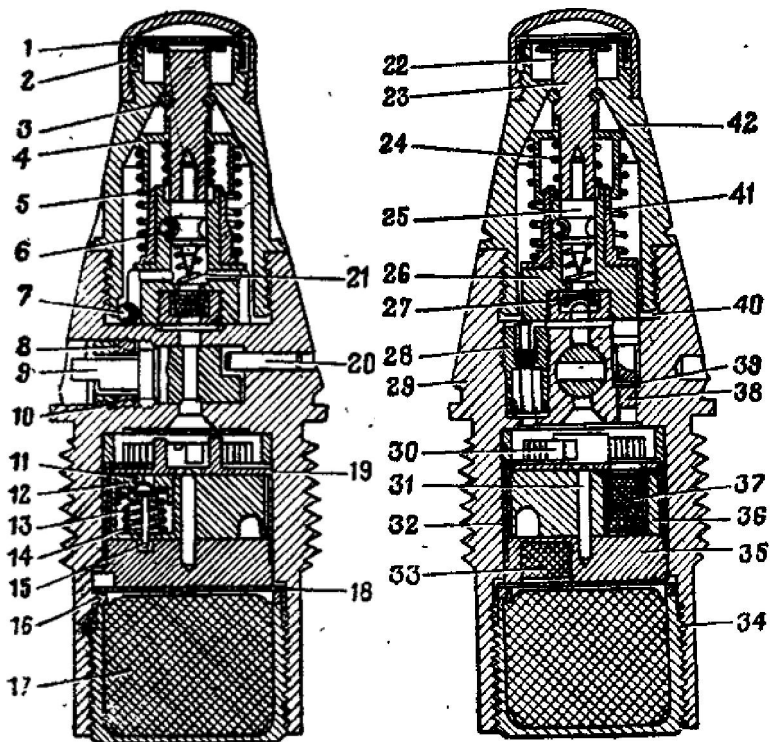


Рисунок 3.47 - Механічний підричник РГМ-2:

1 – ковпачок; 2 – мембрана; 3 – обмежувальне кільце; 4 – осідаюча гільза; 5 – запобіжна пружина; 6 – кулька-запобіжник; 7 – кулька-стопор; 8 – втулочка; 9 – кран; 10 – кільце-обтюратор; 11 – корпус; 12 – осідаюча втулка; 13 – пружина стопора; 14 – запобіжна пружина; 15 – стопор; 16 – донна втулка; 17 – детонатор; 18 – ковпачок; 19 – кришка; 20 – шпилька; 21 – контрзапобіжна пружина; 22 – грибок; 23 – ударний стрижень; 24 – запобіжна пружина; 25 – жало; 26 – ударник; 27 – втулка з капсуль-підпалювачем; 28 – сповільнювальна втулка; 29 – корпус; 30 – запобіжна пружина; 31 – вісь; 32 – сорочка; 33 – передаточний заряд; 34 – донна втулка; 35 – детонуюча втулка; 36 – поворотна втулка; 37 – капсуль-детонатор; 38 – нирець; 39 – чека; 40 – контрзапобіжник; 41 – запобіжне кільце; 42 – головка.

Дія підривника РГМ-2

При пострілі: під дією сил інерції від лінійного прискорення осідають: осідаюча гільза, яка зчіплюється лапками із запобіжним кільцем; осідаюча втулка стопорного механізму, що звільняє упорну кульку, яка відцентровою силою відкочується убік, даючи шлях для підйому стопора.

Після вильоту снаряда із каналу ствола під дією пружин підіймаються: осідаюча гільза із запобіжним кільцем, звільняючи стопорну кульку, яка відкочується відцентровою силою, звільняючи реакційний та інерційний ударники; стопор, який звільняє поворотну втулку і вона повертається, суміщає капсуль-детонатор з передаточним зарядом, тобто здійснює зведення підривника.

Під час польоту: ударники миттєвої та інерційної дії утримуються від переміщення силами набігання запобіжної пружини та лапчастим жорстким запобіжником.

При зустрічі з перешкодою: при установці на миттєву дію (кран – на “О”, ковпачок – згвинчений) ударник миттєвої дії силою реакції перешкоди переміщається назад і наколє капсуль-підпалювач, промінь вогню якого через отвір у крані передається на капсуль-детонатор. Імпульс детонації останнього через передаточний заряд передається детонатору і від нього розривному заряду, який викликає підрив снаряда; при установці на інерційну дію (кран – на “О”, ковпачок – нагвинчений) інерційний ударник під дією сил інерції переміщається вперед, зрізуючи лапки лапчастого контрзапобіжника, і капсуль-підпалювач наколюється на жало, викликаючи детонацію детонаційного ланцюга та підрив снаряда; при установці на сповільнену дію (кран – на “З”, ковпачок – нагвинчений) підривник діє аналогічно, але промінь вогню від капсуль-підпалювача запалює пороховий сповільнювач, і капсуль-детонатор детонує тільки після його вигорання.

Механічний підривник РГМ-6 є модернізацією підривника РГМ-2 у напрямку спрощення ударного механізму і

використовується для комплектації: 100-мм осколково-фугасних та димових снарядів, 122-мм осколково-фугасних та пристрілково-цілевказівних снарядів.

Ударний механізм підричника РГМ-6 (рис. 3.48) складається з: мембрани, ударника миттєвої дії, інерційного ударника з капсуль-детонатором, осідаючої пружини, звідної пружини, двох запобіжних і однієї упорної кульки.

Дія підричника РГМ-6

Під час пострілу: під дією сил інерції від лінійного прискорення ударник миттєвої дії з осідаючою гільзою і упорною кулькою осідають до упора жала у запобіжні кульки, а осідаюча гільза – в інерційний ударник, що приводить до викочування упорної кульки під дією відцентрової сили.

Після вильоту снаряда з каналу ствола пружина піднімає осідаючу гільзу до упору в грибок ударника миттєвої дії, звільняючи запобіжні кульки, які викочуються відцентровою силою.

Під час польоту: звідна пружина, виконує роль контрзапобіжної пружини.

Дія інших механізмів аналогічна дії механізмів підричника РГМ-2.

Механічний підричник В-429 є модернізацією підричника РГМ-6 у напрямку підвищення герметичності, надійності та технологічності виробництва. Підричник додатково має установку на “рикошет” (кран – на “3”, ковпачок – згвинчений).

Він використовується для комплектації: 85-мм осколкових та осколково-фугасних снарядів; 100, 122, 130, 152 мм осколково-фугасних гарматних снарядів; 122-мм димових гарматних снарядів.

Зводиться на відстані 5–7 м від гармати і відрізняється від підричника РГМ-6 за такими ознаками:

- збільшені вага і бокова поверхня інерційного підри-
вника, чим виключаються його перекося при малих кутах
зустрічі з ґрунтом;

- більш досконала конструкція сповільнювача з водо-
стійким піротехнічним складом СЦ-1;

- поліпшена герметизація за рахунок використання
герметизуючих кілець; стальна поворотна втулка замінена
алюмінієвою.

Удосконалення сповільнювача і поліпшення гермети-
зації забезпечили ведення стрільби на рикошетах без ков-
пачка по воді й болотистому ґрунті без побоювання отри-
мати загасання сповільнювача і відмови в дії.

Дія підричника В-429 аналогічна дії підричника РГМ-2.

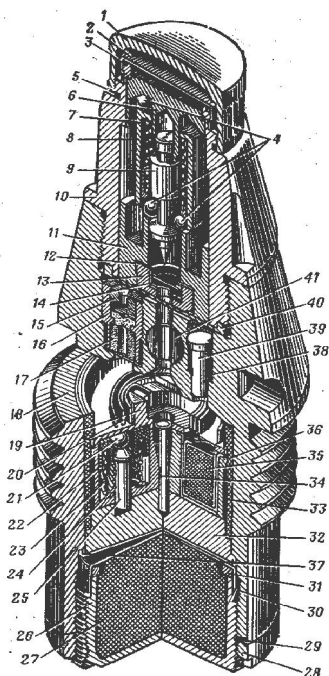


Рисунок 3.48 - Механічний підричник РГМ-6:

1 – запобіжний ковпачок; 2 – мембрана; 3,5 – герметизуючі кільця; 4 – кульки; 6 – ударник миттєвої дії; 7 – запобіжна пружина; 8 – осідаюча гільза; 9 – жало; 10 – головна втулка; 11 – ударник інерційної дії; 12 – кільце на капсуль-підпалювач; 13 – втулка капсуль-підпалювача; 14 – капсуль-підпалювач; 15 – втулочка; 16 – втулочка сповільнювача; 17 – пороховий сповільнювач з підсилювальним циліндриком; 18 – корпус; 19 – кришка; 20 – зворотна пружина; 21 – кулька; 22 – осідаюча втулка; 23 – запобіжна пружина; 24 – пружина; 25 – стопор; 26 – донна втулка; 27 – детонатор; 28 – підтискна гайка; 29 – герметизуюче кільце; 30 – кришка; 31 – кільце; 32 – детонаторна втулка; 33 – сорочка; 34 – вісь; 35 – капсуль-детонатор; 36 – зворотна втулка; 37 – свинцева прокладка; 38 – чека; 39 – нирець; 40 – чаша; 41 – кран; 42 – втулочка; 43 – шайба; 44 – кільце; 45 – шпилька

3.2.11.3. Призначення, будова та дія п'єзоелектричного підривника ГПВ-3

Головний підривник ГПВ-3 (рис. 3.49) призначений для комплектації пострілів з кумулятивними обертовими снарядами до 122-мм і 152-мм гармат і гаубиць.

Підривник ГПВ-3 – електромеханічний, ударної дії, запобіжного типу, з далеким зведенням.

Зведення підривника відбувається після пострілу на відстані 3-40 м від знаряддя.

Дія підривника ґрунтується на використанні п'єзоелектричного ефекту, який забезпечує миттєвість спрацьовування під час удару об перешкоду, а отже, і більш стабільна кумулятивна дія снарядів.

Підривник має вибірковість дії, що забезпечує поразку броні цілей, укритих за кущами або захищених легкими металевими (сітчастими) екранами. Підривник складається з корпусу, п'єзогенератора, запобіжного механізму, механізму далекого зведення і детонуючого пристрою (рис. 3.50).

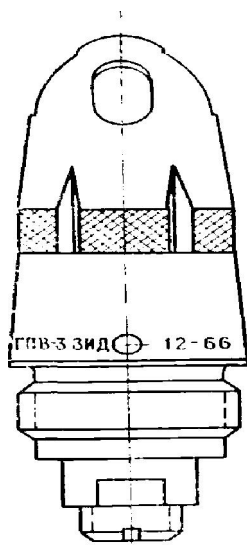


Рисунок 3.49 – Загальний вигляд підривника ГПВ-3

У корпусі зібрані всі вузли і деталі підривника. Зовні на корпусі є праве різьблення, призначене для вгвинчування підривника у снаряд. На передню частину корпусу нагвинчений сталевий ковпак, що забезпечує безпеку стрільби за будь-якої погоди і вибірккову дію підривника по броні.

П'єзогенератор служить для перетворення енергії удару при зустрічі снаряда з перешкодою в електричний імпульс, що викликає спрацьовування іскрового електродетонатора.

П'єзогенератор складається із центрального контакту 27, що розміщується в ізоляторі 13, металевої прокладки 12, сукняних прокладок 23 і 26, п'єзоелемента 14, ударника 24, підтискної гайки 15, кришки 22 і кільця 16. Від зовнішнього середовища п'єзогенератор захищений мембраною 17, до якої за допомогою заклепки кріпиться гнучкий контакт 21.

Перетворення енергії удару в електричну здійснюється за допомогою п'єзоелемента, електродами якого є постріблені торцеві поверхні.

Ударник 24 служить для передачі зусилля, що стискає п'єзоелемент при зустрічі снаряда з перешкодою.

Сукняні прокладки 23 і 26 забезпечують рівномірне і щільне стискання п'єзоелемента, чим підвищується його механічна сила у службовому поводженні й під час стрільби.

Запобіжний механізм далекого зведення забезпечує:

- 1) замикання електричних виводів іскрового електродетонатора на корпус у службовому положенні під час пострілу і в польоті (до моменту зведення підривника);
- 2) неспрацьовування передаточного заряду і детонатора при випадковому вибуху іскрового електродетонатора в службовому положенні або під час пострілу;

3) дальнє зведення підривника.

Механізм складається із втулки 5, у пазу якої на осі 10 розміщений поворотний диск 42 із заводною пружиною 8; контактної пристрою, що включає ковпачок 11, пружину 29 і пробку 9; інерційного стопора 30 із пружиною 34 і кулькою 31, за допомогою якого диск 42 утримується в холостому положенні; накольно-запалювального пристрою, що складається з жала 50, пружини 51, капсуль-запалювача 49, ковпачка 48, піротехнічного запобіжника 40 і стопора 39, що перебуває у втулці 38.

У службовому поводженні (рис. 3.51) поворотний диск 42 утримується від переміщення в бойове положення кулькою 31, що входить у вертикальний паз диска й упирається в інерційний стопор 30, а також стопором 39 піротехнічного стопора 40. При цьому іскровий електродетонатор 44 виведений у бік від передаточного заряду 33, внаслідок чого випадковий вибух електродетонатора не може викликати спрацьовування підривника.

Іскровий електродетонатор відключений від електричного ланцюга п'єзогенератора (ПГ), і його електричні виводи закриті через металеві деталі підривника.

При пострілі під дією інерційної сили (рис. 3.52) стопор 30 переміщується до повного стиску пружини 34 і звільняє кульку 31, що викочується з паза поворотного диска по похилому отвору у втулці 5. Одночасно із цим капсуль-підпалювач 49, стиснувши пружину 51, наколюється на жало 50.

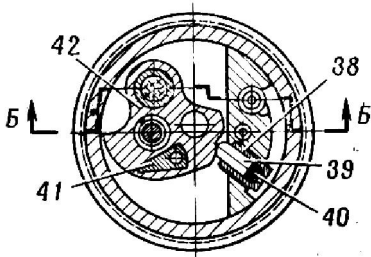
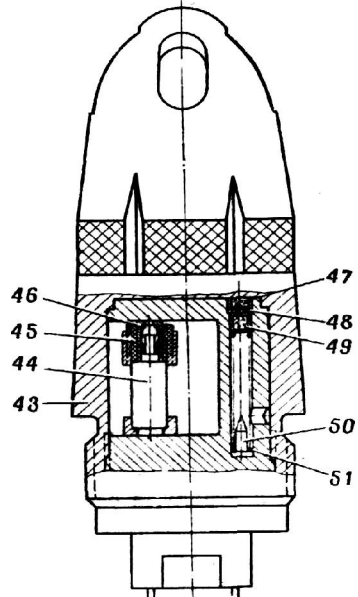
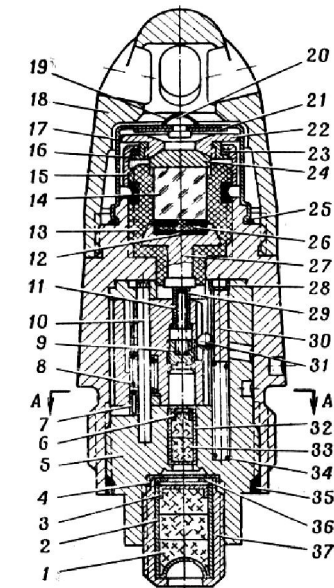


Рисунок 3.50 - Будова підривника (положення деталей підривника в службовому положенні):

1 – детонатор; 2 – утримувач; 3 – ковпачок; 4 – кришка; 5 – втулка; 6 – чашечка; 7 – втулка; 8 – заводна пружина; 9 – пробка; 10 – вісь; 11 – ковпачок; 12 – металева прокладка; 13 – ізолятор; 14 – п’єзоелемент; 15 – підтискна гайка; 16 – кільце; 17 – мембрана; 18 – сталевий ковпачок; 19 – герметик; 20 – заклепка; 21 – гнучкий контакт; 22 – кришка; 23 – сукняна прокладка; 24 – ударник; 25 – герметик; 26 – сукняна прокладка; 27 – центральний контакт; 28 – ковпачок; 29 – пружина; 30 – інерційний стопор; 31 – кулька; 32 – ковпачок; 33 – передатний заряд; 34 – пружина; 35 – герметик; 36 – прокладка; 37 – стакан; 38 – втулка; 39 – стопор; 40 – піротехнічний запобіжник; 41 – стрижень; 42 – поворотний диск; 43 – корпус; 44 – іскровий електродетонатор; 45 – втулка; 46 – контактний ковпачок; 47 – шайба; 48 – ковпачок; 49 – капсуль-запалювач; 50 – жало; 51 – пружина

Дія підривника

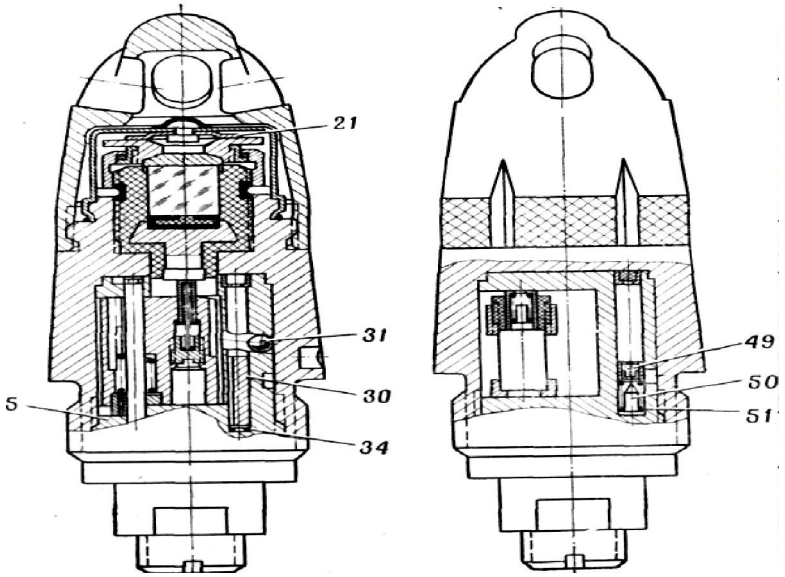


Рисунок 3.51 - Положення деталей підривника під час пострілу

Промінь вогню від капсуля, пройшовши через бічний паз втулки 5, підпалює піротехнічний запобіжник.

Для зняття з електродів п'єзоелемента електричного заряду струму, що утворився під час удару, служить гнучкий контакт 21, пелюстки якого під дією сили інерції вигинаються і накоротко замикають електроди п'єзоелемента через металеві деталі підривника.

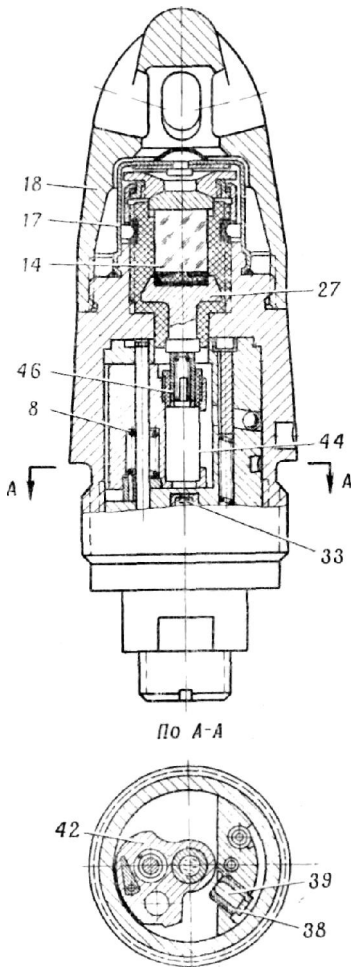


Рисунок 3.52 - Положення деталей підричника після зведення.

розряд. Вибух електродетонатора викликає детонацію передатного заряду 33, що передається детонатору підричника і далі - капсуль-детонатору розривного заряду снаряда.

На польоті, після вигорання піротехнічного запобіжника, під дією сили заводної пружини 8 і моменту відцентрової сили, що повертає диск у той самий бік (через ексцентричне розташування осі його обертання), відбувається вдавнення стопора 39 у втулку 38 і поворот диска у бойове положення. При цьому іскровий електродетонатор займає положення над передаточним зарядом, а контактний ковпачок 46 з'єднується із центральним контактом 27, вмикаючи електродетонатор в електроколо п'єзогенератора. Підричник зведений.

При зустрічі з ціллю. У положенні деталей підричника відбувається деформація після зведення ковпака 18 мембрани 17 (або тільки мембрани) і стиск п'єзоелемента 14, у результаті чого між електродами п'єзоелемента виникає різниця потенціалів у три кіловольти. В іскровому проміжку електродетонатора 44 відбувається електричний

3.2.11.3. Призначення, будова і дія дистанційно-ударного піротехнічного підричника Т-7

Піротехнічний підричник Т-7 – головний, дистанційно-контактний, незапобіжний, з установками на дистанційну й ударну дії. Підричник має шкалу у 165 поділок і призначений для комплектації 122-мм освітлювальних і агітаційних снарядів.

Підричник Т-7 складається з таких частин: корпусу з герметизуючим ковпачком; запалювального механізму; дистанційного пристрою; ударного механізму; порохової петарди (рис. 3.53).

Корпус – алюмінієвий і складається з головки, тарелі й хвостової частин. Головка з тарелем є основою для розміщення дистанційного пристрою, а у хвостовику розміщується ударний механізм і порохова петарда у втулці.

Герметизуючий ковпачок захищає елементи дистанційного пристрою від механічних пошкоджень, забруднення і герметизує їх.

Запалювальний механізм забезпечує запалювання дистанційного пристрою при пострілі й складається з ударника з пружиною і капсуль-підпалювача.

Дистанційний пристрій забезпечує відлік часу дії ударника і складається з: трьох дистанційних кілець із порохом, запресовуванням; порохом стовпчиків; натискної гайки; балістичного ковпачка.

Натискна гайка латунна для збільшення її ваги, а інші елементи алюмінієві.

Ударний механізм складається з: інерційного ударника з капсуль-підпалювачем; лапчастого контрзапобіжника; розгинача; пружини; жала.

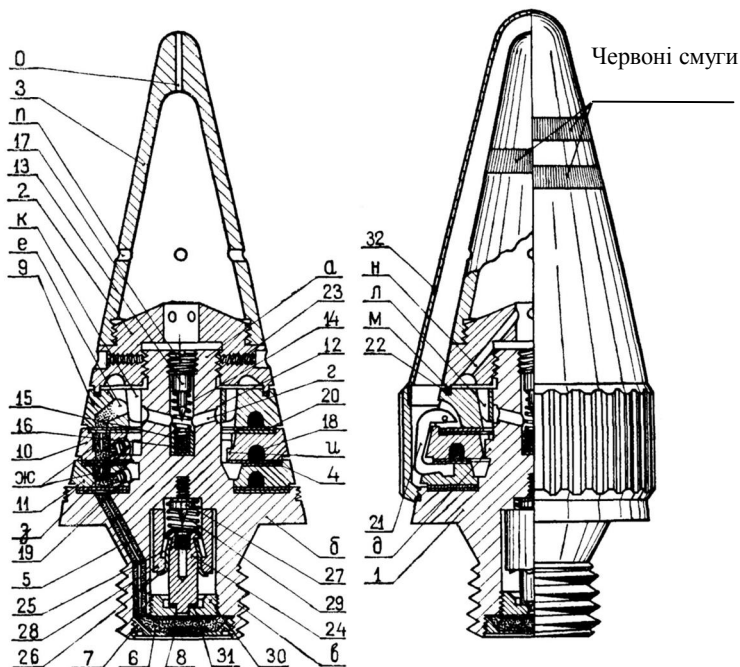


Рисунок 3.53 - Піротехнічний підрильник Т-7:

1 – корпус; 2 – натискна гайка; 3 – балістичний ковпак; 4 – суконне кільце; 5 – порохові стовпчики в корпусі; 6 – картонна прокладка; 7 – вогнепередатний отвір; 8 – латунне кільце; 9, 10, 11 – дистанційні кільця; 12 – затискне кільце; 13 – дистанційний ударник; 14 – пружина ударника; 15 – капсуль-підпалювач; 16 – втулочка; 17 – нарізна пробка; 18 – порохове запресування в дистанційному кільці; 19 – азбестові та олов'яні кільця; 20 – пергаментні кільця; 21 – з'єднувальна скоба; 22 – шкіряна прокладка; 23 – стопорний гвинт; 24 – інерційний ударник; 25 – капсуль-підпалювач; 26 – контрзапобіжник; 27 – жало; 28 – напрямна втулка; 29 – контрзапобіжна пружина; 30 – корпус порохової петарди; 31 – прокладка; 32 – захисний ковпак; а – головка; б – тарель; в – хвостовик; г, е – вогнепередатний отвір; д – газовідвідний кільцевий отвір; ж – вогнепередатні отвори в дистанційному кільці; з, к – вогнезапальні отвори; л, м, н, п – газовідвідні отвори; о – нагнітальний отвір

Порохова петарда складається з: порохового запресування і донної втулки.

Перед зарядженням необхідно згвинтити запобіжний ковпачок і ключем сумістити скомандувану поділку дистанційної шкали з червоною рисою тареля.

При цьому розвертається за скобу стосовно середнього кільця верхнє та нижнє кільця, чим змінюється довжина підпаленого порохового запресування.

Дія підривника Т-7

Під час пострілу: під дією сил інерції від лінійного прискорення осідають: натискна гайка з балістичним кільцем, здійснюючи стопоріння дистанційних кілець, а отже – й установки підривника; дистанційний ударник запалювального механізму надколює капсуль-підпалювач, промінь вогню якого через запальний отвір запалює дистанційний вміст верхнього дистанційного кільця.

Під час польоту: після вигорання порохового запресування у верхньому дистанційному кільці до передаточного отвору загоряється порохове запресування в середньому дистанційному кільці, а потім аналогічно – і в нижньому. Нормальне горіння забезпечується за рахунок надходження повітря через отвір в балістичному ковпаку і виходу порохів газів через 4 радіальні отвори у ньому.

Після вигорання порохового запресування в нижньому дистанційному кільці через порохіві стовпці в хвостовику корпусу запалюється порохова петарда, а від неї – вибивний заряд снаряда, який і забезпечує його дію в розрахованій точці траєкторії.

При зустрічі з перешкодою: при установці підривника на удар або неспрацюванні дистанційного пристрою під дією сил інерції перешкоди інерційний підривач наколює капсуль-підпалювач на жало, і промінь вогню запалює пороху петарду, і від неї запалюється вибивний заряд снаряда.

3.2.12. Призначення, принципова схема та принцип дії радіопідривників

Радіопідривники головні, радіолокаційні, неконтактні, запобіжного типу з далеким зведенням використовуються для комплектації осколково-фугасних снарядів і мін.

Радіопідривники діють автоматично в процесі зближення снаряда з поверхнею землі або ціллю на такій відстані від них, при якій розрив снаряда на траєкторії супроводжується ефективним ураженням цілі осколками.

Принципова схема радіопідривника містить основні елементи, наведені на функціональній схемі (рис.3.54).

В основі роботи радіопідривників лежить ефект Доплера-Білопольського.

Під час пострілу розстопорюється ударний механізм, і приводиться в дію джерело живлення.

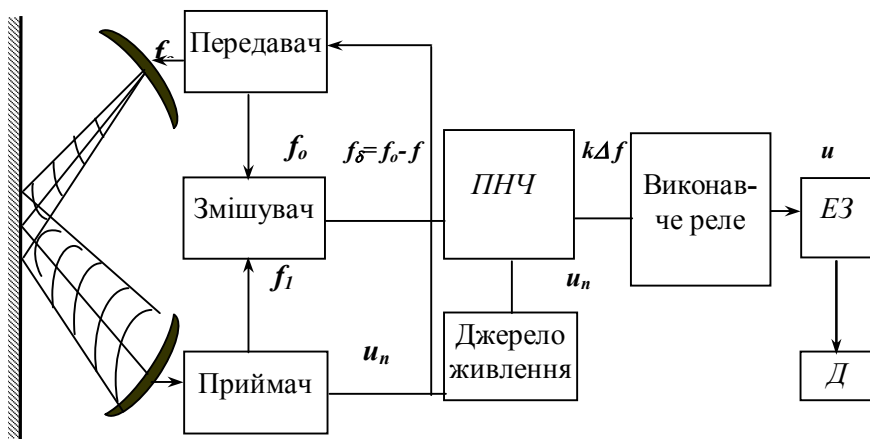


Рисунок 3.54 - Схема дії радіопідривника:

ПНЧ- підсилювач низької частоти; ЕЗ- електрозапал;

Д-детонатор

На польоті по закінченні часу далекого виведення підривник зводиться і випромінює в простір електромагнітні коливання високої частоти, які, відбиваючись від землі,

вловлюється приймачем. Унаслідок безперервної зміни відстані до поверхні землі або цілі частота відбитого сигналу поступово наближається до частоти випромінюваного сигналу.

При складенні випроміненого і відбитого сигналів, близьких за частотою, у змішувачі здійснюється биття частот із частотою, що дорівнює різниці складових частот.

У міру наближення снаряда до поверхні землі або цілі різниця частот зменшується, а амплітуда биття збільшується. У цьому разі підвищується й амплітуда демодульованого і посиленого низькочастотного сигналу, досягаючи величини порога спрацювання виконавчого реле, яке, спрацьовуючи, підключає електрозапал до джерела струму, яке викликає детонацію детонаційного ланцюга підричника, а отже, – і розривного заряду снаряда. Таким чином, розрив снаряда відбувається на деякому віддаленні від поверхні землі або цілі, в зоні найбільш ефективного ураження цілі осколками.

При відмові радіолокаційної дії або при установці підричника на удар розрив снаряда відбувається під час удару його об перешкоду в результаті дії ударного механізму підричника.

3.3. Бойові заряди

3.3.1. Призначення і типи бойових зарядів, вимоги до них

Бойовим зарядом (БЗ) називається елемент пострілу, призначений для надання снаряду або міні заданої початкової швидкості при допустимому найбільшому тиску порохових газів у каналі ствола. Класифікація бойових зарядів подана на рис. 3.55.

Бойовий заряд складається з оболонки, порохового заряду, засобів запалювання, допоміжних елементів.

Оболонка призначена для розміщення решти елементів бойового заряду і виконується у вигляді гільзи або картуза із тканини.

Пороховий заряд є основною частиною бойового заряду і служить джерелом хімічної енергії, яка під час пострілу перетворюється в кінетичну енергію руху снаряда або міни в каналі ствола.

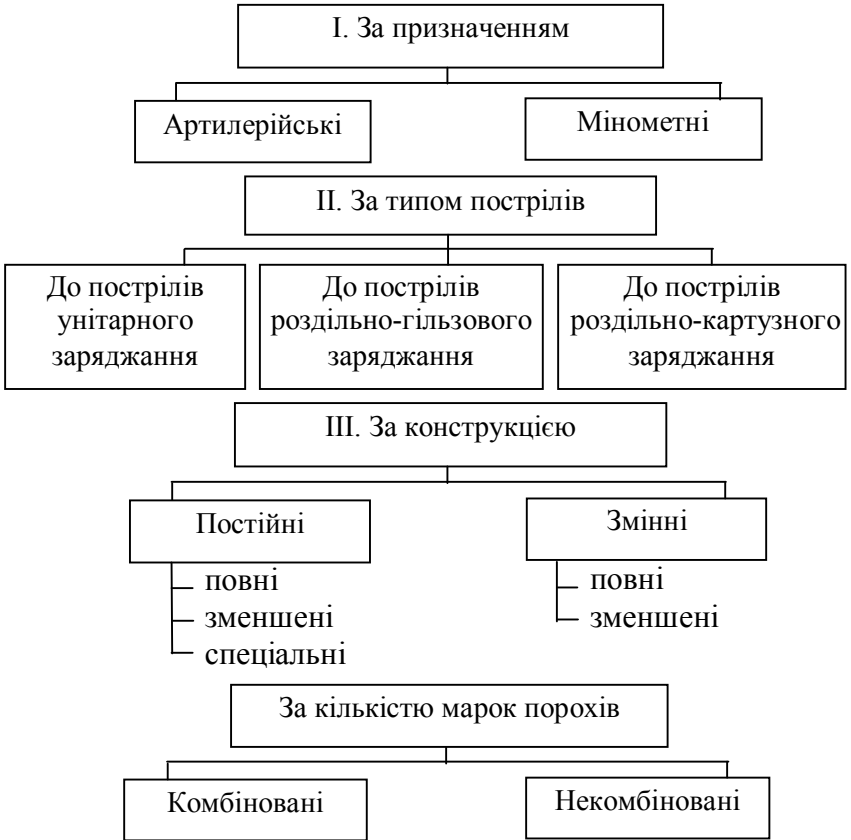


Рисунок 3.55 - Класифікації бойових зарядів

Засоби запалювання приводять до дії бойовий заряд у процесі пострілу.

Допоміжними елементами є: запалювач, вогнегасник, розміднювач, флегматизатор, фіксуєчий пристрій.

Основні вимоги до бойових зарядів: одноманітність дії під час стрільби, малий вплив на розжарення ствола порохових газів, безполум'яність пострілу, стійкість при тривалому зберіганні, простота підготовки до стрільби.

Одноманітність дії бойових зарядів під час стрільби оцінюється розсіюванням початкової швидкості, що надається снарядам або мінам. Для виконання цієї вимоги необхідно для кожного зразка гармати ретельно підбирати природу та склад пороху, форму та розміри порохових елементів, величину та конструкцію запалювача, величину і розміщення порохового заряду та допоміжних елементів.

Крім того, необхідно суворо і точно дотримуватися правил поведіння з бойовими зарядами під час зберігання і стрільби. Досвідом встановлено, що для нормальної роботи бойового заряду необхідно, щоб пороховий заряд із допоміжними елементами займав не менше $2/3$ довжини камори або гільзи і мав жорстке кріплення.

Малий вплив на розжарення ствола пороховими газами з метою підвищення його живучості забезпечується використанням у бойових зарядах низькокалорійних порохів, а якщо це не раціонально, то в них розміщуються флегматизатори, які зменшують теплову дію порохових газів на канал ствола.

Безполум'яність пострілу забезпечується використанням безполум'яних порохів або вогнегасних домішок, що зменшує демаскуючі ознаки гармат і усуває можливість опіків номерів обслуги зворотним полум'ям.

Стійкість при тривалому зберіганні забезпечується виконанням тактико-технічних і виробничо-економічних вимог і є обов'язковою умовою під час розроблення і виготовлення бойових зарядів.

3.3.2. Принцип будови і дії бойових зарядів

Основним елементом бойових зарядів є пороховий заряд, який складається із бездимного піроксилінового або нітроцелюлозного пороху.

Залежно від властивостей пороху, призначення бойового заряду та умов стрільби пороховий заряд доповнюється допоміжними елементами, які забезпечують найбільш повну відповідність тактико-технічним вимогам до бойових зарядів.

Пороховий заряд є джерелом енергії для здійснення пострілу, має певну величину наважки пороху визначеної марки.

Величина наважки і марка пороху для кожного виду бойового заряду визначаються балістичним розрахунком із умов найвигіднішого використання енергії пороху, міцності ствола або звідності підричників. Остаточна величина наважки порохового заряду установлюється контрольною стрільбою для кожної партії пороху однієї і тієї самої марки.

Максимальна величина наважки порохового заряду повинна забезпечувати отримання максимальної початкової швидкості снаряда при тиску порохових газів, що не порушує міцності ствола.

Мінімальна величина наважки порохового заряду повинна забезпечувати отримання заданої мінімальної початкової швидкості снаряда при тиску порохових газів на його дно, достатньому для зведення підричників.

Залежно від призначення і будови БЗ пороховий заряд може бути виготовлений у вигляді однієї або декількох окремих частин. У першому випадку зміна порохового заряду на вогневій позиції виключена, і такий бойовий заряд називають *постійним*. У другому випадку наявність окремих частин порохового заряду дозволяє змінювати величину його маси на вогневій позиції у відповідності до дальності

сті та виду стрільби, характеру цілі і способу дії снаряда. Такий бойовий заряд називають *змінним бойовим зарядом*.

Пороховий заряд постійного бойового заряду залежно від форми порохових елементів та типу пострілу може використовуватися у вигляді зв'язок у гільзах або у вигляді розсипчастого пороху в картузі без гільзи, а також у вигляді комбінації розсипу та зв'язок у картузах без гільз і з гільзами.

Пороховий заряд змінного БЗ складається з основного пакета і додаткових пучків.

Основним пакетом називається така наважка пороху, використання якої без додаткових пучків передбачається "Таблицями стрільби". Тому основний пакет, як правило, є найменшим зарядом. Основний пакет виготовляється звичайно з більш тонкого пороху, щоб забезпечити на найменшому заряді задану швидкість снаряда і тиск, необхідні для надійного зведення підричників. Основні пакети змінних бойових зарядів мають картузи, за винятком виготовлення їх із трубчастих порохів. В останньому випадку вони виготовляються у вигляді зв'язок трубчастого пороху.

Додаткові пучки призначені для стрільби тільки з основним пакетом. Перед стрільбою додаткові пучки можна вилучити на вогневій позиції, чим змінюється маса порохового заряду, а отже і початкова швидкість снаряда. Додаткові пучки виготовляються звичайно з більш товстішого пороху і, незалежно від форми порохових елементів, застосовуються тільки в картузах.

Іноді для більш повної відповідності вимогам усієї шкали початкових швидкостей снарядів, установлені для даної артилерійської системи, використовують два змінних заряди:

- зменшений змінний, який дозволяє отримати початкову швидкість від мінімальної і вище;
- повний змінний, який дозволяє отримати початкову швидкість від найбільшої і нижче.

Введення змінних бойових зарядів дозволяє виконувати бойові завдання на найменших зарядах, чим підвищується працездатність ствола і артилерійських систем у цілому.

Допоміжні елементи призначені для забезпечення більш повного виконання тактико-технічних вимог, що устанавлюються до бойових зарядів.

Розглянемо призначення, принцип будови та дії допоміжних елементів бойових зарядів.

Запалювач є обов'язковим елементом усіх бойових зарядів. Він призначений для посилення теплового імпульсу засобів запалювання і забезпечення швидкого й одночасного запалення порохових елементів бойового заряду. Цим досягається одноманітність початкової швидкості снарядів і тисків порохових газів, а отже, і балістична одноманітність пострілів. Запалювач являє собою наважку димного пороху, розміщеного в картузі або в трубці з отворами. Маса запалювача встановлюється з розрахунку одноманітного і швидкого запалювання бойового заряду, що можливе при початковому тиску, який розвивається газами, засобами запалення і запалювача, що дорівнює $50\text{--}125 \text{ кгс/см}^2$. Маса запалювача підбирається дослідним шляхом і залежно від калібру гармати знаходиться в межах $0,5\text{--}5\%$ від маси порохового заряду.

За конструкцією запалювачі бувають вкладні, пришивні й прив'язні і розміщуються звичайно знизу порохового заряду над засобом запалювання. Якщо заряд має більшу довжину і складається із двох півзарядів, то між ними розміщують другий запалювач. Димний порох запалювача, згоряючи, створює в камері гармати тиск, який забезпечує швидке й одночасне запалювання порохових елементів бойового заряду, а його тверді продукти згоряння сприяють надійному їх запалюванню.

Вогнегасник не є обов'язковим елементом усіх пострілів до даної гармати. Він призначений для гасіння дульного і зворотного полум'я при пострілі з метою знищення демаскуючих ознак гармати в темний час доби і

можливості опіку обслуги зворотним полум'ям. Останнє несе особливу небезпеку під час стрільби із самохідних гармат і танків. Однією із причин утворення полум'я є з'єднання розжарених порохових газів, які містять CO , H_2 , CH_4 та інші легкозапалювальні продукти, з киснем повітря.

Для виключення полум'яності пострілу існують два шляхи:

- зниження температури порохових газів шляхом зниження калорійності пороху, введенням до його складу охолоджувальних домішок, що знижує балістику бойових зарядів;

- підвищенням температури запалювання горючих газів при змішуванні їх з киснем повітря, що забезпечується застосуванням вогнегасників.

Вогнегасники являють собою наважку вогнегасної солі або вогнегасного пороху, розміщену в картузі кільцевої форми.

За вогнегасну сіль використовуються порошки сірчаноокислого калію (K_2SO_4), хлористого калію (KCl) або їх суміші; останні використовуються тільки під час стрільби вночі, оскільки вдень вони дають демаскуючу хмарку диму. Такі вогнегасники розміщують зверху порохового заряду в кількості 7–10 % від маси заряду.

Вогнегасні порохи використовуються для гасіння зворотного полум'я і розміщуються знизу порохового заряду. Вони містять у своєму складі до 50% вогнегасної солі (K_2SO_4 , KCl) або хлорорганічних сполук (типу X-10, X-20 та інші). Маса таких вогнегасників становить 0,5–10% від маси порохового заряду. Вогнегасні порохи з хлорорганічними сполуками найбільш ефективні, оскільки такі охолоджувальні домішки не утворюють диму.

Під час пострілу вогнегасники, згоряючи, зменшують температуру порохових газів, знижують їх активність і утворюють пилеподібну оболонку, що заважає швидкому змішуванню порохових газів з повітрям.

Розміднювач є необхідним елементом тільки бойових зарядів артилерійських пострілів, які мають снаряди з мідними ведучими поясками. Він призначений для зберігання каналу ствола від оміднення. Для виготовлення розміднювачів використовується свинцевий дріт, який розміщується зверху порохового заряду у вигляді мотка масою, що дорівнює приблизно 1% від маси заряду.

Оміднення каналу ствола при стрільбі відбувається у результаті тертя мідного ведучого пояска снаряда по поверхні каналу. Оміднення зменшує діаметральні розміри каналу ствола і змінює профіль його нарізів, що приводить до зміни балістики гармати, її кучності і навіть до роздуття ствола.

Дія розміднювача під час пострілу полягає в тому, що він під дією високої температури розплавлюється і навіть частково переходить до пароподібного стану. Під час руху по каналу ствола разом із пороховими газами свинець потрапляє на оміднену поверхню і, швидко сплавляючись із міддю, утворює легкоплавкий сплав, основна маса якого вилучається під час пострілу потоком порохових газів, а його залишки – ведучими поясками снаряда при наступному пострілі. Під час стрільби цей процес повторюється, що повністю усуває оміднення каналу ствола. Але застосування розміднювача підвищує димність пострілу і сприяє утворенню дульного полум'я.

Флегматизатор використовується в бойових зарядах гармат, які мають початкову швидкість снаряда 800 м/с і більше. Він призначений для запобігання каналу ствола від розжарення, чим підвищується його працездатність в 2–5 разів. У ряді випадків флегматизатор служить для гасіння зворотного полум'я.

Флегматизатор являє собою сплав високомолекулярних вуглеводнів (парафіну, церезину, петралатуму), нанесених на тонкий листовий або рифлений папір, який розміщується навколо бойового заряду, в верхній його частині біля стінки гільзи.

Листові флегматизатори використовуються в бойових зарядах із зернистого піроксилінового пороху під час стрільби із малого і середнього калібрів, а рифлений – у бойових зарядах трубчастого балістидного пороху для гармат калібром від 100-мм і більше.

У зарядах із піроксилінових порохів маса флегматизатора становить 3–5%, а в зарядах із холодних порохів – 2–3% від заряду.

Дія флегматизатора полягає в тому, що під час пострілу він спалахує, вступає в ендотермічну реакцію з газами, у результаті чого утворюється тонкий шар газів зі зниженою температурою біля поверхні каналу ствола на початку нарізної частини. Це зменшує потік тепла від газів до стінок ствола і, отже, його розжарення. Але флегматизатор збільшує нагар у стволі й погіршує екстракцію гільз унаслідок забруднення зарядної камери.

Для гармат старих зразків у пострілах роздільного гільзового заряджання використовувалися просальники, які служать для тієї самої мети, що і флегматизатори.

Просальник являє собою картонний футляр зі спеціальним мастилом.

Обтюрувальний пристрій є необхідним елементом у бойових зарядах пострілів роздільного гільзового заряджання. Він призначений для усунення прориву порохових газів до повного врізання ведучого пояска снаряда в нарізи ствола, герметизації і кріплення бойових зарядів у гільзах.

Обтюрувальний пристрій складається із нормальної і посиленої кришок, а іноді й циліндрика між ними. Нормальна кришка зменшує прорив порохових газів при врізанні ведучих поясків снаряда в нарізи і виключає випадання і зміщення пучків заряду при заряджанні гармати. Посилена кришка забезпечує герметизацію порохового заряду в гільзі. З цією метою вона покривається мастилом ПП95/5 (95% петролатуму і 5% парафіну). Обидві кришки мають петлі зручності витягування їх при складанні бойового заряду на вогневій позиції. Якщо на вогневій позиції

втягувалися додаткові пучки при складенні заряду, то посилена кришка знову в гільзу не вставляється.

Фіксує пристрій є обов'язковим елементом у пострілах гільзового заряджання. Він призначений для фіксування порохового заряду або його частини в гільзі й складається із картонних кілець і циліндриків, інших елементів.

Таким чином, наявність у бойових зарядах усіх допоміжних елементів обов'язкова. Використання кожного з них залежить від властивостей порохового заряду, його будови і призначення, а також від умов стрільби.

Конструкція бойових зарядів визначається їх призначенням, типом пострілів, для комплектації яких вони призначені.

Бойові заряди унітарних пострілів мають, як правило, прості або комбіновані порохові заряди. Залежно від конструкції і маси порохових зарядів вони можуть бути повними, зменшеними або спеціальними. Звичайно до пострілів гармат малого і середнього калібрів застосовують зернисті 7-канальні піроксилінові пороху, які поміщають у гільзі розсипом або в картузі. Причому в повних бойових зарядах зернисті пороху можуть розміщуватись у гільзах розсипом або в картузах, а в зменшених і спеціальних – тільки в картузах. Для забезпечення надійності запалювання довгих зарядів із зернистих порохів застосовуються напрямні пучки із трубчастого піроксилінового пороху, які також забезпечують більш жорстке кріплення зменшених зарядів у гільзах.

Бойові заряди до пострілів гармат середнього калібру часто виготовляються із балістичних трубчастих порохів у вигляді пакетів, зв'язаних нитками, і розміщені в гільзі з додаванням невеликої кількості розсипу. При більшій довжині гільзи заряд може складатися з пакетів трубчастого пороху однакової довжини, розміщених один над одним із додатковим запалювачем між ними.

З допоміжних елементів бойові заряди унітарних пострілів, крім запалювача, можуть мати полум'ягасник, флегматизатор і розміднювач.

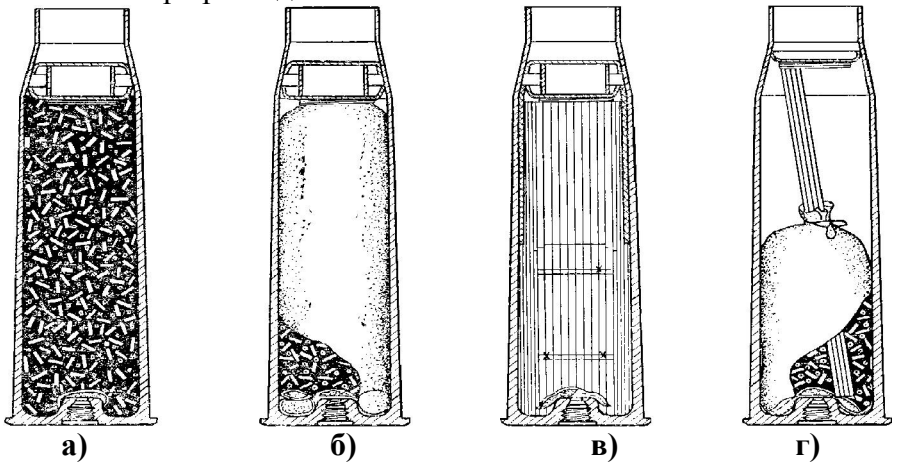


Рисунок 3.56 - Конструктивні форми бойових зарядів унітарних пострілів:

а – розсіпом у гільзі; б – у картузі; в – зв’язки трубок; г – зв’язка трубок і картуз

Бойові заряди пострілів роздільно-гільзового зарядження, як правило, змінні (зменшені або повні) й рідше постійні (повні або спеціальні), їх порохові заряди виготовляються із 2 марок порохів і рідше - з однієї. При цьому можуть використовуватися зернисті або трубчасті піроксилінові порохи, а також трубчасті балістичні нітрогліцерінові порохи.

Зернисті порохи розміщуються в картузах, а трубчасті – у вигляді зв’язок. Піроксилінові порохи частіше використовуються в гаубичних, а трубчасті – в гарматних бойових зарядах.

Змінний бойовий заряд складається з основного пакета з тонким одноканальним зернистим порохом і декількох додаткових пучків з товстого семиканального зернистого пороху. Додаткові пучки виконуються лише в картузах і

частіше рівноважними. Іноді, при розміщенні їх рядами, додаткові пучки можуть бути рівноважними в ряду і нерівноважними між рядами.

При використанні трубчастих балістичних порохів у картузах знаходяться тільки додаткові пучки, а основний пакет виготовляється у вигляді трубчастого пороху. При використанні піроксилінових зернистих порохів основний пакет може мати циліндричну або пляшкову форму. Тоді додаткові пучки в першому випадку будуть мати також циліндричну форму, а в другому – кільцеву. При застосуванні трубчастих порохів основні пакети і додаткові пучки матимуть циліндричну форму.

Із допоміжних елементів заряди обов'язково мають запалювачі, а часто і вогнегасники. Заряди до снарядів з мідними ведучими поясками доповнюються розміднювачем, а заряди до гармат порівняно великої потужності – флегматизаторами. Як обтюрувальний пристрій використовується нормальна кришка, а фіксуєчий – підсилювальна кришка, яка заливається для герметизації заряду мастилом ПП95/5.

Комбінація основних пакетів з додатковими пучками у складі порохових зарядів дозволяє здійснювати на вогневій позиції складання необхідного змінного заряду, що здійснюється в такій послідовності:

- витягнути посилену та нормальну кришку і розміднювач, якщо він вкладений;
- витягнути відповідно до скомандуваного бойового заряду кількість додаткових пучків пороху;
- покласти в гільзу розміднювач, якщо він необхідний, та нормальну кришку. Посилювальну кришку не вкладати.

Бойові заряди пострілів роздільно-картузного заряджання є змінними, повними або зменшеними і мають одну або дві марки піроксилінових порохів, поміщену в картузи, або трубчастих піроксилінових чи балістичних порохів у зв'язках і картузах. Основні пакети із запалювачем з'єднуються з додатковими пучками за допомогою тасьми і знаходяться в чохлах, які знімаються перед заряджанням. Повні заряди виготовляються циліндричної форми, а зменшені – пляшкової.

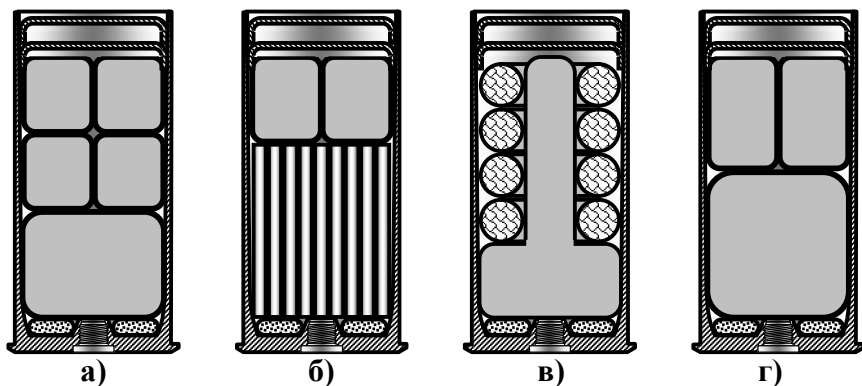


Рисунок 3.57 - Форми бойових зарядів для пострілів роздільно-гільзового заряджання:

а, г - основний пакет у картузі та додаткові пучки; б - основний пакет (зв'язка трубок та додаткові пучки); в - основний пакет з додатковими пучками у вигляді кілець

Як засоби запалювання бойових зарядів картузного заряджання використовують ударні запалювачі, наприклад, УТ-36 - для 203-мм пострілів.

Бойові заряди мінометних пострілів бувають повними, змінними і постійними або далекобійними.

Мінометні бойові заряди виконуються з запалювального (основного) заряду, хвостового патрона, додаткових рівноважних пучків або далекобійного пучка.

Запалювальний заряд виготовляється звичайно з швидкозгорючого висококалорійного нітрогліцеринового пороху, який поміщений у картонну гільзу з металевою основою з капсуль-підпалювачем КВМ-3 або з капсульною втулкою КВ-4.

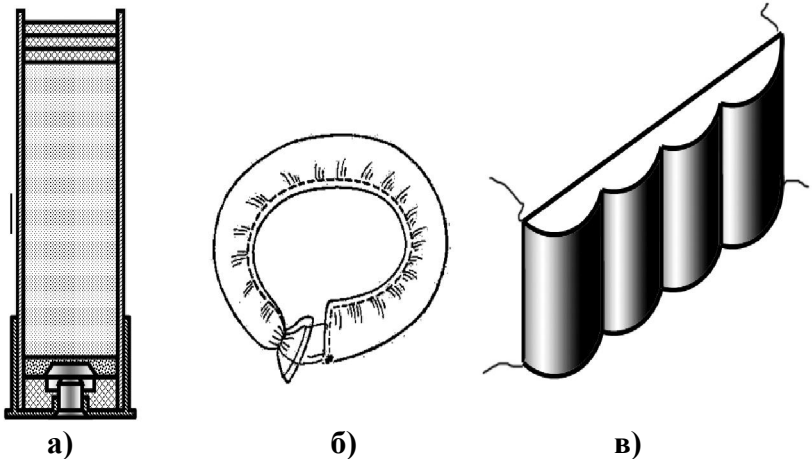


Рисунок 3.58 - Конструкція мінометних бойових зарядів: а - запалювальний патрон; б - додаткові пучки; в - далекобійний заряд

Над засобом запалювання розміщується запалювач, а зверху заряд герметизується картонними кільцями.

Додаткові або далекобійні пучки виготовляються з піроксилінового пористого чи зернистого пороху або нітрогліцеринового пластинчастого пороху, який розміщується в картузі із швидкозгорючого без тліючих залишків матеріалу.

Запалювальні заряди вставляються в трубки стабілізаторів мін, а додаткові й дальнобійні пучки навішуються на неї і кріпляться зашморгами або шнурами.

3.3.3. Призначення, будова і дія гільз

Гільзи – частина артилерійських пострілів унітарного й роздільно-гільзового заряджання і призначені для:

- розміщення елементів бойового заряду та засобів запалювання;
- запобігання бойового заряду від механічних пошкоджень та вологи при зберіганні і транспортуванні;
- обтюрації порохових газів під час пострілу;
- з'єднання бойового заряду зі снарядом у пострілах унітарного заряджання.

Найбільш поширені – латунні гільзи, оскільки вони мають кращі якості як стосовно бойового застосування, так і стосовно їх виробництва, але латунь – дефіцитний матеріал.

Стальні гільзи витримують меншу кількість пострілів і дають гіршу екстракцію, але вони менш дефіцитні.

Неметалеві гільзи можуть виготовлятися з фібри або еластичних пластмас, а згоряючі – з целюлозного полотна та ін., але вони мають малу міцність, а багато з них потребує надійного захисту від вологи.

Цільнотягнуті гільзи виготовляються витяжкою на пресах із однієї заготовки і мають високу надійність в експлуатації, але вони складні у виготовленні і потребують використання еластичних матеріалів.

Збірні гільзи потребують менше термічного обладнання у виготовленні, їх вартість нижча, оскільки вони виготовляються із непластичних і недефіцитних матеріалів, але у них порівняно низька надійність в експлуатації.

Вимоги, що ставляться до гільз

Надійна обтюрація порохових газів під час пострілу, що необхідно для збереження камори і затвора від розжарення і забруднення, а обслуги – від опіків. Якість обтюрації визначається за закопченістю гільз. Для гільз унітарного заряджання допускається закопченість до 35–50% її довжини від зрізу дульця, а для гільз роздільного заряджання – до 80–85%.

Легкість заряджання й екстракції після пострілу, що

необхідно для підвищення швидкострільності. Забезпечується конусністю гільз, зазором між гільзою і каморою, чистотою гільз і камори, високою межею пружності і малою деформацією матеріалу гільз.



Рисунок 3.59 - Класифікація гарматних гільз за найбільш загальними ознаками

Багатострільність, яка дозволяє використовувати після реставрації латунні гільзи не менше 5 разів, а решту – не менше 3 разів, що має більш економічне значення.

Крім того, гільзи повинні мати необхідну міцність, мінімальний об'єм матеріалу, бути стійкими при тривалому зберіганні і надійно з'єднуватися зі снарядом у пострілах унітарного заряджання.

У гільз до пострілів роздільного заряджання дульце і скат можуть бути відсутніми, а у гільз із вічком під капсуль-підпалювачем може бути відсутній сосок.

Дульце гільзи служить для з'єднання зі снарядом, центрування снаряда у стволі гармати у початковий момент пострілу і деякої обтюрації порохових газів під час пострілу.

Діаметр дульця гільзи з метою забезпечення натягу між дульцем снаряда робиться дещо меншим діаметра запояскової частини снаряда. Довжина дульця звичайно становить 0,5–0,6 клб, а товщина – 0,014–0,02 клб.

Скат є перехідним елементом від дульця гільзи до її корпусу і служить для обтюрації порохових газів при пострілі і фіксації пострілу в патроннику у декількох зразків гармат. Довжина та крутизна ската визначаються відношенням діаметрів корпусу і дульця гільзи. Звичайно довжина ската знаходиться в межах 0,4–1,1 клб, а товщина стінок зростає від дульця до корпусу.

Корпус призначений для розміщення порохового заряду і обтюрації порохових газів під час пострілу. Корпус має конусність $0^{\circ}20' - 1^{\circ}30'$ для забезпечення легкості заряджання та експлуатації гільз. Довжина корпусу залежить від величини порохового заряду і коливається у межах 1,3–7 клб, а його діаметр – на 0,3–0,7 мм менше діаметра камори. Товщина стінок визначається міцністю і жорсткістю матеріалу і дорівнює 0,02–0,04 клб у нижній частині корпусу.

Фланець призначений для фіксації гільзи в камері при заряджанні й для екстракції гільзи після пострілу. Розміри фланця повинні забезпечувати надійність захоплення гільзи лапками екстрактора і достатню його міцність.

Дно гільзи призначене для запирання каналу ствола і розміщення засобів запалювання. Товщина дна повинна забезпечувати його роботу в зоні гнучких деформацій і можливість розміщення канавки під лапки викидача. Товщина дна у гільз до неавтоматичних гармат – 5–18 мм.

Сосок гільзи призначений для розміщення засобів запалювання і поліпшення обтюрації газів у цьому місці.

З боку камори сосок має перемичку із запалювальними отворами, а із зовнішнього боку – вічко під засіб запалювання. Запальні отвори мають діаметр 13-мм у гільз з KB-4 і 9-мм – у гільз із KB-5 і KB-5У.

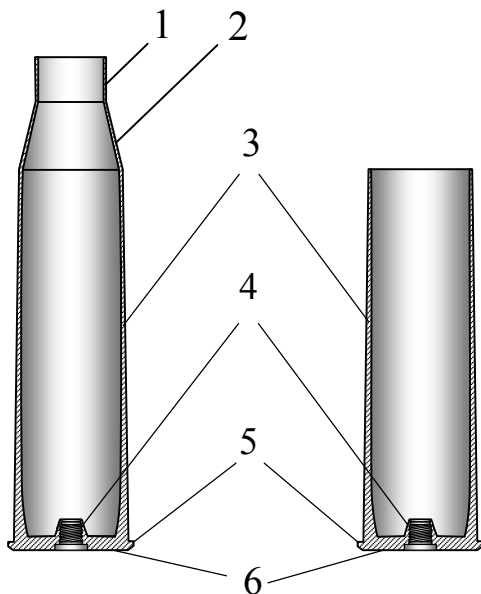


Рисунок 3.60 - Конструктивні елементи гільз:
 1 – дульце; 2 – скат; 3 – корпус; 4 – сосок; 5 – фланець; 6 – дно

Дія гільз під час пострілу

Перед пострілом між стінками гільзи і камери гармати є початковий зазор для забезпечення легкості заряджання та екстракції гільзи.

Під час пострілу під тиском порохових газів стінки гільзи зазнають спочатку пружної, а потім пластичної деформації. У результаті відбувається прилягання гільзи до стінок камери, чим забезпечується обтюрація камери від прориву порохових газів до затвору.

Подальша деформація продовжується разом із пружною деформацією камери.

При падінні тиску порохових газів після пострілу стінки камери повертаються до початкових розмірів, а стінки гільз отримують незначну залишкову деформацію. Тому між стінками гільзи і камери залишається кінцевий

зазор, який забезпечує легку екстракцію гільзи. Причому зі збільшенням пружності матеріалу кінцевий зазор збільшується.

3.3.4. Призначення, типи засобів запалювання, вимоги до їх конструкції

Засобом запалювання називається елемент бойового заряду, призначений для запалювання порохового заряду під час пострілу.

За приведенням у дію засоби запалювання поділяються на: ударні (капсульні втулки та ударні трубки), електричні (електрозапали), електроударні.

Ударні засоби запалювання діють від удару бойка і використовуються у пострілах для гармат гільзового заряджання і для деяких мінометів.

Електричні засоби запалювання діють від імпульсу струму і використовуються в боєприпасах реактивної, танкової, зенітної, берегової і корабельної артилерії.

Електроударні засоби запалювання можуть діяти як від удару бойка, так і від електроструму, але вони значного поширення не отримали з причини високої вартості.

До засобів запалювання ставляться такі основні вимоги: безпека у поводженні й чутливість до початкового імпульсу, який викликає їх дію, забезпечення достатнього й одноманітного теплового імпульсу (форсу вогню), надійна обтюрація порохових газів під час пострілу, можливість повторного використання, стійкість при тривалому зберіганні.

Засоби запалювання складаються з корпусу, запального вузла, обтюрувального вузла, порохової петарди.

Найбільш поширеними засобами запалювання у наземній артилерії є капсульні втулки КВ-4, КВ-5 та ударні трубки УТ-31.

3.3.5. Принцип будови і дії капсульних втулок

Капсульна втулка, наприклад КВ-4, використовується в бойових зарядах пострілів гільзового заряджання до гармат середнього калібру, у яких тиск порохових газів у стволах не перевищує $3600 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$.

Капсульна втулка КВ-4 складається з корпусу з герметизуючими кільцями, втулки з капсуль-підпалювачем, коваделок з обтюрувальним пристроєм, порохової петарди.

Під час удару бойка ударника прогинається дно капсульної втулки і капсуль-підпалювач, наштовхуючись на коваделку, запалюється. Порохові газі піднімають обтюрувальний конус і запалюють порохову петарду, тепловий імпульс якої через запальні отвори в соску гільзи запалює запалювач. У результаті запалюється увесь пороховий заряд. Одночасно тиском порохових газів заряду обтюрувальний конус підтискається до гнізда коваделка, виключаючи прорив газів через дно капсульної втулки.

Капсульні втулки КВ-5 і КВ-5У застосовуються у бойових зарядах до гармат, у яких найбільший тиск порохових газів значний і може досягати $4300 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. Так, у бойових зарядах 180-мм гармати використовується КВ-5, а 100-мм гармати - КВ-5у.

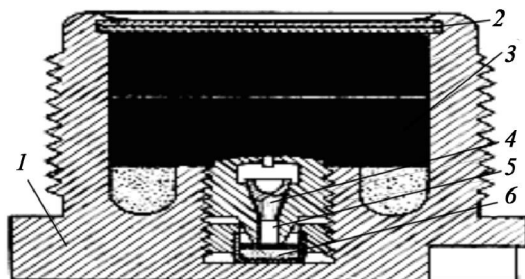


Рисунок 3.61 - Капсульна втулка КВ-4:

1-корпус; 2-герметизуючі кільця; 3-порохова петарда; 4-обтюрувальний конус; 5-коваделко; 6-капсуль-підпалювач

Особливістю КВ-5 є те, що камера під пороху петарду в ній винесена за межі різьби, чим полегшується вигвинчування втулки зі стріляних гільз, а обтюрвальний конус розміщений безпосередньо у корпусі втулки. Крім того, в ній є донна нарізна втулка з капсуль-підпалювачем. Усе це забезпечує простоту реставрації втулки для її повторного використання.

Капсульна втулка КВ-5У є поліпшеною модифікацією втулки КВ-5 і відрізняється в основному більш стійким капсуль-підпалювачем.

Ударна трубка УТ-36 зразка 1936 року використовується для запалювання бойових зарядів роздільно-картузного заряджання і за будовою аналогічна розглянутим капсульним втулкам. Відрізняється в основному подовженою формою. При заряджанні вкладається в камеру грибоподібного затвору (наприклад, гармата Б-4М) і витримує тиск в каналі ствола до $3300 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

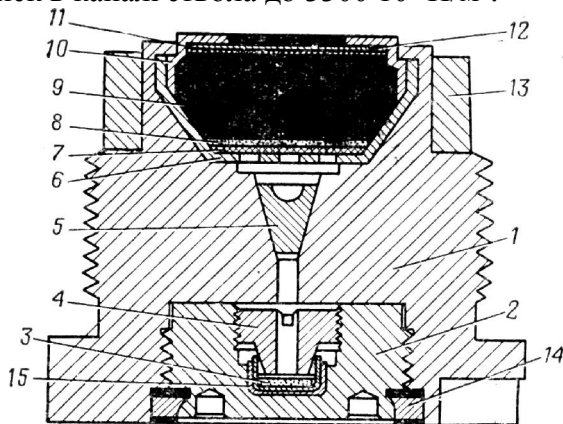


Рисунок 3.62 - Капсульна втулка КВ-5:

1 - корпус; 2 - донна втулка; 3 - капсуль-запалювач; 4 - коваделко; 5 - обтюрвальний конус; 6 - вкладка-закладення; 7 – паперове кільце; 8 - підсипка з димного пороху; 9 - порохова петарда; 10 - обтюратор; 11 – пергаментне кільце; 12 - латунне кільце; 13 - кільце сталеве; 14 - свинцеве кільце; 15 - обтюрвальна чашечка

Капсульна втулка KB-5 (рис. 3.62) застосовується в пострілах до гармат із тиском порохових газів більше 3500 кг/см^2 . Вона складається з корпусу, обтюрувального вузла, запального пристрою та порохової петарди.

Корпус 1 сталевий, в осьовому каналі його дна розміщений мідний обтюрувальний конус 5. Запальовальний пристрій, який складається із втулкового капсуль-підпалювача 3 і коваделка 4, розміщено у донній втулці 2, що герметизується в корпусі свинцевим кільцем 14. Роздільне розміщення в корпусі обтюрувального вузла й запальовального пристрою забезпечує більшу надійність обтюрації при більш високому тиску порохових газів у стволі гармати й полегшує реставрацію стріляних капсульних втулок.

У верхній частині корпусу розміщені вкладиш-закладення 6, що має вогнепередатні отвори, паперове кільце 7, підсіпку димного пороху 8 і порохову петарду 9. Порохова петарда закрита обтюратором 10, пергаментним 11 і латунним 12 кільцями.

Дія капсульної втулки KB-5 в основному аналогічна дії капсульної втулки KB-4.

3.4. Експлуатація боєприпасів

3.4.1. Фарбування, індексація і маркування боєприпасів, таврування підричників

Фарбування, маркування і таврування боєприпасів використовується для швидкого і безпомилкового визначення призначення боєприпасів, їх калібру та інших характеристик бойових і технічних властивостей, необхідних для правильної комплектації та експлуатації боєприпасів без використання супровідних документів.

Дані про виготовлення корпусу снаряда, гільзи підричника, засобів запалювання наносяться у вигляді тавр, а

відомості про тип та спорядження снаряда, виготовлення пороху та бойового заряду наносяться у вигляді маркування і розпізнавального фарбування.

Фарбування боєприпасів поділяється на запобіжне і розпізнавальне.

Запобіжне фарбування наноситься у мирний час на корпуси всіх снарядів і мін більше 37-мм з метою захисту їх від корозії. Крім того, воно дозволяє відрізнити бойові, практичні, агітаційні снаряди за фарбуванням їх корпусів. Так, бойові снаряди фарбуються в сірий колір, практичні – у чорний, а агітаційні – в червоний. Запобіжне фарбування може наноситися на центрувальні потовщення і ведучі пояски снарядів.

Розпізнавальне фарбування наноситься у вигляді кільцевих смуг різних кольорів. На снарядах і мінах кільцеві смуги наносяться на головних частинах або під центрувальним потовщенням і мають такі значення кольорів: червоний колір – запалювальний снаряд, синій колір – бетонобійний снаряд, чорний колір – димовий снаряд, чорний та білий кольори – пристрільно-цілевказівні снаряди.

Виняток становить чорна кільцева смуга, яка наносилася на корпуси старих снарядів зі сталістого чавуну над нижнім ведучим пояском або центрувальним потовщенням і відрізняла їх від аналогічних сталевих снарядів. Тому димовий снаряд зі сталістого чавуну старої конструкції має дві чорні кільцеві смуги.

Крім того, для розпізнавання підкаліберних снарядів обтічної форми від інших бронебійно-трасуючих снарядів їх головна частина на 36 мм фарбується в червоний колір. Усі інші снаряди легко розпізнаються за зовнішнім виглядом і тому розпізнавального фарбування не мають.

На гільзах пострілів унітарного заряджання із запальним зарядом і роздільно-гільзового заряджання зі спеціальним зарядом наноситься чорна кільцева смуга.

На підричниках розпізнавальне фарбування наноситься за наявності декількох зразків, схожих за зовнішнім

виглядом (РГМ-2, РГМ-6, В-429), але різних за конструкцією або дією біля цілі, або призначенням. Розпізнавальне фарбування наноситься суцільною кольоровою смугою або у вигляді 1-2 кольорових кілець на конічній частині корпусу, або на установлювальних чи герметизуючих ковпачках, як правило, білою або чорною фарбою.

На капсульних втулках розпізнавальне фарбування наноситься тільки після їх реставрації. Після першої реставрації по хорді донного зрізу капсульних втулок наноситься одна біла смуга шириною 5 мм, а після другої – дві білі паралельні смуги шириною 5 мм кожна. Дерев'яна закупорка боєприпасів фарбується в зелений колір.

Індексація в артилерії призначена для короткого позначення артилерійських систем, пострілів та їх елементів-снарядів, бойових зарядів, підривників.

Повний індекс складається з двох цифр, однієї-трьох літер і трьох цифр, наприклад, 53-УОФ-4І2 позначає: відділ озброєння ЦРАУО, тип і номер зразка.

Позначення літер, що входять до складу індексів боєприпасів та їх елементів, мають значення, наведені в табл. 5.1.

Якщо постріл прийнятий на озброєння для стрільби з однієї конкретної гармати, то йому присвоюється номер гармати. Якщо ж він може використовуватися для стрільби з різних однотипних гармат одного й того самого калібру, то замість останньої цифри в номері ставлять нуль, наприклад, 53-Г-530.

При прийнятті на озброєння нового зразка боєприпасів, подібного за призначенням і назвою з уже існуючим зразком до даної гармати, але який має особливості, що впливають на балістичні або експлуатаційні властивості, в кінці індексу додається одна-три літери. Наприклад, 100-мм польова гармата Д-44 мала бронебійно-трасуючий гостроголовий снаряд 53-Бр-412. У подальшому був прийнятий на озброєння такий самий, але тупоголовий снаряд, якому

був присвоєний індекс 53-Бр-412Б. Потім прийнятий аналогічний снаряд, але з бронебійним і балістичним наконечниками і тому йому присвоїли індекс 53-Бр-412А.

Скорочений індекс відрізняється від повного тим, що не має першого двозначного числа, наприклад, Бр-412Д. У маркуванні пострілів, снарядів, мін, гільз і укупорки використовуються скорочені індекси, а в маркуванні картузів та чохлаів бойових зарядів, а також у технічній документації – повний індекс.

Таблиця 3.7 - Індикація боєприпасів

Номер відділів озброєння	Літерне позначення	Найменування предметів
53	У	Унітарний постріл
	В	Постріл роздільного заряджання
	Ф	Фугасний снаряд
	О	Осколковий снаряд
	ОФ	Осколково-фугасний снаряд
	БР	Бронебійно-трасуючий снаряд
	БП	Кумулятивний обертальний снаряд
	БК	Кумулятивний необертальний снаряд
	Т	Бетонобійний снаряд
	Д	Димовий снаряд
54	З	Запалювальний снаряд
	С	Освітлювальний снаряд
	А	Агітаційний снаряд
	Б	Заряд у картузі для вкладання в гільзу
	Ж	Заряд у гільзі
	ЖН	Заряд із нітрогліциринового пороху в гільзі
	ЖД	Заряд із нітродиглікольного пороху в гільзі
	ЖК	Заряд із нітросилітанового пороху в гільзі
З	Заряд у картузі до пострілу картузного заряджання	

Нова індикація, введена з 1995 року, має більш короткі індекси, зашифровуючи калібр і тип зразка озброєння та боєприпасів. Вона спрощує систему обліку і присвоюється тільки новим зразкам озброєння, боєприпасів і майна. За

цією індексацією повний індекс виробу містить: умовний номер відділу озброєння – одна цифра починаючи з “0”; позначення категорії виробу – букви алфавіту; порядковий номер виробу в межах даної категорії – одна-дві цифри. Наприклад, повний індекс ЗБК6 розшифровується: третій відділ озброєння, бронебійний кумулятивний необертальний снаряд, шостий реєстраційний номер у ключовому листі.

Скорочений індекс цього самого виробу не має першої цифри і записується так: БК6. Скорочений індекс використовується при позначенні виробу в технічній документації та в службовій переписці, але в останньому випадку перед ним дається назва виробу, наприклад, снаряд БК6.

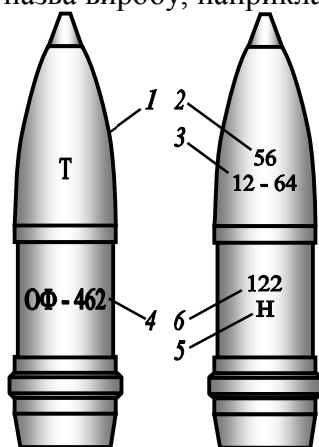


Рисунок 3.63 - Нанесення маркування:

на оживальній частині снарядів: 1 – шифр спорядження; 2 – номер споряджувального заводу; 3 – номер партії та рік спорядження; на циліндричній частині снарядів: 4 – скорочений індекс снаряда; 5 – калібр снаряда; 6 – ваговий знак снаряда

Якщо виріб модернізовано, то в кінці індексу ставиться літера “М” і цифра номера моделі.

Маркування боєприпасів – це написи та умовні знаки, нанесені фарбою на боєприпаси та їх закупорку.

Маркування наноситься на снаряди, міни, картузи та їх закупорку фарбою чорного кольору, а по чорному фар-

буванню – білого кольору.

На снарядах маркування наноситься на їх оживальних та циліндричних частинах.

Крім того, на бронебійно-трасуючі снаряди додатково наносять під шифром вибухової речовини марку донного підричника, яким снаряд приведено в остаточно-споряджений вигляд.

Для скороченого позначення виду спорядження використовують шифри, які наведені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 - Шифри вибухових речовин

Шифр	Найменування споряджених боєприпасів
Т	Тротил
ТД	Тротил з динітронафталіном
ТДУ	Тротил з димоблископосилювальною шашкою
ТГ	Тротил з гексогеном
ТГАГ	Тротил з гексогеном, алюмінієвою пудрою та головаксом
А-ІХ-1	Гексоген флегматизований
А-ІХ-2	Гексоген флегматизований з алюмінієвою пудрою
А	Амотол
АГ	Амотол з гексогеновою пробкою
Р4, Р12	Димотвірна речовина
Тр	Запалювальна речовина

Значення літер і цифр, які входять в індекс, розглянути в індексації боєприпасів.

Вагові знаки, які наносяться на снарядах, показують на відхилення ваги даного снаряда від його табличної ваги і мають значення, які наведені в табл. 3.9.

Снаряди зі знаками ЛГ і ТЖ допускаються тільки у воєнний час. Для 82-мм мін кожний знак відповідає відхиленню у вазі на 1% від табличної.

На гільзах та картузах бойових зарядів наноситься маркування, наведене в табл. 3.10.

Таблиця 3.9 - Значення вагових знаків

Вагові знаки	Відхилення ваги снаряда від табличної, %
Н	Легше або важче менш ніж на $\frac{1}{3}$
- або +	Більш легше або більш важче на $\frac{1}{3}-1$
-- або ++	Більш легше або більш важче на $1-\frac{2}{3}$
--- або +++	Більш легше або більш важче на $1-\frac{2}{3}-\frac{1}{3}$
---- або ++++	Більш легше або більш важче на $2-\frac{1}{3}-3$
ЛГ або ТЖ	Більш легше або більш важче, ніж на 3

Таблиця 3.10 - Значення маркування бойових зарядів на гільзах та картузах

1. Найменування заряду	Зменшений	Повний	Верхній
2. Індекс пострілу або заряду	УОФ-372ВУ	Ж-463	
3. Калібр і скорочене позначення гармати	85-Д48	122-38	122-38
4. Марка пороху і відомості про його виготовлення	3/570	1/570	1/570
	2/570	1/570	1/570
5. Відомості про збирання пострілу або заряду	23-57-00	8-57-00	10-57-00
6. Шифр флегматизатора на гільзах або вага заряду на картузах	Ф-6	-	325г

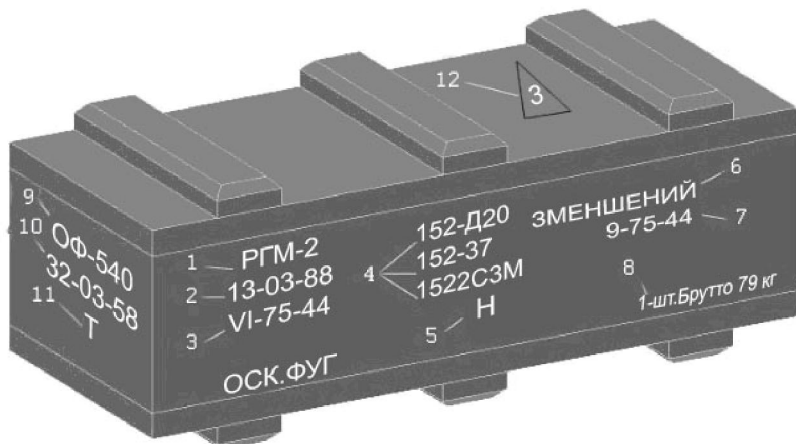


Рисунок 3.64 – Маркування на закупорці:

1 – марка підричника; 2 – завод, партія та рік виготовлення; 3 – місяць, рік та індекс бази, яка проводила постріли до остаточного спорядження; 4 – калібр та позначення гармати; 5 – ваговий знак снарядів; 6 – тип бойових зарядів; 7 – партія, рік та бази збирання пострілів; 8 – кількість пострілів у ящику; 9 – індекс снарядів; 10 – завод, партія, рік спорядження снарядів; 11 – шифр вибухової речовини; 12 – знак безпеки і розряд вантажу

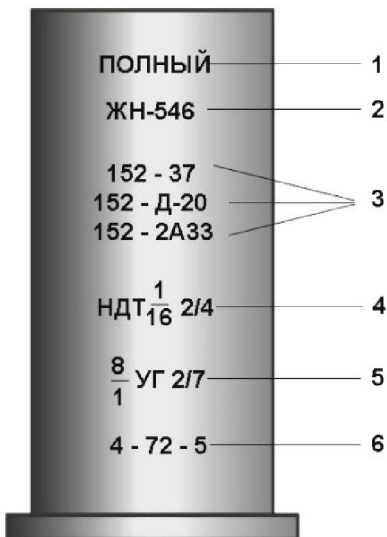


Рисунок 3.65 – Маркування зарядів:

1 – найменування заряду; 2 – індекс пострілів або заряду; 3 – калібр та скорочене позначення гармати; 4 – марка пороху; 5 – характеристика пороху; 6- відомості про збирання пострілів на базі або арсеналі.

Крім того, у вічко гільзи під капсульну втулку вкладається ярлик з дублюючим маркуванням і відомості про виготовлення пороху і заряду.

Для розпізнавання природи пороху, його форми і деяких розмірів на гільзах і картузах бойових зарядів наноситься маркування порохів, яке наведене в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 - Маркування порохів, яке наноситься на гільзах і картузах бойових зарядів

Піроксиліновий семиканальний зеренний порох з товщиною шару горіння 0,9 мм	$\frac{9}{7}$ або 9/7
Піроксиліновий одноканальний трубчастий порох товщиною шару горіння 1,2 мм	$\frac{12}{1}$ Тр або 12/1 Тр
Піроксиліновий одноканальний зеренний порох з універсальним гасителем і товщиною шару горіння 1,2 мм	$\frac{12}{1}$ УГ або 12/1 УГ
Нітрогліцериновий порох з динітротолуолом як охолоджувальний додаток, третьої групи калорійності, одноканальний трубчастий, з товщиною горючого зведення 1,2 мм	НДТ-3 $\frac{12}{1}$
Нітродигліколевий порох з толуолом як охолоджувальний додаток і далі аналогічно	ДГТ-3 12/1
Нітродигліколевий порох і центролітом як охолоджувальний додаток і далі аналогічно	ДГ-3 12/1
Нітроксилітановий порох і далі аналогічно	КС-3 12/1

Замість пояснювальних надписів Тр і УГ у позначенні марок піроксилінових порохів можуть бути інші написи: Св. – свіжий, Пер. – перероблений, Фл. – флегматизований порох.

Маркування мінометних порохів наведено у табл. 3.12.

Таблиця 3.12 - Маркування мінометних порохів

Піроксиліновий пластинчастий порох з товщиною горючого зведення 0,14 мм і шириною пластин 1,0 мм	ПЛ 14-10
Піроксиліновий мінометний порох типу ВТ (гвинтівного під важку кулю)	ВТМ
Нітрогліцериновий стрічковий порох з товщиною горючого зведення 0,14 мм	НВЛ-14
Нітрогліцериновий кільцевий порох із внутрішнім діаметром 32мм і зовнішнім – 65 мм	НБК 32/65
Нітрогліцериновий спіральний порох з товщиною горючого зведення 0,14 мм і шириною стрічки 47 мм	НБСп 14-47

Для отримання відомостей про виготовлення пороху після марки пороху на гільзах і картузах бойових зарядів наносять номер партії, рік виготовлення і номер заводу виготовлення пороху, тобто 5/75К. Ці відомості необхідні тому, що бойові заряди навіть однієї і тієї самої марки пороху, але різних партій виготовлення дають під час стрільби різні початкові швидкості, а отже, і різні дальності, що ускладнює пристрілку і стрільбу на ураження і спричиняє надлишкову витрату боєприпасів. Тому на вогневій позиції заряди сортуються не тільки за своїм складом і будовою, але і за партіями їх виготовлення.

Таврування підричників здійснюється для швидкого і безпомилкового розпізнання їх призначення, а також у разі необхідності визначення місця і часу їх виготовлення.

Отже, тавра на підрильниках є їх основними розпізнавальними знаками, а на деяких підрильниках тавра доповнюються відмітним фарбуванням.

Тавра, які наносяться на підрильники, позначають: КТМ-1 – марка або шифр підрильника; ЗІД-2-56 – завод або його шифр, номер партії і рік виготовлення.

Тавра наносяться: на головних підрильниках - збоку на корпусі; збоку тареля корпусу і дистанційних кілець.

Таким чином, таврування, фарбування і таврування елементів пострілів дозволяє швидко і безпомилково розпізнавати їх у процесі комплектації і сортування.

Маркування на закупорці з пострілами наноситься на передню та торцеву стінки, а також на кришку ящика.

На передню стінку наносяться: марка підрильників; завод, партія, рік виготовлення підрильників; місяць, рік та база приведення пострілів в остаточно-споряджений стан; калібр і скорочене позначення гармати, тип снарядів; тип бойових зарядів; ваговий знак снарядів і партія, рік, база збирання пострілів; кількість пострілів у ящику і його вага з пострілами.

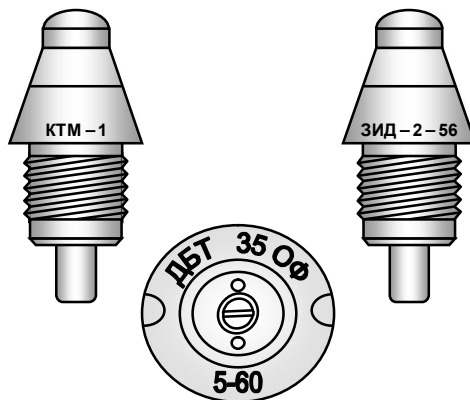


Рисунок 3.66 - Нанесення тавра на підрильники

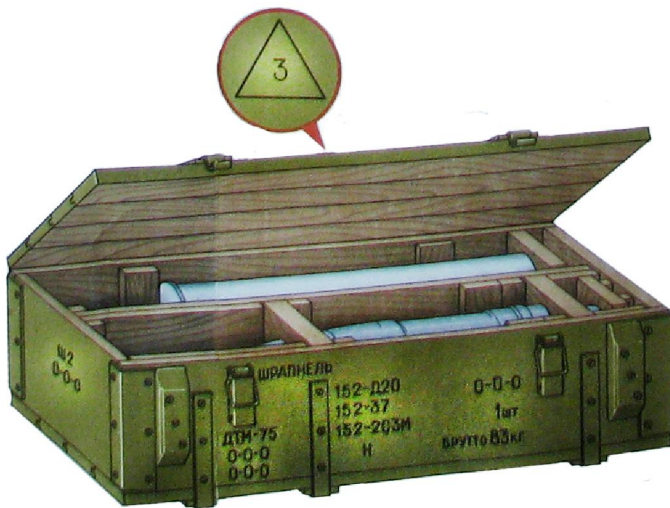


Рисунок 3.67 – Розміщення боєприпасів у закупорці

Якщо постріли зберігаються в неостаточноспорядженому стані, то відомості про підривники на стінку ящика не наносяться.

На торцеву стінку ящика наносяться: індекс снарядів; завод, партія, рік спорядження снарядів, шифр ВВ.

Якщо в ящику знаходяться постріли з бронебійно-трасуючими снарядами, то після шифру ВВ вказується марка донних підривників, якими постріли приведені в остаточно-споряджений стан.

На кришку ящика наносяться позначка небезпечності й розряд вантажу.

3.4.2. Поводження з боєприпасами при зберіганні, приведення їх в остаточно-споряджений стан. Заходи безпеки

Експлуатація боєприпасів у військах – це сукупність заходів з моменту надходження їх з арсеналів до повної витрати ресурсу боєприпасів та спрямованих на зберігання,

відновлення та використання бойових якостей.

Основними видами експлуатації боєприпасів є: зберігання; збирання – приведення в остаточно-споряджений стан; транспортування; підготовка до стрільби і стрільба; знищення.

Тривалість експлуатації боєприпасів, безпека в поводженні й безвідмовність у дії по цілях залежить від правильно організованого зберігання боєприпасів і умілого поводження з ними у військах.

За несприятливих умов зберігання боєприпаси через 1–2 роки після їх виготовлення отримують значні дефекти, усунення яких потребує цехового ремонту, а за сприятливих умов ті самі боєприпаси зберігаються 10 і більше років без ремонту.

У процесі зберігання чорні й кольорові метали, з яких виготовляються елементи боєприпасів, підлягають руйнуванню корозією, а дерево їх закупорок – дії дереворуйнівних грибків.

Антикорозійні покриття (фарбування, лакування, пасивування, фосфатування, осалювання) захищають метали і дерево тільки при певній вологості. Тому боєприпаси, як правило, повинні зберігатися у сховищах. Зберігання їх на відкритих майданчиках допускається лише при розміщенні військ у польових умовах і тимчасово біля ліній залізної дороги на час вантажно-розвантажувальних робіт. У всіх випадках зберігання боєприпасів вони повинні бути сховані від безпосереднього впливу атмосферних опадів і сонячного проміння.

Для захисту боєприпасів від корозії, а закупорок – від дереворуйнівних грибків у сховищах необхідно підтримувати відносну вологість повітря не вище 80 % та не допускати різких температурних перепадів і випадання роси.

Зберігати піротехнічні засоби, димні порохи і вироби із них в одному сховищі з боєприпасами категорично забороняється.

У військах боєприпаси зберігаються комплектно. Ар-

тилерійські постріли зберігаються в остаточно або неостаточно спорядженому стані, а реактивні снаряди – тільки в неостаточно спорядженому стані. Мінометні постріли зберігаються, як правило, повними.

На складах артозброєння частин боєприпаси зберігаються тільки 1-ї і 2-ї категорій. Зберігання боєприпасів 3-ї і 4-ї категорій допускається для відправки їх на склади боєприпасів. Небезпечні для зберігання і транспортування боєприпаси виділяються окремо і зберігаються тільки для знищення їх встановленим порядком. Переміщення таких боєприпасів здійснюється обережно на руках, носилках або підресорних візках. На дно носилок або візка повинна бути покладена тирса або м'яка підстилка.

Ящики з боєприпасами встановлюються у сховищах штабелями кришками догори і маркуванням у бік проходів. Нижній ряд ящиків ставиться на дерев'яні підкладки, а між верхнім рядом ящиків і стелею залишається не менше 0,5 м, чим забезпечується вентиляція повітря у сховищах.

Усі остаточно споряджені артилерійські й мінометні постріли, підривники, а також снаряди калібром 203 мм і більше укладаються в штабелі висотою до 2 м.

Усі неостаточно споряджені артилерійські й мінометні постріли калібром менше 203 мм, а також бойові заряди в гільзах і картузах укладаються в штабелі висотою до 3 м.

У всіх випадках вага штабелів не повинна перевищувати допустимого навантаження на 1 м підлоги, яка вказується в паспорті сховища.

У кожний штабель укладаються постріли тільки одних номенклатури і партії. Зберігання однієї партії пострілів у різних штабелях або сховищах дозволяється лише у випадках, якщо партія велика і повинна розміщуватись у сховищах по підрозділах.

Для можливості огляду боєприпасів, їх обліку, видачі та прийому між штабелями залишають проходи: робочі шириною 1,25 м – проти кожних дверей; основні шириною 1,25 м – уздовж однієї зі стін; оглядові шириною 0,7 м –

уздовж інших стін.

Проходи на підлозі позначаються білими обмежувальними лініями.

Реактивні снаряди укладаються головними частинами в протилежний бік від складів з боєприпасами, ближніх населених пунктів, залізничних магістралей і промислових об'єктів.

Постріли із запалювальними, димовими та освітлювальними снарядами на військових складах зберігаються тільки тимчасово і обов'язково окремо від інших видів боєприпасів, в неопалених сховищах або під навісами із земляною підлогою.

Сховища обладнуються охороною і протипожежною сигналізацією, блискавковим захистом і засобами пожежогасіння.

Щоб забезпечити постійну бойову готовність боєприпасів, необхідно не тільки правильно організувати їх зберігання, але і здійснювати належний догляд за ними.

Зберігання боєприпасів у військах передбачає проведення у встановлені терміни технічних оглядів і ремонту боєприпасів, а також точне дотримання заходів безпеки при поводженні з ними.

Технічні огляди і ремонт боєприпасів проводяться відповідно до вимог настанови щодо зберігання артилерійського озброєння і боєприпасів у військах, інструкції з технічного огляду і ремонту боєприпасів у військах, інструкції з категорювання боєприпасів, Переліку заборонених боєприпасів, керівництва з бойової комплектації пострілами і порадирика з обліку матеріальних засобів у військових частинах і з'єднаннях.

Технічні огляди боєприпасів проводяться з метою виявлення дефектів боєприпасів і планування їх ремонту. Вони проводяться 1 раз на рік, як правило, у теплий і сухий час. Огляду підлягають 2% боєприпасів від кожної партії, але не менше двох ящиків із різних місць штабеля. При виявленні дефекту кількість боєприпасів, які оглядаються,

подвоюється, а при виявленні дефекту під час повторного огляду, огляду і ремонту підлягають усі 100% боєприпасів усієї партії.

Ремонт боєприпасів проводиться за планом, складеним на основі даних технічного огляду, і передбачає: видалення корозії з боєприпасів, зачистку забоїн на ведучих поясах снарядів і на гільзах, вирівнювання прим'ятостей дулець гільз, заміну непридатних холостих пробок, підричників, капсульних втулок і запалювальних зарядів, відновлення антикорозійного покриття і маркування на боєприпасах та їх закупорці, відновлення герметизації підричників у вічку снарядів і мін, а також бойових зарядів у гільзах, ремонт закупорки, роботи з приведення боєприпасів в остаточно споряджений стан.

Приведення боєприпасів в остаточно споряджений стан полягає в загвинчуванні у вічко снаряда або міни головного підричника, передбаченого для даного виду боєприпасів Настановою з бойової комплектації і надійного кріплення їх у вічко. Приведення боєприпасів в остаточно споряджений стан здійснюється поточним методом і послідовним виконанням таких операцій.

Підготовка боєприпасів: подача ящиків та їх відкриття, вийняття боєприпасів та очищення їх від мастила та іржі, зовнішній огляд боєприпасів, вигвинчування холостих пробок і огляд вічка.

Підготовка підричників: подача ящиків та їх відкриття, виняття та звільнення від паперу підричників, зовнішній огляд і подача до місця угвинчування.

Угвинчування та кріплення підричників у вічко снарядів або мін: змащення різьб та угвинчування підричників, кріплення їх кернуванням або стопорними гвинтами, контроль угвинчування та кріплення підричників.

Кернування підричників здійснюється з метою виключення їх вигвинчування під час руху снарядів у ґрунті при стрільбі “на рикошет”. Тому кернування здійснюється тільки на тих підричниках, які мають установку на упові-

льнену дію: РГМ-2, РГМ-6, В-429, КТМЗ-1, КТМЗ-1У.

Герметизація підривника у вічку снарядів або мін: подвійне обезжирювання, герметизація осалюванням усього корпусу підривників або промашення їх стиків із вічком корпусів снарядів або мін, герметизація непофарбованих центрувальних потовщень і ведучих поясків, а також стиків снарядів з дульцями гільз у пострілів унітарного заряджання.

Герметизація виконується мастилом ПП95/5 і тільки тих пострілів, які закладаються на зберігання і не готуються до видачі на стрільбу. При цьому змащування виконується холодним або підігрітим до 40–50°C мастилом або занурюванням у розігріте до 80–90°C мастило. У холодну пору року герметизація виконується мастилом, у яке додають до 50% уайт-спіриту; але при потеплінні таке мастило змінюють на звичайне.

Закупорювання боєприпасів та нанесення маркування при приведенні їх в остаточно споряджений стан: укласти боєприпаси в ті самі ящики маркуванням вгору і закріпити їх арматурою, перевірити відповідність маркування боєприпасів і ящиків, а також наявність у них ярликів, закрити ящики, заперти і застопорити їх чекою і дротом їх замки, нанести маркування про приведення боєприпасів в остаточно споряджений стан.

При приведенні в остаточно споряджений стан мінометних пострілів калібру від 82 до 160 мм перед загвинчуванням підривників необхідно запресувати в трубку стабілізатора міни запалювальний заряд.

Роботи з ремонту боєприпасів і приведення їх в остаточно споряджений стан виконуються спеціально навченим особовим складом, який пройшов інструктаж щодо дій на кожному робочому місці й здав залік із заходів безпеки. Керує роботами офіцер, який добре знає будову і дію боєприпасів, правила поводження з ними і заходи безпеки.

Для проведення робіт з ремонту боєприпасів, а також приведення в остаточно споряджений стан снарядів, мін і пострілів унітарного заряджання на військових складах ар-

тозброєння обладнуються спеціальні тимчасові пункти. Відстань пункту робіт до сховищ і штабелів з боєприпасами повинна бути не менше 25 м. Звичайно пункти робіт розміщуються в незавантажених сховищах, у наметах або під навісами. Пункти обладнуються міцними столами із суцільними бортами і поздовжніми рейками для укладки і перекочування боєприпасів по потоку від одного робочого місця до другого, а також приладами для кернування підричників, запресування запалювальних зарядів і т.п.; необхідним інструментом для вигвинчування холостих пробок, загвинчування підричників і т.п.; матеріалами для чищення, змащування і герметизації (ганчір'я, гас або уайт-спірит, мастило ПП95-5, чорна фарба і т.п.).

Для підготовки підричників і запалювальних зарядів, а також для угвинчування холостих пробок виділяються окремі робочі місця. Для зберігання змінного запасу підричників, запалювальних зарядів та інших елементів обладнуються спеціальні майданчики. Віддалення цих робочих місць і майданчиків повинно бути не ближче 10 м від основного потоку і 25 м від сховищ і штабелів з боєприпасами.

У процесі зберігання боєприпасів, приведення їх в остаточний споряджений стан і виконання усіх видів робіт з ними необхідно суворо і точно виконувати вимоги заходів безпеки.

Під час роботи з боєприпасами з а б о р о н я є т ь - с я :

Використовувати як навчальні експонати неохолощені боєприпаси, а також розбирати й охолощувати їх у військах.

Переносити боєприпаси у несправній закупорці, в ящиках кришками донизу, на плечах або на спині, кантувати, волочити.

Переносити на руках більше одного снаряда калібром більше 57 мм.

Складати боєприпаси без закупорки і ставити вертикально снаряди, міни, заряди в гільзах та унітарні постріли.

Ударяти по підрильниках, засобах запалювання, а також ударяти снарядами, мінами, унітарними пострілами один по одному.

Мати на будь-якому робочому місці більше двох пострілів снарядів або мін і більше одного збирання з підрильниками або запалювальними зарядами.

Вибивати холості пробки і чистити твердими матеріалами вічко під підрильник кумулятивних та спеціальних снарядів і мін.

Допускати до приведення в остаточно споряджений стан боєприпаси з течією, випаданням, провертанням, зміщенням, сколами більше 10 мм та осипанням підривної речовини.

Виймати запалювальні заряди із мін кліщами, викруткою та іншими підсобними інструментами.

Керувати підрильники вручну за допомогою керна і молотка.

Закопувати боєприпаси в землю та кидати їх у річки або озера.

Приводити боєприпаси в остаточно споряджений вигляд в автопарках та на вогневих позиціях, за винятком реактивних снарядів, які приводяться в остаточно споряджений стан тільки на вогневих позиціях.

Забороняється виконувати будь-які роботи з боєприпасами, небезпечними у користуванні та забороненими ЦРАУО.

Під час падіння остаточно споряджених снарядів, мін або пострілів з висоти більше 1м необхідно вигвинтити із них підрильники на відстані 20–30 м від місця робіт і, дотримуючись заходів безпеки, в подальшому поводитись із ними як з небезпечними в поводженні боєприпасами.

3.4.3. Поводження з боєприпасами під час транспортування

Заходи безпеки

Перевозити боєприпаси можна автомобільним, залізничним, повітряним і водним транспортом, а також гужовим та в'ючним транспортом.

Боєприпаси, як правило, подаються на склади артозброєння з'єднань залізничним транспортом, а із них на склади артозброєння частин і на вогневі позиції – автомобільним транспортом; отже, у військах основним видом перевезення боєприпасів є перевезення їх автомобільним транспортом.

Для перевезення боєприпасів виділяються технічно справні автомобілі й причепа до них, які обладнуються засобами гасіння пожежі (вогнегасниками і кошмою), а також засобами позначення небезпечності вантажу (червоними прапорцями, які встановлюються з лівого борту).

При завантаженні й розвантаженні боєприпасів транспортні засоби повинні бути надійно загальмовані. Завантажувати автомобілі та причепа необхідно з таким розрахунком, щоб максимально використати (але не перевищувати) їх вантажопідйомність із урахуванням стану доріг. Укладати ящики з боєприпасами на автотранспорт дозволяється як упоперек, так і уздовж кузова, але щоб їх верхній ряд піднімався над бортами не більше половини висоти ящика.

Швидкість руху транспортних засобів залежить від часу доби, стану доріг і ваги вантажу.

Для відпочинку і привалів автоколона повинна з'їжджати з дороги і зупинятися не ближче 50 м від неї. Зупинка дозволяється тільки поза населеними пунктами і призначається для перевірки технічного стану автомобілів, перевірки укладки і стану вантажу. Паління або розведення відкритого вогню дозволяється не ближче 40 м від автомобілів.

Для перевезення боєприпасів залізничним транспортом використовуються тільки криті технічно справні вагони, які під час вантажно-розвантажувальних робіт повинні бути надійно загальмовані “башмаками” або брусками, а їх люки – закриті.

Боєприпаси укладаються у вагони так, щоб поздовжня вісь пострілу, снаряда або міни була перпендикулярна до руху вагона.

В усіх випадках перевезення ящики з боєприпасами укладаються щільно кришками догори і закріплюються від здвигів і падіння на шляху слідування, для чого вільні проміжки між ними заповнюються порожньою закупоркою і дошками.

Завантаження і розвантаження боєприпасів необхідно виконувати тільки у визначених місцях з розміщенням штабелів не ближче 10 м від полотна залізничної дороги. Під час організації вантажно-розвантажувальних робіт повинна бути виключена можливість падіння ящиків з боєприпасами.

Під час перевезення боєприпасів забороняється:

Складувати ящики вище борту автомобілів і причепів більш ніж на половину висоти верхнього ряду ящиків, а також перевищувати норми завантаженості транспортних засобів.

Перевозити боєприпаси без закупорки, в несправній закупорці або разом із горючими рідинами, а також у несправному транспорті або в транспорті без засобів гасіння полум'я.

Зупинка колони автотранспорту в населених пунктах і в горах.

Палити в автомобілях, навантажених боєприпасами або ближче 40 м від них.

Заправляти завантажені боєприпасами автомобілі або переливати паливо з баків одного автомобіля в баки іншого.

Розігрівати двигуни автомобілів відкритим вогнем.

Заїжджати на автомобілях з боєприпасами на майданчики, під навіси та в сховища з боєприпасами.

3.4.4. Поводження з боєприпасами на вогневій позиції та підготовка їх до стрільби. Заходи безпеки

На вогневій позиції батареї подаються готові постріли у штатній закупорці, приведені в остаточно-споряджений стан, придатні до бойового використання і призначені до стрільби з даних гармат. Виняток становлять реактивні постріли, які подаються готовими, але не приведеними в остаточно споряджений стан.

Експлуатація боєприпасів на вогневій позиції передбачає:

- поводження з пострілами під час їх підготовки до стрільби;
- поводження з пострілами під час стрільби;
- поводження з пострілами після стрільби.

А. Поводження з пострілами під час підготовки їх до стрільби

Підготовка пострілів до стрільби полягає в чищенні, огляді, сортуванні й укладці їх біля гармати.

Чищення пострілів полягає в остаточно усуненні з їх поверхні мастила і слідів забруднення.

Огляд пострілів має на меті встановлення їх відповідності даній гарматі й завданням стрільб, а також виявити їх якісний стан.

Відповідність пострілів гарматі й завданням стрільб визначається за калібрами і маркуванням, нанесеним на гільзах, снарядах і мінах.

Якісний стан елементів пострілу (їх справність і готовність до стрільби) визначається зовнішнім оглядом. До стрільби допускаються чисті, справні й не заборонені

ЦРАУО артилерійські й мінометні постріли та їх елементи, а також постріли й елементи, які мають дефекти, що не перешкоджають бойовому використанню. Виявлені під час огляду постріли з недогвинченими піддривником і виступаючими капсульними втулками підлягають виправленню під керівництвом арттехніка на безпечній відстані від вогневої позиції: 20–30 м – для догвинчування піддривників і 10–15 м – для догвинчування капсульних втулок.

З а б о р о н я є т ь с я: для уникнення передчасної дії боєприпасів під час стрільби, відмов і недольотів снарядів до цілі допускати до стрільби постріли, які мають такі дефекти:

Щодо піддривників:

- пошкодження мембрани (прокол, тріщина, зрив і т. ін.) і корпусу (сліди ударів, прим'ятості ковпачків або корпусу і т. ін.);

- порушення основних установок або установок попохідному;

- недогвинчені або не міцно закріплені піддривники.

Щодо снарядів та мін:

- течія вибухової речовини у місці з'єднання піддривника і снаряда;

- деформація або кочення балістичного наконечника;

- тріщини або свищі на корпусі, а також раковини та забоїни, більше допустимих Інструкцією з категорювання боєприпасів;

- розходження ведучих поясків у стику більш 0,1 мм;

- роз'єднання снаряда з гільзою або перекося його в гільзі, що перешкоджає заряджанню;

- несправні стабілізатори (трубки і пір'їни).

Щодо гільз і зарядів:

- тріщини на дульцях, що виходять за межі запояскової частини снаряда або обтюрального пристрою, на дні й корпусі на відстані 50 мм від фланця, а також прим'ятості, забоїни і розходження швів;

- зволожений порох або порвані картузи зарядів, а також відсутність запалювачів та інших необхідних допоміжних елементів;

- недогвинчені капсульні втулки або не дослані до упору в зріз трубки стабілізатора запалювальні заряди.

Боєприпаси з дефектами, які перелічені вище, підлягають поверненню на склад артозброєння частини, за винятком боєприпасів із недогвинченими капсульними втулками, підриивниками, виправлення яких дозволено на безпечній відстані від вогневої позиції.

Особливу увагу при огляді необхідно звертати на відсутність серед боєприпасів, заборонених ЦРАУО або небезпечних у поводженні.

До небезпечних у поводженні боєприпасів, бойове використання і зберігання яких у військах категорично заборонено, належать:

- остаточно споряджені постріли, снаряди та міни, які зазнали дії ударної хвилі під час вибуху, бомбардування або артобстрілі, а також вогню під час пожежі або при механічних пошкодженнях від ударів, падінь і т. ін.;

- остаточно споряджені снаряди і міни з несправними підриивниками, не встановленими по-похідному або з порушеною основною установкою підриивників;

- стріляні снаряди і міни, які не розірвалися біля цілі.

Небезпечні в поводженні боєприпаси, які належать до перших двох груп, знищуються підриивом у спеціально відведеному місці після затвердження акта, а стріляні снаряди і міни – підриивом на місці їх падіння, оскільки вони, як правило, є найбільш небезпечними.

Сортування боєприпасів виконується одночасно з їх оглядом у послідовності, яка відповідає важливості ознак, а саме за:

- призначенням снарядів (пострілів) - за індексами на снарядах;
- типом підриивників - за таврами на підриивниках;

- складом та конструкцією зарядів - за індексами на гільзах;
- партіями зарядів - за маркуванням на гільзах;
- партіями снарядів - за маркуванням на снарядах;
- ваговими ознаками снарядів - за ваговими знаками на снарядах.

При цьому заряди, маркування яких відрізняється лише номером партії збирання їх на базі, а також снаряди, які відрізняються лише на один ваговий знак, можна об'єднати в одній партії.

Без сортування боєприпасів за партіями зарядів і снарядів, а останніх і за ваговими знаками ускладнюються пристрілка і стрільба на ураження, що призводить до збільшення витрат боєприпасів, оскільки заряди різних партій дають різні початкову швидкість і дальність стрільби, а снаряди різних партій або з різними ваговими знаками також дають різну дальність стрільби.

Але сортування зарядів за партіями має більше значення, ніж сортування снарядів за партіями і ваговими знаками. Тому сортування зарядів за партіями повинні здійснюватися раніше сортування снарядів за партіями і ваговими знаками і проводитись особливо ретельно і правильно. Сортування снарядів за ваговими знаками з тих самих міркувань потрібно проводити після сортування їх за партіями.

Після сортування великі партії зарядів або пострілів, а також снаряди з однаковим маркуванням і ваговими знаками необхідно рівномірно розподілити між усіма гарматами батареї і покласти їх на вогневі позиції так, щоб вони займали якомога менше місця і не заважали роботі гарматної обслуги.

Укладка оглянутих і розсортированих боєприпасів проводиться в сухі погрібці, ніші, рівчачки зі стоком води і захистом від куль та осколків. Нижні ящики повинні складуватися на підкладки із підручного матеріалу, а верхні – укриватися від прямої дії сонячних променів і опадів. Місця збері-

гання боєприпасів ретельно маскуються від наземного і повітряного спостереження противника табельними або підручними засобами.

Для обліку температури зарядів у середину бойового заряду або між гільзами двох зарядів одного із середніх ящиків укладають батарейний термометр.

Укладка боєприпасів на відкритих майданчиках допускається лише у виняткових випадках.

Під час підготовки мінометних пострілів до стрільби заряди не слід відкривати передчасно, оскільки це може привести до зволоження пороху, а отже, – до недольоту мін до цілі.

Б. Поводження з пострілами під час стрільби

Безпосередньо перед зарядженням гармати проводять такі роботи:

- перевірка чистоти та відсутності вологи на снарядах та гільзах;

- перевірка чистоти каналу ствола;

- зняття герметизуючих ковпачків з підричників;

- установка підричників на скомандувану дію;

- складання скомандуваного заряду.

При цьому з пострілами треба працювати обережно.

З а б о р о н я є т ь с я:

- упускати постріли або ударяти їх у казенний зріз ствола;

- ставити постріли або заряди в гільзах на дно гільз.

Постріли, які впали або вдарилися головною частиною, вважаються небезпечними у використанні. При складанні зарядів посилені кришки не вкладаються, а під час стрільби на повних, зменшених зарядах посилені кришки не виймаються.

Досилання снарядів повинно проводитися по можливості одноманітно і до надійного вривання їх ведучих поясків до початку нарізів. Недосилання снарядів може призвести до зриву ведучих поясків, неправильного польоту снарядів, а також до розриву їх у розташуванні своїх

військ або до розриву в каналі ствола. При осічках відкривання затвору досилання проводиться не раніше ніж через одну хвилину після спуску.

Розряджання гармат роздільно-гільзового заряджання проводиться тільки пострілом. Якщо при екстракції унітарного пострілу відбудеться його розпатрунування і снаряд залишиться в каналі ствола, то розряджання гармати проводиться також пострілом із гармати розрядним зарядом або зарядом, складеним на вогневій позиції в укороченій на 20–30 мм гільзі, в яку засипається 3/4 порохового заряду з гільзи, яка дала осічку. Розряджання гармати холостим пострілом категорично заборонено, оскільки при цьому відбувається неминучий розрив ствола гармати.

В. Поводження з пострілами після стрільби

Після стрільби з боєприпасами, які залишилися, проводять роботу з приведення їх у початковий стан. При цьому необхідно:

- оглянути підривники та встановити на них заводські установки;
- встановити зняті запобіжні установлювальні ковпачки;
- нагвинтити герметизуючі ковпачки та загерметизувати мастилом стиск;
- загерметизувати заряди у гільзах мастилом.

Після стрільби на склад артозброєння здаються:

- невикористані постріли та додаткові пучки;
- стріляні гільзи та ковпачки від підривників;
- капсульні втулки, ударні трубки та запалювальні патрони, які дали осічку;
- порожня закупорка з арматурою.

Усі перелічені елементи укладаються в порожню закупорку та відправляються на склад артозброєння.

Стріляні гільзи з метою їх подальшого зберігання перед відправкою на склад артозброєння необхідно очистити від порохового нагару і змастити по всій поверхні ззовні й

усередині дизельним паливом, а за його відсутності – мастилом.

Знання будови та дії боєприпасів, точне дотримання правил поводження з ними надійно гарантують безпечність пострілів при їх використанні, а також безвідмовність їх дії по цілі.

3.4.5. Особливості поводження з боєприпасами за різних кліматичних умов

Кліматичні умови і температура, вологість навколишнього середовища мають суттєвий вплив на якісний стан різних видів вибухових речовин, якими споряджаються боєприпаси артилерії. Різке відхилення температури та вологості від нормальних умов зберігання сприяють прискоренню фізико-хімічних процесів у вибухових речовинах, що змінює їх початкові властивості й призводить до підвищеної небезпечності в поводженні та в бойовому використанні боєприпасів або до зниження їх ефективності.

Різноманітність вибухових речовин з їх специфічними властивостями не дозволяє дати загальні закономірності зміни властивостей вибухових речовин у різних кліматичних умовах. Тому нижче на конкретних зразках наводяться найбільш характерні ті чи інші фізико-хімічні явища, які приводять до погіршення службових та бойових якостей вибухових речовин та боєприпасів у цілому.

Вибухові речовини на основі аміачної селітра

Аміачна селітра досить гігроскопічна і легко розчиняється у воді, тому порушення герметичності боєприпасів в умовах вологого навколишнього середовища згубно впливає на заряди, у яких є аміачна селітра. В умовах високої температури та підвищеної вологості відбувається незначний їх хімічний розпад, прискорюється

процес взаємодії з металом оболонки снаряда, що призводить до корозії.

Аміачна селітра існує у декількох кристальних модифікаціях, кожна з яких стабільна лише у певних температурних умовах. Перехід з однієї модифікації в іншу відбувається при температурах 16, 32, 87, 125°C, при цьому перехід супроводжується зміною об'єму. Зміна об'єму при переході кристальних модифікацій, які повторюються, призводить до руйнування бойових зарядів, що може бути причиною передчасних вибухів під час пострілу.

Флегматизовані вибухові речовини містять відносно низькоплавний флегматизатор. У місцях з високою літньою температурою під дією прямих сонячних променів може відбуватися збільшення об'єму заряду, розм'якшення флегматизатора. У результаті цього не виключається можливість проникнення флегматизатора та інших легкоплавких утворень по різьбових зазорах до підричника, що може призвести до флегматизації капсуль-запальовачів, капсуль-детонаторів променевої дії та до відмови у дії боєприпасів або передчасного вибуху.

Бойові заряди

Бойові заряди виготовляються переважно з піроксилінового або балістичного пороху. Ті чи інші є менш фізично та хімічно стабільними в порівнянні з ініціювальними та бризантними вибуховими речовинами, особливо їх властивості знижуються в умовах відносно високих або низьких температур, а також в умовах підвищеної вологості.

Низька температура призводить до крихкості порохових елементів і при динамічному навантаженні призводить до руйнування їх структури. Це призводить до різкого збільшення поверхні горіння, а отже, і до високого тиску при пострілі.

Підвищення температури середовища при зберіганні порохів сильно прискорює їх температурний розпад та

гідролітичний розпад. Підвищення температури на 5°C прискорює процес розпаду в 1,5–2 рази. Підвищення вологості повітря призводить до прискорення гідролітичного розпаду порохів, який більш згубний, ніж термічний розпад.

Коливання температури та вологості навколишнього середовища змінює хімічний склад пороху. Зміна складу летких речовин впливає на балістичні якості пороху, тобто викликає суттєві зміни максимального тиску порохових газів та початкової швидкості снаряда.

У піроксилінових флегматизованих порохів, крім зменшення вмісту летких речовин (в умовах високих температур та низької вологості), спостерігається зміна змісту флегматизатора у верхніх шарах унаслідок його звітрювання та проникнення у глибину порохових елементів.

У порохам на важколеткому розчиннику можливі зміни, пов'язані із звітрюванням розчинника, з його ексудацією (виділенням на поверхні порохового елемента) викристалізуванням деяких компонентів на поверхні порохових елементів.

Ексудація розчинника відбувається звичайно при низьких температурах та зумовлена погіршенням розчинності нітратів целюлози в розчиннику при зниженні температури. Ексудація розчинника та викристалізування компонентів призводить до зниження балістичних якостей порохів.

Піротехнічні склади навіть у нормальних умовах зберігання підлягають фізико-хімічним змінам. При температурі вище 50°C спостерігається помітний хімічний розпад піротехнічних складів. Підвищення вологості значною мірою прискорює процес розпаду складів, особливо які містять металеве паливо. Наприклад, один із основних компонентів піротехнічних складів – магній – при взаємодії із водою виділяє атомарний вуглець, який відновлює окислювач.

Ці процеси відбуваються з виділенням тепла, внаслідок чого процес розпаду може призвести до самозаймання складу.

Висновок. У процесі поводження з боєприпасами артилерії необхідно:

- всебічно підтримувати герметичність, особливо бойових зарядів і піротехнічних засобів;
- не зберігати боєприпаси в умовах прямої сонячної дії у літній час.

Боєприпаси повинні ретельно провітрюватися при зберіганні.

Прагнути зберігати боєприпаси в умовах стабільної температури.

3.5. Питання для повторення

1. Артилерійський постріл та його елементи.
2. Назвіть типи артилерійських снарядів та їх застосування.
3. Назвіть уражальні фактори осколкових, фугасних, бронебійних, кумулятивних снарядів.
4. Від яких факторів залежить ефективність дії запалювальних, димових та освітлювальних снарядів?
5. Складові частини детонаційного кола підричника.
6. Складові частини вогневого кола підричника.
7. Назвіть сили, які діють на підричник під час пострілу, в польоті, під час удару в перешкоду. Дайте характеристику сил.
8. Назвіть основні механізми підричників. Яке їх призначення.
9. Дайте визначення бойового заряду, його складових частин.
10. Назвіть типи бойових зарядів і дайте їм коротку характеристику.
11. Призначення і типи запалювальних засобів.

12. Маркування боєприпасів: на снарядах, на гільзах, на закупорці.
13. Заходи безпеки з боєприпасами: під час транспортування; під час підготовки до стрільби.

Розділ 4. Основи будови артилерійських гармат

4.1. Ствольно-затворна група

4.1.1. Призначення типового ствола і його елементів. Вимоги до конструкції ствола

Ствол є основною частиною артилерійської гармати. Це труба з точно і чисто обробленим каналом. У каналі ствола під час пострілу відбувається запалювання і швидке згоряння порохового заряду, яке супроводжується переходом хімічної енергії пороху у теплову, а потім у кінетичну енергію руху системи.



Ствольна труба – це робочий циліндр двигуна, в якому снаряд під тиском порохових газів отримує кінетичну енергію і початкову швидкість поступального руху.

Крім того, ствол забезпечує кидання снаряда у певному напрямку.

Для забезпечення стійкості снаряда у польоті ствол виготовляється з гвинтовими нарізами, які завдяки ведучому пояску снаряда надають йому обертального руху. Якщо ствол виготовляється гладким (без нарізів), то сам снаряд має спеціальні стабілізуювальні пристрої.

Таким чином, ствол призначений для: спрямування польоту снаряда; надання снаряду необхідної початкової швидкості (залежно від бойового заряду); надання снаряду обертального руху, необхідного для стійкості снаряда у польоті.

Якщо використовуються снаряди з обертовим ведучим пояском і стабілізатором, який розкривається після вильоту снаряда з каналу ствола, то одна з функцій нарізного ствола (надання снаряду обертального руху) – не потрібна.

Гладкостінні стволи гармат і мінометів виконують дві функції: надання снаряду (міні) необхідного напрямку руху, надання йому певної початкової швидкості.

Вимоги до конструкції стволів артилерійських гармат

1. Достатня *міцність і жорсткість*. Міцність ствола вважається достатньою, якщо після пострілу на внутрішніх стінках ствола не спостерігається явище залишкових деформацій (залишкова деформація – це невідновлення розмірів і форми ствола після припинення на нього дії сил від тиску порохових газів). Отже, матеріал ствола повинен працювати в області пружних деформацій незалежно від умов експлуатації (нагрівання ствола, зміна умов заряджання і т.п.). Зміна умов заряджання і, як правило, зміна тиску виникають внаслідок таких причин: виробничих (відхилення у вазі снарядів, зарядів, форми і розмірів порохових зерен і т.п.); коливання температури бойового заряду; старіння пороху (зміни його фізико-хімічних властивостей). Міцність ствола забезпечується необхідною товщиною стінок труби, а високий ступінь надійності – урахуванням у розрахунках коефіцієнта запасу, який визначається багатолітнім досвідом експлуатації гармат.

Недостатня міцність ствола виявляється у появі після пострілу у будь-якому перерізі на поверхні каналу ствола залишкової деформації, роздуття каналу ствола з можливою появою поздовжніх тріщин, крихкого розриванні ствола.

Жорсткість ствола оцінюється величиною прогину під дією власної маси і величиною вібрації стінок ствола під час пострілу. Кривизна каналу ствола приводить до різнобійності гармат, зменшення влучності стрільби. Довжина ствола повинна бути не більше 70 калібрів, а радіус кривизни внаслідок неточностей виробництва або внаслідок прогину під дією власної маси повинен бути не менше 600 м.

2. *Висока живучість* - досягається вибором відповідного матеріалу для виготовлення ствола; раціональною конс-

трукцією камори, нарізів; вибором роду пороху, матеріалу, форми і розмірів ведучого пояска снаряда, а також умовами експлуатації гармат.

У процесі стрільби відбувається знос ствола, який характеризується збільшенням діаметра каналу ствола, подовженням зарядної камори внаслідок винесення металу розжареними пороховими газами під час їх руху з великою швидкістю, механічного зносу каналу ствола ведучими поясками снарядів і під впливом хімічної дії порохових газів на нарізи і т.п. Основні причини зносу – це термічна і механічна дія порохових газів на поверхню ствола, бо під час стрільби тонкий шар каналу ствола швидко нагрівається і охолоджується, що призводить до виникнення тріщин, з яких газовий струмінь вириває частинок металу і виносить їх з собою із каналу ствола.

Живучість ствола оцінюється кількістю пострілів, після яких ствол втрачає свої балістичні якості. Наприклад, для гармат 122-мм гаубиці Д-30 – це 18000, а для 130-мм пушки М-46 – 3700, для 85-мм протитанкової пушки Д-48 – 800 – 1000 і т.д.

Для виробництва стволів використовуються спеціальні марки гарматної сталі. Основним матеріалом для виплавляння гарматної сталі служать високоякісний чавун і чистий відбірний металобрухт. Для надання визначних властивостей до сталі вводять різного роду компоненти. Наприклад, сурма і фосфор надають сталі крихкості; хром і вольфрам – в'язкості без зниження твердості; нікель – в'язкості. Марка сталі дозволяє визначити, які саме елементи входять до її складу. Наприклад, "ГХМ" означає: "Г" - гарматна сталь, "Х" - хромова, "М" - молібденова. Отже, це хромомолібденова гарматна сталь.

3. Конструкція ствола повинна забезпечувати задану початкову швидкість і стійкість снаряда у польоті. Ця вимога виконується вибором оптимальної конструкції ствола, а саме, правильним підбором величини ведучої частини, камори, форми і вигляду нарізів.

4. Конструкція ствола повинна забезпечувати простоту і швидкість виготовлення великої кількості стволів із повною взаємозамінністю деталей.

5. Конструкція ствола повинна забезпечувати простоту і швидкість складання, розбирання і ремонту із заміною непридатних деталей новими без використання складних пристосувань.

4.1.2. Типи стволів

Прагнення більш повно задовольнити суперечливі вимоги до конструкції ствола привело до створення стволів різних типів. За найбільш загальними ознаками стволи поділяються на типи, які показані на схемі (рис. 4.1.)



Рисунок 4.1 – Класифікація стволів

Ствол-моноблок виготовляється з однієї заготовки і по всій довжині – це ціла труба, яка не має у стінках штучно створених напружень.

Товщина стінок ствола в області найбільшого тиску не перевищує одного калібру, оскільки перевищення дає малий вигравш у міцності, але різко збільшує вагу ствола.

Основні способи виготовлення стволів-моноблоків – це ковка, метод прокочування труб, метод відцентрової виливки.

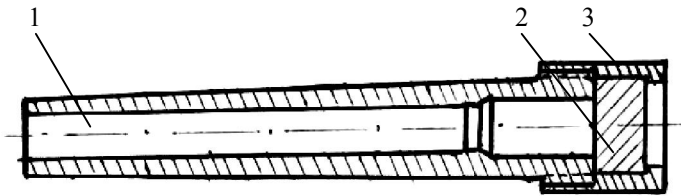


Рисунок 4.2 – Схема ствола моноблока:

1 – труба; 2 – затвор; 3 – казенник.

Ствол-моноблок, завдяки простоті виготовлення, є найбільш поширеною конструкцією ствола у польовій артилерії. Він використовується в гарматах калібром до 152-мм включно.

Основним *недоліком* ствола-моноблока є необхідність заміни всієї труби при зносі ведучої частини ствола. Але висока якість гарматних сталей, які виробляє промисловість і суворе дотримання умов експлуатації стволів, забезпечують достатньо довгий термін служби стволів-моноблоків.

Основна *перевага* стволів-моноблоків – простота їх виготовлення.

Багатошаровий ствол – це ствол, стінки якого складаються з кількох концентричних циліндрів рівної або різної довжини, які насаджуються один на одній і з'єднуються конструктивно. Залежно від кількості циліндрів ствола називаються дво-, три-, чотиришарові. Внутрішній шар називається трубою, або першим шаром, а зовнішній – кожухом, або кожухом.

Багатошарові стволи, шари яких насаджуються один на другий із зазором, який вибирається під час пострілу, поділяються на стволи з вільним лейнером, стволи з розвантаженою і нерозвантаженою вільною трубою і складові стволи.

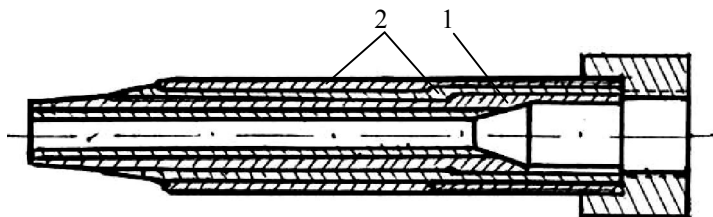


Рисунок 4.3 – Схема багатошарового ствола:
1 – труба; 2 – скріплювальні циліндри

Лейнірований ствол

У процесі стрільби канали стволів поступово зношуються, що призводить до зменшення початкової швидкості снаряда і погіршення влучності. Внаслідок цього після деякої кількості пострілів ствол гармати буде вже практично не придатним для подальшого використання, як кажуть, настає “балістична смерть” гармати.

Особливо швидко зношуються стволи потужних морських і зенітних гармат. Ствол морської гармати може важити 100 і більше тонн. Таким чином, добре видно важливість швидкого відновлення ствола.

У другій половині XIX століття інженери на Обухівському заводі (зараз завод “Більшовик”) розробили конструкцію змінної тонкостінної труби, яка встановлюється у ствол. Тонка труба встановлюється і виймається без нагрівання і великих зусиль.

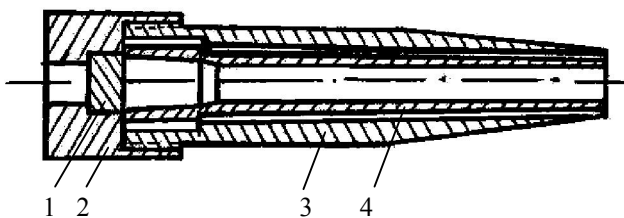


Рисунок 4.4 – Схема лейнірованої ствола:
1 – затвор; 2 – казенник; 3 – кожух; 4 – лейнер

Ці труби отримали назву “вільних лейнерів”. Зазор (діаметральний) між кожухом і лейнером становить 0,05 – 0,2 мм для гармат середнього калібру; 0,15 – 0,25 мм - для гармат великого калібру.

Під час пострілу внаслідок дії тиску порохових газів у каналі ствола лейнер розширюється, доки не вибереться зазор між кожухом і лейнером, після чого кожух також бере участь у опорі розриву. Після пострілу лейнер займає початкове положення.

Конструкція стволів із тонкостінними змінними лейнерами особливо корисна для великокаліберних гармат. Використання такої конструкції приводить до значної економії металу і до порівняно швидкої заміни зношеного лейнера безпосередньо на вогневій позиції (для тренованої обслуги – за 10 – 30 хвилин).

Таким чином, лейніровані стволи мають такі *переваги*: можливість відновлення ствола при зносі стінок каналу заміною внутрішнього шару новим лейнером; найбільш раціональне використання високоякісної сталі.

До *недоліків* таких стволів можна віднести складність і об’ємність процесів їх виготовлення.

Ствол із розвантаженою вільною трубою

Вільна труба відрізняється від вільного лейнера тим, що вона покривається кожухом ствола не по всій довжині,

а тільки на ділянці максимального тиску. Труба має більш товсті стінки і масу - у 1,5 – 2,5 раза більше маси вільного лейнера.

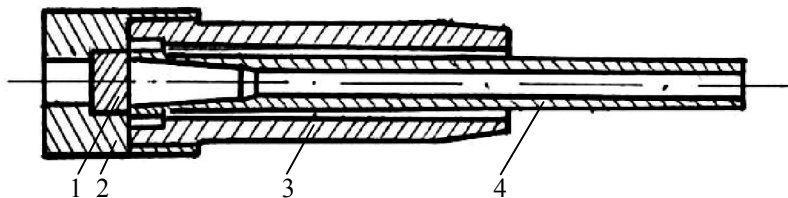


Рисунок 4.5 – Схема ствола з розвантаженою вільною трубою:

1 – затвор; 2 – казенник; 3 – кожух; 4 - вільна труба

Зазор між вільною трубою і кожухом під час пострілу вибирається, при подальшому зростанні тиску кожух і вільна труба розширюються як одне ціле.

Виготовити ствол з вільною трубою легше, ніж ствол з вільним лейнером, оскільки довжина поверхні точної обробки у ствола з розвантаженою трубою значно менша, а, отже, собівартість виробництва – менша.

Використання вільної розвантаженої труби дозволяє полегшити передню частину ствола, що забезпечує наближення центра ваги до казенника.

Недоліки стволів такого типу: порівняно з вільним лейнером вільна труба має підвищену масу (у 1,5 – 2,5 раза), що затрудняє забезпечення гармат запасними трубами.

Стволи з вільною розвантаженою трубою використовуються в 122-мм гарматах Д-74 і у деяких гаубицях-пушках калібру 152-мм зразка 1937 року.

Ствол із нерозвантаженою вільною трубою

Трубою-моноблоком називається труба, яка встановлюється в кожух ствола з великим зазором, що не вибирається під час пострілу (наприклад, гармата М-30).

У конструкції такого типу є тільки дві ділянки точного спряження труби з кожухом. Виробництво труби-моноблока

просте. Труба-моноблок повинна повністю витримувати внутрішній тиск порохових газів і саме тому вона виготовляється із високоякісного матеріалу і має порівняно товсті стінки.

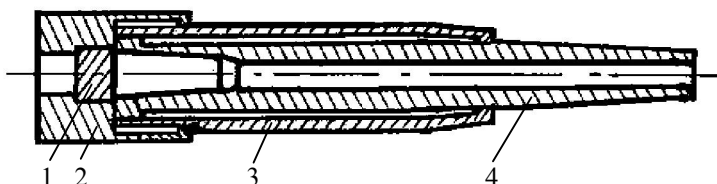


Рисунок 4.6 – Схема ствола з нерозвантаженою вільною трубою:

1 – затвор; 2 – казенник; 3 – кожух; 4 - труба-моноблок

Кожух забезпечує правильне положення труби-моноблока відносно люльки, збільшує масу відкотних частин, сприймає під час пострілу навантаження, які передаються від затвора і казенника, і має захвати або інші пристрої для спрямування руху ствола під час відкоту і накату.

Ця конструкція дозволяє виготовлення кожуха із малелегованої сталі.

Складені стволи

Складені стволи використовуються в гірських гарматах (наприклад, 76-мм гармата М-99). Складений ствол – це багатошаровий ствол, який складається з кількох невеликих за розмірами і масою розбірних частин.

Складені стволи мають два різновиди: складені за сферами, складені за довжиною.

Стволи, складені за довжиною, мають просту технологію ремонту: замінюються ті частини, які максимально (гранично) зношені.

Складені стволи можуть бути використані в автоматичних гарматах, де відбувається швидкий знос внутрішньої поверхні труби на початку нарізів і в дульній частині.

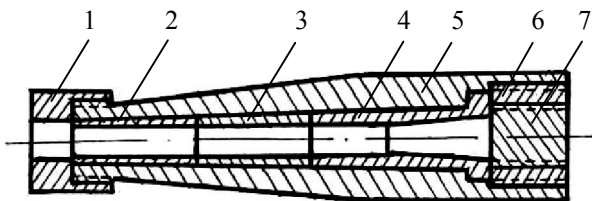


Рисунок 4.7 – Схема ствола, складеного за довжиною:

1 - дульна гайка; 2,3,4 – елементи складової труби;

5 – кожух ствола; 6 – казенник; 7 – затвор

Розглянемо стволи, аналізуючи наявність напружень у стінках ствола.

Нескріплений ствол – це такий ствол, у стінках труби якого до пострілу відсутні будь-які напруження. Це всі багат шарові стволи із зазорами між шарами, а також стволи-моноблоки, якщо в їх трубах до пострілу немає напруження. Нескріплений ствол простіше і дешевше у виробництві.

Скріплений ствол

Штучно скріплені стволи складаються з кількох циліндрів різної довжини, які насаджені один на одний з натягом. Унаслідок цього внутрішня труба ще до пострілу буде стисненою, а скріпні циліндри трохи розтягнуті.

Для складання без прикладення великих зусиль зовнішній шар перед надіванням його на внутрішній нагрівають до температури 400°C. Після охолодження зовнішній шар обтискує внутрішній і в результаті досягається перерозподіл напружень шарів у металі, яке призводить до більш рівномірного навантаження стінок ствола під час пострілу. Це дозволяє виготовити ствол з менш легованої сталі і до того ж меншої маси.

Теорію скріплених стволів першим у світі розробив у середині XIX століття професор артилерійської академії А.В. Гадолін.

Залежно від кількості шарів стволи називаються дво-, три-, чотири-, п'ятишаровими.

Внутрішній шар ствола називається *трубою*. Зовнішній шар називається *кожухом*. Проміжні шари мають номери у порядку зростання від труби до кожуха.

Виробництво скріплених стволів значно складніше, ніж стволів-моноблоків, оскільки необхідні виключно велика точність і чистота обробки поверхонь скріплення, а також існує необхідність операції скріплення з нагріванням.

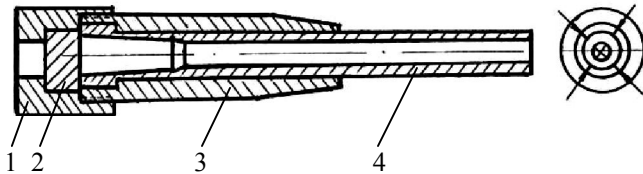


Рисунок 4.8 – Схема двошарового скріпленого ствола:
1 – казенник, 2 – затвор, 3 – кожух; 4 – труба

Двошарові скріплені стволи використовуються в наземній артилерії тільки в гарматах великого калібру. В морській і береговій артилерії використовуються п'ятишарові стволи.

Гаряческріплений ствол – це багатошаровий ствол, радіальний натяг між шарами якого створюється внаслідок стиснення попередньо нагрітого зовнішнього шару. При охолодженні розміри зовнішнього шару зменшуються, в результаті чого у внутрішньому шарі виникають напруження від пружної деформації стиснення, а у зовнішньому шарі – від пружної деформації розтягнення.

Холодноскріплений ствол – це також багатошаровий ствол, радіальний натяг між шарами якого створюється в результаті розширення попередньо охолодженого внутрішнього шару.

Після нагрівання до температури навколишнього середовища розміри внутрішнього шару збільшуються, що приводить до виникнення напружень у зовнішньому шарі від пружної деформації розтягнення, а у внутрішньому – від пружної деформації стиснення.

Таким чином, у внутрішньому шарі виникають напруження від пружної деформації стиснення, які протилежні за знаком напруження від тиску порохових газів під час пострілу. Завдяки цьому зменшуються сумарні напруження у стінках внутрішнього шару скріпленого ствола під час пострілу і більш рівномірно навантажуються всі його шари, що збільшує загальну міцність ствола.

Скріплення дозволяє збільшувати міцність, не змінюючи властивостей сталі, або зменшити масу ствола, не змінюючи його міцності. Але виробництво таких стволів складне і дороге, тому скріплені стволи використовуються переважно в великокаліберних гарматах. Труба ствола може скріплюватися як за всією довжиною, так і тільки у казенній частині, де величина тиску порохових газів найбільша.

Автоскріплений ствол (самоскріплений, автофретований)

За зовнішнім виглядом самоскріплений ствол-моноблок неможливо відрізнити від простого ствола-моноблока.

Самоскріплення ствола – це підвищення опірності внутрішніх шарів металу дії високого тиску газів за рахунок збудження в металі напружень, аналогічних напруженням, які виникають у стволі, скріпленому з натягом.

Самоскріплення забезпечується утворенням залишкових деформацій розтягнення в шарах металу, які прилягають до внутрішньої поверхні ствола. Наявність залишкових деформацій у внутрішніх шарах є причиною збереження в зовнішніх шарах циліндра напружень розтягнення.

Внутрішні шари під впливом зовнішніх, які прагнуть повернутися у початкове положення, будуть до пострілу стиснені, як у звичайному скріпленому стволі.

Як правило, утворення залишкових деформацій розтягнення у внутрішніх шарах самоскріпленого ствола здійснюється за допомогою високого гідравлічного тиску ($6000 - 7000 \text{ кг/см}^2$) всередині автофретованого циліндра. Крім того, самоскріплення може здійснюватися протягуванням через канал ствола спеціальних пуансонів або стрільбою із зарядом, який утворює підвищений тиск, здатний викликати залишкові деформації (без розривання труби).

Теорію і технологію самоскріплення стволів першим розробив у XIX ст. професор артилерійської академії А.С. Лавров. Він же наладив і виробництво самоскріплених стволів. Технологія цього виробництва дуже складна і вимагає особливої апаратури.

Під час підвищених режимів вогню, коли відбувається нагрівання ствола вище $450 - 500^\circ\text{C}$, напруження самоскріплення зникають і ствол перетворюється у звичайний ствол-моноблок.

Переваги самоскріплених стволів:

1. Можливість виготовлення ствола з металу з меншою межею пружності σ_e , однакових розмірів і більш високої міцності, оскільки при автофретованні межа пружності металу збільшується.

2. Витрати металу на виготовлення автофретованого ствола суттєво зменшуються порівняно зі стволом скріпленим циліндрами.

3. Під час заміни ствола скріпленим кожухом автофретованим скорочується об'єм механічної обробки і прискорюється сам процес виготовлення ствола.

Недоліки автофретованих стволів:

1. Використання автофретованих стволів можливе тільки в гарматах великого калібру з невисоким режимом вогню.

2. Необхідність використання складної апаратури у процесі виготовлення.

3. Живучість таких стволів нижче, ніж у нескріпчених.

Цей тип стволів не дуже поширений унаслідок того, що були виготовлені спеціальні гарматні сталі високої категорії міцності, а це дозволило отримати простий нескріплений ствол необхідної міцності з максимальним тиском $4\ 000 - 5\ 000\ \text{кгс/см}^2$.

Гладкий ствол – це ствол з гладкою напрямною частиною і циліндричним каналом ствола. Використовується він для стрільби снарядами і мінами з пристроєм для забезпечення їх аеродинамічної стабілізації на траєкторії польоту. Гладкі стволи мають деякі протитанкові і танкові гармати, безвідкотні гармати і міномети. Гладкі стволи легші і дешевші у виготовленні, і в них немає втрат енергії на надання снарядам обертання.

Нарізний ствол - це ствол, напрямна частина якого має нарізку для надання снаряду обертального руху з метою забезпечення його гіроскопічної стійкості на траєкторії польоту.

Нарізні стволи поділяються на стволи з циліндричним, конічним і циліндрично-конічним каналами ствола. Циліндрично-конічні мають спочатку циліндричну нарізну частину, а в кінці гладку частину каналу ствола.

Найбільш поширені стволи з циліндричною нарізною частиною, оскільки їх виготовлення значно легше і дешевше порівняно з іншими конструкціями нарізних стволів. Вони забезпечують добру стійкість снаряду у польоті і в результаті добру точність і кучність бою.

На основі розглянутих конструкцій стволів і досвіду їх експлуатації можна зробити такі висновки про доцільність використання тих чи інших типів артилерійських стволів:

- стволи-моноблоки найбільш доцільно використовувати для малокаліберних і середньокالیберних гармат;

- багат шарові скріплені та нескріплені стволи з вільним лейнером і навантаженою вільною трубою доцільно використовувати для великокаліберних гармат;
- стволи з вільним лейнером – для довгоствольних гармат великої потужності.

4.1.3. Будо ва типового ствола і елементів його конструкції

В основному артилерійський ствол складається з таких основних частин: труби, казенника, з'єднувальних деталей, дульних пристроїв.

Труба - це основна частина ствола, яка виконує головне його призначення. Її передня частина називається дульною частиною ствола, а задня – казенною частиною.

За виглядом зовнішньої поверхні трубу поділяють на конічну і циліндричну ділянки.

Циліндрична ділянка труби сприймає найбільший тиск порохових газів під час пострілу, тому стінки її виготовляють більш товстими, ніж стінки конічної ділянки. Перехід від циліндричної до конічної виконують плавним для того, щоб виключити можливість концентрації напружень в місцях різких переходів під час пострілу.

Тиск порохових газів зменшується по довжині ствола в напрямку дульного зрізу (див. графік рис. 4.9.), і саме цьому товщина стінок конічної ділянки поступово зменшується. Але для забезпечення необхідної жорсткості товщина стінок ствола біля дульного зрізу повинна бути не менше 0,1 клб. На дульний зріз труби наносять взаємоперпендикулярні риски для закріплення перехрестя з ниток під час перевірки приладів наводки.

Внутрішня порожнина труби називається *каналом ствола* і поділяється на каморну і напрямну частини, які обмежуються казенним і дульним зрізами і з'єднуються між собою з'єднувальним конусом.

Каморна частина каналу ствола має назву камера згорання – це частина каналу ствола, яка обмежується казенним зрізом і початком напрямної частини. У камері згорання розміщуються бойовий заряд і запояскова частина снаряда.

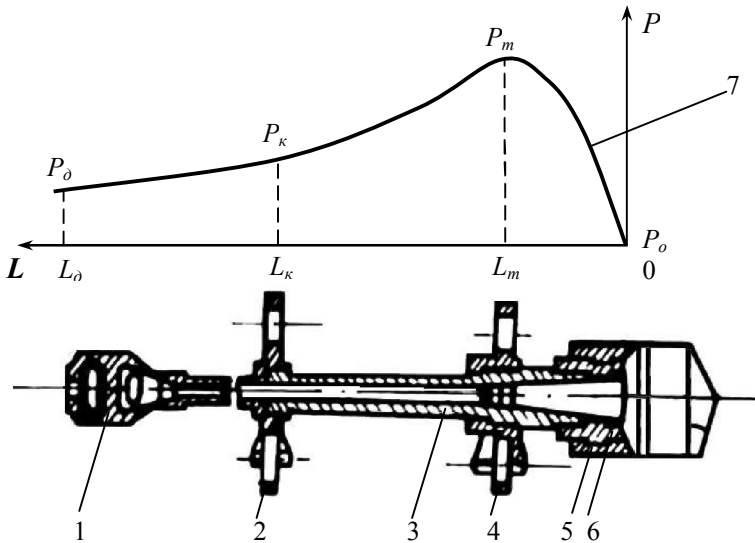


Рисунок 4.9 – Схема загальної будови ствола:

1 – дульне гальмо; 2,4 – з'єднувальні деталі (задня і передня обійми); 3 – труба; 5 – казенник; 6 – муфта; 7 – крива зміни тиску порохових газів у каналі ствола

Будова і тип камери згорання залежить від способу заряджання гармати. Основними способами заряджання є: унітарний, роздільно-гільзовий, картузний.

Патрон із металевою гільзою вперше у світі був розроблений винахідником В.С.Барановським для гармати у 1872 році. Металеві гільзи в артилерії іноземних країн з'явилися на 25 років пізніше.

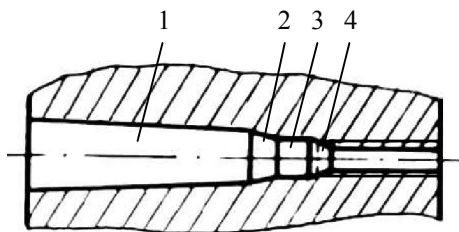


Рисунок 4.10 – Схема камери під унітарний патрон:
 1 – основний конус; 2 – перехідний конус; 3 – циліндрична частина;
 4 – перехідний конус

Основні частини камери згорання:

- основний конус, в якому розміщується основний конус гільзи;
- перехідний конус, який з'єднує основний конус з циліндричною частиною камери згорання;
- циліндрична частина під дульце гільзи;
- з'єднувальний конус (конус врізання), який з'єднує циліндричну частину з нарізною частиною каналу.

Основний конус призначений для полегшення заряджання і екстракції стріляної гільзи. Його конусність дорівнює $1/60 - 1/120$. При меншій конусності збільшується довжина камерної частини каналу ствола і в результаті збільшується і загальна довжина ствола. Більша конусність зменшує довжину ствола, але приводить до необхідності потовщення стінок казенної частини каналу ствола та викликає надмірне навантаження на затвор.

Перехідний конус має конусність $1/10 - 1/20$. Його найбільша величина визначається технологічними можливостями холодного протягування гільзи під час її виготовлення, а також величиною прийнятого уширення камери згорання.

Циліндрична частина камери згорання призначена для розміщення дульця гільзи і виготовляється довше гільзи настільки, щоб між початком нарізів і переднім зрізом дульця вміщувалися ведучі пояски снаряда.

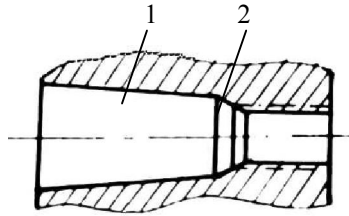


Рисунок 4.11 – Схема камери під роздільно-гільзове заряджання:

1 – основний конус; 2 – з'єднувальний конус

З'єднувальний конус (конусність 1/10 – 1/20). Збільшення конусності може привести до погіршення умов заряджання і врізання снаряда в нарізи. Зменшення конусності затрудняє фіксацію снаряда під час досилання і створює постійний вільний об'єм камери, що викликає погіршення кучності стрільби.

Основний конус призначений для розміщення гільзи із зарядом. Для того щоб гільза упиралася фланцем у казенний зріз труби, її довжина повинна бути менше основного конуса.

З'єднувальний конус з'єднує камерну і напрямну частини каналу ствола і служить для заклинення ведучого пояска в нарізі при заряджанні та для полегшення його врізання в нарізі під час пострілу. У з'єднувальному конусі розміщується запояскова частина снаряда.

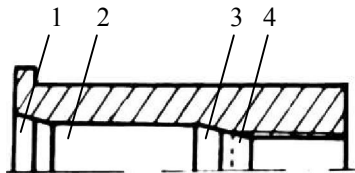


Рисунок 4.12 – Схема камери під картузне (безгільзове) заряджання:

1 – obturatorний конус; 2- циліндрична частина;
3 – перехідний конус; 4 – з'єднувальний конус

Обтюраторний конус призначений для підтиснення до нього обтюратора затвора. Циліндрична частина призначена для розміщення в ній картузного бойового заряду.

Перехідний конус призначений для полегшення заряджання гармати, що досягається виключенням можливості втикання снаряда.

З'єднувальний конус має аналогічне призначення.

Об'єм камори згорання дорівнює

$$W_k = W_o + W_\Gamma + W_{cn}, \quad (4.1)$$

де W_o - об'єм камори, який розрахований балістичним розрахунком величини заряду;

W_Γ - об'єм матеріалу гільзи або картузного бойового заряду;

W_{cn} - об'єм запояскової частини снаряда.

$$W_\Gamma \cong (0,03 - 0,05),$$

$$W_{cn} \cong 0,562.$$

Незалежно від типу камор до них ставляться такі *вимоги*:

1. Камора згорання повинна бути співвісною з каналом ствола, щоб при унітарному заряджанні виключити перекіс снаряда в гільзі або навіть розпатрунування. Неспіввісність камори також приводить до нерівномірного початку нарізів. У цьому випадку нарізи можуть бути не перекриті ведучим пояском снаряда, що призведе до проривання газів по дну нарізів і передчасного зносу каналу ствола.

2. Камора повинна бути круглою у кожному перерізі без обробки на переходах з одного кінця на другий. Чистота обробки повинна бути не менше x^6 , що потрібно для надійного викидання гільзи. Отже, камора в процесі експлуатації повинна бути чистою.

3. Перехідні конуси повинні мати раціональну конусність, щоб не було втикання снаряда під час досилання. Крім того, велика конусність знижує живучість ствола.

Напрямна частина каналу ствола – це частина каналу ствола, яка обмежена каморною частиною і дульним зрізом і призначена для спрямування польоту снаряда і надання йому визначеної початкової швидкості поступально-го і обертального руху залежно від бойового заряду.

За конструкцією напямної частини ствола поділяються на нарізні та гладкі.

Напрямна частина нарізного ствола – це циліндричний канал, поверхня якого складається з нарізів і полів з гранями. Нарізи каналу ствола служать для надання обертального руху з метою його стабілізації у польоті.

Ідея нарізних артилерійських гармат уперше у світі була реалізована у середині XVII століття. Як доказ цього факту в Петербурзькому артилерійському історичному музеї зберігається залізна нарізна пищаль. Теоретичні основи будови нарізів у зброї розроблені професором Петербурзької академії наук Лейтманом у 1728-1729 роках. Важливу роль у подальших розробках відіграли вчені-артилеристи І.В. Маєвський, А.В. Гадолін, Д.К. Чернов, Н.А. Забудський та інші.

Наріз – це гвинтовий паз поверхні напямної частини каналу ствола.

Гвинтовий виступ поверхні напямної частини каналу ствола між двома сусідніми нарізами називається *полем*.

Номинальний діаметр по полях каналу ствола називається *калібром каналу ствола* – d .

Грані нарізу – це стінки нарізу, які складаються із:

- *бойової грані* – бокова поверхня нарізу, яка призначена для надання снаряду обертального руху і на яку тисне ведучий поясок снаряда;

- *холостої грані* – бокова поверхня нарізу, яка протилежна бойовій грані.

- *дно нарізу* – ділянка поверхні нарізу між бойовою і холостою гранями.

Крім того, нарізи характеризуються геометричними параметрами: глибиною, шириною, кутом нахилу нарізу.

Глибина нарізу h – відстань від поля до дна нарізу у радіальному напрямку.

Ширина нарізу v_{nr} – відстань між гранями, які обмежують один наріз у площині перетину, перпендикулярній до осі каналу ствола.

Ширина поля v – відстань між сусідніми гранями нарізів у площині перетину, перпендикулярній до каналу ствола.

Кут нахилу нарізу α - кут між дотичною до нарізу і твірною до напрямної частини каналу ствола.

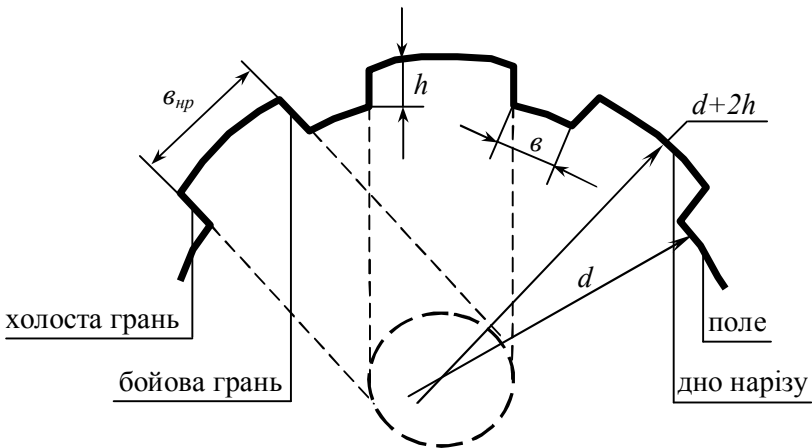


Рисунок 4.13 – Схема полів і нарізів на внутрішній поверхні каналу ствола

Число нарізів n визначається за такою формулою:

$$n = (3-4) d, \quad (4.2)$$

для гаубиць $n = 3 d$, для гармат $n = 4 d$, см.

Виходячи із технологічних міркувань, обчислене число нарізів округляють до найближчого числа, яке кратне 4.

Глибину нарізів практично вибирають залежно від V_o у таких межах:

$$h = (0,01 - 0,04)d, \quad (4.3)$$

для гармат з $V_o < 800 \text{ м/с}$ $h = (0,01 - 0,015)d$,

для гармат з $V_o > 800 \text{ м/с}$ $h = (0,015 - 0,04)d$.

При $h = 0,01d$ нарізи називають нормальними,

$h = 0,015d$ - поглибленими,

$h = (0,02 - 0,04)d$ - глибокими.

Ширина нарізів v_{np} і ширина поля v визначаються з умов забезпечення рівномірності виступів ведучого пояска снаряда і полів каналу ствола, а також за умови живучості ведучих елементів v_{np} і v теж практично залежать від V_o .

Так, при $V_o < 1000 \text{ м/с}$ $\frac{v_{np}}{v} = (1,5 - 1,7), \quad (4.4)$

$$V_o > 1000 \text{ м/с} \quad \frac{v_{np}}{v} = (1,1 - 1,4), \quad (4.5)$$

Але в усіх випадках для виконання умов міцності виступів ведучого пояска снаряду необхідно, щоб:

$$(v_{np} + v) = 10 - 15 \text{ мм і } v_{np} > v, \text{ а } v > 1,5h \text{ і } v \geq 3 \text{ мм.} \quad (4.6)$$

Між числом нарізів, калібром ствола, шириною нарізу і шириною поля існує залежність

$$n = \frac{\pi d}{v_{np} + v}. \quad (4.7)$$

Під час вибору елементів профілю і числа нарізів необхідно забезпечити легке врізання, що вимагає малого числа нарізів і невеликої глибини, а з іншого боку, забезпечити надійне просування снаряда по каналу ствола, що вимагає більшого числа і більшої глибини нарізів.

Отже, параметри нарізу залежать від потужності гармати (початкової швидкості V_o снаряда), матеріалу і форми ведучого пояска.

Збільшення глибини нарізів підвищує живучість ствола, але викликає зменшення початкової швидкості.

Для зменшення прориву порохових газів іноді нарізи виготовляють так, що вони зменшуються за шириною і глибиною у міру просування в напрямку дульного зрізу. Такі нарізи називаються *нарізами з підвищеним форсуванням*.

Кучність стрільби залежить від кутової швидкості обертання снаряда, яка визначається крутизною нарізів (кутом нахилу α) в дульній частині та швидкістю руху снаряда в стволі.

Крутизною нарізів називається величина кута нахилу α нарізу до осі каналу ствола, яка вимірюється в градусах або радіанах.

Нарізи бувають постійної і прогресивної крутизни. Нарізи постійної крутизни мають постійний кут нахилу по всій довжині ствола. Нарізи прогресивної крутизни мають кут нахилу, який поступово збільшується в напрямку дульного зрізу. Використовуються і нарізи змішаної (змінної) крутизни, які мають ділянки постійної і прогресивної крутизни.

Якщо за довжиною ствол короткий (менше $25d$), а снаряду необхідно надати високої кутової швидкості (велике число обертів), то використовується прогресивна нарізка, бо інакше важко забезпечити велику швидкість обертання снаряда. Постійна нарізка використовується в довгих стволах.

Саме цьому, як правило, стволи гаубиць калібром до 152-мм мають нарізи прогресивної крутизни, а стволи гармат і гаубиць калібром 152-мм і більше – нарізи постійної крутизни.

Використання нарізів прогресивної крутизни має такі *переваги*:

1. Зменшується сила нормального тиску на бойову грань на 30 – 40% і одночасно зміщується місце її прикла-

дення відносно P_{max} , що підвищує живучість і міцність ствола.

2. Поліпшуються умови врізання ведучого пояска в нарізи і тим самим досягається відсутність зривань ведучих поясків.

Але в технологічному відношенні прогресивна нарізка значно складніша.

У всіх вітчизняних гарматах нарізка виконується правою або по ходу годинникової стрілки (зліва-вверх-направо).

Напрямна частина каналу гладкого ствола – це гладкий циліндричний канал рівного діаметра. Гладкі стволи призначені для стрільби снарядами, стабілізація яких у польоті здійснюється аеродинамічним способом (спеціальними пристроями снаряда). Такі снаряди не вимагають надання їм оберտального руху з великою кутовою швидкістю. Гладкі стволи набагато легше виготовити, вони більш економічні у виробництві і не мають втрат початкової швидкості на надання оберտального руху снарядам. Але такі стволи не забезпечують високої кучності стрільби без передбачення спеціальних заходів у конструкції снарядів. Гладкі стволи використовуються в протитанкових, танкових і мінометних комплексах.

Казенник - це частина артилерійського ствола, яка має затворне гніздо під клин або поршень затвора. Клин (поршень) замикає канал ствола під час пострілу. В казеннику розміщуються і закріплюються всі механізми затвора і автоматики. Казенник забезпечує з'єднання ствола з ПВП, необхідну масу відкотних частин і положення центра мас підйомної частини гармати, чим полегшується їх зрівноваження відносно осі цапф.

Корпус казенника має складну конфігурацію з великою кількістю заглиблень, гнізд і отворів для розміщення і кріплення механізмів затвора.

З'єднання казенника з трубою або кожухом ствола здійснюється, як правило, за допомогою муфти з різьбою

або безпосереднім нагвинчуванням казенника на них. Правильне положення казенника на трубі або кожусі ствола фіксується шпонкою, яка розміщується між казенником і трубою або кожухом уздовж осі каналу ствола.

Надульні пристрої – це, як правило, газодинамічні пристрої, розташовані на дульній частині ствола, які забезпечують гальмування відкотних частин під час відкоту (дульне гальмо) і продування каналу ствола після пострілу (пристрій продування). Крім того, надульні пристрої в автоматичних гарматах забезпечують посилення відкоту (підсилювач віддачі), приведення до дії автоматики з газовими приводами гармат (надульник), а також для гасіння полум'я. В зразках артилерії, що розглядаються, використовуються дульні гальма і пристрої для продування стволів.

Дульне гальмо – це масивна сталева труба, яка нагвинчується на дульну частину ствола і має осьовий отвір для виходу снаряда і бокові отвори для виходу порохових газів. У деяких гармат дульне гальмо утворюється стінками труби ствола з боковими отворами.

Пристрій для продування ствола – це ресивер, який закріплений на дульній частині ствола і з'єднується з каналом ствола клапанами і сопловими отворами. Кріплення ресивера на стволі забезпечується нарізним з'єднанням або безпосереднім нагвинчуванням на трубу.

Принцип дії надульних пристроїв побудований на використанні енергії порохових газів у процесі їх руху по каналу ствола і витіканні з нього з великою швидкістю.

З'єднувальні деталі ствола призначені для складання його елементів в одне ціле і для з'єднання ствола з люлькою, а в деяких випадках з ПВП.

До з'єднувальних деталей належать: муфти і нарізні гайки для з'єднання труби з казенником, ресивера або дульного гальма з трубою і т.д.; захвати або обойми рухомого ствола для з'єднання з полозками люльки, а іноді і з ПВП; з'єднувальні муфти, гайки та інші деталі.

Труба і дульне гальмо ствола виготовляються із високоміцних сталей, а решта деталей виготовлюється з гарматної сталі з категорією міцності не вище міцності матеріалу труби.

4.1.4. Призначення, типи дульних гальм, їх будова і дія

Дульне гальмо – це газодинамічний надульний пристрій, який під час витікання через нього порохових газів створює зусилля, яке діє на ствол у напрямку руху снаряда.

Дульне гальмо призначене для зменшення дії пострілу на лафет за рахунок використання енергії порохових газів, які витікають з каналу ствола після вильоту снаряда. Працює дульне гальмо тільки в період після дії газів.

Дульне гальмо вперше було використане у 1862 році в конструкції 3-пудової бомбової гармати зразка 1838 року, яка мала жорсткий лафет. Конструктивно це дульне гальмо мало вигляд нахилених отворів, які були просвердлені в дульній частині ствола гармати. Але в зв'язку з появою пружних лафетів дульні гальма поширення не отримали.

Тільки в 1927-1930 роках під час розроблення уніфікованих лафетів дульні гальма знову ввійшли до складу конструкції гармат. Використання дульного гальма дозволяє значно зменшити масу лафета і зробити конструкцію ПВП більш простою. Великий вклад у розроблення дульного гальма вніс доктор технічних наук професор Б.В. Орлов.

Класифікація дульних гальм розглянута на рисунку 4.14.



Рисунок 4.14 – Класифікація дульних гальм

Безкамерне дульне гальмо (рис. 4.15) має внутрішню порожнину без поперечних перегородок з отворами для вилітання снаряда, які називаються *діафрагмами*. Діаметр порожнини, як правило, дорівнює діаметру каналу ствола. У бокових стінках такого гальма виготовляються симетрично розміщені бокові круглі отвори, які або перпендикулярні до осі каналу ствола, або нахилені до неї в бік казенної частини ствола. Безкамерне дульне гальмо в основному виготовляється як одне ціле зі стволом і називається *ство-*

льним дульним гальмом. Така конструкція відносно проста у виготовленні.

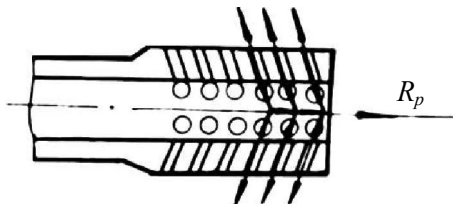


Рисунок 4.15 – Схема безкамерного дульного гальма реактивного типу

Камерне дульне гальмо (рис. 4.16) має порожнину більшого діаметра, ніж діаметр каналу ствола, з однією або двома діафрагмами, які утворюють одну або дві камери з симетрично розміщеними отворами. Збільшення кількості камер більше двох – нераціональне, бо приблизно 90% всієї енергії, яка поглинається дульним гальмом, припадає на перші дві камери. Багатокамерні дульні гальма поширення не набули унаслідок складності їх виготовлення і малого виграшу у ефективності.

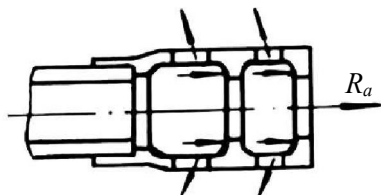


Рисунок 4.16 – Схема камерного дульного гальма активного типу

Віконне дульне гальмо має бокові отвори у вигляді вікон, які, як правило, мають відбивні лопатки. Ці лопатки відкидають струмінь порохових газів у зворотному напрямку, чим і збільшують ефективність дії дульного гальма.

Двокамерне віконне дульне гальмо мають гармати Д-20, 2С1, 2С3М та інші.

Сотове дульне гальмо – це, як правило, безкамерне або однокамерне гальмо з великою кількістю симетрично розміщених круглих отворів, перпендикулярних до осі каналу ствола або нахилених до неї в бік казенної частини. Безкамерне сотове дульне гальмо має гармата Т-12, а однокамерне сотове - М-46.

Щілине дульне гальмо – це, як правило, однокамерне гальмо з великою кількістю симетрично розміщених поперечних бокових щілин. Поздовжньощілинні дульні гальма поширення у сучасній артилерії не набули. Однокамерне поперечнощілинне дульне гальмо мають гармати Д-30, 2А36.

Однорядне дульне гальмо – це, як правило, віконне дульне гальмо з розміщеними в один ряд вікнами або щілинами.

Багаторядне дульне гальмо – це сотове дульне гальмо з розміщеними в кілька рядів у шахматному порядку круглими отворами.

Розглянемо принцип будови і дії різних типів дульних гальм.

Дульне гальмо *активного типу* має порожнини з діафрагмами. У діафрагмах є отвори для проходження снаряда. Під час пострілу порохові гази, які виходять з великою швидкістю із ствола слідом за снарядом, зустрічають на своєму шляху діафрагми. Діафрагми гальмують потік газів і, в результаті, відбувається перетворення кінетичної енергії газів в енергію тиску. Гази з великою силою тиснуть на діафрагми, внаслідок чого виникає сила дульного гальма R_a , яка має напрямок, протилежний напрямку сили тиску порохових газів на дно камори (рис. 4.16).

Більша частина порохових газів проходить через отвір у діафрагмі слідом за снарядом. Для збільшення ефективності гальма у ньому встановлюють другу діафрагму, яка також гальмує газовий потік.

Дульне гальмо *реактивного типу* діє інакше. У стінках гальма виготовлені канали, вісь яких нахилена до осі каналу ствола в бік казенної частини. Під час пострілу порохові гази, які виходять слідом за снарядом, потрапляють в ці канали і через них виходять з високою швидкістю у навколишнє середовище.

У результаті виходу газів через канали виникає реактивна сила. Сумарна проекція реактивних сил усіх каналів на вісь каналу ствола і є силою гальма R_p (рис. 4.15).

Таке гальмо має порожнини з діафрагмами (перегородками), які забезпечують активну дію струменя газів. Крім того, бокові вікна гальма мають нахилені лопатки, які повертають потік газів із ствола в зворотному напрямку, внаслідок чого і створюється реактивна сила.

Гальма *активно-реактивного типу* відрізняються високою ефективністю і використовуються в конструкціях більшості сучасних гармат.

Таким чином, можна зробити висновки щодо принципів дії дульних гальм сучасних гармат. Отже, суть дії дульного гальма будь-якої конструкції полягає у тому, що під час виходу порохових газів через бокові отвори зменшуються витрати газу у напрямку осі каналу ствола. Це знижує реактивну силу відкоту гармати.

Крім того, під час удару порохових газів по діафрагмах і передніх стінках бокових отворів виникає активна сила R_a , а у випадку наявності в конструкції дульного гальма нахилених лопаток і виходу порохових газів у зворотному напрямку виникає і реактивна сила R_p . Рівнодійна цих сил $R_{др} = R_a + R_p$ (рис. 4.17) діє на ствол у напрямку, протилежному відкоту, і зменшує енергію руху відкотних частин, як правило, на 25 – 30%, але іноді і на 70 – 80%. Саме цим показником і оцінюється ефективність дульного гальма.

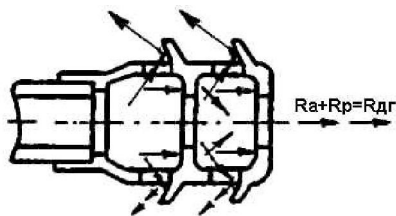


Рисунок 4.17 – Схема гальма активно-реактивного типу

Тепер розглянемо ряд технічних вимог до конструкції дульного гальма.

Бокові отвори дульних гальм повинні бути симетричними відносно осі каналу ствола. Недотримання симетричності призводить до того, що порохові гази, які виходять з таких отворів, негативно впливають і на снаряд, і на ствол.

Отвори не повинні бути спрямовані вниз, оскільки у цьому випадку струмені газів будуть діяти на ґрунт.

У гальмах реактивного та активно-реактивного типів струмені газів спрямовуються (лопатками) в бік казенної частини ствола, а отже, в бік обслуги гармати, що дуже небезпечно. Саме через це в таких гальмах останній ряд (від дульного зрізу) каналів нахиляють на кут, менший 90° , до осі каналу ствола, як, наприклад, це зроблено в гальмі гармати Т-12.

Необхідно відмітити, що використання дульних гальм дозволяє значно підвищити потужність гармати, не порушуючи умов збереження його маневреності (ваги, габаритів).

Однак використання дульних гальм має і свої *недоліки*.

Зниження кучності бою внаслідок ускладнення умов вилітання снаряда через початкові збурення, які виникають в результаті несиметричної дії порохових газів на снаряд. З цієї ж причини отвори в діафрагмах камер дульних гальм виготовляють значно більшими від калібру снаряда. Це необхідно для виключення можливості доторкання снаряда до діафрагм дульного гальма.

Вплив газового потоку на обслугу (допустимий надмірний тиск на обслугу без захисних засобів не більше $0,2 - 0,3$ кгс/см², на обслугу із захистом – $0,5$ кгс/см²). Порохові гази, які витікають з каналу ствола, створюють навколо гармати небезпечну зону.

Під час експлуатації гармат з дульним гальмом необхідно ретельно спостерігати за його станом. У випадку пошкодження або зриву дульного гальма стріляти з гармати забороняється, оскільки при цьому різко збільшиться навантаження на лафет.

Забороняється нахилити ствол до землі нижче $30 - 40$ см. Пил, волога, бруд піднімаються вгору, ускладнюють спостереження, потрапляють у ствол, затвор, виникає ударна хвиля.

Під час стрільби холостими боєприпасами дульне гальмо необхідно згвинчувати, щоб уникнути його пошкодження або розривання.

Усі ці недоліки тим сильніші, чим вище ефективність дульного гальма. Але, незважаючи на недоліки, дульне гальмо є найбільш ефективним засобом для зменшення дії пострілу на лафет гармати, який здатний вирішити проблему поєднання могутності з рухомістю. Таким чином, дульне гальмо все більше використовується при створенні потужних гармат наземної артилерії.

4.1.5. Призначення, принцип будови і дії пристроїв продування ствола

Під час стрільби в башті (танка, САУ, корабля) відбувається задимлення пороховими газами, які залишаються в екстрактованих гільзах, а також, які виходять із ствола під час відкривання затвора. Задимлення викликає шкідливий вплив на обслугу. Гази мають у своєму складі до 40% окису вуглецю. Концентрація CO більше $0,2$ мг/л різко знижує працездатність обслуги.

Таким чином, доцільно передбачити заходи щодо надійного і швидкого виведення порохових газів із каналу ствола.

Продування ствола – це штучне прискорення виходу порохових газів із каналу ствола з метою виключення можливості насичування ними бойового відділення під час відкривання каналу ствола затвором.

Використовуються різні спеціальні механізми і пристрої для продування ствола.

Нагнічувальний пристрій продування ствола – це, як правило, механізм продування стисненим повітрям. Суть роботи цього механізму у тому, що після відкривання ствола через сопла, які розташовані у казеннику, подається повітря під тиском $9,8 \cdot 10^5 - 3,02 \cdot 10^6$ Н/м². Повітря виходить з великою швидкістю через канал ствола і виносить з собою залишки порохових газів і частинок пороху, які не згоріли. Цим виключається можливість появи зворотного полум'я. Але при цьому способі продування необхідно мати балони зі стисненим повітрям або компресорну установку. Витрати повітря на кожне продування становить 0,2 – 0,4 від об'єму каналу ствола. Більш сучасним і найбільш поширеним способом продування є спосіб, який використовує тиск самих порохових газів.

Ежекторний пристрій продування - це пристрій продування ствола, в якому порохові гази спочатку виводяться з каналу ствола до ресивера, потім виходять звідти з великою швидкістю і ежектують з каналу ствола порохові гази в атмосферу через дульні отвори.

Цей спосіб найбільш повно відповідає всім вимогам, які ставляться до пристроїв продування.

До складу таких пристроїв входить ресивер, який закріплений на посадковій поверхні ствола підтискною або накидною гайкою з розрізними кільцями і утворює зі стволом резервуар.

З метою поліпшення обтюрації порохових газів у ресивері на посадковій поверхні встановлюється лабіринтне

ущільнення. Порожнина ресивера з'єднується з каналом ствола клапанними і сопловими отворами.

Клапанні отвори, як правило, мають циліндричну форму з розширенням у верхній частині, в якому розміщується кульки, підтиснені пружиною.

Сопла можуть виготовлятися у вигляді циліндричних або профільованих нахилених отворів безпосередньо у стінках ствола або у спеціальних вкладишах, які вгвинчуються в нарізні отвори у стінках ствола.

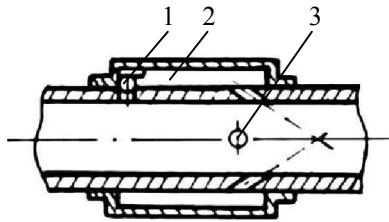


Рисунок 4.18 – Принципова схема пристрою продування ежекторного типу:

1 – клапан; 2 – ресивер; 3 – сопло

У момент пострілу, коли снаряд проходить переріз ствола, де розміщені клапани і сопла, починається заповнення порожнини ресивера пороховими газами.

Гази потрапляють до ресивера як через клапани, так і через сопла. Заповнення ресивера газами продовжується до моменту, коли тиск у ресивері і каналі ствола зрівняється, або поки снаряд рухається по каналу ствола від сопел до дульного зрізу, а також деякий час періоду після дії.

Після вилітання снаряда з каналу ствола тиск у каналі швидко падає і в деякий момент починається зворотний вихід газів – із ресивера у порожнину каналу ствола. Але при цьому кулькові клапани закриваються і вихід газів відбувається тільки через сопла.

За рахунок турбулентного перемішування струменів газів, які виходять із сопел з газами, що наповнюють канал ствола, утворюється ежекторний потік газів і відбувається виведення їх з каналу в атмосферу.

При цьому позаду сопел утворюється зона зниженого тиску, що забезпечує вихід газів з казенної частини ствола, а отже, очищення каналу ствола від порохових газів. Пристрій працює до тих пір, поки не зрівняється тиск газів у ресивері з тиском навколишнього середовища.

Дослідження показують, що швидкість газу під час ежектування буде максимальною при розміщенні сопел на відстані 6 – 10 калібрів від дульного зрізу під кутом 15 – 30° до осі каналу ствола. При цьому об'єм ресивера повинен бути:

$$\bar{W}_p = (0,11 - 0,22) \bar{W}_{кн}, \quad (4.8)$$

а тиск у ньому:

$$P_p \max = (0,010 - 0,015) P_{кн} \max, \quad (4.9)$$

де $P_{кн} \max$ – максимальний тиск у каналі ствола.

У сучасних артилерійських гарматах тиск газів у порожнині ресивера досягає

$$P_p = 35 - 50 \text{ кгс/см}^2. \quad (4.10)$$

Тривалість роботи пристрою продування під час пострілу становить 1,5 – 2,5 с.

Таким чином, дія пристрою продування такого типу побудована на принципі ежектора.

Ежекторний пристрій продування ствола добре знижує загазованість бойового відділення під час стрільби на великих бойових зарядах і гірше – на малих. Саме цьому під час стрільби на малих бойових зарядах треба вмикати вентиляцію. Крім того, цей пристрій трохи зменшує початкову швидкість снаряда, а отже, і дальність стрільби (до 1%).

До пристроїв продування ствола ставлять такі *вимоги*: повне продування каналу ствола, автоматична дія після кожного пострілу, збереження швидкострільності гармати, простота будови і безпека під час роботи пристрою.

Уперше ежекторний пристрій продування ствола розробив професор Самусенко у 1940 році.

4.1.6. Призначення і типи казенників, вимоги до них

Казенник – це частина артилерійського ствола, яка призначена для розміщення деталей затвора.

Казенник має затворне гніздо під клин або поршень затвора і разом із замикаючими механізмами бере участь у замиканні каналу ствола під час пострілу.

У перших гарматах казенники виготовляли як одне ціле спочатку зі стволом, а потім і з кожухом. У сучасних гарматах казенники – це окремі частини ствола, які з'єднуються з ним нарізними з'єднаннями.

Видатна роль у розробленні теоретичних основ конструювання і розрахунку казенників належить вченим А.В. Гадоліну, Н.Ф. Дроздову, Е.К. Ларману, Н.І. Безухову.

До конструкції казенників ставлять такі *вимоги*: надійне замикання каналу ствола, зручне і надійне розміщення деталей затвора, просте і надійне з'єднання з трубою ствола, технологічність у виробництві і ремонті, взаємозамінність.

У сучасних гарматах казенник є однією зі складових частин ствола, вартість виготовлення якої іноді перевищує вартість виготовлення труби ствола. Отже, раціональному розробленню конструкції казенника треба приділяти особливу увагу як з точки зору забезпечення необхідної міцності під час пострілу, так і з боку технологічності виробництва та ремонту.

Розглянемо призначення і особливості конструкції казенників різних типів.

Клиновий казенник призначений для розміщення деталей клинового затвора. Він використовується при гільзовому заряджанні і може бути з вертикальним (наприклад, у гарматах Д-30, Т-12, Д-20 та інших) і горизонтальним (М-46) переміщенням клина.



Рисунок 4.19 – Класифікація казенників за найбільш загальними і важливими ознаками

Клиновий казенник – це корпус складної конфігурації з отвором для з'єднання з трубою ствола і клиновим пазом для розміщення і руху клина затвора. Клиновий паз казенника утворюється двома щоками. Задня стінка клинового паза утворює перемичку казенника, яка в деяких типах гармат має лоток. Лоток - це дугова виїмка у перемичці казенника, яка призначена для спрямування пострілів або їх елементів під час досилання.

Клиновий казенник може мати також об'їму, або бороду для з'єднання його з ПВП та іншими частинами гармати, а також полозки для спрямування руху ствола під час відкоту і накату.

Клинові казенники за конструкцією можуть бути таких видів: з відкритими щоками, із закритими щоками (корпус такого казенника є замкненим контуром), зі щоками, з'єднаними перемичкою з лотком (наприклад, у гарматах Д-30, Д-20 та інших).

Казенники з клиновим затвором використовуються в гарматах калібром до 152-мм включно.

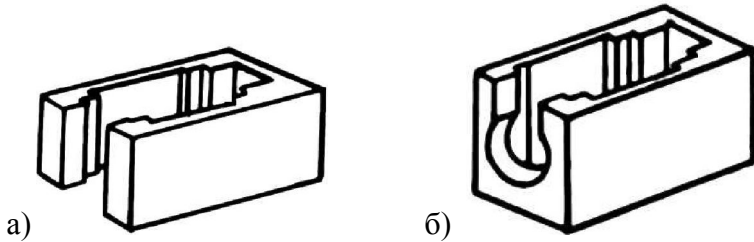


Рисунок 4.20 – Конструкція казенників:
а – з відкритими щоками; б – зі щоками з перемичкою

Поршневий казенник призначений для розміщення деталей поршневого затвора. Він може використовуватись як при гільзовому, так і при безгільзовому заряджанні. Поршневий казенник має корпус складної конфігурації з отвором у передній частині для з'єднання з трубою ствола. У задній стінці корпус має затворне гніздо з нарізними і гладкими секторами, за допомогою яких забезпечується введення поршня в затворне гніздо і його закріплення. Поршневий казенник може мати обійму, або бороду для з'єднання з ПВП та іншими пристроями. Казенники з поршневими затворами використовуються в гарматах калібром 122-мм і більше.

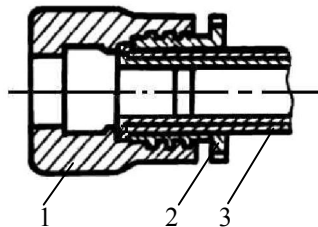


Рисунок 4.21 – З'єднання казенника з трубою:
1 – казенник; 2 – муфта; 3 – труба

Нагвинтний казенник – це такий казенник, який з'єднується з трубою або з кожухом ствола безпосереднім

нагвинчуванням на них. Казенники такого типу використовувалися в гарматах довоєнних років розроблення (наприклад, М-30, МЛ-20, Б-4М) завдяки можливості використовувати метали невисокої міцності. Розподілення напружень по витках різьби такого казенника більш рівномірне. Але така конструкція утруднює ремонт, взаємозамінність.

Ненагвинтні казенники – це такі казенники, які з'єднуються зі стволом за допомогою проміжних деталей або сухарного пристрою.

Серед сучасних гармат значно поширені казенники, які з'єднуються муфтою. Такі казенники використані в гарматах Д-30, Д-48, Д-20 і т.д. Ці казенники найбільш повно відповідають вимогам, що ставляться до них.

Використання казенників такого типу зумовлене появою нових високоміцних матеріалів. У даному випадку казенник натягується на трубу ствола обертанням муфти, яка потім закріплюється стопором для утримання від подальшого повороту. У з'єднанні казенника з трубою встановлюється шпонка, яка утримує його від повороту відносно труби разом з муфтою.

Навантажений казенник – це казенник, який під час пострілу сприймає навантаження від сил тиску порохових газів на дно каналу ствола. У більшості стволів сучасних гармат використовуються навантажені казенники.

Ненавантажений казенник – це такий казенник, який не сприймає під час пострілу навантаження від сил тиску порохових газів на дно каналу ствола. Навантаження у цьому випадку сприймає затвор, який розміщується у кожусі, насадженому на трубу.

Вантажний казенник – це розвантажений великокаліберний казенник, який використовується для зміщення назад центра маси підйомної частини з метою зрівноваження її відносно цапф люльки.

Вантажні казенники використовуються дуже рідко (2С9) і, як правило, у великокаліберній артилерії (наприклад, Б-4М).

Виготовляють казенники з гарматної сталі з категоріями міцності не вище категорії міцності труби.

4.1.7. Затвори

4.1.7.1. Призначення та типи затворів, вимоги до них

Затвор – це частина гармати, яка призначена для замикання і відмикання каналу ствола, здійснення пострілу та екстракції гільзи після пострілу.

У гармат з картузним заряджанням екстракція гільзи відсутня. Клинові та поршневі затвори вперше були створені у XVI столітті. Перший в історії артилерії поршневий затвор із самозвідним ударником, викидачем гільзи та запобіжником від передчасного пострілу був створений талановитим винахідником В.С. Барановським у 1872 р. Це майже на 25 років раніше, ніж у інших країнах. Винахідником клинового затвора з напівавтоматикою був інженер з Путиловського заводу Ф.Ф. Лендер, який у 1914 р. створив тридюймову зенітну гармату з таким затвором і отримав патент за цей винахід у Росії, США, Англії та Франції.

Затвори, незалежно від конструктивного виконання, повинні відповідати таким *вимогам*: надійність замикання каналу ствола, безпека при експлуатації, безвідмовність дії, простота та зручність при обслуговуванні.

Надійне замикання каналу ствола – це така властивість затвора, яка виключає його вільне розімкнення та відкривання під час пострілу.

Надійність забезпечується: міцністю деталей затвора, наявністю замикаючого пристрою, доброю обтюрацією порохових газів.

Безпека при експлуатації – це виключення випадків травматизму та загрози для життя обслуги гармати в процесі експлуатації.

Для виконання цієї вимоги до конструкції затворів входить цілий ряд механізмів і блокувань, які виключають можливість пострілу при неповноті закритому затворі,

при роз'єднанні ствола з ПВП, при знаходженні казенника над станинами і т.д.

Безвідмовність дії – це здатність механізмів затвора зберігати свою працездатність певний час за даних умов експлуатації.

Простота та зручність при обслуговуванні – це така якість, яка характеризується величиною зусиль на рукоятках затвора під час роботи з ним; простотою розбирання та складання механізмів затвора; швидкою заміною несправних деталей; зручністю розміщення рукояток затвора.

Затвори сучасних гармат поділяються на типи за найбільш важливими та загальними ознаками: за ступенем автоматизації; за способом обтюрації порохових газів; за типом замикаючої деталі.

Автоматичний затвор – це затвор автоматичної гармати з високою швидкістю стрільби, який забезпечує повну автоматизацію перезаряджання і здійснення пострілу за рахунок енергії порохових газів або енергії, яка підводиться ззовні.

Напівавтоматичний затвор – це затвор напівавтоматичної гармати, який забезпечує часткову автоматизацію перезаряджання та здійснення пострілу (2С1, 2С3М, 2С19, 2А65, Д-30, Д-20, Т-12, Д-48 та інші).

Неавтоматичний затвор – це затвор неавтоматичної гармати з ручними перезаряджанням та здійсненням пострілу (Б-4М, М-30, Д-1).

Затвори гармат за ступенем автоматизації поділяються залежно від наявності та вдосконалення автоматики затвора. Автоматичні та напівавтоматичні затвори – це переважно клинові затвори з автоматикою, а неавтоматичні – це поршневі затвори або клинові без автоматики.



Рисунок 4.22 – Класифікація затворів

Затвор гільзової обтюрації – це затвор гармати гільзового заряджання, у якій обтюрація порохових газів у каналі ствола здійснюється за допомогою гільзи. До них належать клинові та поршневі затвори гармат 2С1, 2С3М, Д-30, Д-20, Т-12 та інші.

Затвор безгільзової обтюрації – це затвор гармати картузного заряджання, у якій обтюрація порохових газів у каналі ствола здійснюється за допомогою спеціального пристрою, наприклад, пластичного або пружного обтюратора. До них належать поршневі затвори з пластичним обтюратором 160-мм мінометів, 203-мм гаубиць Б-4М, самохідних артилерійських гармат 2С9, 2С7.

Клиновий затвор – це затвор гармати, у якій замикаючою деталлю служить клин, розташований у клиновому пазу казенника. Клинові затвори поділяються на вертикальні та горизонтальні.

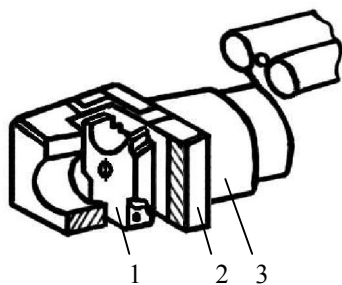


Рисунок 4.23 – Схема будови вертикального затвора:
1 – клин; 2 – казенник; 3 – труба

Вертикальний затвор – це клиновий затвор з вертикальним переміщенням клина в клиновому пазу казенника при відкриванні та закриванні затвора.

Вертикальний клиновий затвор використовується в тих випадках, де передбачається упродовження автоматички.

Горизонтальний затвор – це клиновий затвор з горизонтальним переміщенням клина в клиновому пазу казенника при відкриванні та закриванні затвора.

Затвор з горизонтальним розташуванням клина використовується у тих випадках, коли вага клина є значною, а застосування автоматички не передбачається (наприклад, М-46).

Клинові затвори мають високу надійність замикання каналу ствола, відрізняються відносною простотою будови та можливістю застосування автоматички, але вони мають підвищену вагу та утруднену обтюрацію порохових газів при картузному заряджанні. Клинові затвори використовуються в гарматах гільзового заряджання калібром до 152-мм включно.

Поршневий затвор – це затвор гармати, у якому замикаючою деталлю служить поршень, який утвинчується по різьбі у затворне гніздо казенника.

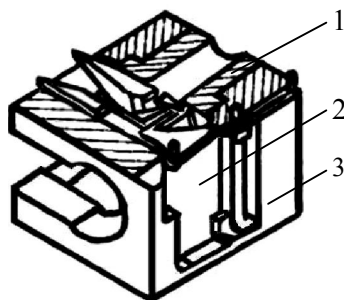


Рисунок 4.24 – Схема будови горизонтального затвора:
1 – труба; 2 – клин; 3 – казенник

Введення та угвинчування поршня у затворне гніздо казенника може здійснюватися за різну кількість прийомів – тактів. Залежно від цього поршневі затвори поділяються на дво- та тритактні.

Двотактний затвор – це такий поршневий затвор, закривання якого здійснюється за два такти: спочатку поршень вводиться у гніздо при повороті затворної рами, а потім поршень повертається за аналогічні сектори затворного гнізда казенника.

Тритактний затвор – це такий поршневий затвор, закривання якого здійснюється за три такти: спочатку поршень вводиться у гніздо при повороті затворної рами, потім просувається по осі каналу ствола і тільки після цього повертається по різьбі казенника і зачіпляється за його нарізні сектори.

У дво- і тритактних затворах у період першого такту рух центра мас поршня здійснюється по дузі кола, центр якої відповідає центру обертання осі рукоятки затвора. Більшість поршневих затворів є двотактними (М-30, 2С7, Д-1), тритактних – значно менше (Б-4М).

Поршневі затвори мають відносно невелику вагу та забезпечують надійну обтюрацію порохових газів при картузному заряджанні, але вони мають і деякі недоліки: складність конструкції і трудність автоматизації. Викорис-

товуються поршневі затвори в гарматах гільзового заряджання калібром від 122-мм та більше.

4.1.7.2. Механізми та пристрої затвора

Відповідно до призначення і вимог затвор складається з основних та допоміжних механізмів та пристроїв.

Основні механізми та пристрої призначені для замикання і відмикання каналу ствола, здійснення пострілу і екстракції (викидання) гільзи після пострілу. До них належать: замикаючі механізми, стріляючі пристрої, екстрактори.

Допоміжні механізми та пристрої призначені для забезпечення зручності і полегшення роботи обслуги при заряджанні гармати та здійсненні пострілу. До них належать: утримувальні механізми, механізми повторного зводу ударника, механізми полегшення заряджання, автоматика (тільки у напівавтоматичних та автоматичних затворах).

Крім основних та допоміжних механізмів і пристроїв, затвор має ще й *запобіжні механізми і пристрої*, які призначені для забезпечення безпеки під час стрільби. До них належать: запобіжники передчасного спуску (Т-12, Д-30), інерційні запобіжники (М-30, М-46), механізми взаємного замикання (М-46, 2Б9), механізми блокування спуску та інші механізми і блокувальні пристрої (Д-30, 2А31, 2А33).

Залежно від конструкції конкретного зразка гармати її затвор може не мати окремих механізмів та пристроїв.

4.1.7.3. Призначення, принцип будови і дії замикаючого механізму

Однією з вимог до затворів є надійне замикання каналу ствола під час пострілу. Це означає, що перед пострілом затвор гармати повинен бути не тільки закритим, але й надійно замкненим, а його частини повинні займати таке

положення, з якого неможливе відкривання затвора у момент пострілу.

Таким чином, замикаючий механізм призначений для надійного замикання каналу ствола під час пострілу.

Розрізняють два типи замикаючих механізмів: клиновий, поршневий.

До конструкції замикаючого механізму встановлюються такі основні *вимоги*: забезпечення надійного замикання клина (поршня) під час пострілу, виконується за рахунок створення самогальмування клина (поршня) у казеннику та введення замикаючої ланки механізму; забезпечення щільного замикання каналу ствола, щоб запобігти прориванню порохових газів.

Основні деталі замикаючого механізму клинового типу: клин затвора, осі кривошипів, кронштейн із роликами і упорами, рукоятка для відкривання затвора.

Клин затвора – замикаюча деталь клинового затвора, яка переміщується поперек осі каналу ствола при закриванні та відкриванні затвора і має форму призматичного клина.

У клині затвора виготовляється основний паз, який призначається для спрямування ролика або повзуна кривошипа затвора та перетворення руху кривошипа в поступальний рух клина затвора.

Клин затвора має:

- *дзеркало* – призначене для опори дна гільзи;
- *скіс* – призначений для досилання гільзи та запобігання упирання клина у фланець гільзи;
- *лоток* – призначений для зручності заряджання та збільшення бокової поверхні без зростання маси клина;
- *осьовий канал* – призначений для розміщення ударника з пружиною;
- *основні (фігурні) пази* – призначені для роликів кривошипів і забезпечення замикання затвора при пострілі;
- *задня грань* – призначена для: забезпечення швидкого та легкого відкривання затвора, досилання гільзи при переміщенні вгору, самогальмування в момент пострілу.

Задня грань нахилена під кутом $1^{\circ}20'$ - $1^{\circ}40'$ для того, щоб сили тертя були більше сил, що намагаються відкрити затвор. Клин переміщується перпендикулярно до осі каналу ствола, замикаючи його і паралельно осі каналу ствола досилає гільзу. При відкриванні затвора нахил задньої грані ліквідує натяг між дном гільзи та дзеркалом клина.

Кривошип затвора – це важіль привода клинового затвора, який передає рух клина та жорстко зв'язаний з віссю затвора. Кривошип забезпечує переміщення клина при відкриванні і закриванні затвора та виключення самовільного відмикання каналу ствола у випадку порушення умови самогальмування клина.

За кількістю і розташуванням кривошипів замикаючі механізми можуть бути з одним або з двома боковими кривошипами, або з одним центральним кривошипом.

Вісь затвора (кривошипів) розміщується у казеннику і за допомогою шліцьового з'єднання жорстко зв'язана з кривошипом. Вісь має гладку ділянку з сегментним вирізом для розміщення рукоятки затвора та зв'язку з нею. За розміщенням осі затвора відносно клина розрізняють затвори з переднім та заднім розташуванням осі затвора.

Переднє розташування вісі затвора є більш раціональним, оскільки під час відкоту сила інерції самого кривошипа відносно осі обертання створює момент, який сприяє замиканню та утриманню клина в закритому положенні.

При задньому розташуванні осі затвора виникає момент, який діє в протилежному напрямку.

Рукоятка затвора призначена для повороту осі затвора з кривошипами при відкриванні та закриванні затвора і має важіль для з'єднання з віссю затвора та клямку для застопорення рукоятки у робочому положенні. Для зручності роботи кут повороту рукоятки у вертикальних затворів становить $80 - 100^{\circ}$, а у горизонтальних – до 120° .

Рукоятка, вісь затвора і кривошипи складають привід затвора, який призначений для надання руху замикаючій деталі затвора. За наявністю автоматики затвора цей при-

від є допоміжним, оскільки він буде використовуватися для відкривання та закривання затвора без стрільби.

Дія замикаючого механізму клинового типу

Замикання каналу ствола відбувається таким чином: кривошип, який повертається разом із віссю, тисне на фігурний паз клина і переміщує його вертикально у гнізді казенника. Оскільки задня грань нахилена відносно дзеркала, то рух клина відбувається не тільки вертикально, але й трохи вперед. При цьому клин передньою гранню досилає гільзу в камору і, досягаючи певного положення, замикає канал ствола. Кривошип не дає можливості клину переміститися в зворотному напрямку.

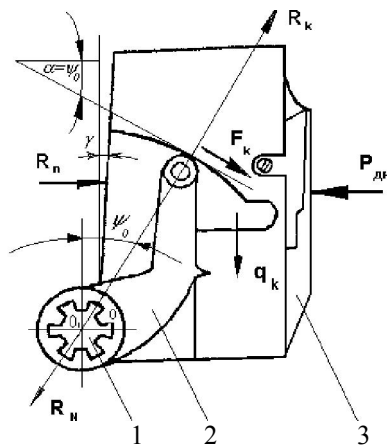


Рисунок 4.25 – Клиновий замикаючий механізм:
1 – вісь кривошипа; 2 – кривошип; 3 – клин

Для надійного замикання каналу ствола необхідно виключити можливість переміщення клина через дію на нього сил під час пострілу, а для цього треба забезпечити умову самогальмування клина і мати замикаючу ланку в механізмі.

Самогальмування клина у затворному гнізді забезпечується, якщо кут скошування клина γ менше суми коефіцієнтів тертя клина по казеннику та гільзі:

$$\gamma \leq f_1 + f_2 \quad \text{при} \quad f_1 \approx f_2 \quad \gamma \leq 2f. \quad (4.11)$$

Ця умова необхідна, але недостатня, оскільки при експлуатації кут γ залишається постійною величиною, а коефіцієнти тертя f_1 та f_2 можуть змінюватися в широких межах і залежать від якості та кількості мастила. Отже, може настати момент, коли умова самогальмування не буде виконуватись і виникне самовільне відкривання затвора. Саме цьому до складу затвора входить замикаючий пристрій, який являє собою сукупність кривошипа і основного паза клина.

При порушенні умови самогальмування на кривошип з боку клина діє сила R_N , яка прагне повернути кривошип. Окрім цього, між кривошипом і клином діє сила тертя F_K . Для виключення повороту кривошипа з віссю під дією сил R_N і F_K необхідно, щоб момент сил відносно цієї осі дорівнював нулю або був спрямований у бік закриття клина.

Замикаючі механізми поршневого типу

Поршневий замикаючий механізм складається з: поршня, поворотної затворної рами, рукоятки з ручкою, гребінки зі стопором, осі затвора.

Поршень – це деталь затвора у вигляді поршня, яка призначена для замикання каналу ствола і має нарізку для зчеплення з казенником або стволом. Бокова поверхня поршня затвора має чотири сектори: два гладких і два нарізних. Такі затвори отримали назву одноступеневих, оскільки у них на кожний гладкий сектор припадає один нарізний, що утворює один ступінь.

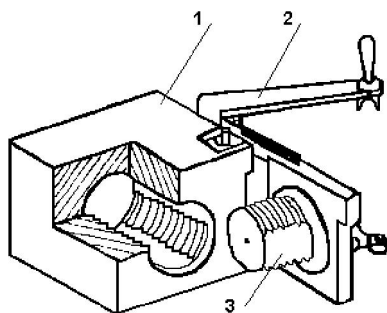


Рисунок 4.26 – Поршневий замикаючий механізм:
1 – казенник; 2 – рукоятка; 3 – поршень

Для підсилення міцності зчеплення поршня з казенником без збільшення його довжини використовують дво- і триступеневі поршні, у яких на кожний гладкий сектор припадає два або три нарізних. Але багатоступеневі затвори більш складні у виготовленні, а тому без гострої необхідності використовувати їх не слід.

Передня торцева поверхня поршня є дзеркалом, на яке спирається дно гільзи. У центрі дзеркала є отвір для виходу бойка ударника, а в тілі поршня вироблено канал для розміщення стріляючого пристрою.

На задньому зрізі поршня є дуговий приплив, на широкій частині якого зроблено три зубці для зчеплення з гребінкою.

Поворотна затворна рама – призначена для розміщення поршня затвора гребінки зі стопором та введення поршня в казенник при закриванні і виведення поршня при відкриванні каналу ствола. Вона з'єднує затвор зі стопором і має вухо, яке міститься у провушнику казенника ствола і шарнірно з'єднується з казенником за допомогою осі рукоятки. Вісь рукоятки є віссю обертання рами.

З внутрішнього боку рама має патрубок з гвинтовою нарізкою для угвинчування поршня, а всередині – канал гнізда для стріляючого пристрою.

Рукоятка затвора – призначена для повороту осі з затворною рамою та поршнем і переміщення гребінки для повороту поршня і замикання каналу ствола.

Рукоятка затвора за допомогою своєї осі з'єднує раму затвора з казенником і служить для відкривання та закривання затвора. Рукоятка має зубець для зчеплення з рамою при закритому затворі. Стопор рукоятки утримує затвор у відкритому положенні. Він має вигляд довгого важеля з цапфами і напрямним потовщенням.

Ручка рукоятки призначена для повороту рукоятки, а при закритому затворі – для зчеплення рукоятки з рамою затвора.

Гребінка – призначена для повороту поршня у поршневому гнізді казенника. Вона розташовується у гнізді рами. Гребінка має п'ять зубців, за допомогою яких вона зчіплюється з зубцями поршня.

Стопор гребінки під час закривання не дає можливості гребінці повертати поршень, поки він повністю не ввійде у поршневе гніздо казенника.

Вісь затвора – розміщується у казеннику і жорстко зв'язана з рукояткою, а через шпонку і з рамою затвора.

Поворотна затворна рама, гребінка і рукоятка затвора складають привід затвора, призначений для надання руху замикаючій деталі затвора – поршню.

Дія замикаючого поршневого пристрою

Закривання затвора: при повороті рукоятки повертається вісь, а з нею і затворна рама – поршень вводиться в поршневе гніздо казенника. У кінці повороту затворної рами відбуваються переміщення гребінки і поворот поршня у затворному гнізді. Поршень зчіплюється своїми нарізами з нарізами поршневого гнізда казенника і переміщується по осі каналу ствола, забезпечує досилання гільзи вперед. Рукоятка своїм зубцем зчіплюється з затворною рамою, здійснюючи застопорення затвора у закритому положенні. Процес відкривання затвора здійснюється у зворотному напрямку.

Гвинтова нарізка поршня забезпечує легке відкривання затвора. Поворот поршня до розчеплення з нарізними секторами поршневого гнізда казенника супроводжується осьовим переміщенням назад, що різко зменшує натяг між передньою поверхнею поршня і дном гільзи, а також між опорними поверхнями нарізних секторів поршня та гнізда казенника.

Секторне виготовлення нарізів підвищує швидкодію поршневого затвора шляхом зменшення кута повороту поршня при відкриванні та закриванні затвора. Для зручності відкривання двотактних затворів кут повороту рукоятки не повинен бути більшим, ніж 120° . Щоб уникнути перекосу поршня, він повинен бути добре відцентрованим і мати довжину, порівнянну з його діаметром. Збільшення поршня викликає необхідність введення тритактного відкривання затвора.

Для надійного замикання каналу ствола необхідно виключити можливість повороту поршня під впливом на нього сил тиску порохових газів при пострілі. Для цього треба виконувати нарізку секторів на поршні самогальмуючою і мати замикаючу ланку в механізмі. Самогальмування поршня забезпечується вибором кута нахилу витків γ до 1° .

Роль замикаючої ланки, яка виключає можливість самовільного відмикання затвора під час пострілу і особливо за умови великої кількості мастила на нарізних секторах, виконує зубець рукоятки, який зчіплюється з рамою або казенником.

Незалежно від кількості секторів міцність зчеплення одноступеневих поршневих затворів залишається практично однаковою, оскільки для зчеплення використовується тільки 50% поверхні нарізів.

Підвищити міцність зчеплення поршня з казенником можливо за рахунок використання багатоступеневих поршневих затворів, у яких на кожний гладкий сектор припадає 2 – 3 нарізних. Але такі поршні більш складні у виготовленні.

ні і можуть призвести до втрати самогальмування, оскільки у багатоступеневих затворів крок гвинтової лінії нарізки - однаковий, а виконується вона на циліндричних поверхнях різного діаметра, де кут нахилу гвинтової лінії - різний. Це може призвести до того, що кут нахилу гвинтової лінії нарізки, розташованої за найменшим діаметром, не буде самогальмуючим.

Способи обтюрації порохових газів

Гарматний обтюратор – це пристрій, який запобігає прориву порохових газів через затвор під час пострілу. Латинське слово “*obturo*” – закупорювати, закривати вихід.

Затвор повинен забезпечити міцне та щільне замикання каналу ствола при пострілі. Це означає, що необхідно здійснити обтюрацію порохових газів і не допустити зривання замикаючої деталі. Міцне замикання забезпечується затвором, а щільне - спеціальним гарматним обтюратором.

Застосовуються такі способи обтюрації: обтюрація гільзою, обтюрація пластичним обтюратором.

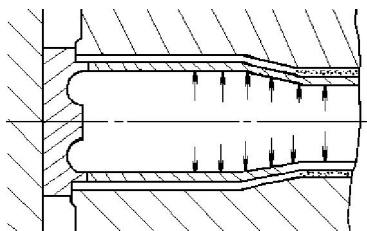


Рисунок 4.27 – Обтюрація гільзою

Обтюрація гільзою використовується як у клинових, так і у поршневих затворах. Гільзова обтюрація забезпечує: надійну обтюрацію газів, зручність заряджання, збереження бойового заряду, одноманітність його запалювання.

Недоліки гільзової обтюрації: значна пасивна маса гільзи у складі пострілу (маса може досягати 20 – 30% від маси пострілу), висока вартість гільзи.

Обтюрація пластичним обтюратором також забезпечує надійну обтюрацію, яка дозволяє позбавитися гільзи. Цей спосіб застосовується у гармат з картузним заряджанням.

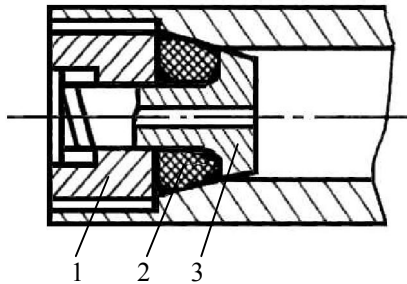


Рисунок 4.28 – Обтюрація пластичним обтюратором:
1 – поршень; 2 – обтюраторна подушка; 3 – грибоподібний стрижень

Основними недоліками обтюрації пластичним обтюратором є: ускладнення конструкції затвора, мала живучість, залежність роботи від температури навколишнього середовища, низька швидкість стрільби.

Основними елементами конструкції пластичного обтюратора є: обтюраторна подушка, грибоподібний стрижень, поршень.

Обтюраторна подушка виготовляється з матеріалів, які мають високу пластичність, достатню міцність і жаростійкість: гумоазбест; пластмаса; суміш азбесту з жирами, яка розміщена в металевій сітці.

Під час пострілу грибоподібний стрижень тисне на обтюраторну подушку. Подушка притискується до стінок конуса камори і замикає газу. Для того щоб подушка надійно замикала газу, тиск у ній при пострілі повинен бути більшим, ніж тиск газів. Це досягається шляхом використання принципу мультиплікації тиску.

До пластичних обтюраторів ставляться такі *вимоги*: матеріал подушки повинен мати високу температуру плавлення і не прилипати до стінок гнізда затвора, повинен не перешкоджувати відкриванню затвора і вільно витягатися із гнізда, бути простим і дешевим у виробництві, надійним в експлуатації, легко піддаватися ремонту та заміні в бойових умовах.

4.1.7.4. Призначення, принцип будови та дії стріляючого пристрою

Стріляючі пристрої – це механізми здійснення пострілу або сукупність деталей та пристроїв, які забезпечують безпосереднє здійснення пострілу.

Стріляючі пристрої призначені для приведення до дії засобів запалювання бойових зарядів під час здійснення пострілу.

До стріляючих пристроїв ставляться такі *вимоги*: надійне запалення засобів запалювання, достатня живучість, зручність експлуатації, а саме – легкість розбирання та складання.

Залежно від виду енергії, яка надається засобам запалювання у вигляді початкового імпульсу (удар або нагрівання), розрізняють три типи стріляючих пристроїв: ударні, електричні, електроударні.

Ударні стріляючі пристрої приводять до дії засоби запалювання шляхом удару по них. Ударні засоби запалювання - це капсульні втулки та ударні трубки.

Електричні стріляючі пристрої приводять до дії засоби запалювання, використовуючи теплову дію електричної енергії.

Електроударні стріляючі пристрої – це пристрої подвійної або комбінованої дії, у яких засоби запалювання приводяться до дії шляхом удару по них або шляхом використання теплової дії електричної енергії залежно від типу засобів запалювання.

Ударні стріляючі пристрої складаються з двох самостійних механізмів: ударникового механізму, спускового механізму.

Ударниковий механізм – призначений для приведення до дії засобів запалювання бойового заряду після удару по них ударником. Основні деталі механізму – це ударник з бойком та бойова пружина. Для забезпечення надійної дії ударникового механізму ударник повинен мати достатню кінетичну енергію.

Залежно від виду руху деталі, яка безпосередньо отримує енергію від бойової пружини, ударникові механізми поділяються на: безкуркові, куркові.

Безкурковий ударний механізм – це ударниковий механізм, у якому рух ударнику надається шляхом безпосередньої дії на нього бойової пружини.

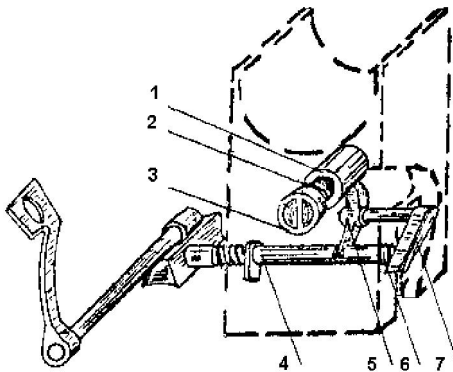


Рисунок 4.29 – Безкурковий ударний механізм:

- 1 – ударник з бойком; 2 – бойова пружина; 3 – кришка; 4 – стопор зводу з пружиною; 5 – звід ударника; 6 – пружина; 7 – вісь зводу

Курковий ударний механізм – це ударний механізм, у якому рух ударнику надається безпосередньо через курок. Найбільше поширення він отримав серед поршневих затворів, а також серед клинових затворів з безударним відкриванням клина.

Зведення ударника відбувається під час повороту валика з кулачком, який тисне на курок ударника, перемі-

щуючи його, і стискує бойову пружину. При подальшому повороті валика кулачок зіскакує з курка, і відбувається спуск. Ударник під дією бойової пружини переміщується вперед і наносить удар бойком по засобу запалювання. Після спуску кулачок з валиком під дією своєї пружини знову повертається у вихідне положення, відтискуючи коротким плечем ударник назад.

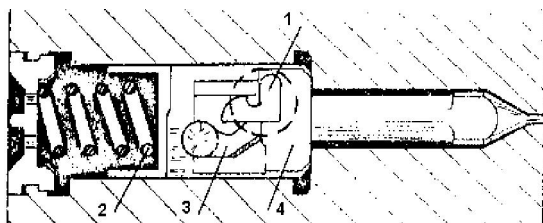


Рисунок 4.30 – Курковий ударний механізм:

1 – кулачок з валиком; 2 – бойова пружина; 3 – курок ударника; 4 – ударник з бойком

Спусковий механізм стріляючого пристрою – це механізм ударного стріляючого пристрою, який призначений для приведення до дії ударного механізму і спуску ударника або курка.

Спускові механізми залежно від їх кінематичної схеми поділяються на спускові механізми механічної та електромеханічної дії.

Спускові механізми механічної дії – це такі механізми, в яких зусилля стріляючого від спускової деталі або рукоятки до спускового важеля передається через кінематичне коло деталей.

До складу спускових механізмів артилерійських автоматів входить не тільки механізм ручного спуску, а й механізм автоматичного спуску.

Спускові механізми механічної дії мають такі *недоліки*:

- значний час спрацьовування (0,07 – 0,2 с);
- зусилля спускової рукоятки повинно бути 2 – 4 кг;

- хід рукоятки 20 – 50 мм.

Механізм автоматичного спуску – це кінематичне коло деталей, яке закінчується автоматичним спусковим важелем (автошепталом). Цей важіль утримує ударний механізм від спрацьовування до тих пір, поки не відбудеться необхідне спрацьовування механізмів автоматики гармати.

Спусковий механізм електромеханічної дії складається з двох частин: електричної та механічної.

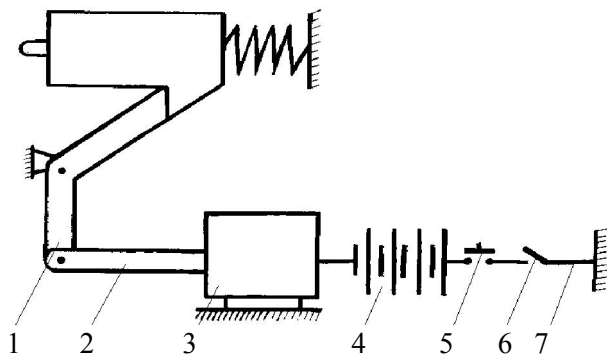


Рисунок 4.31 – Склад спускового механізму електромеханічної дії:

1 - спусковий важіль; 2 - шток; 3 – електромагніт; 4 – джерело струму (батарея); 5 – гашетка; 6 – блокувальний контакт; 7 – з'єднувальні дроти

Позитивні якості механізму автоматичного спуску:

- зручність компонування та можливість введення блокувань;
- малий час спрацьовування.

Недолік механізму автоматичного спуску: необхідність старанного регулювання з причин різного місцезнаходження складових частин механізму у затворі, у казеннику і т.д.

Спускові механізми електромеханічної дії використовуються в самохідних артилерійських системах.

Для надійного розбивання капсульної втулки ударник повинен мати певний запас кінетичної енергії, яка, враховуючи досвід проектування, береться в межах:

для латунних втулок – 3,5 – 4,5 Нм;

для сталевих втулок – 7 – 12 Нм.

Чим менше величина енергії, необхідної для розбивання капсульної втулки, тим небезпечнішою буде втулка у поводженні з нею.

Збільшувати енергію розбивання теж не має сенсу, бо це приводить до створення потужних ударних механізмів.

Вихід бойка ударника береться в межах 2 – 2,7 мм (1,8 – 2,0 мм).

Нижня межа береться за умови надійності спрацювання капсульної втулки, а верхня межа - за умови її пробиття.

Під час зведення ударник відтягується назад на деяку величину λ , яка називається *робочим ходом*.

Величина λ , враховуючи конструктивні міркування, дорівнює 10 – 20 мм.

При зведенні ударника відбувається стиснення бойової пружини. Після спуску ударник рухається з певною швидкістю.

Рекомендується, щоб швидкість ударника у момент нанесення удару дорівнювала (щоб отримати допустимі габарити механізму):

$V_y = (5 - 7) \text{ м/с}$ – для латунних втулок;

$V_y = (10 - 20) \text{ м/с}$ – для сталевих втулок.

Діаметр бойка розраховується таким, щоб під впливом порохових газів, які тиснуть на дно каналу ствола, не відбувалося вибивання пробки з дна капсульної втулки в отвір для виходу бойка в клині (поршні). Діаметр цього отвору, а також і діаметр бойка розраховуються за спеціальними формулами.

Для того щоб ударник не спрацьовувався і не зламався, необхідно, щоб конструкція ударного механізму передбачала відхід його назад після удару по капсулю ударника з бойком на величину виходу бойка ударника (М-30). Якщо цього немає, то конструкція ударного механізму повинна забезпечити під час відкривання затвора спочатку зведення і тільки потім рух клина (Т-12, Д-30, 2А31, 2А33).

4.1.7.5. Призначення, принцип будови та дії екстрактора

Витягування і викидання зарядної гільзи з каморної частини ствола після пострілу отримало назву *екстракції зарядної гільзи*. Екстракція гільзи у сучасних гарматах з поршневыми і клиновими затворами здійснюється за допомогою екстракторів, які приводяться до дії замикаючими деталями затвора.

Гільзи під час екстракції з каналу ствола отримують енергію через екстрактор за рахунок руху замикаючої деталі затвора.

Екстрактор – пристрій, який належить до комплексу механізмів перезарядження гармати і призначений для екстракції зарядної гільзи.

Екстрактор повинен забезпечувати надійне витягування гільзи із каналу ствола і відкидання її на 1,5 – 2 м від казенника гармати в таке місце, де гільза не буде заважати роботі обслуги гармати.

Основні *вимоги* до конструкції екстракторів: надійне і спрямоване викидання гільзи на потрібну відстань; безпечне викидання гільзи за межі гармати; достатня міцність та простота конструкції.

За конструкцією екстрактори поділяються на: важільні (прості та плаваючі), кулачкові.

За характером прикладання навантаження до гільзи: ударні, безударні.

Важільні екстрактори можуть бути ударними і безударними, простими і плаваючими, а кулачкові – тільки безударними плаваючими.

Важільний екстрактор – це екстрактор, який складається з одного або двох двоплечових важелів зі спільною віссю обертання.

Екстрактор з двоплечовим важелем використовується у механізмах перезаряджання неавтоматичних гармат з поршневи́ми затворами, а з двома – в клинових затворах.

Простий важільний екстрактор – це такий екстрактор, вісь якого не переміщується відносно казенника під час екстракції зарядної гільзи, а вісь плаваючого екстрактора переміщується відносно казенника в поперечному напрямку при екстракції гільзи.

Кулачковий екстрактор – це екстрактор у вигляді кулачка з цапфами, які взаємодіють зі стінками копірних пазів клина затвора і казенника.

Ударний екстрактор – це простий важільний екстрактор, під час дії якого відбувається стрибкоподібна зміна швидкості гільзи. Такий екстрактор унаслідок удару кулачка клина або вкладиша рами затвора у коротке плече надає гільзі початкового імпульсу, гільза витягується з камори ствола і викидається за межі казенника.

Безударний екстрактор – це плаваючий важільний або кулачковий екстрактор, під час дії якого відбувається плавна зміна швидкості екстракції зарядної гільзи.

Такий екстрактор спочатку зрушує гільзу в камері ствола гармати, а потім з усе зростаючою швидкістю викидає її за межі казенника гармати. Це забезпечує плавну роботу та вигідний розподіл зусиль на важелі.

У затворах сучасних гармат найбільше поширення отримали прості важільні екстрактори ударної дії; плаваючі важільні та кулачкові екстрактори безударної дії зустрічаються не так часто.

Простий важільний екстрактор ударної дії (рис. 4.32) отримав поширення як у клинових, так і в поршневих за-

творих сучасних гармат (Д-30, Д-48, М-30, Д-1 і т.д.) і являє собою двоплечовий важіль, на довгому плечі якого є захват для з'єднання з фланцем гільзи, а на короткому – виступ для взаємодії з кулачком або вкладишем затвора. Коротке плече називається лапкою затвора. Воно у 5 – 6 разів менше довгого плеча. Окрім цього, довге плече екстрактора клинового затвора має зачіп, який утримує клин у нижньому положенні, при відкритому затворі. Вісь обертання екстрактора з'єднується з екстрактором шпонкою, ширина якої приблизно у два рази менше ширини шпоночного паза, що забезпечує вільне і незалежне обертання екстрактора на осі і підвищує безпеку поводження з затвором. Так, у випадку розчеплення з кулачком клина одного екстрактора або його поломки клин буде утримуватися іншим екстрактором.

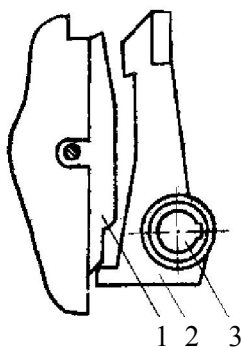


Рисунок 4.32 – Важільний екстрактор:

1 – кулачок екстрактора; 2 – двоплечовий важіль; 3 – вісь екстрактора

У клинових затворах використовують два екстрактори, що забезпечує надійність їх дії та відсутність перекосу гільзи під час її екстракції.

Кулачок екстрактора закріплюється на клині затвора.

Дія простого екстрактора ударної дії

Після пострілу під час накату відкотних частин гармати або при ручному відкриванні затвора клин переміщується вниз, різко б'є кулачками екстракторів по виступах лапок екстракторів, які повертаються відносно осі. Захвати екстракторів входять до контакту з фланцем гільзи. Оскільки гільза нерухома, то швидкість обертання екстракторів уповільнюється і починається деформація довгих плеч та поступальне переміщення гільзи. Екстрактори викидають гільзу з камори і надають їй певної швидкості. Відділення гільзи від захватів екстракторів відбудеться в той момент, коли контактне зусилля буде відсутнє.

Зачепа захоплюють виступи кулачків екстракторів і утримують клин у нижньому положенні. Шлях, на якому екстрактор діє на гільзу, дорівнює кільком сантиметрам, а швидкість гільзи – 5 – 10 м/с.

Закривання затвора здійснюється шляхом скидання зачепів екстракторів із верхніх виступів кулачків клина фланцем гільзи або поворотом осі екстракторів важелем скидача.

При використанні екстрактора в поршневому затворі ставлять один двоплечовий важіль, на лапку якого діє вкладиш рами затвора при відкриванні його рукояткою.

Розглянутий екстрактор простий за конструкцією і надійний в роботі, але наявність ударних навантажень на деталі механізму і фланець гільзи обмежують його використання. Екстрактори такого типу встановлюються в гарматах, які мають відносно невелику масу гільз та калібр до 130 – 152 мм включно.

Плаваючий важільний екстрактор безударної дії (рис. 4.33) – це такий екстрактор, який використовується у гарматах порівняно великої потужності з клиновими затворами і відрізняється наявністю у двоплечових важелях овальних стволів, які дозволяють важелям переміщуватися відносно осі.

Робота таких екстракторів виконується за 2 етапи, що визначається профілем кулачка та засобом кріплення важелів.

На першому етапі здійснюється зрушення гільзи у камері ствола за рахунок незначного повороту важелів екстракторів відносно осі внаслідок того, що отвори важелів виконані овальної форми. Переміщення екстракторів зумовлене тим, що на них діють похилі ділянки кулачків, які розміщені на клині. У цей час за рахунок великого плеча дія сили тиску захватів екстрактора на зарядну гільзу досягає значної величини.

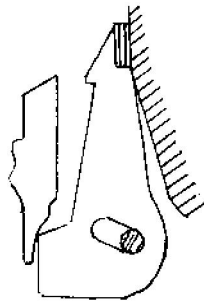


Рисунок 4.33 – Плаваючий важільний екстрактор безударної дії

На другому етапі здійснюється удар кулачків клина по лапках екстракторів, які, повертаючись з великим кутовим прискоренням, своїми захватами енергійно викидають з каналу ствола гільзу, зрушену раніше.

Плаваючий кулачковий екстрактор безударної дії (рис. 4.34) складається з двох незалежних один від одного кулачків, які споряджені рухомим пристроєм.

У нижній частині кулачки мають співвісно розташовані внутрішні та зовнішні цапфи. Зовнішні цапфи розміщуються в дугоподібних пазах казенника, утримуючи кулачки від випадання з нього, а внутрішні цапфи – у фігурних пазах клина.

При відкриванні затвора задня стінка паза клина діє на внутрішні цапфи кулачків і зрушує їх до казенного зрізу ствола. При переміщенні цапф до казенного зрізу ствола передня фігурна поверхня кулачків спирається на площину казенного зрізу ствола і здійснюється поворот кулачків екстрактора. Внаслідок цього захвати відходять назад і відбувається екстракція гільзи.

Фігурна поверхня кулачків виконана таким чином, що лінія її контакту з казенним зрізом ствола у процесі повороту кулачків (хитання їх по казенному зрізу ствола) зміщується ближче до цапф, збільшуючи верхнє плече кулачків екстрактора. Такий пристрій дозволяє спочатку прикласти до фланця гільзи велике зусилля і плавно з невеликою швидкістю зрушити її, звільняючи від затискання. Під час збільшення верхнього плеча при повороті кулачків здійснюється плавне збільшення швидкості екстракції гільзи до необхідної величини.

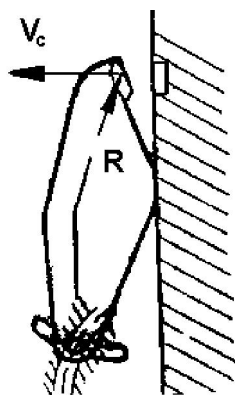


Рисунок 4.34 – Плаваючий кулачковий екстрактор безударної дії

У кінці відкривання затвора внутрішні цапфи кулачків спиняються в такому положенні, що під час руху клина до закривання він площиною пазів упирається у відповідні лиски цапф і залишається у нижньому положенні. Затвор

буде відкритим у нижньому положенні до моменту виведення кулачків з “мертвого положення” фланцем гільзи або скидачем.

Під час руху клина вгору при закриванні затвора і повороті кулачків здійснюється досилання гільзи скосом клина в камору ствола. Позитивною якістю такого екстрактора є плавність дії при великих зусиллях у період зрушення зарядної гільзи.

Недоліки – це складність виготовлення та малий коефіцієнт корисної дії (ККД) внаслідок великих втрат на тертя цапф кулачків у фігурних пазах казенника і клина та робочої грані кулачків по передній грані клинового гнізда.

Використовуються екстрактори такого типу дуже рідко (Д-20, 2С3М).

4.1.7.6. Призначення, принцип будови та дії автоматики затвора

Затвор, під час дії якого деякі операції виконуються автоматично, називається напівавтоматичним.

Відповідно до цього механізми затвора, які забезпечують автоматичну дію затвора, називаються *механізмами автоматики*, або *автоматикою затвора*.

Автоматизації підлягають основні і найбільш трудомісткі операції, такі, як відкривання і закривання затвора і т.д.

Автоматика затвора – це основний привід затвора, який забезпечує автоматичне відкривання і закривання затвора при перезаряджанні гармати під час стрільби.

Вимоги до конструкції механізмів автоматики: висока надійність, безпека і живучість автоматики; висока компактність і зручність експлуатації; дія автоматики не повинна суттєво впливати на роботу ПВП.

Для приведення до дії вищезазначених механізмів, як правило, використовується енергія накату, в інших випадках – енергія відкоту.

Використання автоматики полегшує роботу з затвором, збільшує швидкість стрільби.

Автоматика використовується для гармат малих і середніх калібрів з клиновими затворами. Клинові затвори є найбільш простими для введення автоматики.

За характером дії автоматика затворів поділяється на ударну і безударну.

Ударна автоматика затвора – це така автоматика, під час дії якої відбувається стрибкоподібна зміна швидкості її деталей.

Безударна автоматика затвора – це така автоматика, під час дії якої здійснюється плавна зміна швидкості її деталей.

Автоматика клинових затворів за характером акумуляції енергії для наступного приведення автоматики до дії поділяється на: примусову, інерційну, інерційно-примусову.

Автоматика клинового затвора – це основний привід затвора, який забезпечує автоматичне відкривання затвора під час нахату відкотних частин гармати і закривання його при досиланні зарядної гільзи в камору ствола.

Примусова автоматика клинового затвора - це автоматика з примусовим стисненням пружини під час акумуляції енергії для наступного приведення до руху клина або безпосередньо примусового його переміщення.

Така автоматика набула поширення в клинових затворах сучасних напівавтоматичних артилерійських гармат.

Інерційна автоматика клинового затвора – це автоматика з попередньою акумуляцією енергії пружинами під дією інерції масивного тіла, яке під час відкоту прагне залишитися на місці і стискає пружини для наступного приведення до дії клина затвора.

Інерційно-примусова автоматика клинового затвора – це автоматика подвійної дії, наприклад, зведення закри-

ваючої пружини інерційним тілом, а відкриття затвора - за допомогою копіра або навпаки.

Автоматика інерційного і інерційно-примусового типу – це автоматика складна за конструкцією, робота якої залежить від умов заряджання. Саме тому автоматика цих типів останнім часом не знаходить застосування.

Розглянемо примусову автоматику. Примусова автоматика клинового затвора складається із механізмів відкривання та закривання затвора.

Механізми відкривання затвора – це сукупність деталей основного привода затвора, які призначені для його автоматичного відкривання після пострілу.

Механізми відкривання затвора за конструкцією можуть бути: копірними, скалочними, пружинними скалочними.

Копірний механізм відкривання затвора – це механізм відкривання клинового затвора, якому енергія руху надається в результаті взаємодії кулачка затвора з копіром. Для своєї роботи копірний механізм використовує енергію накату відкотних частин і залежно від профілю паза клина може бути як ударної (рис. 4.35), так і безударної дії (рис. 4.36).

Копір шарнірно кріпиться на люльці. Кулачок встановлюється і кріпиться на осі кривошипа затвора.

Дія *копірного механізму ударної дії* полягає в такому:

- при відкоті – копір відтискує кулачок і проходить за нього;

- при накаті – кулачок набігає на копір. Копір змушує кулачок повернутися разом з віссю кривошипів. При цьому кривошипи опускають клин. Затвор відкривається.

Такий механізм застосовується в гарматі ЗІС-2. До цього типу можна віднести і механізм гаубиці Д-30.

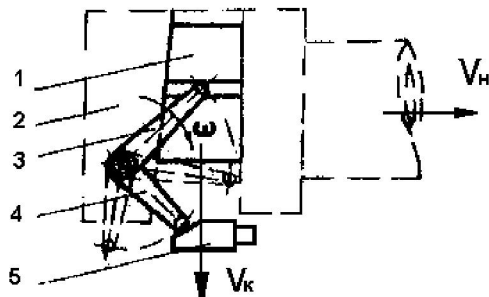


Рисунок 4.35 – Копірний механізм ударної дії:

1 – клин затвора; 2 – казенник; 3 – кривошип; 4 – кулачок; 5 – копір,
(V_n , V_k – швидкість наката і клина відповідно)

Позитивні якості: простота конструкції, достатня живучість.

Недоліки: залежність роботи механізму від швидкості наката, наявність ударної дії (ударних навантажень), необхідність подовження люльки для встановлення копіра або введення проміжних тяг і важелів (як у Д-30).

Копірний механізм безударної дії належить до механізмів відкривання затвора безударної дії. Він відрізняється від копірного механізму ударної дії тим, що паз у клині для ролика кривошипа зроблено нахиленим так, що в початковий момент відкривання кут між віссю кривошипа і твірною нахиленого паза становить приблизно 90° .

Цим самим забезпечується плавне зрушення клина при повороті кривошипа. Механізм такого типу застосовано в гарматі Д-20.

Недоліком механізму є те, що для забезпечення необхідного переміщення клина при відкриванні затвора необхідно мати досить великий кут повороту кривошипів, що призведе до ускладнення конструкції.

Скалочний механізм відкривання затвора – це механізм відкривання клинового затвора, якому енергія руху надається в результаті взаємодії кулачка затвора зі скалкою.

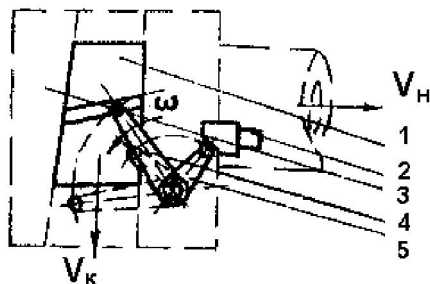


Рисунок 4.36 – Копірний механізм безударної дії:
 1 – клин затвора; 2 – копір; 3 – казенник; 4 – кривошип; 5 – кулачок;
 (V_n , V_k – швидкість накату і клина відповідно)

За типом конструкції скалочні механізми поділяються на: механізми з жорсткою скалкою, механізми з пружною скалкою.

Скалочний механізм затвора з жорсткою скалкою має скалку з жорстким упором і належить до механізмів ударної дії. Його робота, по суті, нічим не відрізняється від роботи копірного механізму ударної дії. Застосування скалки замість копіра зменшує радіус обметання казенної частини гармати.

Пружина скалки служить для повернення її у початкове положення після відкриття затвора, коли упор звільняє скалку. Якщо кулачок шарнірно з'єднаний зі скалкою, то пружину можна використовувати для закривання клина. Недоліки такого механізму аналогічні недолікам копірного механізму ударної дії.

Пружинний скалочний механізм затвора (рис. 4.37) – це механізм затвора, до складу якого входить пружина для надання руху скалці. Він належить до механізмів безударної дії.

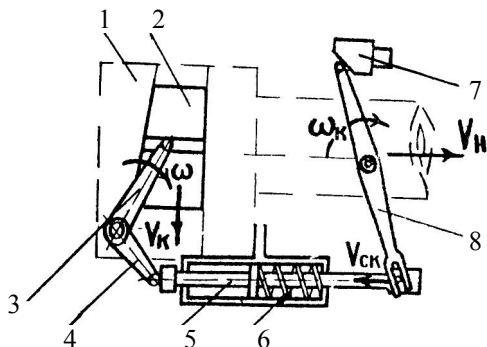


Рисунок 4.37 – Пружинний скалочний механізм:
 1 – казенник; 2 – клин; 3 – кривошип; 4 – кулачок; 5 – скалка з копіром; 6 – пружина; 7 – копір; 8 – куліса; ($V_{ск}$ – швидкість скалки)

Відкриття затвора здійснюється за рахунок енергії пружини, яка одягнена на скалку. Скалка на задньому кінці має копір, який з'єднаний з нею шарнірно, а її передній кінець шарнірно з'єднаний з кулісою. Другий копір підпружинений і шарнірно закріплений на люльці. Під час відкоту верхній кінець куліси відтискує копір люльки і проходить за нього.

Під час накату верхній кінець куліси упирається в копір люльки, куліса повертається і тягне за собою скалку. Скалка стискує пружину. Одночасно копір скалки відтискується кулачком осі кривошипа і заскакує за нього, встановлюється перед кулачком. У момент проходження копіра люльки верхнім кінцем куліси пружина звільнюється і переміщує скалку, яка своїм копіром діє на кулачок. Кулачок повертає вісь кривошипів, і вони опускають клин до захвату його зачепами екстрактора. Затвор відкрито.

Механізм такого типу застосовується у гарматі Д-48.

Позитивні якості механізму: незалежність до зміни швидкості накату, зменшення навантаження на деталі до 30-50% і підвищення живучості, малий вплив на режим накату.

Механізм закривання затвора – це сукупність деталей привода затвора, які призначені для автоматичного закривання затвора під час досилання гільзи. Як правило, для закривання затвора використовують пружинні механізми.

Пружинний механізм закривання затвора – це такий механізм, який отримує енергію від попередньо стисненої під час накату пружини.

Дія пружинного механізму закривання затвора полягає у такому: упорний стакан шарнірно з'єднаний з казенником ствола. Натискний стакан шарнірно з'єднується з важелем, насадженим на вісь кривошипів. Між дном штока та циліндром установлена пружина. Під час відкривання затвора важіль повертається разом з віссю кривошипів. Важіль діє на шток, а шток стискує пружину. При зарядженні відбувається звільнення клина, який під дією стисненої пружини піднімається. Затвор закривається.

Механізм достатньо простий та надійний. Він має пристрій для регулювання стиснення пружини. Ці механізми присутні у конструкціях гармат Д-48, Д-30, ЗІС-2, Д-20 та в інших.

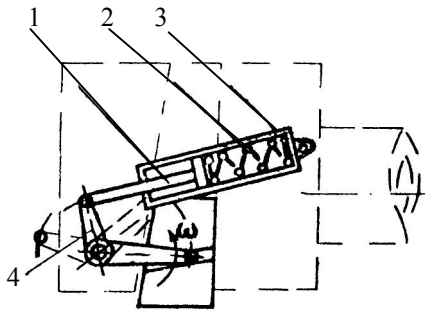


Рисунок 4.38 – Пружинний механізм закривання затвора:
1 – натискний стакан; 2 – пружина; 3 – упорний стакан; 4 – закриваючий важіль

4.1.7.7. Запобіжні і допоміжні пристрої затвора

Залежно від призначення, типу затвора і вимог до нього затвор може мати різні запобіжні та допоміжні механізми і пристрої.

Запобіжні пристрої затвора призначені для забезпечення заходів безпеки під час стрільби. До них належать: запобіжники передчасного спуску, інерційні запобіжники.

Запобіжник передчасного спуску не дозволяє здійснити постріл, якщо затвор закритий не повністю. Пристрій такого типу належить до конструкції всіх затворів.

Залежно від типу затвора запобіжник передчасного спуску має вигляд клямки, стопора або спеціальних виступів на деталях затвора, які не дозволяють зведення або спуску ударника, якщо затвор закритий не повністю.

Інерційний запобіжник використовується у затворах, відкривання яких після пострілу виконується ручним способом, і призначений для виключення можливості відкривання затвора без виконання додаткових дій, якщо після спуску ударника постріл не здійснився. Використовується в гарматах М-30, Д-1, М-46. Іноді в затворах є пристосування для вимкнення запобіжників у процесі навчальних занять (203-мм гаубиця Б-4М). Це має певні *переваги* під час навчання: не треба вчити обслуговувати гармату тих операцій, які під час стрільби не виконуються: а саме – не слід при роботі з затвором виконувати прийом відведення запобіжника вперед.

Під час відкоту відбувається зведення інерційного запобіжника. Під дією сил інерції запобіжник стискує пружину, входить у гніздо казенника і звільнює гребінку затвора. Стопор у цей час потрапляє в паз казенника і не дає можливості інерційному тілу повернутися у початкове положення, щоб знову застопорити затвор.

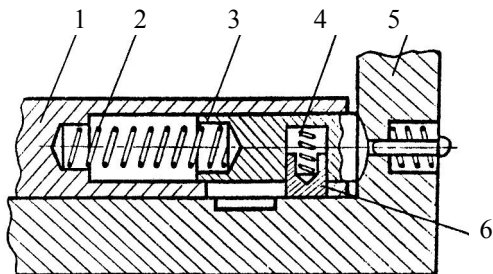


Рисунок 4.39 – Інерційний запобіжний механізм:
 1 – клин; 2 – пружина запобіжника; 3 – інерційний запобіжник;
 4 – пружина стопора; 5 – казенник; 6 – стопор

Крім запобіжних пристроїв, для забезпечення заходів безпеки до конструкції затворів входять такі механізми, як:

- механізм взаємної замкненості – призначений для виключення можливості відкриття затвора або здійснення пострілу, якщо ствол не з'єднаний з ПВП, що особливо важливо для гармат, у яких ствол під час транспортування відтягнений на лафет (гармата М-46 та інші);

- механізми блокування спуску – це пристрої, які входять до складу спускових механізмів і призначені для запобігання спуску ударника, якщо казенник знаходиться над однією із станин гармати з круговим обстрілом або без вмикання важеля розблокування заряджаючим.

Допоміжні механізми призначені для полегшення роботи обслуги гармати при заряджанні і здійсненні пострілу з неї.

До них належать: утримувальні механізми, механізми повторного зведення, механізми полегшення заряджання.

Утримувальний механізм призначений для утримання снаряда або гільзи в каналі ствола при заряджанні за умов великих кутів підвищення ствола. Основна деталь – утримувач.

Використовується у гарматах з роздільно-гільзовим заряджанням.

Під час відкривання затвора утримувач за допомогою спеціального пристрою у момент викидання гільзи входить у своє гніздо і не заважає її руху.

Після викидання гільзи під час подальшого відкривання затвора утримувач займає своє початкове положення.

Механізм повторного зводу ударника призначений для зведення ударника без відкривання затвора при осічках. Використовується у затворах, у яких зведення ударних механізмів відбувається при їх відкриванні.

Механізм полегшення заряджання призначений для полегшення заряджання і використовується, як правило, у самохідних та танкових гарматах.

4.2. Противідкотні пристрої

4.2.1. Призначення та розміщення противідкотних пристроїв. Вимоги до противідкотних пристроїв

Противідкотні пристрої (ПВП) – це частина лафета артилерійської гармати, яка призначена для пружного з'єднання ствола і лафета, гальмування відкотних частин, повернення їх у початкове положення та утримання в цьому положенні до здійснення пострілу.

Уперше у світі ПВП (гідравлічне гальмо відкотних частин і пружинний накатник) були створені у 1872 році інженером В.С. Барановським для 2,5-дюймової швидкострільної гармати.

ПВП, виконуючи роль пружного зв'язку ствола з лафетом, зменшують дію пострілу на лафет у 30 – 40 разів. Унаслідок цього досить просто забезпечуються стійкість та нерухомість гармати під час стрільби, збільшується швидкострільність. Крім того, наявність ПВП дозволяє суттєво зменшити масу лафета і збільшити його живучість.

ПВП виконують такі функції: гальмування відкотних частин при відкоті, повернення (накочування) відкотних

частин у початкове положення, гальмування відкотних частин при накаті, утримання відкотних частин у початковому положенні до пострілу.

Відповідно за призначенням та завданнями ПВП складаються з таких основних пристроїв: гальма відкоту, гальма накату, накатника.

У вітчизняній артилерії, як правило, гальмо відкоту і гальмо накату об'єднують в один агрегат, який називається *гальмом відкотних частин*, а накатник є окремим агрегатом. Іноді у великокаліберних гарматах (Б-4М, 2С7) з компоновочних міркувань використовують два однакових накатники, які функціонально з'єднані між собою.

В іноземній артилерії (наприклад, американській, французькій) гальмо відкоту, гальмо накату і накатник часто об'єднуються в єдину загальну конструкцію, яка називається *гальмом відкотних частин – накатником*.

Таким чином, ПВП за конструктивним оформленням можуть бути: нерозділеними і розділеними.

Нерозділені ПВП – це такі ПВП, які складаються з конструктивно і функціонально об'єднаних гальм відкотних частин і накатника.

Розділені ПВП – це такі ПВП, які складаються з конструктивно і функціонально розділених гальм відкотних частин і накатника.

Гальмо відкотних частин (ГВЧ) – це частина ПВП, яка призначена для гальмування відкоту і накату ствола.

Накатник – це частина ПВП, яка призначена для акумулювання енергії пружним тілом при відкоті ствола, повернення ствола у початкове положення до початку відкоту і утримання ствола у цьому положенні до здійснення пострілу.

Якщо накатник повертає відкотні частини у початкове положення за рахунок енергії, яка накопичена ним під час відкоту, то це означає, що він бере участь у гальмуванні відкотних частин під час відкоту. Таким чином, енергія руху відкотних частин поглинається:

- силою тертя – 3 – 5%;
- дульним гальмом – 25 – 30% (іноді до 80%);
- накатником – 10 – 15%;
- решта – гальмом відкотних частин.

ПВП сучасних гармат розміщені на люльці таким чином, щоб зусилля їх агрегатів були спрямовані симетрично відносно вертикальної площини, яка проходить через вісь каналу ствола. При цьому найбільш часто зустрічаються такі способи розміщення ПВП відносно люльки, як розміщення з двох боків люльки і розміщення з одного боку.

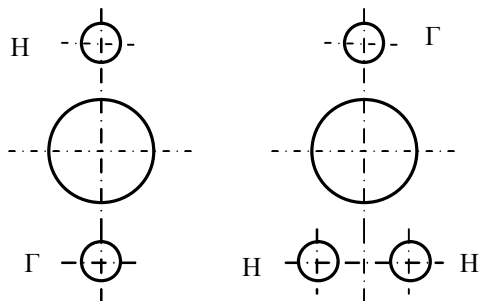


Рисунок 4.40 – Схема розміщення ПВП з двох боків люльки:

Г – гальмо відкотних частин; Н – накатник

Розміщення ПВП з двох боків люльки дозволяє стволу відносно напрямних люльки найбільш стабільно зберігати одне і те ж положення, що сприяє кучності бою і призводить до зменшення реакції люльки на відкотні частини у площинах, перпендикулярних до площини стрільби. Таке розміщення ПВП мають гармати М-30, Д-1 та інші.

При використанні двох накатників (гармата Б-4М, 2С7) доцільно їх розміщувати симетрично під люлькою, а гальмо відкотних частин – над нею.

Розміщення ПВП з одного боку люльки дозволяє зменшити висоту лінії вогню та плече динамічної пари, що дає можливість не тільки зменшити реакцію люльки на відкотні частини, а й поліпшити стійкість гармати.

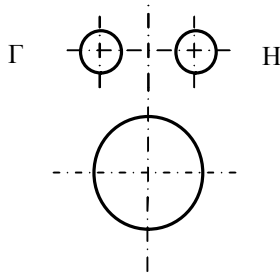


Рисунок 4.41 – Схема розміщення ПВП з одного боку люльки

Таке розміщення ПВП мають гармати Д-30, Д-48, 2А19, 2С1, 2С3М та інші.

Вимоги до конструкції ПВП:

- автоматична, безвідмовна, стабільна та одноманітна дія за різних умов експлуатації (коливання температури, зміна режимів вогню і т.п.);

- повне поглинання надлишкової енергії на заданій довжині відкоту та достатньо плавний і швидкий накат ствола (впливає на швидкострільність, особливо у протитанкових гармат);

- простота конструкції, перевірки, регулювання та ремонту (впливає на швидкість підготовки гармат до стрільби, немає потреби у висококваліфікованій обслузі);

- можливість тривалого зберігання на складах та у військових частинах.

Крім цих вимог, до конструкції ПВП ставляться спеціальні, а, також виробничо-економічні вимоги з метою забезпечення їх масового виробництва.

4.2.2. Призначення, принцип дії та типи гальм відкотних частин

Гальмо відкотних частин – це частина ПВП, яка призначена для гальмування відкоту і накату ствола.

Виходячи із призначення, гальмо відкотних частин повинно складатися із гальма відкоту і гальма накату ствола. Як правило, гальмо відкоту і гальмо накату об'єднується конструктивно і функціонально в один агрегат - гальмо відкотних частин; за принципом дії гальмо відкоту і гальмо накату є залежними.

Гальмо відкотних частин поглинає кінетичну енергію відкотних частин після пострілу. У процесі поглинання цієї енергії відбувається гальмування відкотних частин при відкоті і накаті, що зменшує руйнівну дію пострілу і накатника на лафет гармати. Гальмування відкотних частин при відкоті і накаті ствола виконується силою гідравлічного опору, яка виникає при перетіканні рідини із однієї порожнини гальма відкотних частин в іншу через отвори малої площі під дією або рухомого поршня, або рухомого циліндра залежно від способу кріплення гальма відкотних частин на гарматі.

Принцип дії гальма відкотних частин можна розглянути на прикладі канавкового гальма відкоту і голчастого гальма накату.

Циліндр на внутрішній поверхні має канавки змінної глибини, які разом з поршнем створюють регулювальний пристрій гальма відкоту, а регулювальне кільце у порожнині поршня разом з голкою (контрштоком) змінного перетину створюють регулювальний пристрій гальма накату (рис. 4.42). Циліндр заповнений рідиною СТЕОЛ-М або ПОЖ-70. Припустимо, що циліндр гальма відкотних частин закріплений на люльці і при відкоті ствола залишається нерухомим, а шток із поршнем з'єднані з казенником ствола і відкочуються разом з ним.

При відкоті разом зі стволом переміщуються шток з поршнем зі швидкістю V відносно нерухомого циліндра. При цьому поршень штока примушує рідину витікати із робочої порожнини циліндра у неробочу запоршневу порожнину через канавки змінної глибини. Оскільки переріз канавок невеликий відносно робочої площі поршня, то витікан-

ня рідини через них здійснюється при дуже великому перепаді тиску у робочій порожнині ($P_1=150 - 300$ атм) та тиску у запоршневій області P_2 . При цьому у робочій порожнині до початку витікання рідина перебуває у стані спокою. Для подолання сил інерції частинок рідини і надання їм великої швидкості необхідні великі прискорення, які зможуть виникнути лише внаслідок силової дії – тиску. Саме цьому процес витікання супроводжується збільшенням тиску рідини, яка міститься у робочій порожнині.

Величина тиску рідини залежить від: щільності та в'язкості рідини; поперечної площі отворів витікання рідини; швидкості руху поршня і його робочої площі.

Унаслідок збільшення тиску в рідині вона створює опір руху поршня зі штоком, а отже, і відкотним частинам гармати.

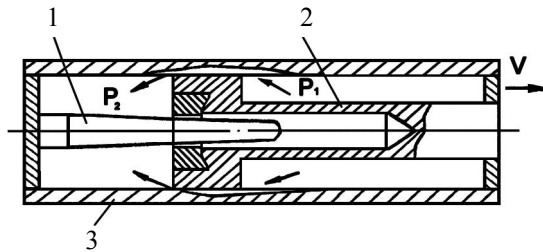


Рисунок 4.42 – Схема гальма відкотних частин із канавковим гальмом відкоту і голчастим гальмом накату:

1 – голка (контршток); 2 – шток з поршнем; 3 – циліндр

Опір руху відкотних частин об'єму рідини, яка міститься у робочій порожнині гальма відкоту, називають *гідрравлічним опором відкоту*.

Тиск рідини у робочій порожнині циліндра P_1 діє на робочу поверхню поршня і створює силу гідрравлічного опору гальма відкоту:

$$\Phi = P_1 A_p = P_1 \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2), \quad (4.12)$$

де A_p - робоча площа поршня;
 D, d - діаметр поршня і штока відповідно.

Сила гідравлічного опору гальма відкоту, з одного боку, через поршень і шток гальмує ствол під час відкоту, а з іншого – через дно циліндра та вузол кріплення його в люльці навантажує лафет гармати у напрямку відкоту. При цьому сила гідравлічного опору буде тим більше, чим більше буде швидкість відкотних частин і менше площа отворів витікання.

Залежність тиску у робочій порожнині циліндра і сили гідравлічного опору гальма від отворів витікання дозволяє впливати на закон гальмування ствола, змінюючи профіль канавок по довжині відкоту.

У неробочій порожнині запоршневого простору при відкоті у гальмі відкоту даної конструкції виникає вільний об'єм (вакуум), який дорівнює об'єму тієї частини штока, яка вийшла за межі циліндра.

При накаті ствола шток з поршнем рухається у зворотному напрямку і спочатку вибирає вакуум, переміщуючи вільний, не зайнятий рідиною об'єм із запоршневого простору у робочу порожнину циліндра. До моменту початку вибирання вакууму рідина через канавки майже не протікає. Тиск в обох порожнинах вирівнюється і залишається близьким до нуля. Гідравлічний опір – відсутній, незважаючи на скорочення запоршневої порожнини. Після вибирання вакууму подальший рух штока з поршнем можливий лише при видавлюванні рідини з порожнини штока голкою, або контрштоком через кільцевий отвір або поздовжні канавки на контрштоці. Тиск, який виникає у запоршневій порожнині, діє на шток і поршень та створює силу гідравлічного опору гальма при накаті, яка, з одного боку, гальмує накат, а з іншого – діє на дно циліндра і навантажує лафет у напрямку накату.

Величина тиску і сили гідравлічного опору при накаті залежить від тих самих факторів, що і тиск P_I і сила гідравлічного опору при відкоті.

Для забезпечення закону зміни сили гальма відкоту на довжині відкоту і накату площа отворів витікання виконується змінною з поступовим зменшенням від максимуму на початку дії до нуля у кінці дії.

Профіль канавок, або закон зміни площі витікання за функцією шляху, визначений необхідністю отримання бажаного закону зміни гідравлічного опору при відкоті. Саме тому сила гідравлічного опору гальма відкоту при накаті не є достатньою для гальмування накату і не забезпечує бажаного закону гальмування накату. Тим більше, що накат здійснюється при значно менших швидкостях, ніж відкот. Для виправлення закону гальмування накату або для більш повного поглинання надлишкової енергії накатника до складу гальма відкоту вводять спеціальний пристрій, який створює основний гідравлічний опір перетіканню рідини при накаті і отримав назву *гальма накату*.

Слід враховувати, що гальмо накату буде надійно працювати тільки при гарантованому заповненні рідиною тієї порожнини, звідки при гальмуванні накату її необхідно видавлювати. У даному випадку це порожнина штока, яка заповнена частково під час відкоту, а частково – на початку накату до входу до неї голки (контрштока). Якщо до цього моменту порожнина штока не буде повністю заповнена рідиною, то не буде і опору входу голки; таким чином, не буде гідравлічного опору гальмування накату. Тільки після вибирання вакууму голкою (контрштоком) почнеться видавлювання рідини із порожнини штока, а отже, з'явиться сила гідравлічного опору гальма накату.

Таким чином, принцип дії гальма відкотних частин полягає в тому, що відкотні частини гармати під час відкоту мають великий запас кінетичної енергії і витрачають його на виконання роботи по подоланню сил гідравлічного опору на шляху відкоту і накату.

Унаслідок цієї роботи частинки рідини, яка протискується через отвори малого перерізу, отримують запас кінетичної енергії. При цьому швидкість потоку рідини в

напрямних струменях залежить від співвідношення робочої площі елементів, які видавлюють рідину, і площі отворів витікання.

У сучасних конструкціях ПВП швидкість руху рідини досягає 150 – 200 м/с і більше. Отже, кінетична енергія відкотних частин перетворюється у кінетичну енергію струменевих потоків рідини. Частина енергії витрачається на теплову енергію під час тертя в ущільненнях, тертя часток рідини по стінках гальма. Решта кінетичної енергії частинок струменів рідини перетворюється в теплову після того, як вони втрачають свою форму, відбиваючись від циліндра і його стінок у запоршневій порожнині.

При переході частинок рідини із спрямованого потоку у безладний рух рідина нагрівається і через стінки гальма відкотних частин передає тепло у навколишнє середовище і сусіднім елементам гармати.

Так завершується необоротний процес поглинання енергії у гідравлічних гальмах відкотних частин.

При цьому процес нагрівання рідини при стрільбі і процес її охолодження проходять нерівномірно, що потребує використання спеціальних заходів щодо забезпечення теплового режиму роботи гальма відкотних частин.

У сучасних гарматах використовуються різні конструктивні схеми гальм відкотних частин, тип яких визначається, як правило, типом їх гальм відкату.

За найбільш загальними і важливими ознаками гальма відкотних частин (ГВЧ) поділяються на типи, які показані на рисунку 4.43.

Веретенні ГВЧ – мають гальмо відкату з веретеном змінного поперечного перерізу для зміни площі отвору витікання рідини. (Поширені в сучасних гарматах).

Канавкові ГВЧ – мають гальмо відкату з канавками змінної глибини для зміни площі отвору витікання рідини.

Шпонкові ГВЧ – мають гальмо відкату зі шпонкою змінного перерізу для зміни площі отвору витікання рідини.



Рисунок 4.43 – Класифікація гальм відкотних частин

Золотникові ГВЧ – мають золотникове гальмо відкоту з клапаном для зміни площі отвору витікання рідини.

Постійне ГВЧ – призначене для здійснення гальмування при постійній довжині відкоту ствола.

Змінне ГВЧ – призначене для здійснення гальмування при змінній довжині відкоту ствола.

Жорстке ГВЧ відрізняється тим, що площа регулювання отвору гальма визначається величиною відкоту ствола.

М'яке ГВЧ відрізняється тим, що площа регулювання отвору гальма визначається величиною тиску у робочій порожнині гальма.

Повне ГВЧ – це ГВЧ, яке діє з протитиском витіканню рідини, а саме без утворення вільного простору під час відкоту.

Неповне ГВЧ - це ГВЧ, яке діє без протитиску витіканню рідини, а саме з утворенням вільного простору під час відкоту.

Важливо відзначити, що гальма накату також, як і гальма відкоту, за способом зміни площі отворів витікання рідини поділяються на: веретенні (голкові), канавкові, шпонкові, золотникові, клапанні.

Найбільше поширення у сучасних противідкотних пристроях наземної артилерії отримали постійні, жорсткі, веретенні і канавкові ГВЧ з канавковими, голчастими, повними гальмами накату.

4.2.3. Принцип будови і дії, характеристика і застосування основних типів гальм відкотних частин

Веретенне гальмо відкотних частин з канавковим гальмом накату складається із таких складових частин: циліндра, штока з поршнем, веретена з модератором.

На внутрішній поверхні штока є канавки змінної глибини, а у поршні – регулювальне кільце.

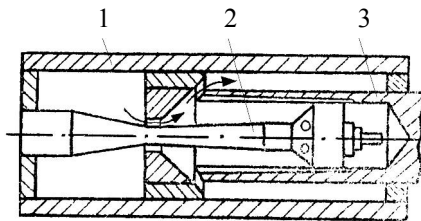


Рисунок 4.44 – Схема гальма відкотних частин з веретенним

гальмом відкоту і канавковим гальмом накату:
1 – циліндр; 2 – веретено з модератором; 3 – шток з поршнем

Регулювальним пристроєм гальма відкоту є регулювальне кільце поршня і конусоподібне веретено, профіль якого визначає закон зміни площі кільцевого отвору при відкоті, а отже, і сили опору відкоту.

Регулювальним пристроєм гальма накату є сорочка модератора і канавки змінної глибини на внутрішній порожнині штока, залежно від глибини яких досягається необхідний закон зміни площі отворів витікання при накаті, а отже, і сили опору накату.

При відкоті – рідина пробризкується основним потоком, що гальмує відкот, через кільцевий отвір між веретеном і регулювальним кільцем, який поступово зменшується, у запоршневий простір, а також допоміжним потоком у замодераторний простір, відкривши клапан модератора. При цьому утворюється вакуум у запоршневій (неробочій) порожнині циліндра, бо замодераторний простір заповнюється примусово під тиском і повністю з метою забезпечення надійності гальмування накату на всьому шляху.

При накаті – рідина повертається із запоршневого і замодераторного простору у початкову порожнину циліндра, з початком накату закривається клапан модератора, і рідина починає пробризкуватися із замодераторного простору тільки через канавки змінної глибини, що приводить до поглинання енергії накату відкотних частин. Гальмо відкоту починає діяти при накаті тільки після вибирання вакууму у початковій (неробочій) порожнині циліндра.

Таким чином, у гальмі накату цього типу гальмування відбувається на всьому шляху накату, що зменшує навантаження на лафет і позитивно впливає на стійкість гармати при накаті.

Із розглянутого можна зробити висновок, що гальмо відкоту є неповним (без протитиску), жорстким (площа отворів витікання змінюється залежно від шляху відкоту незалежно від тиску в циліндрі) і постійним.

Гальмо накату відрізняється за характеристиками тим, що за характером дії буде повним (з протитиском).

Така конструктивна схема дуже поширена у ПВП сучасних гармат (Д-48, 2А19, Д-30 та ін.) унаслідок того, що вона дозволяє порівняно просто забезпечити потрібний закон гальмування як при відкоті, так і при накаті, що важливо для стійкості гармати.

Крім того, ця конструкція порівняно проста у виробництві та експлуатації. Недоліком є можливість виникнення сплесків тиску, отже, і сили гідравлічного опору за умов стрільби, які відрізняються від розрахункових.

У ПВП деяких гармат замість веретена встановлюють контршток з канавками змінної глибини на його поверхні. Іноді гальмо відкоту веретенного типу використовують з гальмом наката голкового типу, але принцип роботи від цього не змінюється.

Канавкове ГВЧ - має голчасте гальмо наката. Принцип його будови і дії розглянуто вище. Канавкове ГВЧ має ті ж самі характеристики, що і веретенне ГВЧ з голчастим гальмом наката, отже, воно є постійним, жорстким, з неповним гальмом відкоту і повним гальмом наката.

Позитивною якістю такої конструктивної схеми є її простота, а недоліком є ненадійне заповнення рідиною порожнини гальма наката, яке, по суті, починається під час наката після вибирання вакууму в неробочій порожнині. Така конструктивна схема гальма відкотних частин знайшла застосування у ПВП гармат довоєнних років розробки (наприклад, М-30, Д-1, МЛ 20, М-46 та інші).

Шпонкове ГВЧ з голчастим гальмом наката відрізняється тим, що регульовальним пристроєм гальма відкоту є шпонки змінної величини (висоти) циліндра і канавки постійної глибини поршня.

А взагалі будова і дія гальма відкотних частин цієї схеми аналогічні канавковому гальму відкоту з голчастим гальмом наката. *Перевага* шпонкового ГВЧ – у простоті виробництва.

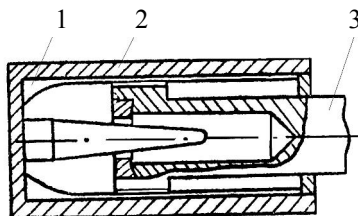


Рисунок 4.45 – Схема гальма відкотних частин зі шпонковим гальмом відкоту і голчатим гальмом накату:

1 – шпонка; 2 – циліндр; 3 – шток із поршнем

Золотникова ГВЧ з золотниковим гальмом накату складається з таких частин: циліндра, штока з поршнем і золотниками, гальма відкоту, гальма накату.

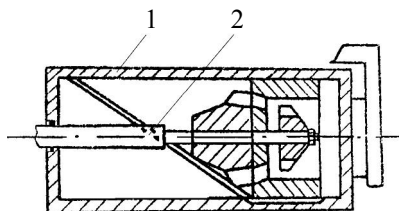


Рисунок 4.46 – Схема гальма відкотних частин золотникового типу:

1 – циліндр; 2 – шток з поршнем і золотниками

На внутрішній поверхні циліндра є пази, в які входять виступи поршня, що забезпечують його поворот відносно штока. Поршень має вікна постійного перерізу, а золотники – фігурні вирізи визначеного профілю. Золотники мають можливість переміщуватися на деякій ділянці тільки поступально. Регулювальними пристроями гальма відкоту і гальма накату є поршень і золотники, вікна та фігурні вирізи, які утворюють отвори витікання з площею, величина якої визначається положенням поршня відносно золотників.

При відкоті золотник гальма відкоту підтискується до поршня, а золотник гальма накату відходить від нього.

Між вікнами поршня і фігурними вирізами утворюється отвір витікання, площа якого визначається кутом повороту поршня, що і забезпечує необхідний закон гальмування відкоту

При накаті – після вибирання вакууму у запоршневому просторі циліндра все відбувається навпаки, і рідина перетікає у зворотному напрямку.

Можливе використання конструктивної схеми з нерухомим поршнем і золотниками, які обертаються.

Золотникове ГВЧ є постійним, жорстким і неповним.

Позитивною якістю даної схеми є можливість регулювання довжини відкоту за рахунок повороту штока з поршнем відносно циліндра, чим і досягається попереднє часткове перекриття отворів витікання у золотнику. Недоліком є наявність деталей, які переміщуються і співударяються всередині ГВЧ, що зменшує надійність дії і може призвести до підвищеного зносу у місцях контакту.

Поширення у ПВП такі ГВЧ не отримали.

Клапанне ГВЧ з канавковим гальмом наката складається із: циліндра, штока з поршнем, клапана.

На циліндрі є канавки змінної глибини. Роль регулювального пристрою гальма відкоту виконує клапан і сідло поршня, які створюють отвір для витікання рідини, величина якого залежить від тиску у робочій порожнині циліндра. Регулювальним пристроєм гальма наката є сорочка поршня і канавки змінної глибини циліндра.

При відкоті: під тиском рідини у робочій порожнині клапан відкривається на величину, яка залежить від величини тиску у робочій порожнині, і рідина пробризкується у отвір між клапаном і сідлом. Таким чином здійснюється гальмування наката. Одночасно невелика частина рідини пробризкується через канавки змінної глибини циліндра.

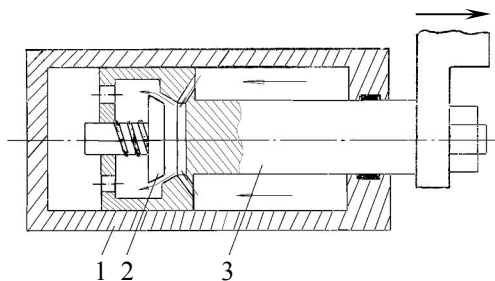


Рисунок 4.47 – Схема гальма відкотних частин з канавковим гальмом відкоту і клапанним гальмом накату.
1 – циліндр; 2 – клапан; 3 – шток з поршнем

При накаті клапан закривається пружиною і рідина після вибирання вакууму пробризкується по канавках змінної глибини, гальмує накат так само, як це відбувається у гальмі відкоту канавкового типу. Таким чином, гальмо відкоту є постійним, неповним і м'яким (площа витікання залежить від тиску рідини).

Клапанне гальмо відкоту легко пов'язується конструктивно і функціонально у єдиний агрегат з накатником, який отримав назву – гальмо відкотних частин – накатник.

Змінне ГВЧ здійснює гальмування відкоту на довжині, яка залежить від кута підвищення ствола гармати, що забезпечується використанням механізму зміни довжини відкоту. При цьому довгий відкот буде при малих кутах підвищення ствола, а короткий – при невеликих, що пов'язано з умовами стійкості гармати при пострілі.

Так, при збільшенні кута підвищення ствола перекидний момент зменшується внаслідок зменшення плеча дії сили опору відкоту, а при деякому значенні кута, при якому лінія дії цієї сили пройде через площу опори, перекидний момент дорівнює нулю і залишається без зміни при подальшому збільшенні підвищення ствола. Величина сили опору відкоту, яка навантажує лафет у цьому випадку, не впливає на стійкість гармати. Збереження початкової довжини відкоту викликає небезпеку “упирання” відкот-

них частин у ґрунт і ускладнює умови заряджання та екстракції стріляних гільз.

Запобігти цьому можна трьома способами: перший – підкопуванням ґрунту; другий – збільшенням висоти лінії вогню; третій – збільшенням сили гідравлічного опору гальма.

Перший спосіб ускладнює умови експлуатації.

Другий – збільшує габарити гармати і зменшує її стійкість.

Третій – ускладнює ПВП за рахунок введення до конструкції механізму зміни довжини відкоту, але все ж таки є найбільш раціональним.

Змінне ГВЧ являє собою сполучення гальма відкоту веретенного типу з гальмом накату канавкового типу з механізмом зміни довжини відкоту.

На веретені (контрштоці) такого гальма з постійним діаметром є дві довгих і дві коротких канавки змінної глибини. Усередині поршня замість регульовального кільця закріплена втулка з чотирма вікнами, через які рідина підходить до канавок. Веретено (контршток) кінематично зв'язане з механізмом зміни довжини відкоту, який являє собою копір, закріплений на верхньому станку гармати, і важіль, зв'язаний кінематично з веретеном (контрштоком).

При малих кутах підвищення веретено (контршток) нерухоме і рідина з робочої порожнини витікає в неробочу по всім чотирьом канавкам. У цьому положенні веретено відкот буде довгим. При збільшенні кутів підвищення ствола ролик двоплечового важеля буде рухатися по фігурному пазу копіра. При цьому двоплечовий важіль повертає через кінематичну систему веретено (контршток), змінюючи положення його канавок відносно вікон регульовальної втулки гальма відкоту. При цьому довгі канавки перекриваються, а короткі залишаються відкритими. Опір витіканню рідини збільшиться, і відкот буде коротким.

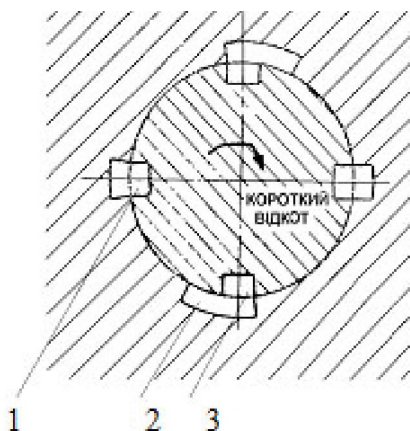


Рисунок 4.48 – Схема дії гальма відкоту зі змінною довжиною відкоту:

1 – довга канавка; 2 – вікно; 3 – коротка канавка

У деяких конструкціях ПВП веретено має тільки довгі канавки, а короткі розміщуються на внутрішній поверхні циліндра.

Таким чином, розглянута схема ГВЧ канавкового типу, по суті, має переваги в тому, що канавки змінної глибини легше зробити на внутрішній поверхні циліндра. Крім того, на величину отворів витікання у канавковому ГВЧ суттєво впливає знос сорочки поршня, а саме цього і немає у розглянутому гальмі.

Регулювання довжини відкоту легко зробити і у золотниковому ГВЧ за рахунок повороту штока з поршнем відносно циліндра за допомогою механізму зміни довжини відкоту, що забезпечується попереднім частковим перекриванням отворів витікання рідини у золотнику.

Змінне гальмо відкотних частин мають ПВП гармат М-46, Б-4М, 2А36.

4.2.4. Тепловий режим гальма відкотних частин і заходи щодо його забезпечення

Кінетична енергія, яка поглинається ГВЧ при стрільбі, перетворюється у теплову енергію, що приводить до нагрівання рідини. Процес нагрівання рідини при стрільбі і процес її охолодження відбуваються нерівномірно. Так, нагрівання відбувається швидко (за час циклу відкоту-накату), а охолодження – значно повільніше, бо воно визначається явищами теплопровідності і випромінювання.

Отже, при інтенсивній стрільбі рідина у ГВЧ поступово нагрівається. Величина нагрівання залежить від: кількості кінетичної енергії, що поглинається; кількості рідини та її питомої теплоємності; матеріалу та величини поверхні охолодження; режиму стрільби.

Після кожного пострілу підвищення температури рідини становить 0,5 – 1,5°C у ГВЧ причіпних гармат і до 8°C – у самохідних та танкових гармат.

Підвищення температури рідини викликає збільшення її об'єму і зменшення в'язкості, а зниження – навпаки.

Зменшення в'язкості рідини при нагріванні призводить до зміни режиму роботи ГВЧ за рахунок зниження сил гідравлічного опору, а це, у свою чергу, приводить до збільшення довжини відкоту і різкого накату відкотних частин. Крім того, сильне розігрівання рідини може призвести до втрати пружних якостей гумових манжет і витікання речовин які промащують сальникові ущільнення, що призведе до течі рідини.

Отже, нагрівання рідини до гранично допустимої температури є однією з технічних причин, що лімітує режими вогню (інша причина – відповідне нагрівання стінок ствола).

При проведенні розрахунків беруть $t_{\text{доп}} = 90^{\circ}\text{C}$ для СТЕОЛУ-М, ПОЖ-70 і $t_{\text{доп}} = 110^{\circ}\text{C}$ – для веретенного мас-тила.

Збільшення в'язкості рідини, пов'язане з глибоким охолодженням ГВЧ до початку стрільби, приводить до збільшення сил гідравлічного опору під час виконання перших пострілів (особливо на початковій ділянці відкоту) і супроводжується зменшенням довжини відкоту. Все це може призвести до втрати стійкості гармати і навіть до обривання штоків ПВП. Щоб уникнути цього, рекомендується при низьких температурах перші 2 – 3 постріли виконувати на зменшених зарядах для розігрівання рідини, а потім вести стрільбу у потрібному режимі.

Збільшення об'єму рідини призводить до того, що шток ГВЧ, входячи до циліндра при накаті, не знайде для себе достатнього місця і не зможе зайняти положення, яке відповідає повному накату ствола. Стрільба із положення недокату призводить до подальшого розладнання нормального режиму роботи ГВЧ і може бути небезпечною для гармати, оскільки це призводить до збільшення навантажень на лафет і до втрати стійкості і нерухомості гармати. Крім того, збільшення об'єму рідини може призвести до руйнування ущільнень і нарізних з'єднань ГВЧ.

Зменшення об'єму рідини при значному її охолодженні призводить до порушення нормального режиму роботи ГВЧ, а саме – до збільшення довжини відкоту і до різкого накату.

Якщо з деякою нестачею рідини можна миритися, то переливання рідини у ГВЧ допускати не можна, оскільки це призводить до недокатів.

Отже, конструкція ГВЧ повинна передбачати можливість регулювання об'єму рідини у його порожнині.

Автоматичне регулювання кількості рідини у ГВЧ ПВП сучасних гармат досягається двома способами:

1. Використання компенсаторів. Компенсатори виконуються як у одному циліндрі з гальмом відкотних частин, так і у вигляді самостійного вузла, функціонально зв'язаного з гальмом відкотних частин.

2. Недоливання рідини – це найбільш простий спосіб, оскільки він не приводить до збільшення габаритів і ускладнення конструкції ГВЧ, але він завжди супроводжується деякими змінами закону гальмування. Тому цей спосіб поширений серед ПВП гармат калібром до 100 мм включно, у яких ГВЧ мають порівняно невеликий об'єм рідини, наприклад, ПВП гармат Д-48, 2А19, БС-3, ЗИС-2 та ін. Недоливання рідини становить 2 – 3% від повного об'єму її у ГВЧ.

Вільний об'єм таких гальм заповнений повітрям, яке при розширенні рідини стискується і дає можливість рідині збільшуватися у об'ємі.

4.2.5. Призначення і типи компенсаторів гальм відкотних частин, принцип їх будови та дії

Компенсатор ГВЧ призначений для автоматичного регулювання кількості рідини у ГВЧ при стрільбі.

Принцип дії компенсатора полягає в тому, що при розігріванні надлишковий об'єм рідини у циліндрі ГВЧ через отвір малого діаметра перетікає у порожнину компенсатора, деформуючи пружний елемент, який там знаходиться. При охолодженні рідини у гальмі і зменшенні її питомого об'єму стиснений пружний елемент виштовхує рідину назад у циліндр ГВЧ, де вона заповнює звільнений об'єм. Робота компенсатора повинна бути такою, щоб перетікання рідини в його порожнину і навпаки мало статичний поступовий характер у міру нагрівання рідини у процесі стрільби або після її охолодження. Підвищення і зниження тиску у циліндрі гальма під час циклу “відкот - накат” не повинні приводити до інтенсивного циркулювання рідини з циліндра гальма у компенсатор і навпаки, бо це може привести до серйозних змін характеру роботи ГВЧ, особливо під час накату.

Існуючі конструкції компенсаторів ГВЧ за виглядом їх пружного елемента розподіляються на два типи: пружинні та пневматичні.

Пружинні компенсатори ГВЧ наповнюють рідиною порожнину циліндрів гальм під тиском пружин, а пневматичні – під тиском стисненого газу.

Пружинний компенсатор ГВЧ складається всередині циліндра гальма і відділяється від нього діафрагмою з великим отвором.

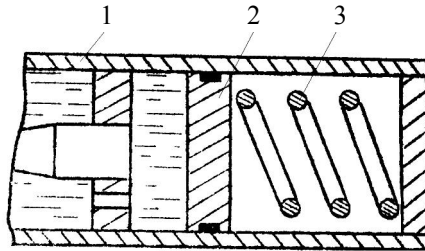


Рисунок 4.49 – Схема пружинного компенсатора:
1 – циліндр; 2 – плаваючий поршень; 3 – пружина

Усередині порожнини компенсатора розміщується плаваючий поршень зі зворотною пружиною. При нагріванні і розширенні внаслідок інтенсивної стрільби або значного підвищення температури навколишнього середовища надлишок рідини перетікає у компенсатор із циліндра через отвір діафрагми і тисне на плаваючий поршень, переміщуючи його і стискаючи пружину. При охолодженні рідини плаваючий поршень під тиском зворотної пружини переміщується назад і повертає рідину у порожнину гальма.

Компенсатори аналогічної конструкції входять до складу ГВЧ гармат 2С1, М-30, Д-1.

Під час відкоту у робочій порожнині ГВЧ утворюється вакуум і виникає можливість перетікання рідини із компенсатора в циліндр гальма, що приводить до збільшення кількості рідини у ньому.

У цьому випадку скорочується об'єм вакууму, викривляється закон гальмування відкоту і збільшується гідравлічний опір при накаті. У кінці накату цей надлишковий об'єм рідини повинен бути витісненим назад у порожнину компенсатора.

Для запобігання такому явищу зменшують отвори у діафрагмі, що призводить до збільшення гідравлічного опору при підвищених швидкостях рідини, і у той самий час при невеликому статичному натиску рідина зможе вільно перетікати із однієї порожнини в іншу і навпаки.

Це відбувається тому, що гідравлічний опір пропорційний квадрату швидкості і обернено пропорційний квадрату площі витікання.

Іноколи для повного виключення перетікання рідини між гальмом і компенсатором під час циклу “відкот-накат” ставиться клапан, який дозволяє перетікати рідині тільки у проміжках між пострілами. При відкоті поршня зі штоком клапан, звільнений поршнем гальма, під тиском своєї пружини перекриває отвір у діафрагмі і утримує його закритим до того моменту, поки у кінці каната поршень не натисне на хвостовик клапана. Клапан відкриває отвір, стиснувши свою пружину, і буде знаходитись у такому положенні до наступного пострілу.

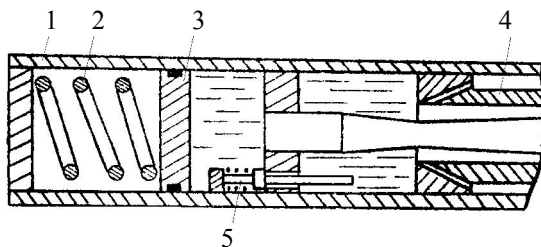


Рисунок 4.50 – Схема пружинного компенсатора з клапаном:

1 – циліндр; 2 – пружина; 3 – плаваючий поршень; 4 – шток з поршнем; 5 – клапан

Недоліком такої конструкції є ускладнення її будови та зниження надійності роботи. Останнє ускладнюється ще й тим, що пружина клапана звільняється лише короткочасно на час циклу “відкот-накат”.

У ПВП деяких гармат, наприклад, Д-30 пружинний компенсатор і його клапан виконуються у вигляді окремих вузлів, з'єднаних трубопроводами між собою і з циліндром ГВЧ. Зворотна пружина плаваючого поршня компенсатора підбирається за умови забезпечення відсутності недокатів за заданих режимів стрільби.

Недоліком пружинних компенсаторів ГВЧ є порівнянна складність, наявність плаваючого поршня з ущільненнями, який вимагає надійної центрівки.

Пневматичний компенсатор ГВЧ також складається всередині циліндра ГВЧ і відокремлюється від нього діафрагмою з невеликим отвором і трубкою у ньому.

У верхній частині порожнини компенсатора міститься повітря, а у нижній – рідина. Положення отвору і трубки повинно бути таким, щоб при всіх кутах підвищення ствола повітря не потрапило всередину гальма. Іноді отвір у діафрагмі виконується з клапаном з тією ж метою, що і у пружинних компенсаторах.

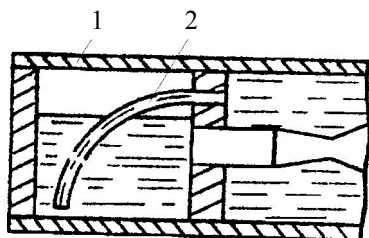


Рисунок 4.51 – Схема пневматичного компенсатора:

1 – циліндр; 2 – трубка

Початковий тиск повітря дорівнює атмосферному.

Недоліком цієї конструкції є можливість спінювання рідини при взаємодії її з повітрям і створення емульсії.

Емульсія може потрапляти до порожнини ГВЧ, що, з одного боку, може викривити закон гальмування, а з іншого - буде сприяти винесенню повітря із компенсатора, зменшенню кількості і початкового об'єму повітря, що порушує режим роботи компенсатора.

Усунення цього недоліку введенням плаваючого поршня, який розділятиме рідину і повітря, значно ускладнює конструкцію і призводить до появи тих самих недоліків, що і у пружинного компенсатора. До того ж додаються незручності, пов'язані з необхідністю забезпечення початкового стиснення повітря при заповненні компенсатора для подолання опору тертя в ущільненнях плаваючого поршня.

Загальним недоліком пневматичних компенсаторів є залежність режиму їх роботи від температури, що необхідно враховувати при забезпеченні тривалої та інтенсивної стрільби, особливо зі швидкострільних гармат.

4.2.6. Призначення і типи накатників **Вимоги до накатників**

Накатник – це частина ПВП, яка призначена для акумулювання енергії пружним тілом при відкоті ствола, повернення відкотних частин у початкове положення після відкоту і утримання їх у цьому положенні за будь-якого кута підвищення до виконання наступного пострілу.

Під час відкоту накатник акумулює частку кінетичної енергії руху відкотних частин, і, отже, бере участь в гальмуванні відкоту. Потім більша частина акумульованої енергії, яка перетворилася на потенціальну енергію стисненого пружного тіла, повертається відкотним частинам у вигляді кінетичної енергії руху у зворотному напрямку при накаті.

У початковому положенні ствол утримується при всіх кутах підвищення і за наявності прискорень під час руху гармати, за рахунок попереднього стиснення пружного тіла.

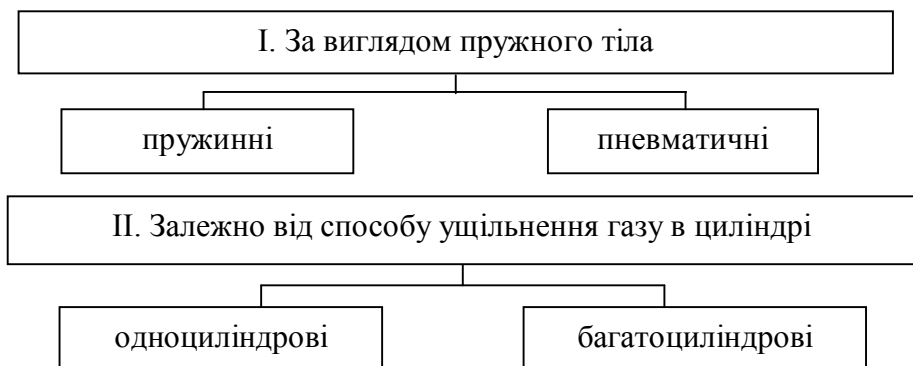


Рисунок 4.52 – Класифікація накатників за найбільш важливими і загальними ознаками

Пружинний накатник – це накатник із пружинним тілом, який акумулює енергію пострілу. В таких накатниках як пружинне тіло використовуються гвинтові циліндричні однорядні або телескопічні пружини. Пружинні накатники прості за конструкцією і в обслуговуванні, мають малу чутливість до бойових пошкоджень від куль та осколків, а їх дія не залежить від умов навколишнього середовища. Але вони мають великі масу і габарити, особливо у великокаліберних гармат. Крім того, збільшення розмірів пружин ускладнює технологію та підвищує вартість їх виготовлення. Отже, пружинні накатники використовуються, як правило, у малокаліберних та середньокаліберних автоматичних гарматах.

Пневматичний накатник – це накатник з пневматичним акумулятором енергії пострілу. В таких накатниках як пружинне тіло використовується стиснуте повітря або азот. Пневматичні накатники мають малі масу і габарити конструкції, але їх робота залежить від температури навколишнього середовища, що ускладнює експлуатацію. Вони мають підвищену чутливість до бойових пошкоджень кулями, осколками снарядів і мін. Незважаючи на

це, пневматичні накатники дуже поширені у ПВП сучасних причіпних і самохідних артилерійських гармат.

Залежний накатник – це накатник, об'єднаний конструктивно і функціонально з ГВЧ або з іншими частинами гармати.

Незалежний накатник – це накатник, конструктивно і функціонально необ'єднаний з іншими частинами гармати або ГВЧ.

У ПВП сучасної вітчизняної причіпної і самохідної артилерії всіх калібрів поширені тільки незалежні накатники.

Вимоги до накатників:

- накатник повинен забезпечити повний і достатньо швидкий накат;
- накатник повинен утримувати відкотні частини у вихідному положенні;
- робота накатника не повинна супроводжуватися ударами і струсами;
- конструкція накатника повинна бути простою і технологічною;
- конструкція накатника повинна забезпечити надійність, простоту та зручність в експлуатації.

4.2.7. Принцип будови і дія пружинних накатників, їх характеристики та застосування

Пружинні накатники за розміщенням пружин (рис. 4.53) поділяються на накатники з однорядним і телескопічним розміщенням пружин.

Накатники з однорядним розміщенням пружин являють собою одну колонку циліндричних гвинтових пружин, насаджених на ствол або на циліндр ГВЧ у залежних накатниках або на шток у незалежних накатниках.

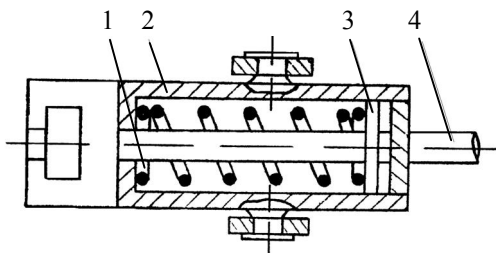


Рисунок 4.53 – Схема пружинного накатника:

1 – пружина; 2 – люлька; 3 – обойма; 4 – ствол

Пружина, яка насаджена на ствол, під час відкоту стискується між кільцевою обоймою ствола і дном нерухомої люльки. При накаті пружина розтискується і повертає ствол у початкове положення. Така конструкція компактна і не має ексцентрично розташованих відносно ствола мас. Але пружина має відносно великі габарити та інтенсивно нагрівається від ствола під час тривалої стрільби. Така схема поширена в малокаліберних і середньокаліберних гарматах.

Пружина, яка насаджена на циліндр ГВЧ, розміщується ексцентрично відносно осі каналу ствола. Під час відкоту вона стискується між фланцем циліндра ГВЧ і дном нерухомої люльки. При накаті пружина розтискується і діє через фланець ГВЧ на ствол, повертаючи його у початкове положення. Така конструкція компактна, але вона погіршує тепловий режим ГВЧ і виключає можливість розривання пружини під час тривалої стрільби.

Пружина, яка насаджена на шток незалежного накатника, під час відкоту стискується між поршнем штока і дном циліндра накатника. Така конструкція компактна, не має можливості розігрівання пружини під час тривалої стрільби.

Накатник з телескопічним розміщенням пружин (рис. 4.54) являє собою дві колонки телескопічних пружин,

насаджених на нерухомий циліндр у залежних накатниках або на шток у незалежних накатниках.

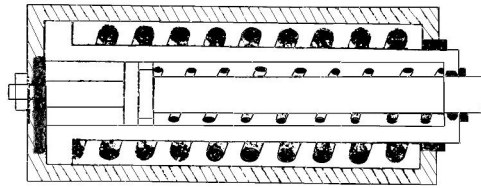


Рисунок 4.54 – Схема телескопічного пружинного накатника

Пружини, насажені на шток ГВЧ або на рухомий циліндр, працюють так: при відкоті разом зі стволом відкочується циліндр ГВЧ. Циліндр фланцем стискає внутрішню пружину, яка відводить назад рухомий циліндр. Рухомий циліндр, у свою чергу, стискає зовнішню пружину між дном нерухомої люльки і фланцем. Отже, стискаються обидві пружини, з'єднані послідовно.

Послідовне включення пружин дозволяє отримати порівняно довгий відкот при невеликій довжині накатника, що зручно в гарматах з малою довжиною ствола, наприклад, у гаубицях і гірських гарматах.

Пружини, які насажені на шток незалежних накатників, стискаються одночасно. Сили стиснення обох пружин рівні між собою і дорівнюють довжині відкоту.

Жорсткість накатника дорівнює сумі жорсткостей обох пружин. Внутрішня пружина має менші переріз і відстань. Напруга обох пружин повинна бути приблизно однаковою.

Така схема застосовується з метою більш економного використання простору і скорочення загальних габаритів накатника, бо в цьому випадку є можливість розміщення більшої кількості пружинної сталі порівняно з простою лінійною схемою.

Недоліком схем з телескопічним розміщенням пружин є збільшення габаритів по діаметру і деяке ускладнення конструкції. Пружини виготовляються із високоякісної пружинної сталі прямокутного або круглого перерізу, навиваються у гарячому або холодному стані. Кінці кожної пружини центруються за площиною, перпендикулярною до осі пружини, а потім пружини підлягають термообробці.

Колонка пружин накатника складається із парного числа окремих правих і лівих пружин, що пояснюється технологічністю виготовлення пружин. Для виконання ремонту до складу ЗІП входить одна мала пружина. Чергування лівої і правої навивок пружин пов'язано з тим, що гвинтові пружини при стисненні розкручуються, а при розтяганні закручуються. Отже, їх конусні перерізи повертаються відносно опор на кут, пропорційний довжині пружини.

За наявності великих сил тертя в опорах і великого моменту інерції маси пружини, яка закручується, виникають додаткові до напруг кручення напруги вигину, що погіршує умови роботи пружини. Для усунення цього недоліку в опорах встановлюються кулькові або роликові підшипники, а у колонці чергуються пружини лівої і правої навивки з числом витків у межах 10 – 20.

Пружини розділяють шайбами, які виконують також роль напрямних.

Пружини прямокутного перерізу витримують напругу кручення у 1,5 – 1,75 раза більше, ніж пружини круглого перерізу, що дозволяє отримати вигреш у масі пружини накатника за умови використання прямокутного профілю пружин. Хоча пружини круглого профілю і поступаються у деяких якостях пружинам прямокутного перерізу, проте вони більш прості у виготовленні.

4.2.8. Принципи будови та дії пневматичних накатників, їх характеристики і застосування

У пневматичному накатнику як пружне тіло використовується стиснене повітря або азот, величина початкового тиску якого вибирається за умови утримання відкотних частин у початковому положенні при всіх кутах підвищення і наявності переносних прискорень від руху гармати.

Співвідношення між вибраною величиною початкового тиску і потрібним початковим зусиллям визначає величину робочої площі, а отже, і поперечні габарити робочого циліндра накатника. Загальні габарити визначаються довжиною відкоту і об'ємом газу, який вибирається з урахуванням необхідного ступеня стиснення.

Для замикання стисненого газу в накатнику використовується деяка кількість рідини СТЕОЛ-М, ПОЖ-70 або веретенного мастила. Залежно від кількості рідини і функцій, які вона виконує, пневматичні накатники поділяються на: суто пневматичні, гідропневматичні.

Залежно від числа циліндрів: одноциліндрові, двоциліндрові, трициліндрові.

Суто пневматичні накатники – це одно- або двоциліндрові накатники з диференціальними пристроями для замикання газу у робочих порожнинах рідиною під тиском, який перевищує тиск газу.

Це досягається тим, що плаваючі поршні, які розділяють рідину і стиснений газ, мають більш велику площу, звернену до газу, порівняно з площею, зверненою до рідини.

Високий тиск рідини передається потім елементам ущільнень. Мультиплікатори накатників мають лише невелику кількість рідини для забезпечення гідрозапору стисненого повітря у робочих порожнинах накатників. Саме цьому назва “пневматичні накатники” виправдана і у принциповому і в конструктивному відношенні.

Пневматичні накатники, як правило, мають два циліндри – робочий і повітряний, який виконує роль ресивера для стисненого газу.

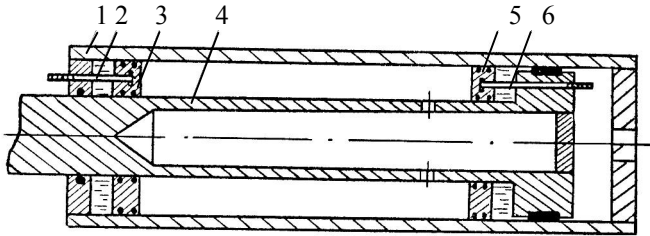


Рисунок 4.55 – Схема пневматичного одноциліндрового накатника:

1 – циліндр; 2,6 – стрижні; 3,5 – плаваючі поршні; 4 – шток з поршнем

Часто роль ресивера виконує внутрішня порожнина штока.

Пневматичні накатники майже повністю заповнені стисненим газом; тому вони більш компактні і мають невеликі габарити, а також прості в експлуатації. Крім того, в пневматичних накатниках рідина відокремлена від газу, що виключає можливість її змішування з газом, а у випадку заповнення їх повітрям – забезпечує рівновагу кисню у рідині. Цим зменшується можливість виникнення корозії на деталях і вихід газів із накатників.

Недоліком таких накатників є складність у забезпеченні надійного ущільнення стисненого газу.

Пневматичні накатники поширені в самохідних і танкових гарматах.

Гідропневматичні накатники – це дво- і трициліндрові накатники, в яких один із циліндрів заповнений стисненим повітрям і рідиною, а решта – тільки рідиною.

Циліндри утворюють робочу порожнину і газовий резервуар і мають з'єднувальні отвори, які розташовані так, щоб при всіх можливих кутах підвищення через них могла надходити тільки рідина. В таких накатниках роль

робочого тіла виконує стиснене повітря або стиснений азот і рідина – СТЕОЛ-М, ПОЖ-70, або веретенне мастило.

На відміну від суто пневматичних накатників рідина в гідравлічних накатниках призначена не тільки для гідравлічного замикання стисненого газу у газовому резервуарі, а й для передачі його тиску на поршень і циліндр накатника.

Стиснений газ буде надійно замкнений у газовому резервуарі накатника, якщо при всіх кутах підвищення і схилення рідина буде повністю покривати всі ущільнювальні пристрої. Для цього об'єм рідини повинен становити 0,5 – 0,65% об'єму накатника. Конструктивно гідропневматичні накатники виконуються з суміщеними або з роздільними циліндрами. Для зменшення кількості рідини накатника суміщені циліндри компонуються так: один циліндр розміщується всередині іншого ексцентрично зі зміщенням (використовується особливість газу міститься у верхній частині резервуара).

Розглянемо основні принципові схеми гідропневматичних накатників.

Двоциліндрові накатники із суміщеними циліндрами – це накатники з двома циліндрами, один з яких заповнений рідиною і газом, а другий – тільки рідиною. Всередині робочого циліндра розміщується поршень зі штоком. У двоциліндрових накатниках відкочуються під час відкоту штоки з поршнями, а циліндри, які закріплені на люльці, залишаються нерухомими. З'єднувальний отвір, розміщений у задній частині робочого циліндра, забезпечує надійність розділення рідиною газу і ущільнювальних пристроїв.

Під час відкоту поршень зі штоком починає рухатися і діє на рідину, яка перетікає через з'єднувальні отвори у газовий резервуар. При цьому внаслідок того що рідина не може бути стисненою, об'єм газу у резервуарі зменшується на величину об'єму рідини, яка потрапила до резервуара. Тиск газу збільшується до максимального значення у кінці

відкоту ствола. Цей тиск передається через рідину у внутрішній (робочий) циліндр і, діючи на його дно і поршень, створює зусилля накатника. Саме це зусилля і є однією з сил, які гальмують відкот (через поршень і шток). По закінченні відкоту тиск газу через рідину на поршень продовжує діяти і примушує відкотні частини рухатися у протилежному до відкоту напрямку до тих пір, поки вони не повернуться у своє початкове положення.

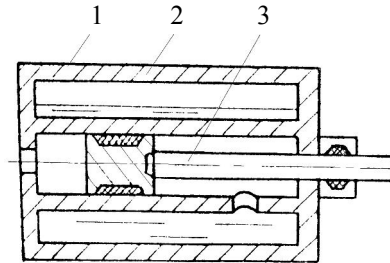


Рисунок 4.56 – Схема двоциліндрового пневматичного накатника:

1 – зовнішній циліндр; 2 – внутрішній циліндр; 3 – шток з поршнем

Величина зусилля накатника визначається тиском газу і робочою площею поршня, а також величиною сили гідравлічного опору рідини при перетіканні її із порожнини одного циліндра в інший. Така схема накатника – відносно проста і забезпечує надійне ущільнення стисненого газу; але вона допускає кріплення циліндрів тільки на люльці, а, отже, не збільшує маси відкотних частин. Накатники такої конструкції входять до складу ПВП гармат М-30, Д-1 та інших.

Трициліндрові накатники з суміщеними циліндрами – це накатники з трьома циліндрами, два з яких заповнені рідиною, а третій – рідиною і стисненим газом. Такий накатник відрізняється від попереднього наявністю проміжного циліндра.

У трициліндрових накатниках відкочуються циліндри, які закріплені в обоймі ствола, а штоки з поршнями, закріплені на люльці, залишаються нерухомими.

Такі накатники використовуються для збільшення маси відкотних частин, а отже, для зменшення швидкості їх відкоту, що призводить до збільшення стійкості гармати.

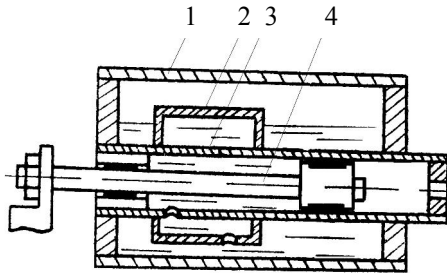


Рисунок 4.57 – Схема трициліндрового пневматичного накатника:

- 1 – зовнішній циліндр; 2 – проміжний циліндр;
- 3 – внутрішній циліндр; 4 – шток з поршнем

Розташування з'єднувальних отворів і введення проміжного циліндра призводить до того, що стиснений газ не може потрапити до внутрішнього робочого циліндра до ущільнень при будь-яких кутах підвищення ствола з урахуванням відкоту циліндрів.

При відкоті робочий циліндр переміщується відносно поршня зі штоком і примушує рідину перетікати у проміжний циліндр, а із нього в газовий резервуар. Об'єм газу зменшується, а тиск збільшується і через рідину передається у робочий циліндр, а саме – на дно циліндра і на поршень. Так утворюється основне зусилля накатника. Через дно циліндра воно передається відкотним частинам і гальмує відкот, а по закінченні відкоту примушує відкотні частини повернутися у початкове положення.

Через поршень і шток це зусилля передається лафету, навантажуючи його у напрямку відкоту. Величина зусилля накатника визначається тиском стисненого газу і робочою площею дна робочого циліндра, а також величиною сили гідравлічного опору при перетіканні рідини із одного циліндра в інший.

Такі накатники хоча і мають більш складну конструкцію, поширені у ПВП причіпної артилерії.

Слід урахувати, що в накатниках із суміщеними циліндрами на стінки робочого циліндра, крім внутрішнього тиску рідини, діє ще й однаковий за величиною зовнішній тиск, що може привести до втрати стійкості стінок, якщо вони тонкостінні. Крім того, безпосередній контакт газу з рідиною приводить до того, що при інтенсивному русі струменів рідини в газовий резервуар і назад виникає переміщення рідини і газу. Бульбашки газу переміщуються з рідиною і потрапляють у робочий циліндр і на ущільнення, які призначені для замикання рідини. Бульбашки проходять крізь ущільнення – виникає витікання газу.

Другим недоліком цієї схеми є те, що використання повітря призводить до того, що його кисень розчиняється у рідині. Складаються сприятливі умови для корозії всередині циліндра і в ущільнювальних пристроях.

Двоциліндрові накатники з роздільними циліндрами – це накатники, які складаються з одного циліндра і резервуара. Циліндр і резервуар сполучаються між собою. При цьому резервуар може мати будь-яку форму, зручну для розміщення в люльці.

У циліндричному резервуарі рідина іноді відокремлюється від стисненого повітря за допомогою плаваючого поршня, що зменшує можливість утворення корозії на деталях при заповненні накатників стисненим повітрям, а також зменшує витікання газу через ущільнювальні пристрої. Крім того, використання роздільних циліндрів змінює характер навантажень на робочий циліндр. Так, на стінки окремого робочого циліндра діє тільки внутрішній тиск рідини.

Накатник з роздільними циліндрами використовують у великокаліберних гарматах з важкими відкотними частинами. Для таких гармат ці накатники будуть більш компактними і зручними для розміщення на лафеті. Накатники такого типу входять до складу ПВП гармат Б-4М, МЛ-20.

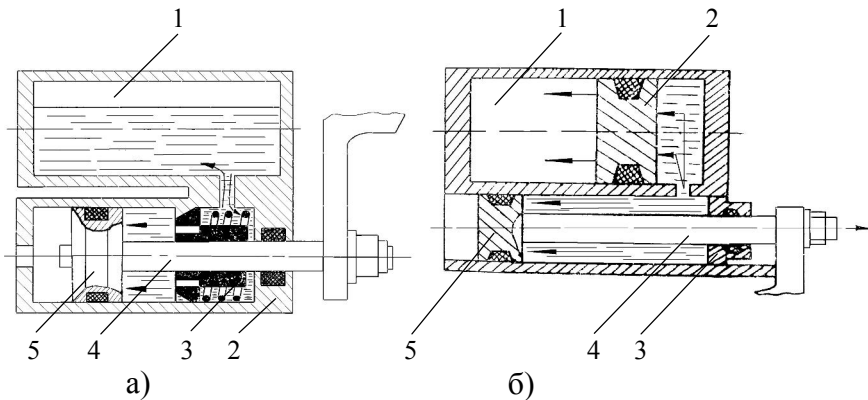


Рисунок 4.58 – Схема двоциліндрових накатників з роздільними циліндрами:

а) з роздільними циліндрами:

1 – резервуар; 2 – циліндр; 3 – клапан; 4 – шток; 5 – поршень;

б) з плаваючим поршнем:

1 – резервуар; 2 – плаваючий поршень; 3 – циліндр; 4 – шток; 5 – поршень

Іноді для штучного збільшення сили гідравлічного опору перетіканню рідини із газового резервуара у робочий циліндр при накаті до складу гідропневматичних накатників входить клапан додаткового гальмування наката. Клапан забезпечує зниження зусилля при накаті та поглинання частини надлишкової енергії накатника.

При відкоті під тиском рідини клапан відкривається і не чинить значного опору перетіканню рідини у повітряний резервуар.

При накаті під тиском рідини та пружини клапан закривається і рідина перетікає у робочий циліндр тільки через вузькі отвори у клапані, внаслідок чого і поглинається частина енергії наката. Накатник подібної конструкції мають ПВП гармат 2А19, 2А29, Д-48.

4.2.9. Призначення, типи, принцип будови і дії ущільнень противідкотних пристроїв та вимоги до них

Ущільнювальні пристрої призначені для запобігання витіканню рідини або газу із ПВП через рухомі і нерухомі рознімні з'єднання.

Ущільнювальні пристрої взагалі визначають надійність і працездатність пневмогідравлічних пристроїв, але, у свою чергу, вони є найбільш слабкою ланкою конструкції накатників.

Вимоги до ущільнювальних пристроїв:

- ущільнення повинно надійно замикати рідину або газ за умов будь-яких тиску і температури;
- ущільнення повинно бути достатньо довговічним;
- ущільнення повинно мати малий коефіцієнт тертя;
- ущільнення не повинно викликати корозію деталей або псування рідини;
- ущільнення повинно бути простим за конструкцією і зручним в експлуатації.

Ущільнювальні пристрої за найбільш загальними ознаками поділяють на такі типи:

за характером ущільнювальних пристроїв: для з'єднань зі зворотно-поступальним рухом, для з'єднань з обертальним рухом, для нерухомих з'єднань;

- за принципом дії: контактні та безконтактні.

У ПВП використовують:

- контактні та безконтактні ущільнювальні пристрої для з'єднань зі зворотно-поступальним рухом (шток з поршнем ГВЧ);

- контактні ущільнювальні пристрої для нерухомого з'єднання.

Контактні ущільнювальні пристрої забезпечують герметизацію за рахунок щільного прилягання ущільнювальних деталей до сполучених поверхонь з'єднання, а *без-*

контактні – працюють за наявності невеликих зазорів у з'єднаннях.

Нерухомі рознімні з'єднання ущільнюються за рахунок установаження у зазор між сполученими деталями ущільнювальних кілець або прокладок із м'яких матеріалів (міді, алюмінію).

Найбільше поширення у ПВП отримали кільця і прокладки, виготовлені з червоної міді марок М2, М3, М4, які встановлюються в нарізних з'єднаннях для утворення абсолютно непроникних з'єднань.

При угвинчуванні деталей мідне кільце деформується відповідно до форми кільцевої виточки або уступу в сполучених деталях і, щільно притискуючись до них, забезпечує надійну герметизацію з'єднань. Питомий тиск на кільце при складанні повинен бути більшим, ніж текучість червоної міді, що викликає необхідність великих зусиль при затягуванні ущільнювальних з'єднань.

Рухомі з'єднання зі зворотно-поступальним рухом деталей ущільнюються за допомогою сальників, манжет, гумових кілець з використанням лабіринтних ущільнень, а також диференційних ущільнень за умови високої точності виготовлення деталей.

Для ущільнень штоків і поршнів ПВП, які мають зворотно-поступальний рух, використовують такі ущільнювальні пристрої: сальникові, манжетні, кільцеві ущільнення, лабіринтні ущільнення, диференційні ущільнення.

Сальникові ущільнювальні пристрої використовуються в ПВП для ущільнення деталей зворотно-поступального руху, що працюють при температурі до 450°C і під тиском до 900 кг/см². Ущільнення забезпечується еластичним герметизуючим елементом, який стискується під час монтажу з такою силою, щоб питомий тиск у зоні контакту його з ущільнюваною поверхнею перевищував тиск робочого середовища. Отже, сальникові ущільнення працюють завдяки монтажному стисненню набивки

натискною гайкою і можуть використовуватися для герметизації систем, у яких тиск може бути відсутнім.

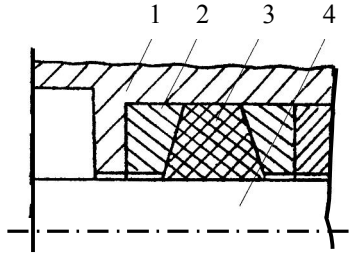


Рисунок 4.59 – Схема сальникового ущільнювача:
1 – циліндр; 2 – кільце; 3 – набивка; 4 – шток

Еластичний герметизуючий елемент – це сальникова набивка, яка являє собою плетену або набивку з бавовняних, льняних, азбестових та інших волокон.

Для підвищення працездатності набивка насичується мастилом при температурі 90 – 95°C. Після насичування набивка пресується з метою надання їй визначеної форми і розмірів. Окремі секції сальникової набивки поділяються між собою бронзовими кільцями трапецієподібного або ромбоподібного перерізу.

В ущільненнях із трапецієподібними кільцями верхні шари набивки, які прилягають до корпусу сальника, будуть мати більшу деформацію, ніж нижні, що прилягають до штока. Отже, верхній шар знаходиться під більшим тиском, і набивка у міру зношення буде переміщуватися із області підвищеного тиску в область зниженого, а отже, у бік ущільненої деталі.

В ущільненнях із ромбоподібними кільцями зона підвищеного тиску знаходиться у середній частині набивки, і вона у міру зношення буде переміщуватися і в бік ущільненої деталі, і в бік корпусу сальника.

З цієї точки зору використовувати ромбоподібні кільця не дуже корисно порівняно з трапецієподібними.

Профіль кілець і зусилля монтажного стиснення набивки визначають зусилля стиснення сальника до рухомого штоку і силу тертя, яка виникає при цьому.

Переваги сальникових ущільнень: простота конструкції і надійність герметизації за будь-якого тиску.

Недоліки: велике тертя і необхідність періодично підтягувати натискні гайки.

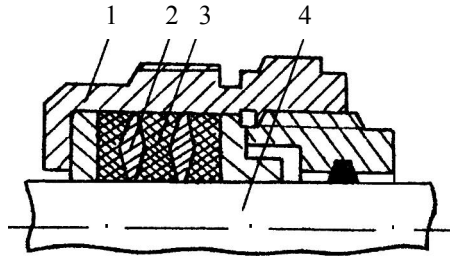


Рисунок 4.60 – Схема сальникового ущільнювача з ромбоподібними кільцями:

1 – натискна гайка; 2 – ромбоподібне кільце; 3 – набивка; 4 – шток

Широко використовують сальникові ущільнення для ущільнення штоків ГВЧ ПВП внаслідок низького тиску в їх циліндрах у неробочому стані. Такі ущільнення мають ГВЧ гармат Д-30, Т-12, Д-1, М-30 та інших.

Крім того, сальникові ущільнення використовують у сполученні з манжетними ущільнювальними пристроями, де вони, крім герметизації, захищають манжети від пошкоджень пилом, брудом і піском.

Манжетні ущільнювальні пристрої

Використовують у ПВП для ущільнення деталей зворотно-поступального руху в агрегатах з тиском або без нього.

Конструкція ущільнювального вузла складається з манжет і натискних кілець. Герметизація забезпечується за рахунок деформації манжет під дією манжетного тиску і

тиску робочого середовища. Найбільше поширення дістали гумові і гумовотканинні шевронні та V-подібні манжети. Розроблені також манжети із шкіри, фторопласту, капрону та інших матеріалів.

Шевронні гумові манжети використовують для ущільнення деталей, що працюють під тиском до 500 кг/см^2 , при температурі від -30 до $+50^\circ\text{C}$.

Кільця і манжети виготовляють із мастилостійкої гуми. Кількість манжет у вузлі ущільнення залежить від ущільнювального діаметра і тиску робочого середовища. За необхідності використовують притискні пристрої у вигляді натискної гайки або пружини.

Шевронні фторопластові манжети використовуються у тому випадку, коли гумові манжети непридатні через хімічну активність робочого середовища, високу температуру або велике тертя. Вони використовуються при максимальному тиску ущільненого середовища до 400 кг/см^2 і температурі від 195 до 250°C .

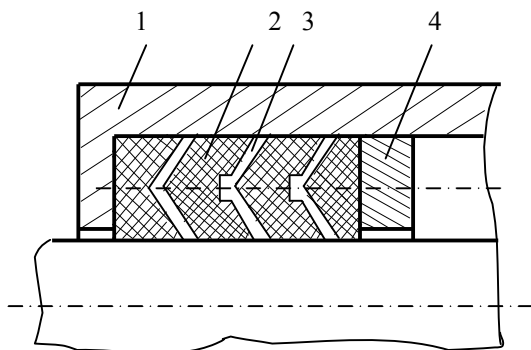


Рисунок 4.61 – Схема шевронного манжетного ущільнювача:

1 – циліндр; 2 – манжета; 3 – опорне кільце; 4 – натискне кільце

Шевронні гумові манжети, як правило, використовуються у сполученні з V-подібними гумовими манжетами, наприклад, в ущільненні штока ГВЧ ПВП 2СЗМ.

V-подібні гумові манжети використовують для ущільнення деталей, які працюють під тиском до 320 кг/см^2 і температурі від -35° до $+80^\circ\text{C}$. Вони забезпечують герметизацію контактної поверхні, яка створена загостреними краями вузлів манжети за рахунок її деформації під час монтажного стиснення ущільнення натискною гайкою або пружиною.

При підвищенні тиску ущільнюване середовище розширює вуса манжети, збільшується площа контакту, що і забезпечує надійне замикання середовища. У цьому випадку ступінь прилягання обтюрвальних поверхонь манжети знаходиться у прямій залежності від величини тиску середовища, що ущільнюється, а саме – чим вищий тиск, тим щільніше і надійніше підтискується манжета до поверхонь, що ущільнюються.

Розпираюче й опорне кільця виготовляються з бронзи і служать для поліпшення працездатності ущільнення. При цьому розпираюче кільце повинно мати отвір для підведення тиску середовища, що ущільнюється, до манжети. Манжети повинні розміщуватися внутрішнім боком у бік середовища, що ущільнюється. Для забезпечення надійного ущільнення робочого середовища встановлюють дві манжети: одна над одною.

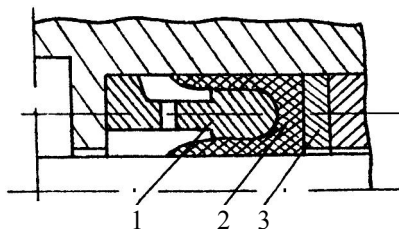


Рисунок 4.62 – Схема манжетного V-подібного ущільнювача:

1 – розпираюче кільце; 2 – манжета; 3 – опорне кільце

Манжети виготовляються пресуванням мастилостійкої гуми при температурі $200 - 250^\circ\text{C}$.

Манжетні ущільнювальні пристрої з V-подібними манжетами використовують для ущільнення штоків і поршнів накатників ПВП гармат 2А19, Д-30 та інших (встановлюються по дві манжети у кожному ущільненні). Крім того, вони також використовуються із сальниковими ущільненнями, наприклад, у ГВЧ ПВП гармат Д-20, Б-4М і в накатниках ПВП гармати Б-4М.

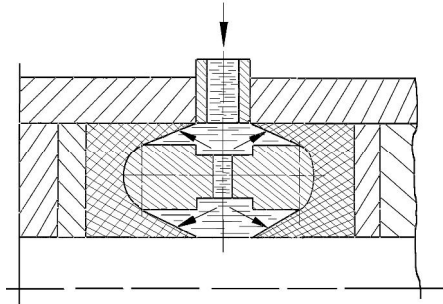


Рисунок 4.63 – Схема замкнутого манжетного ущільнювача

V-подібні шкіряні манжети використовують для ущільнення деталей, які працюють під тиском до 100 кг/см^2 і температури робочого середовища від -20° до $+70^\circ\text{C}$.

У суто пневматичних накатниках, де рідина у робочій порожнині відсутня, можуть використовуватися замкнені манжетні пристрої. При цьому манжети обернені всередину порожнини, куди подається рідина під тиском, що перебільшує тиск газу в циліндрі. Це можливо внаслідок використання мультиплікатора тиску.

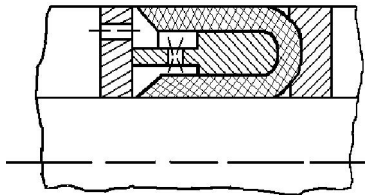


Рисунок 4.64 – Схема ущільнювача з V-подібною шкіряною манжетою

Під більш високим тиском починається витікання ущільнювальної рідини через пори шкіри, а при температурі нижче -20°C і вище $+70^{\circ}\text{C}$ шкіряні манжети втрачають еластичність, висихають і розтріскуються. Крім того, у веретенному мастилі шкіра висихає і перепускає мастило крізь себе, а у СТЕОЛ-М вона поглинає воду, набрякає і втрачає свою форму. Отже, для підвищення працездатності шкіряні манжети насичують мастилом, як і сальникові ущільнення.

У сучасних конструкціях *позитивними якостями* манжетного ущільнювального пристрою порівняно із сальниковим є: менші габарити, мале тертя, відсутність необхідності періодичного підтягнення натискних пристроїв.

Недоліком манжетних пристроїв є ненадійне ущільнення робочого середовища за відсутності тиску, а манжетні пристрої, навпаки, - за наявності тиску.

Проте за низьких температур сальникове ущільнення скорочується у розмірах і утворює зазор в ущільненні. У цьому випадку при виконанні першого пострілу, доки ГВЧ не розігрівся, через цей зазор може бути винесено значну кількість середовища, що ущільнюється. Гумові манжети, які щільно притиснені до штока, ліквідують цю небезпеку.

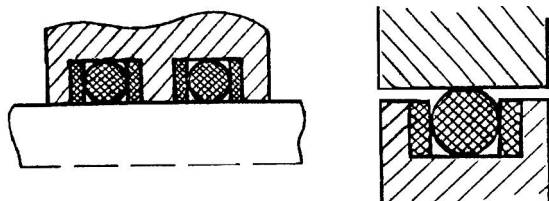


Рисунок 4.65 – Схема ущільнення кільцями

Ущільнення кільцями із гуми круглого перетину використовуються для ущільнення деталей зворотно-поступального руху, які працюють під тиском до 100 кг/см^2 , а з використанням захисних шайб із фторопласту – до $200 - 350 \text{ кг/см}^2$ і при температурі від -50°C до

+120°C. Герметичність за відсутності тиску досягається за рахунок монтажного стиснення гумових кілець у прямокутних канавках.

З появою тиску в системі кільця додатково деформуються і створюють щільний контакт з поверхнею, що ущільнюється. Монтаж кілець у канавки здійснюється з розтягненням їх по внутрішньому діаметру. Крім того, при встановленні кільця в агрегат воно деформується по перетину з утворенням контактної поверхні.

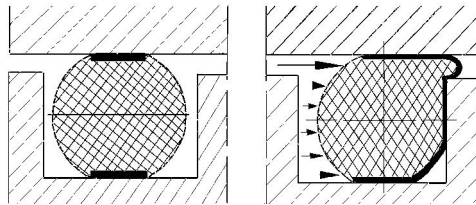


Рисунок 4.66 – Схема дії ущільнення гумовими кільцями

Під дією тиску середовища, що ущільнюється, відбувається подальше деформування кілець зі збільшенням контактних поверхонь, чим і забезпечується надійна герметизація з'єднання.

Якщо тиск досягає 100 кг/см^2 і більше, в ущільненнях встановлюють фторопластові захисні шайби з боку, протилежного напрямку тиску. Це робиться для того, щоб уникнути видавлювання гумових кілець з канавок у зазор, що ущільнюється. Якщо тиск можливий з двох боків, встановлюють шайби з двох боків гумового кільця.

Ці ущільнення мають такі *переваги*: простоту будови, простоту монтажу і експлуатації, малі габарити, малі сили тертя.

Недолік такого ущільнення порівняно з манжетами – більш низька довговічність.

Ущільнення гумовими кільцями круглого перетину з двома захисними шайбами використовуються в накатниках

ПВП 2С1 і 2С3М. Крім того, такі ущільнення використовуються у сполученні з V-подібними манжетними ущільненнями в ГВЧ ПВП 2С1. Гумові ущільнювальні кільця використовуються також і для ущільнення нерухомих з'єднань з тиском робочого середовища до 300 кг/см² і більше.

Лабіринтні ущільнювальні пристрої у сполученні з методом точної пригонки належать до безконтактного типу ущільнень і використовуються для ущільнення деталей зворотно-поступального руху, наприклад, сорочки поршня і циліндра або сорочки модератора і порожнини штока гальм відкотних частин практично усіх ПВП.

Під час руху поршня рідина не повинна пробризкуватися у зазор між поршнем і циліндром. При цьому для зниження тертя сорочка поршня виготовляється із бронзи, яка має більш високий коефіцієнт розширення, ніж сталь. При розігріванні діаметр сорочки збільшується інтенсивніше, ніж діаметр циліндра. Отже, щоб уникнути натягу між ними, треба передбачити гарантований зазор (не менше 0,02 – 0,03 мм), достатній для відносної зміни розмірів поршня і циліндра у робочому діапазоні температур. Але через цей зазор під час виконання перших пострілів зможе витікати значна кількість рідини, що спотворює закон гальмування. Для збільшення гідравлічного опору зазору перетіканню рідини на поверхні сорочки поршня роблять прямокутні канавки, розміщені одна за одною. Ці канавки служать розширювальними камерами для рідини, яка витікає у зазор. Потрапляючи в них, рідина втрачає швидкість, тиск рідини збільшується. Отже, в канавках утворюється зона підвищеного тиску, що зменшує витікання рідини через зазор внаслідок зменшення перепаду тиску і великих гідравлічних втрат у канавках.

Аналогічно працює і лабіринтне ущільнення сорочки модератора у порожнині штока ГВЧ ПВП.

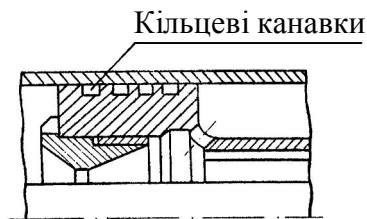


Рисунок 4.67 – Схема лабіринтного ущільнювача

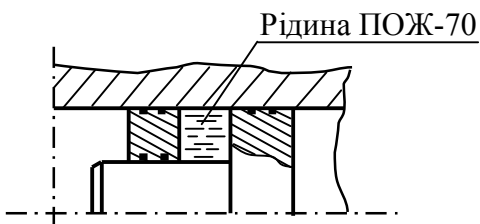


Рисунок 4.68 – Схема диференціального ущільнення

*Позитивними якостями лабіринтних ущільнень є простота конструкції, мале тертя і можливість використання при високих температурах рідини і газів, а *недоліком* – відсутність повної герметизації.*

Диференціальне ущільнення – це мультиплікатор накатника, який призначений для замикання газу в накатнику рідиною під тиском більшим, ніж тиск у ньому.

У таких ущільненнях використовується принцип некомпенсованих площ, які дозволяють отримати тиск з боку рідини на плаваючий поршень більший, ніж з боку газу. Це досягається тим, що площа плаваючого поршня, який розділяє рідину і газ, буде більшою з боку газу, ніж з боку рідини. Отже, при рівновазі сил, діючих на поршень з боку газу і рідини, тиск буде більшим з боку рідини. Цим забезпечується надійність замикання газу у циліндрі.

При цьому перепад тиску може вибиратися за бажанням конструкторів. Отже, в диференціальному ущільненні використовується принцип, аналогічний до принципу дії пластичного обтюратора поршневого затвора.

Пристрої для захисту ущільнювальних пристроїв

Ущільнювальні пристрої рухомих деталей повинні бути надійно захищені від шкідливого впливу навколишнього середовища, бо пил і особливо пісок сприяють швидкому спрацюванню ущільнень деталей, виготовлених із м'яких матеріалів.

Як захисні пристрої ущільнень широко використовуються повстяні сальники, які забезпечують очищення штоків від пилу, бруду та піску під час входу їх до циліндрів ПВП, а також гумові і поліхлорвінілові манжети.

Повстяні сальники можуть надійно працювати у діапазоні температур від -50°C до $+120^{\circ}\text{C}$, а у разі використання синтетичних волокон – до $+200^{\circ}\text{C}$. Повсть гарно адсорбує мастило, забезпечує змащення робочих поверхонь і очищення їх від абразивних частинок, чим захищає поверхню штоків від спрацювання і полірує її без утворення задирок.

Еластичність повсті і малий коефіцієнт тертя дозволяють ущільненню зберігати постійною ущільнювальну силу, незважаючи на спрацювання. Повстяні кільця діаметром до 60 мм виготовляються цілими, а більших діаметрів – зшивними. Кільце встановлюється в трапецієподібні канавки натискних гайок. Крім того, для підвищення працездатності у конструкціях ущільнювальних пристроїв передбачають наявність елементів, які забезпечують центрування і напрямлення зворотнопоступального руху штоків, що здійснюється за допомогою бронзових втулок. Використання бронзових деталей в ущільнювальних пристроях пояснюється антикорозійними і антифрикційними властивостями бронзи.

4.3. Лафети артилерійських гармат

4.3.1. Призначення і типи лафетів, вимоги до них як до бойових станків гармат

Лафет – це складова частина гармати, яка виконує функцію бойового станка під час стрільби і засобу транспортування у поході.

Лафет як бойовий станок гармати призначений для опори ствола під час стрільби і зміни його положення при наводці.

Лафет сприймає сили, які виникають у каналі ствола під час пострілу, і надає гарматі таких якостей, як стійкість і нерухомість. Механізм і будова лафета складають бойовий станок гармати.

До конструкції лафета як до бойового станка ставлять такі основні *вимоги*:

- стійкість і нерухомість гармати під час стрільби;
- наведення гармати в заданих межах без її перестановки;
- зручність і простота бойової роботи з гарматою;
- надійність і безпека стрільби з гармати.

Стійкість і нерухомість гармати – це здатність її складових частин зберігати початкове положення під час дії моментів і сил, які прагнуть викликати їх кутове або лінійне переміщення.

Гармата вважається стійкою, якщо вона при пострілі не перекидається навколо сошників станин і її передня опора не втрачає зв'язку з ґрунтом, а нерухомою – якщо вона при пострілі не переміщується вздовж горизонтальної осі.

Стійкість і нерухомість гармати визначають її швидкострільність, кучність бою, влучність стрільби і досягаються як конструктивними (збільшення маси гармати, довжини станин і довжини відкоту; зменшення висоти лінії вогню, плеча динамічної пари, використання дульного

гальма, ПВП), так і експлуатаційними заходами (ведення стрільби з використанням зменшених зарядів, правильною установкою і кріпленням гармати на вогневій позиції).

Горизонтальне і вертикальне наведення повинно бути легким, плавним, простим, швидким і точним, а його межі повинні забезпечувати можливість великої вогневої маневреності як за напрямком, так і за дальністю стрільби. З метою збільшення вогневої маневреності створені лафети з багатостанинними станками, які дозволяють розширити сектор горизонтального обстрілу, навіть до кругового (360°), наприклад, у Д-30.

Зручність і простота бойової роботи з гарматою повинні забезпечувати зручне і легке переведення її з похідного положення в бойове і навпаки, перезаряджання, наведення, розбирання, складання, чищення і змащення, особливо вночі.

Надійність і безпека стрільби з гармати забезпечуються раціональною конструкцією її елементів, підбором матеріалів відповідної міцності для виготовлення деталей лафета, захистом обслуги і основних агрегатів гармати від вогню противника.

Лафети сучасних гармат – різні за конструкцією і складом механізмів, але за найбільш загальними і характерними ознаками вони можуть бути поділені на такі типи: за способом з'єднання зі стволом - за способом транспортування.

Якщо ствол під час пострілу не рухається відносно лафета, то такий лафет називається жорстким (наприклад, М-120, 2С4), а якщо рухається – пружним, наприклад, МТ-12, Д-30, 2С3).

Пружний лафет з'єднаний зі стволом пружним зв'язком (протилежні пристрої – ПВП), який допускає під час пострілу значне переміщення ствола відносно лафета.

Рухомі лафети – це такі лафети, які забезпечують переміщення гармати на власному ході.

Самохідні лафети – це такі лафети, які пристосовані рухатися самостійно, бо на них встановлений двигун. Гармати із самохідними лафетами називаються самохідними гарматами.



Рисунок 4.69 – Класифікації лафетів

Саморухомі лафети – це лафети, які переміщуються на невелику відстань завдяки двигуну, встановленому на лафеті, а на великі відстані вони переміщуються за допомогою тягача (наприклад, СД-44).

Причіпні лафети відрізняються тим, що вони можуть пересуватися тільки за допомогою спеціального тягача.

Стаціонарні лафети використовуються в конструкціях берегових артилерійських установок та артилерії укріплених районів.

Лафет сучасної гармати складається з таких основних частин: люльки, верхнього станка, механізмів наведення, зрівноважувального механізму, приладів наведення (прицілів), бойового щита, нижнього станка зі станинами, ходової частини, допоміжних пристроїв.

Розглянемо призначення і принцип будови люльки, верхнього і нижнього станків зі станинами, бойового щита і ходової частини з допоміжними механізмами та пристроями. Решта частин лафета будуть розглянуті в окремих розділах.

4.3.2. Люлька

Люлька – це частина лафета, яка призначена для опори ствола і спрямування його руху під час відкоту і нахату, а також для з'єднання лафета з противідкотними пристроями і забезпечення повороту ствола у вертикальній площині.

Конструкція люльки повинна забезпечувати надійне спрямування ствола під час відкоту і нахату з мінімальним тертям, а також бути достатньо міцною і жорсткою.

Конструкція люльки складається з таких основних частин: корпусу, цапфової обойми, з'єднувальної обойми, напрямних.

Корпус люльки може бути різної форми, але для надійності спрямування руху ствола під час відкоту і нахату він повинен мати довжину напрямної частини не менше ніж величина максимального відкоту відкотних частин, а для міцності і жорсткості його висота повинна дорівнювати $1/8 - 1/10$ довжини. З цією ж метою він має ребра жорсткості і посилюється різного виду зв'язками.

Цапфова обойма люльки призначена для розміщення цапф і має різну форму залежно від конструкції корпусу. Використання цапфової обойми необхідно ще й тому, що вона збільшує жорсткість корпусу, і до неї кріпиться зубчастий сектор механізму вертикального наведення та інші частини гармати. Цапфову обойму, наприклад, має гармата Д-30. Деякі люльки не мають цапфової обойми, бо в таких люльках цапфи приварюються безпосередньо до корпусу.

З'єднувальна обойма призначена для з'єднання люльки з противідкотними пристроями або іншими частинами гармати. Вона також збільшує жорсткість люльки.

Цапфова і з'єднувальна обойми приварюються до корпусу люльки.

Напрямні люльки – це напрямна частина люльки, яка призначена для спрямування руху ствола під час відкоту і накату. Напрямні мають вигляд вкладиша люльки, який виготовлений із бронзи або латуні для зменшення коефіцієнта тертя.

Люлька цапфи з'єднується з підцапфовими гніздами верхнього станка гармати і за допомогою підйомного механізму може повертатися у вертикальній площині.

Ствол, ПВП, люлька із закріпленими на ній частинами і деталями складають хитну частину гармати, яка може повертатися відносно осі вертикального наведення.

В сучасних гарматах використовуються люльки різних конструкцій, але за найбільш важливими ознаками їх можна поділити на такі типи:

1 За способом спрямування руху ствола:

- полозкова люлька – це люлька з полозками для спрямування руху ствола (Д-30); *позитивні якості* – гарні умови ведення ствола, простота кріплення ПВП та їх захист; *недолік* – збільшення висоти лінії вогню;

- обоймова люлька – це люлька з обоймами для спрямування руху ствола (Д-48, Т-12); *позитивні якості* – компактність, більша жорсткість і технологічність виготовлення; *недоліки* – погіршення умов охолодження і необхідність ретельної обробки та змащення ствола;

- комбінована люлька – це люлька з полозками і обоймами для спрямування руху ствола.

2 За формою корпусу:

- коритна люлька – полозкова люлька з корпусом коритоподібної форми (Д-30, М-46);

- циліндрична люлька – люлька з корпусом циліндричної форми (Д-48, 2С1).

Циліндрична люлька порівняно з коритною більш міцна, жорстка і компактна, але вона погіршує умови охолодження, вимагає ретельної обробки поверхні ствола і змащення.

4.3.3. Верхній станок гармати

Верхній станок – це частина лафета, яка призначена для опори хитної частини гармати і забезпечення повороту її у вертикальній і горизонтальній площинах за допомогою механізмів наведення.

Конструкція верхнього станка забезпечує надійне закріплення хитної частини і можливість її повороту відносно цапф у вертикальній площині в заданому діапазоні кутів підвищення ствола. Конструкція верхнього станка повинна бути достатньо міцною і жорсткою за умови мінімальної маси. Конструкція верхнього станка має складну форму і складається з таких основних частин: основи, лодиг (стінок або шок), кронштейнів, бойового штиря або гнізда під нього.

Основа верхнього станка жорстко зв'язує між собою лодиги і для підвищення міцності і жорсткості посилюється ребрами. У центрі основа має бойовий штир або гніздо під бойовий штир нижнього станка.

Лодиги – це бокові стінки (шоки) з підцапфениками і наметками для з'єднання з цапфами хитної частини гармати. Відстань між лодигами визначається розмірами люльки, а їх висота повинна забезпечувати можливість повороту хитної частини відносно осі цапф у межах заданих кутів підвищення ствола. Підцапфеники для зниження тертя мають підшипники кочення або ковзання.

Опори кочення з роликками або голчастими підшипниками - це основний вид з'єднання підцапфеників верхнього станка з цапфами люльки.

Бойовий штир або гніздо під нього, якщо він зв'язаний з нижнім станком, забезпечує з'єднання верх-

нього станка з нижнім. З метою зменшення хитання і зниження тертя об'єднувальні деталі ретельно центруються і мають підшипники ковзання.

Кронштейни призначені для кріплення до верхнього станка різних механізмів і пристроїв лафета. Верхні станки подібної конструкції отримали назву вертлюжних.

Вертлюжні верхні станки широко використовуються в лафетах причіпних гармат і мають вигляд сталюого вилівка з отворами і вирізами для зменшення її маси. На верхньому станку розміщуються деякі основні частини гармати – хитна частина, елементи механізмів і приладів прицілювання, нерухома опора зрівноважувального механізму, а також допоміжні елементи.

Верхній станок із закріпленими на ньому механізмами складає обертову частину гармати, яка може повертатися відносно осі горизонтального наведення.

Під час пострілу верхній станок навантажується значними силами і моментами, які визначаються опорними реакціями цапф і механізмів наведення. На нього діють також сила ваги, а в самохідних гарматах – і сила інерції. Саме тому з'єднання верхнього станка з нижнім повинно забезпечувати надійне сприйняття навантажень під час пострілу і легкість його обертання відносно нижнього станка під час наведення гармати. Це досягається завдяки тому, що верхній станок з'єднується з нижнім із зазором 0,2 – 0,4 мм між опорними поверхнями, що зменшує момент тертя і полегшує горизонтальне наведення гармати. Величина зазору встановлюється за допомогою спеціальної пружини. Під час пострілу гармати верхній станок стискує пружини і “сідає” на нижній, чим забезпечується надійне сприйняття і передача на ґрунт зусиль, які виникають у момент пострілу. При цьому верхній станок утримується за нижній спеціальним захватом.

Після припинення дії сил зазор знову відновлюється внаслідок дії спеціальних пружин. Способи з'єднання верхнього станка з нижнім бувають різними. Наприклад, вони

можуть з'єднуватися за допомогою довгого або короткого бойового штиря або за допомогою цапф нижнього станка.

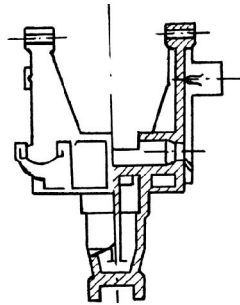


Рисунок 4.70 – З'єднання довгим бойовим штирем

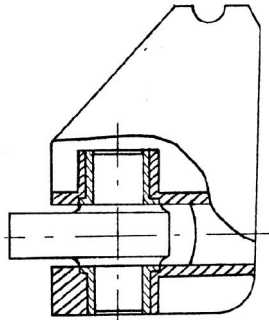


Рисунок 4.71 – З'єднання коротким бойовим штирем або цапфою нижнього станка

З'єднання довгим бойовим штирем центрується за допомогою двох підшипників ковзання нижнього станка, а штир опирається у його гнізді на пружинний підп'ятник так, щоб між площинами станків утворювався зазор $0,2 - 0,4$ мм. Такі з'єднання можуть мати від 1 до 3 підпружинених каток, які закріплені в основі верхнього станка. Цим забезпечуються зазор і одностороннє підтиснення бойового штиря до підшипників ковзання нижнього станка під час відкоту і накату. Це усуває хитання станка і тим самим збільшується купність бою. Крім того, верхній станок може мати підхват, який зменшує

хитання і оберігає верхній станок від перекидання відносно нижнього під час пострілу. Такий верхній станок з трьома підпружиненими катками і переднім підхватом має гармата Д-30.

З'єднання коротким бойовим штирем або цапфою нижнього станка збільшує момент тертя між станинами і затруднює наведення. Не виключена і можливість хитання верхнього станка в межах зазору між підшипниками і цапфами або в межах між нижнім станком і переднім підхватом. З'єднання за допомогою цапф нижнього станка використовується в гарматах Д-48, 2А29 та інших.

Опорний пристрій хитної частини самохідних гармат суттєво відрізняється від розглянутих. Так, їх хитна частина кріпиться до башти або безпосередньо до броні башти. У першому випадку на люльці встановлюють підцапфеники, куди входять цапфи, укріплені в спеціальних щоках рами, а у другому – цапфи люльки закріплюються біля підцапфених припливів башти.

Башта встановлюється на опорно-поворотному пристрої, який складається з погонів і кульок або роликів самохідного лафета. Башта може повертатися на ньому в горизонтальній площині на 360°. Отже, башта є опорою хитної частини і виконує функцію гарматного верхнього станка.

У самохідних гарматах з нерухомою баштою хитна частина гармати може розміщуватися в башті або в корпусі самохідного лафета. У цьому випадку в горизонтальній площині башта може повертатися лише в заданих межах. Хитна частина важких самохідних гармат встановлюється на спеціальних тумбах усередині корпусу самохідного лафета і з'єднується з тумбою за допомогою штиря.

Верхні станки гармат різні як за зовнішнім виглядом, так і за розміщенням механізмів, і за будовою опор цапф хитної частини гармати, а також за способом з'єднання з нижнім станком. За формою корпусу верхні станки сучасних гармат можна поділити на такі основні типи: вертлюжні, баштові, рамні, тумбові.

Вертлюжний верхній станок – це верхній станок причіпних гармат, корпус якого має дві бокові лодиги (стілки) з підцапфениками і пристрій для з'єднання з нижнім станком. Він використовується в гарматах Д-48, Д-30, М-30, М-46 та інших.

Баштовий верхній станок – це верхній станок самохідної гармати, корпусом якого служить броньована башта з підцапфениками і пристроєм для з'єднання із самохідним лафетом. Вони найбільш поширені в самохідних гарматах.

Рамний верхній станок – це верхній станок, корпусом якого служить рама з підцапфениками і вертикальними цапфами для з'єднання з нижнім станком або із самохідним лафетом. Він використовується в самохідних і танкових гарматах.

Тумбовий верхній станок – це верхній станок, корпусом якого служить тумба з підцапфениками і пристроєм для з'єднання з нижнім станком або самохідним лафетом. Він використовується в самохідних броньованих і напівброньованих гарматах із самохідними лафетами і в зенітних гарматах.

4.3.4. Нижній станок гармати

Нижній станок – це нерухома під час наведення частина лафета, яка призначена для опори обертової частини і для з'єднання гармати з ґрунтом або з основою, на якій вона встановлена. Конструкція нижнього станка і спосіб його з'єднання з ґрунтом залежать від призначення цієї гармати, умов її експлуатації і перевезення.

Основними вимогами до конструкції нижніх станків і способів їх з'єднання з ґрунтом є забезпечення під час стрільби стійкості гармати у межах заданого сектора горизонтального обстрілу і нерухомість, а також достатня міцність і жорсткість при мінімальній масі.

Конструктивно нижній станок складається з лобової коробки, станин.

Лобова коробка – це корпус колісного нижнього станка з бойовою ходовою частиною, який служить лобовою опорою гармати під час стрільби і основою ходової частини у поході.

Лобова коробка – це сталевий виливок складної конфігурації зі зміцнювальними ребрами. У лобовій коробці розміщуються підшипники ковзання бойового штиря верхнього станка або його цапфа. Крім того, до лобової коробки кріпиться бойова вісь, підресорювання, механізм виключення підресорювання, механізм самовстановлення та інші механізми і пристрої лафета.

Станина причіпної гармати опирається на ґрунт у бойовому положенні гармати.

Станина служить опорою гармати і забезпечує її зв'язок з ґрунтом під час стрільби і, як правило, з тягачем у поході.

У гарматах середнього і великого калібрів станини, як правило, виготовляються коробчастими, а в гарматах малого калібру – трубчастими, з підсилювальними накладками в передній частині.

Для зв'язку з ґрунтом станини мають хоботові листи і сошники, а для зв'язку з тягачем – шворневі лапи.

Хоботовий лист – кінцева частина станини, яка призначена для збільшення площі хоботової опори гармати на ґрунт з метою запобігання зариванню станини.

Сошник – частина нижнього станка, яка заглиблюється у бойовому положенні в ґрунт з метою уникнення переміщення нижнього станка по поверхні ґрунту.

Під час стрільби з м'якого ґрунту використовуються літні сошники, які, як правило, закріплюються на станинах. Крім того, деякі станини мають знімні сошники, які забиваються у ґрунт.

Отже, сошники сприймають під час стрільби горизонтальну реакцію ґрунту і забезпечують нерухомість гармати, а хоботові листи сприймають вертикальну реакцію ґрунту і не дають зариватися сошникам у ґрунт.

Шворнева лапа – це частина причіпної гармати, яка призначена для з'єднання з тягачем.

За способом зв'язку станин з нижнім станком розрізняють відкидні станини і хребтові балки.

Відкидна станина – це станина, яка шарнірно з'єднується з корпусом нижнього станка і відкидається вбік у бойовому положенні гармати.

Хребтова балка – це станина, яка жорстко зв'язана з корпусом нижнього станка гармати.

Конструкція нижнього станка визначається горизонтальною вогневою маневреністю гармати. Прагнення її підвищити привело до поступового ускладнення конструкції нижнього станка. Найбільш простим і легким є колісний нижній станок з однією коробчастою станиною, яка не має лобової коробки. Він має малі кути горизонтального обстрілу (8 – 10°), оскільки при великих кутах порушується поперечна стійкість гармати.

З метою збільшення сектора горизонтального обстрілу без порушення поперечної стійкості гармати були створені двостанинні нижні станки, які мають лобову коробку з двома відкидними станинами, чим і збільшується сектор горизонтального обстрілу до 30 – 60°.

Необхідність кругового обстрілу обумовила створення тристанинного колісного станка без лобової коробки з ходовою частиною, що вимикається одноконсольною хребтовою балкою і двома відкидними станинами. Кріплення такого нижнього станка виконується за допомогою сошників, які забиваються в ґрунт. Це найбільш складний за конструкцією станок.

Отже, колісні нижні станки за числом станин поділяються на такі типи: одностанинні, двостанинні, тристанинні.

Одностанинний нижній станок – це колісний нижній станок з однією станиною. Він використовується в гарматах Б-4М і в гірських розбірних гарматах.

Двостанинний нижній станок – це колісний нижній станок з двома відкидними станинами. Вони найбільш поширені в причіпній артилерії, наприклад, в гарматах Д-48, М-30, Д-1, Д-20 та інших.

Тристанинний нижній станок – це нижній станок з ходовою частиною, що вимикається одноконсольною хребтовою балкою і двома відкидними станинами. Він використовується в гарматі Д-30.

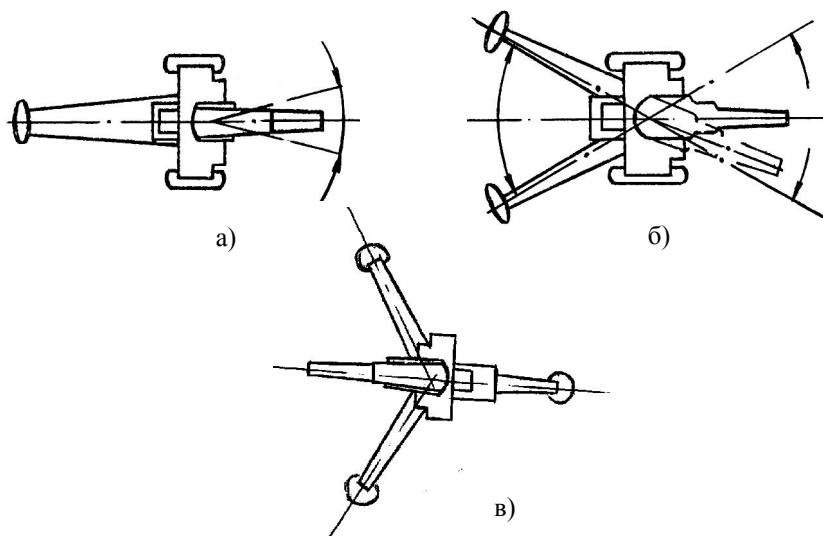


Рисунок 4.72 – Конструкції нижніх станків:
а) одностанинний; б) двостанинний; в) тристанинний

Існує і чотиристанинний нижній станок, який відрізняється тим, що має дві хребтові балки і використовується в зенітній артилерії.

У самохідних і танкових гарматах нижнім станком є корпус самохідного лафета. Наявність гусеничного ходу в таких гарматах забезпечує зчеплення лафета з ґрунтом та порівняно невеликий питомий тиск під час дії великих зу-

силь і здебільшого дозволяє вести стрільбу без допоміжних елементів зв'язку лафета з ґрунтом.

У потужних самохідних гарматах, а також у самохідних гарматах невеликої маси зв'язок з ґрунтом за допомогою гусениць не завжди може забезпечувати стійке і нерухоме положення гармати під час стрільби. Такі самохідні гармати в кормовій частині корпусу мають відкидні сошники, які в момент пострілу опираються на ґрунт. Сошники, як правило, піднімаються і опускаються за допомогою гідравлічного приводу.

Бойовий щит – це щит на гарматі, який призначений для захисту частин гармати і обслуги від ураження противником. У зв'язку з цим до бойового щита ставляться такі *вимоги*: великий опір пробиттю (кулестійкість), мала маса і габарити, не зменшувати якостей лафета як бойового станка.

Кулестійкість досягається використанням міцних і в'язких броньованих сталей (хромонікелеві та інші), відповідною товщиною листа, встановленням його під кутом $50 - 70^\circ$ до вертикалі і виготовлення випуклих листів. Товщина випуклого листа дорівнює 5 – 8 мм.

Кулестійкість характеризується граничною тильною міцністю. Це мінімальна відстань обстрілу щита легкою або бронебійною кулею за умови штатних зарядів із 7,62-мм гвинтівки зразка 1891-1930 рр., при якій на тильному боці щита не порушується щільність металу.

За кулестійкістю щити поділяють на I, II і III класи.

Найбільшу кулестійкість має I клас. Кулестійкість може бути підвищена використанням екранованих щитів, встановлених поруч на відстані 30 – 40 мм від бойового щита.

4.3.5. Зрівноважувальні механізми

4.3.5.1. Призначення, типи зрівноважу вальних механізмів та вимоги до їх конструкції

Використання зрівноважувальних механізмів дозволяє розвантажувати привод вертикального наведення від дії моменту сили ваги хитної частини гармати. Цей момент виникає внаслідок зміщення осі цапф хитної частини від її центра ваги з метою зменшення висоти лінії вогню.

Найбільша величина висоти лінії вогню H обмежується максимальним кутом підвищення φ і радіусом обмеження казенної частини гармати R_o (відстань від осі цапф до нижньої задньої точки хитної частини з урахуванням найбільшої величини відкоту ствола).

При виборі висоти лінії вогню передбачається, що під час експлуатації гармати була забезпечена можливість відкоту ствола і обертової частини в межах заданого діапазону кутів підвищення без перешкод з боку ґрунту або іншої поверхні, на якій встановлена гармата.

Для зменшення радіуса R_o і висоти лінії вогню H цапфи хитної частини розміщують якомога ближче до казенника, а іноді позаду нього (Д-30).

Внаслідок розміщення осі цапф позаду центра ваги хитної частини гармати з'являється незрівноваженість гармати, яка характеризується тим, що хитна частина намагається повернутися відносно осі цапф під дією моменту сили ваги.

Момент сили ваги (M_n) має такий вигляд:

$$M_n = Q_n t_n \cos \gamma, \quad (4.13)$$

де Q_n - сила ваги хитної частини;
 t_n - відстань центра ваги хитної частини від осі цапф;
 γ - кут нахилу до горизонту радіуса R_o .

З метою часткового або повного усунення впливу моменту сили ваги на роботу підйимального механізму намагаються зрівноважити хитну частину гармати.

Зменшити зусилля на рукоятці маховика підйимального механізму можна шляхом зрівноваження хитної частини.

Існують два способи зрівноваження: вантажне (природне) і штучне.

Вантажне зрівноваження полягає у тому, що вісь цапф проходить через центр хитної частини гармати. Хитна частина зрівноважується вантажем, який закріплюється на казенній частині люльки, або збільшенням ваги казенника (використовуються вантажні казенники).

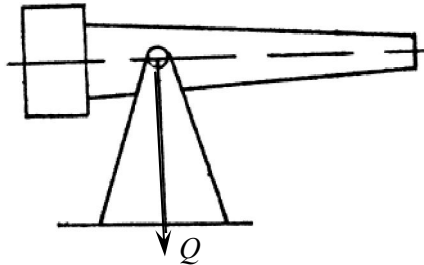


Рисунок 4.73 – Природне зрівноваження

Цей спосіб використовується для артилерійських гармат, які ведуть стрільбу з ходу, – танкових та корабельних. У польових артилерійських системах цей спосіб не дістав поширення (Б-4М, 2С9).

Перевага вантажного зрівноваження – повне зрівноваження хитної частини гармати.

Недолік – збільшення маси гармати. Якщо враховувати умови міцності та розміщення деталей затвора, достатньо мати казенник масою 17 – 22% від маси ствола, в той час як у корабельних – 55%, у танкових – 35% від маси ствола.

У пересувних наземних гарматах, до яких ставляться жорсткі вимоги у відношенні маси і маневрування, вико-

ристовуюють зрівноважувальні механізми, які діють на хитну частину гармати із зусиллям P , момент від якого $M_e = Ph$ дорівнює моменту M_n , але протилежний за знаком.

Таким чином, механізм, призначений для зрівноваження хитної частини гармати з метою розвантаження підйомного механізму, називається *зрівноважувальним механізмом*.

Суттєвим *недоліком* штучного зрівноваження є залежність зрівноваження від нахилу гармати та інерційних навантажень, які виникають під час руху гармати.

Великого поширення набули механізми з пружним елементом, розміщеним у колонці між верхнім станком і хитною частиною. Пружним елементом у таких механізмах служить попередньо підтиснена пружина або стиснений газ (повітря чи азот).

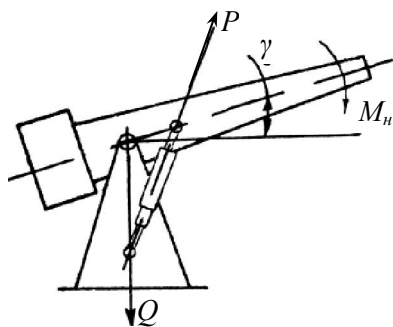


Рисунок 4.74 – Штучне зрівноваження

Гарматні зрівноважувальні механізми поділяють на такі типи: за характером дії сили на хитну частину; за видом акумулятора енергії; за зв'язком з гарматою.



Рисунок 4.75 – Класифікація зрівноважувальних механізмів

Штовхаючий зрівноважувальний механізм – це такий механізм, точка прикладання сили якого знаходиться попереду осі цапф, знизу хитної частини. Внаслідок дії сили P_e пружного акумулятора енергії на плече h відносно осі цапф виникає зрівноважувальний момент $M_e = P_e h$, який зрівноважує хитну частину відносно осі цапф.

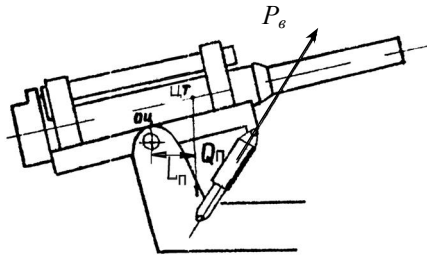


Рисунок 4.76 – Штовхаючий зрівноважувальний механізм

Переваги штовхаючого зрівноважувального механізму: зручність розміщення на лафеті, зменшення тертя в цапфах під час наведення.

Недолік – неможливість досягнення повної компенсації великих моментів.

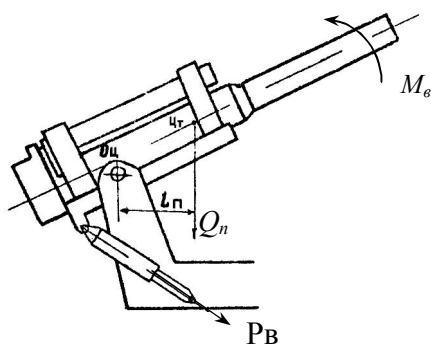


Рисунок 4.77 – Тягучий зрівноважувальний механізм

Тягучий зрівноважувальний механізм – це такий механізм, точка прикладення сили якого знаходиться позаду або попереду осі цапф, але зверху хитної частини гармати. Внаслідок дії сили P_B на плече h виникає зрівноважувальний момент $M_B = P_B h$, який діє у напрямку, протилежному моменту $M_n = Q_n l_n$.

Перевага – можливість повного зрівноваження.

Недолік – збільшення тертя у цапфах (ЗІС-2, ЗІС-3, 2А29).

Пружинний зрівноважувальний механізм – механізм, у якому акумулятором енергії, який створює силу зрівноваження хитної частини, використовують стиснену пружину. Ці механізми можуть бути штовхаючого або тягучого типу.

Переваги: простота конструкції, невибагливість в експлуатації, нечутливість до бойових пошкоджень, робота не залежить від температури навколишнього середовища.

Недоліки: для гармат великих калібрів мають велику масу, знижена бойова готовність внаслідок необхідності зберігання з максимальним кутом підвищення.

Пневматичний зрівноважувальний механізм – механізм, у якому акумулятором енергії, який створює силу зрівноваження хитної частини, використовують стиснений

газ (повітря або азот). Ці механізми, як правило, є механізмами штовхаючого типу, але у важкій артилерії можливе застосування і механізмів тягнучого типу.

Перевага – малі габарити через малу масу колонок.

Недоліки: трудність створення компенсуючого моменту при всіх кутах підвищення, складність конструкції, вразливість щодо бойових пошкоджень, залежність від температури навколишнього середовища, складність в експлуатації.

Пневмопружинні зрівноважувальні механізми – механізми, у яких за акумулятори енергії використовують стиснений газ та пружину, що починає працювати на кутах підвищення з великою незрівноваженістю.

Перевага – наявність пружини зменшує незрівноваженість хитної частини, внаслідок чого зусилля на маховику підйимального механізму незмінне при всіх кутах підвищення, у тому числі й при великих.

Рухомий зрівноважувальний механізм – це механізм, який під час зміни кутів підвищення повертається відносно верхнього станка. Такі механізми використовують на лафетах сучасних гармат.

Недолік механізму – необхідність наявності вільного простору для безперешкодного повороту колонки.

Крім того, момент від сили ваги самого механізму відносно осі цапф негативно впливає на точність зрівноваження хитної частини гармати. Це характерно для зрівноважувальних механізмів тягнучого типу з точкою прикладення сили попереду осі цапф зверху хитної частини гармати. Наприклад, у 2А29 (МТ-12).

Нерухомий зрівноважувальний механізм – це механізм, який використовується для зрівноваження важких хитних частин і має велику масу та габарити. Колонка такого механізму кріпиться нерухомо на гарматі, а шток з'єднується з хитною частиною за допомогою ланки з кулачком або копіра, закріпленого на люльці.

Використання пневматичних механізмів тягнучого типу вигідніше, ніж пружинних, бо суттєво зменшуються розміри і маса колонки, а потрібна точність зрівноваження досягається за допомогою кулачка або копіра, охоплених гнучким зв'язком. Профіль кулачка або копіра вибирається таким, щоб закон зміни M_g був таким, як і M_n . Будова колонки пневматичного нерухомого механізму принципово така сама, як і у пневматичного накатника.

Для того щоб зрівноважити хитну частину, необхідно виконати умову

$$M_n = M_g, \quad (4.14)$$

де $M_n = Q_n t_n \cos \varphi$.

Таким чином, величина M_n змінюється залежно від зміни кута підвищення за законом косинусоїди і від максимальної величини у горизонтальному до мінімальної у вертикальному положенні ствола:

$$M_n = \begin{cases} M_{n_{max}}, & \text{при } \varphi = 0 \ (\cos 0^0 = 1) \\ M_{n_{min}}, & \text{при } \varphi = 90^0 \ (\cos 90^0 = 0). \end{cases} \quad (4.15)$$

Отже, величина зрівноважувального моменту M_g дорівнює добутку сили пружного елемента P_{np} на плече h ($M_g = P_{np} h$) і повинна також змінюватися за аналогічним законом залежно від кута підвищення.

Залежно від величини зрівноважувального моменту і характеру його зміни під час надання хитній частині гармати кутів підвищення розрізняють такі схеми зрівноваження: повного, часткового, неповного.

Схема повного зрівноваження – це така схема, у якій при всіх кутах підвищення ствола, передбачених конструкцією гармати, момент сили ваги хитної частини дорівнює за абсолютною величиною моменту зрівноважувального механізму:

$$(M_n) = (M_g), \text{ при } \varphi_{\min} \leq \varphi \leq \varphi_{\max}. \quad (4.16)$$

Вона використовується в корабельних і танкових гарматах.

Схема часткового зрівноваження – це схема, у якій при всіх кутах підвищення ствола, передбачених конструкцією гармати, момент сили ваги більше або менше за абсолютною величиною моменту зрівноважувального механізму:

$$M_g - M_n = \Delta M, \quad (4.17)$$

де ΔM – момент незрівноваженості хитної частини (при $0 < \Delta M < 0$).

Величина ΔM в основному визначає величину зусилля на ведучій ланці підйимального механізму.

Така схема застосовується в гарматах з електричним і гідравлічним приводами для часткового полегшення роботи підйимального механізму гармати.

Схема з неповним зрівноваженням - це схема, у якій при одному або кількох значеннях кута підвищення момент сили ваги хитної частини дорівнює за абсолютною величиною моменту зрівноважувального механізму, а при інших значеннях кута моменти за абсолютною величиною не рівні:

$$(M_n) = (M_g) \text{ при } \varphi = \varphi_g \text{ і } (M_n) < (M_g) \text{ при } \varphi \neq \varphi_g. \quad (4.18)$$

За такої схеми зусилля на маховику підйимального механізму визначається найбільшою величиною моменту незрівноваженості ΔM_{\max} .

Основні *вимоги* до зрівноважувальних механізмів: простота конструкції, мала маса і компактне розміщення на гарматі; зрівноваження хитної частини у всьому діапазоні кутів підвищення; нечутливість до коливань температури-

ри навколишнього середовища; простота обслуговування і ремонту; тривалість терміну служби.

4.3.5.2. Принцип будови та дії пружинних гарматних зрівноважувальних механізмів

Пружинні зрівноважувальні механізми можуть бути як штовхаючого, так і тягнучого типів з однорядним і телескопічним розміщенням пружин круглого або прямокутного перетину. Частіше всього пружини складаються з кількох секцій, розділених проміжними шайбами. Сусідні секції мають різний напрямок витків. Це спрощує виготовлення пружин, сприяє їх поздовжній усталеності та зменшенню закручення від моментів тертя, які з'являються на опорних торцевих поверхнях. Поперечне переміщення витків пружин обмежується циліндром або штоком. Щоб уникнути можливості створення моменту від сили зрівноважувального механізму в площині осі цапф потрібно, щоб його реакція на хитну частину діяла в площині стрільби, що полегшує компонування гармати. Пружинні механізми з двома колонками встановлені на М-30, Д-1, МЛ-20 та інших гарматах.

Пружинний механізм штовхаючого типу

Пружинний зрівноважувальний механізм штовхаючого типу являє собою колонку, в якій між внутрішнім і зовнішнім циліндрами розміщена циліндрична гвинтова пружина.

Дно з кульовою п'ятою спирається на сферичний підп'ятник, розміщений на верхньому станку, а зовнішній циліндр за допомогою шарнірного з'єднання упирається у кронштейн на люльці.

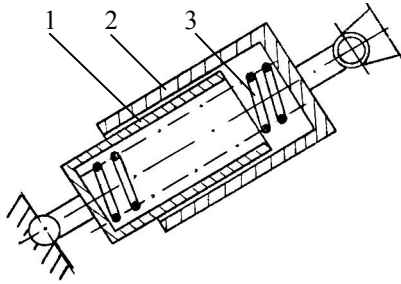


Рисунок 4.78 – Пружинний зрівноважувальний механізм:
 1 – внутрішній циліндр; 2 – зовнішній циліндр; 3 – пружина

Бажано, щоб на всіх кутах підвищення здійснювалося повне зрівноваження хитної частини. Але механізми штовхаючого типу, які діють на частину люльки, розміщену попереду осі цапф, не забезпечують повного зрівноваження у заданому діапазоні кутів підвищення з причин складності виготовлення пружин з потрібними характеристиками, осадки пружин, наявності тертя в шарнірах. Саме тому на практиці розрахунок зрівноваження в двох точках проводять таким чином, щоб повне зрівноваження було при двох значеннях кута підвищення φ_{min} і φ_{max} .

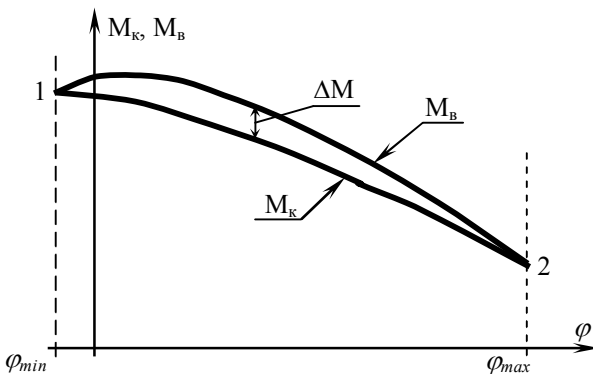


Рисунок 4.79 – Графік залежності M_k і M_b від кута підйому
 ствола

У проміжних точках для механізмів штовхаючого типу повне зрівноваження не досягається – є деякий момент незрівноваженості (див. графік на рис. 4.79):

$$M_e - M_n = \Delta M. \quad (4.19)$$

Пружинний механізм штовхаючого типу застосовують у гарматах Д-1, М-30, МЛ-20.

Вимоги до моменту незрівноваженості

Величина ΔM не повинна бути занадто великою, щоб зусилля на маховику підйимального механізму не перевищувало допустимої величини (< 4 кг під час руху).

ΔM повинен забезпечувати переваження хитної частини на казенну частину ствола, щоб забезпечити менше збивання наведення під час пострілу, а також зменшити ударні навантаження на підйимальний механізм.

Пружинний механізм тягучого типу

Цей механізм являє собою колонку, до складу якої входить циліндр з цапфами, шток з головкою та пружина, розміщена між головкою штока і кришкою.

Колонка за допомогою циліндричних цапф з'єднується з кронштейном верхнього станка, а шток з'єднаний шарнірним пристроєм з кронштейном люльки. В існуючих конструкціях таких механізмів (гармата МТ-12) використовуються гвинтові телескопічні пружини з круглим поперечним перетином, але можливе використання пружин з чотирикутним поперечним перетином витків.

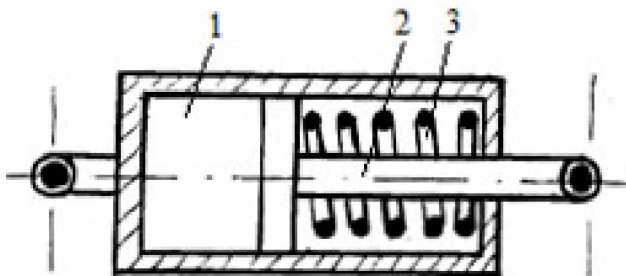


Рисунок 4.80 – Схема тягнучого пружинного зрівноважувального механізму:

1 – циліндр; 2 – шток з головкою; 3 – пружина

У горизонтальному положенні ствола відстань між головкою штока буде мінімальною. Внаслідок цього ступінь стиснення пружини та зрівноважувальна сила будуть максимальними.

Під час піднімання ствола шток, зв'язаний з кронштейном люльки, входить усередину до циліндра, і відстань між головкою штока і кришкою починає збільшуватися. При цьому ступінь стиснення пружини і величина зрівноважувального зусилля зменшуються, чим і досягається зрівноваження хитної частини гармати.

Пружинні механізми у процесі експлуатації потребують регулювання внаслідок усадки пружин. Регулювання таких механізмів, як правило, здійснюється зміною переднього підтиснення пружин за рахунок зміни відстані між опорами при фіксованому положенні хитної частини гармати. При цьому зусилля механізму змінюється на одну й ту саму величину при всіх кутах підвищення, і зрівноважувальний момент отримує збільшення одного знака.

Регулювання пружинного механізму можна проводити переміщенням опори на люльці або на верхньому станку, але при цьому змінюються геометричні розміри схеми зрівноваження.

За необхідності використання важких зрівноважувальних механізмів, які мають великі розміри, колонка кри-

питься нерухомо на верхньому станку. Зусилля пружини передається хитній частині через ланцюг, що огинає напрямний блок.

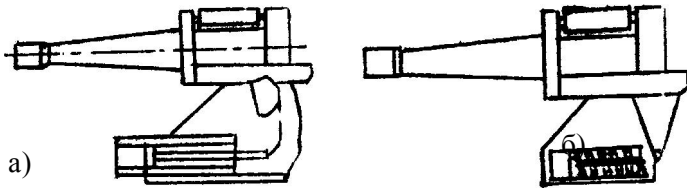


Рисунок 4.81 – Схеми розміщення зрівноважувальних механізмів:
а) пневматичний; б) пружинний

Переваги пружинних механізмів: простота будови, надійність у роботі, мала чутливість до бойових пошкоджень, незалежність роботи від температури, невибагливість в експлуатації.

Недоліки: для гармат великих калібрів мають велику вагу і розміри, під час зберігання з метою розвантаження пружин ствола надають максимальні кути підвищення, для чого розводяться станини і розстопорюється хитна частина, що призводить до зниження готовності виходу гармати з парку.

4.3.5.3. Принцип будови та дії пневматичних і пневмопружних зрівноважувальних механізмів

Пневматичний зрівноважувальний механізм штовхачого типу, так, як і пружинний механізм, має вигляд колонки, кінці якої шарнірно з'єднані з верхнім станком і люлькою.

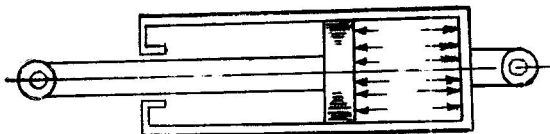


Рисунок 4.82 – Пневматичний зрівноважувальний механізм

Між поршнем і дном циліндра знаходиться стиснене повітря або азот.

Під час оберту хитної частини відбувається політропічна зміна стану повітря у колонці.

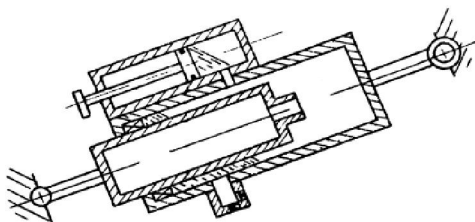


Рисунок 4.83 – Пневматичний зрівноважувальний механізм з компенсатором

Для зменшення габаритів механізму поршень виготовляється порожнистим з урахуванням певного об'єму газу, визначеного розрахунковим шляхом.

У місці рухомого з'єднання поршня і циліндра розміщується ущільнювальний пристрій.

Щоб запобігти витіканню газу з колонки, доступ його до ущільнювального пристрою перекривається рідиною, яка заливається у циліндр (СТЕОЛ, ПОЖ-70, веретенне мастило). Для наповнення колонки газом або рідиною передбачається вентиляльний пристрій.

Об'єм і тиск газу при найбільшому або найменшому куті підвищення розраховують виходячи з вимоги повного зрівноваження хитної частини при φ_{max} і φ_{min} або при проміжних кутах підвищення.

Ці параметри газу повинні бути визначеними при кожному куті підвищення.

Застосування механізмів такого типу: Т-12, Д-48.

Переваги: мала вага і габарити, гармати мають високу готовність при виході з парку.

Недоліки: складність конструкції, складність експлуатації, залежність роботи від температури навколишнього середовища (необхідність регулювання), чутливість до бойових пошкоджень, великі сили тертя в ущільненнях.

Іноді до складу пневматичного механізму входять одна або дві пружини, які починають працювати саме при тих кутах підвищення, при яких незрівноваженість дуже велика. Такі механізми називають пневмопружинними.

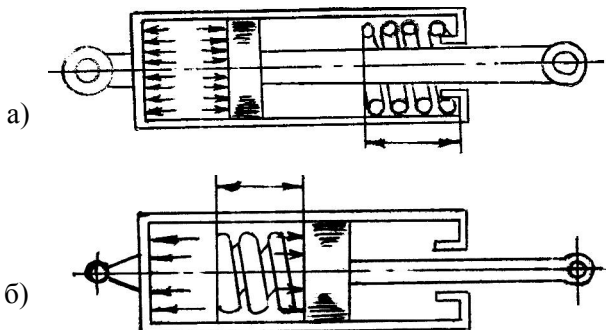


Рисунок 4.84 – Схеми пневмопружинних зрівноважувальних механізмів

а) пружина насаджена на шток; б) пружина під поршнем

Здебільшого задовільний результат досягається за допомогою однієї контрпружини, яка стискується тільки в інтервалі великих кутів підвищення. Контр-пружина розміщується у циліндрі на порожнистому штоку.

Можливе і використання двох пружин, одна з яких діє в інтервалі невеликих кутів підвищення ствола, а друга – в інтервалі великих кутів.

Механізм такого типу встановлено на Д-30, 2А31, Д-20, 2А33.

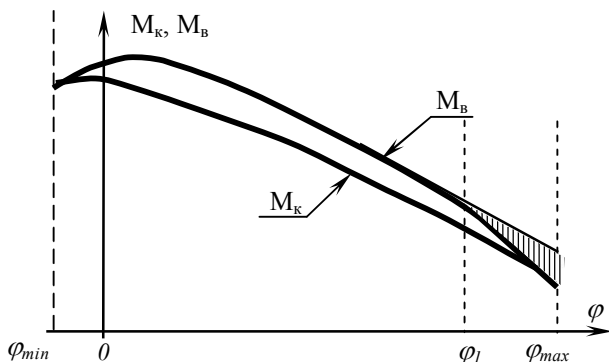


Рисунок 4.85 – Графік залежності M_K і M_B пневмопружинного зрівноважувального механізму

Аналізуючи графік (рис. 4.85), можна зробити висновок, що, починаючи з деякого кута φ_1 , починає працювати пружина, яка створює негативний момент зрівноваження, що зменшує переваження казенної частини. Спочатку за допомогою пружини зусилля, яке створює газ, збільшується, а потім зменшується.

Зрівноважувальні механізми штовхаючого типу не дозволяють досягати повної компенсації моменту сили ваги при всіх положеннях хитної частини. Цей недолік проявляється тим більше, чим ширше діапазон кутів підвищення і чим більше момент сили ваги.

На практиці за допомогою пневмопружинних зрівноважувальних механізмів важко забезпечити добре зрівноважування у широкому діапазоні зміни кутів підвищення ствола з причини різних законів зміни моментів M_K і M_B .

Робота пневмопружинного механізму

Під час переміщення хитної частини вгору переміщується вгору і шток з поршнем, пружина вільно піднімається і ніяк не впливає на силу зрівноважувального механізму, а також на момент M_B .

При досягненні певного кута підвищення φ_1 пружина упирається у кришку циліндра і під дією стисненого повітря і зусиль навідника починає стискуватися.

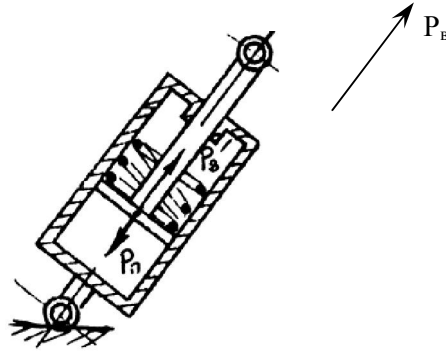


Рисунок 4.86 – Схема дії пневмопружинного зрівноважувального механізму

При цьому вектор сили (реакція пружини) P_n , прикладений до штока, а отже, і до хитної частини, спрямований у зворотному напрямку від сили газу $P_g = pS$. Таким чином, на шток діють дві сили, рівнодійна яких є сила зрівноважувального механізму

$$P_g = P_g - P_n. \quad (4.20)$$

Чим більше φ , тим більше буде P_n . Саме тому величина ΔM буде підтримуватися в необхідних межах у всьому секторі вертикального наведення.

4.3.5.4. Контроль параметрів зрівноважувальних механізмів при підготовці гармати до бойового застосування

При проектуванні зрівноважувальних механізмів передбачається можливість контролю та регулювання їх параметрів.

Необхідність таких пристроїв зумовлюється такими причинами: неточність виготовлення деталей гармати, осадка пружин у процесі експлуатації у пружинних механізмів, вплив температури навколишнього середовища на тиск повітря в пневматичних механізмах і можливість витікання повітря.

Таким чином, під час підготовки гармати до бойового застосування необхідно впевнитися у тому, що зрівноважувальний механізм відрегульований.

Ознакою відрегульованості механізму є можливість проведення роботи підймальним механізмом у всьому секторі вертикального наведення із встановленим зусиллям на маховику механізму.

Перед регулюванням зрівноважувального механізму потрібно виявити причини, які порушили нормальну роботу підймального і зрівноважувального механізмів, і усунути їх.

Засоби регулювання зрівноважувальних механізмів

Регулювання пружинних зрівноважувальних механізмів виконується шляхом зміни сили попереднього стиснення пружин за допомогою регулювальної гайки на штоку.

Регулювання пневматичних зрівноважувальних механізмів виконується шляхом зміни тиску і об'єму газу в колонці у такій послідовності: спочатку механізм регулюється при найбільшому куті підвищення, а потім при куті підвищення, що дорівнює нулю ($\varphi = 0$).

Регульована опора (Д-30, Д-20).

Під час регулювання змінюється об'єм повітря і плече сили.

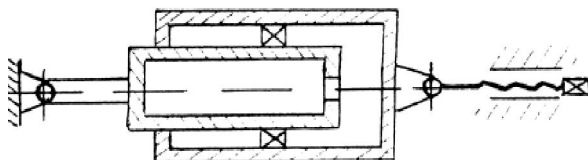


Рисунок 4.87 – Схема регулювання тиску за допомогою регульованої опори

Поршневий компенсатор (Т-12, Д-48, 2А31).

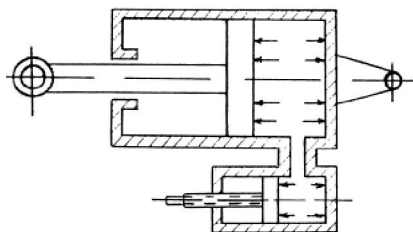


Рисунок 4.88 – Схема регулювання поршневим компенсатором

Змінюється об'єм повітря в механізмі. Компенсатор дозволяє у більш широкому діапазоні температур підтримувати необхідний тиск, але ускладнює конструкцію механізму.

Додатковий балон (М-46).

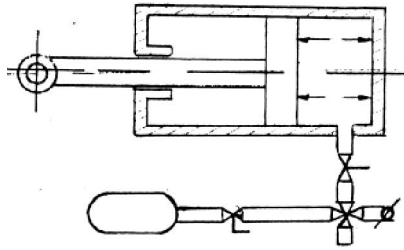


Рисунок 4.89 – Схема регулювання за допомогою додаткового балона

4.3.6. Вимоги до лафета як до засобу транспортування. Типи ходових частин гармат

Лафет як спосіб транспортування призначений для забезпечення пересування гармати по різних дорогах, по бездоріжжю та на полі бою за допомогою механізмів і пристроїв, які складають ходову частину гармати.

До конструкції лафета як до засобу транспортування ставляться такі основні *вимоги*: висока прохідність дорогами есіх типів, висока рухомість і плавність ходу, міцність і достатня живучість, простота, надійність і зручність зчеплення з тягачем.

1 *Висока прохідність дорогами есіх типів* по нерівній місцевості і в брід оцінюється: величиною сили тяги або легкістю ходу; здатністю гармати долати перешкоди; узгодженням ширини ходів лафетів і тягача.

Величина сили тяги для причіпних гармат визначається як сила, яку потрібно докласти тягачу, щоб забезпечити рівномірний рух гармати, або як сила, потрібна для подолання сил тертя і складової сили ваги.

Величина сили ваги залежить від маси гармати. Величини кутів підйому не перевищують $25 - 30^\circ$, а величина коефіцієнта тертя знаходиться у межах $0,015 - 0,02$ (для шосе), $0,05 - 0,15$ (для ґрунтових доріг).

Якщо відома сила тяги, можна підібрати тягач для буксирування даної гармати.

Здатність долати перешкоди характеризується багатьма параметрами, найважливіші з яких це:

кліренс (дорожній просвіт) – відстань між нижньою точкою лафета і ґрунтом, величина якого для сучасних гармат повинна бути не менше 300 мм;

радіус повороту – характеризує здатність причіпних гармат виконувати повороти на дорогах. Величина його для сучасних гармат дорівнює 10 – 20 м;

граничні кути повороту тягача відносно ходової частини лафета – характеризують поздовжню і поперечну гнучкість з'єднання гармати з тягачем за допомогою тягово-зчіпного пристрою і дорівнюють $\pm 45^\circ$;

зменшення *питомого тиску* гарматного ходу на ґрунт – характеризує можливість гармат долати в'язкі і слабкі ґрунти і досягається за рахунок використання широким шин або подвійних коліс, а також за рахунок використання гусеничного ходу.

Питомий тиск для колісних ходів – 70 – 90 кг/см² і 0,4 – 0,8 кг/см² – для гусеничних.

Стійкість у поході під час руху по нерівній місцевості характеризується граничним кутом крену гармати, при якому вона не перекидається. Гармата буде стійкою, поки вертикальна лінія, яка проходить через її центр ваги, не вийде за межі коліс. Але під час руху на поворотах додатково діють перекидні сили інерції, які зменшують кут стійкості майже у 2 рази. Саме тому для сучасних гармат кут крену становить не більше 30°. Для підвищення стійкості гармати у поході необхідно, щоб гарматний хід був якомога ширше, а у важких гармат – якомога нижче.

Узгодження ширини ходів лафета і тягача оцінюється коефіцієнтом незбігу κ , який дорівнює відношенню ширини колії гармати до ширини колії тягача і знаходиться в межах $\kappa = 0,95 - 1,05$.

2 *Висока рухомість і плавність ходу* забезпечуються використанням підвіски і безударного тягово-зчіпного пристрою, надійним кріпленням механізмів гармати по-

похідному, особливо механізмів і приладів прицілювання, а також достатньою міцністю деталей.

3. *Міцність і достатня живучість* визначаються достатньою живучістю лафета, який зношується в основному від транспортування, а не від стрільби. Саме тому важливо підібрати раціональну підвіску, враховуючи використання пружних коліс.

4. *Простота, надійність і зручність зчеплення з тягачем* передбачають врахування величини тиску хоботової опори і число номерів обслуги, які залучені до операції зчеплення гармати з тягачем. У цьому випадку вважають, що одна людина підіймає 50 кг.

Величина тиску хоботової опори залежить від калібру гармати і дорівнює:

- для 100-120 мм гармат – 125 – 150 кг;
- для 122-152 мм гармат – 200 – 500 кг;
- для 122-152 мм гаубиць – 120 – 130 кг.

Отже, лафет є одночасно бойовим станком гармати і засобом транспортування. Основне завдання, яке вирішується під час проектування артилерійських комплексів, - це поєднання у лафеті високих якостей бойового станка гармати і візка.

За умов сучасного бою, коли вогнева міць, маневреність, захищеність танкових і механізованих підрозділів значно підвищилися, дуже важливо, щоб артилерійські комплекси за маневреністю, рухомістю і захищеністю не поступалися основному озброєнню танкових і механізованих військ. Цим вимогам найбільш повно відповідають самохідні комплекси на базі гусеничних лафетів. Для забезпечення високої рухомості і живучості лафета гармати мають ходову частину, яка дозволяє транспортувати гармату зі швидкістю 50 – 70 км/год і більше.

Ходова частина – це сукупність механізмів і пристроїв, які складають транспортний пристрій, призначений для пересування гармати.

У сучасних гарматах використовуються ходові частини, які за конструкцією відрізняються як за принциповою схемою, так і за будовою основних механізмів.

Ходові частини можуть бути поділені на типи, що показані на схемі (рисунок 4.90).

Гусенична ходова частина порівняно з колісною забезпечує більш високу прохідність, маневреність, захищеність і сприймає більші навантаження. Але вона не забезпечує високої рухомості, має малий термін служби і більш складну конструкцію. Позитивні якості гусеничних ходових частин сприяли поширенню їх у лафетах сучасних самохідних гармат. Причіпні гармати, як правило, мають колісну ходову частину.



Рисунок 4.90 – Класифікація ходових частин

Бойова ходова частина відрізняється від вимикальної тим, що вона є лобовою опорою гармати на ґрунт під час пострілу. Вона найбільш широко використовується у причіпній артилерії. Наприклад, у лафетах гармат Д-48, М-30, М-46, Д-1 та інших.

Вимикальна ходова частина не опирається на ґрунт під час стрільби, а отже, і не сприймає навантажень. Така ходова частина піднімається над ґрунтом під час переведення гармати в бойове положення (Д-30, Б-4М, Д-20) або від'єднується від гармати і відкочується в бік (ПМ-120).

Вимикальну ходову частину можуть мати і самохідні гармати.

4.3.7. Призначення та склад механізмів і пристроїв ходової частини гармати

Ходова частина гармати - це транспортний пристрій, який є частиною нижнього станка або самохідного лафета. Ходова частина може включати до своєї конструкції такі механізми: рушій (гусеничний або колісний), підвіску (підресорювання і амортизатори), механізм вимкнення підресорювання, механізм самовстановлення нижнього станка, механізм піднімання коліс.

4.3.7.1. Рушій та підвіска

Рушій може бути колісним або гусеничним.

Колісний рушій складається із коліс з напівосями або осями. Колеса сучасних гармат – це металеві диски з гумовими шинами з наповнювачем (як правило, губчастим каучуком – ГК). Останнім часом з'являються колеса з повітряним наповненням гумових шин. Такі колеса мають металевий диск з маточиною, на ободі якого кріпиться гумава шина.

До коліс ставляться такі *вимоги*: висока живучість і надійність під час стрільби і на марші, здатність до часткового підресорювання, простота виготовлення і поводження з ними.

Використання коліс типу ГК забезпечує надійну амортизацію під час руху і зберігає експлуатаційні якості у разі проколу або пострілу. Але такі колеса не дозволяють пересуватися з високою швидкістю з причини можливості самозапалювання губчастої гуми (каучуку) від дії сильно розігрітих газів, які входять до складу каучуку.

Швидкість пересування гармат з колесами типу ГК обмежується, як правило, 60 км/год. Колеса гармат уніфікуються з автомобільними колесами.

Колеса маточиною насаджуються на бойову вісь (М-30, Д-1 та інші гармати ранніх випусків) або на напівосі (Д-48, Д-30, М-46, ЗІС-2, ЗІС-3 та інші), що розміщені в лобових коробках нижнього станка.

Гусеничний рушій складається із гусеничних ланок, напрямних коліс з механізмом натягування, опорних і підтримуючих катків, а самохідні лафети мають ще й ведучі колеса.

Підвіска з'єднує рушій з лафетом і передає лафету навантаження від нерівностей дороги. Під час швидкого руху по нерівній дорозі рушій сприймає сильні удари і поштовхи, які можуть привести до пошкодження деталей гармати. Сила удару залежить від маси і будови підвіски, швидкості руху гармати, висоти і форми перешкод. Найбільш небезпечні виступи і впадини, які повторюються. Вони призводять до резонансного коливання гармати. Внаслідок цього руйнуються слабкі ланки механізмів, які сприймають навантаження.

Навантаження від перешкод сприймаються колесами, які послабляють їх і передають на підвіску ходової частини.

Залежно від виду зв'язку з лафетом підвіски поділяють на два типи: пружні та жорсткі.

Пружна підвіска використовується в сучасних гарматах і досягається завдяки підресорюванню і амортизаторам, які забезпечують гасіння ударів і коливань за допомогою пружних елементів. При цьому послаблена енергія удару плавно передається на лафет. Гармата робить коливання, які не викликають пошкодження механізмів. Інтенсивність і характер коливань залежать від дорожнього покриття і якості підресорювання.

Жорстка підвіска в сучасних гарматах не використовується.

Пружна підвіска дозволяє значно підвищити швидкість пересування гармати, зменшити навантаження на неї під час маршу і підвищити стійкість гармати.

Колеса, за умови пружної підвіски, з'єднуються з лафетом шарнірно. Цей зв'язок може бути: парним (залежна підвіска) та одиночним (незалежна підвіска).

При парній підвісці праві і ліві колеса зв'язані між собою, і зміна положення одного колеса приводить до зміни положення іншого. Такий вид підвіски використовується у гармат ранніх випусків (М-30, Д-1, МЛ-20).

При одиночній підвісці колеса (опорні катки) правого і лівого боків підвішуються на напівосях незалежно один від одного. При цьому колесо може коливатися як у площині, паралельній осі гармати (Д-30, Т-12, 2С1, 2С3), так і в площині, перпендикулярній до осі гармати (МТ-12, М-46, Д-20).

Незалежна підвіска забезпечує високу прохідність, плавність і зручність під час руху гармати з високою швидкістю.

4.3.7.2. Механізм вимкнення підресорювання

Цей механізм призначений для вимкнення підресорювання під час переведення гармати в бойове положення і ввімкнення його під час переведення гармати у похідне положення.

Ввімкнення і вимкнення підресорювання виконуються автоматично з переведенням гармати з похідного положення в бойове і навпаки.

Стрільба з гармати повинна проводитися тільки з вимкненим підресорюванням з метою розвантаження його від сил пострілу. В іншому випадку виникають значні пружні коливання гармати від тривалої дії сил пострілу. Внаслідок цього утруднюються виконання наведення, знижуються кучність і влучність бою, а також швидкострільність.

Виняток складають самохідні гармати великої маси, підресорювання яких під час стрільби не вимикається. Підресорювання вмикається і вимикається за допомогою спеціальних механізмів і пристроїв, які блокують пружний елемент і забезпечують жорсткий зв'язок між лафетом і колесами. Такі механізми наявні в конструкціях усіх причіпних гармат з бойовою ходовою частиною (М-30, Д-1, Д-48, 2А19, МЛ-20 та інші) і відсутні у гармат з вимикальною ходовою частиною (Д-30, Б-4М, Д-20).

Механізм піднімання коліс призначений для піднімання коліс вимикальної ходової частини при переведенні гармати з похідного положення у бойове.

Піднімання коліс над ґрунтом виконується за допомогою важільного механізму піднімання коліс з використанням енергії зрівноважувального механізму для полегшення роботи обслуги або за допомогою гвинтового домкрата нижнього станка.

Важільний механізм піднімання коліс мають, наприклад, гармати Д-30, а гвинтовий – Д-20. Домкрат гармати Д-20 служить також лобовою опорою гармати під час пострілу.

Домкрат призначений для піднімання і опускання гармати або станин при переведенні гармати з похідного положення у бойове і навпаки.

У сучасних гарматах використовуються гвинтові та гідравлічні домкрати. Наприклад, у гарматах Д-30 гвинтовий домкрат використовується для піднімання гармати з метою піднімання і опускання коліс, а також зведення і розведення відкидних станин. Під час стрільби така гармата спирається на ґрунт хоботовими листами станин, які закріплюються сошниками. Сошники вбиваються у ґрунт. У гарматі Д-20 гідравлічний домкрат використовується для піднімання передньої частини гармати з колесами і під час стрільби він і є її лобовою опорою. У гарматі Д-30 гідравлічний домкрат використовується для піднімання і опускання станин під час переведення гармати із похідного положення в бойове і навпаки.

Механізм двостанинного нижнього станка призначений для опори на ґрунт двома хоботовими листами і двома колесами з метою забезпечення стійкості і нерухомості гармати під час стрільби з нерівної вогневої позиції. Це може бути можливим внаслідок відповідного з'єднання лобової корбки нижнього станка з бойовим ходом гармати.

4.3.7.3. Принцип будови і дії механізмів підресорювання

Підресорювання забезпечує пружний зв'язок між руйнієм і лафетом (корпусом машини) і призначене для зменшення руйнівної дії на гармату поштовхів і ударів, які виникають внаслідок руху гармати по нерівній дорозі.

Підресорювання зменшує величину сили ударів, змінює характер дії цієї сили і забезпечує її плавні зростання та зменшення. Чим м'якше підресорювання, тим більші пом'якшувальні поштовхи. Але при цьому виникає загроза розгойдування гармати. Для усунення явища розгойдування гармати до конструкції підвіски вводять амортизатори, які гасять коливання гармати.

Такі амортизатори гідравлічного типу мають гармати МТ-12, 2С1, 2С3.

Пружний зв'язок у підвісці забезпечений пружним елементом, який називається ресорою.

Залежно від типу пружного елемента підресорювання можна поділити на такі типи: підресорювання пластинчастою (листовою) ресорою, підресорювання гвинтовою пружиною, підресорювання торсіонами, підресорювання гумовою ресорою (не використовується), підресорювання пневматичними ресорами (мають добру перспективу, але не поширені внаслідок складності та ненадійності).

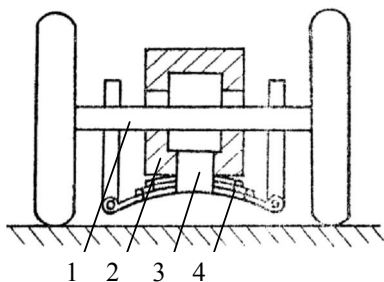


Рисунок 4.91 – Підресорювання пластинчастою ресорою:
 1 – вісь; 2 – лобова коробка нижнього станка; 3 – хомут; 4 – ресора

Ресори складаються з вигнутих по дузі кола прямокутних пластин, які називаються листами. Листи щільно притиснені один до одного і стиснені посередині хомутом (обоймою). На хомут передається сила ваги підресореної частини гармати. Кінці нижнього корінного листа мають вушка, якими вони з'єднуються з бойовою віссю і передають на неї силу ваги підресореної частини гармати.

Пластинчасті пружини можуть розміщуватися як у повздовжньому, так і у поперечному напрямку.

Переваги: цей вид підресорювання дозволяє отримати достатню м'якість підвіски, незважаючи на дію великих навантажень, і має велику надійність. Такий вид підресорювання широко використовувався у гарматах довоєнних розробок (М-30, МЛ-20, Д-1 та інші).

Таке підресорювання має також і *недоліки*: труднощі у конструюванні при незалежній підвісці рушія, збільшення висоти лінії вогню, зменшення кліренсу.

Підресорювання гвинтовою пружиною використовується у гарматах малого калібру. Підресорювання такого типу має вигляд двоплечового важеля, що закріплений на бойовій осі і з'єднаний одним кінцем з колесом, а іншим – з підпружиненою тягою. При наїзді на перешкоду колесо піднімається і повертає піввісь з важелем, який другим плечем тягне тягу і стискує пружину. Тим самим енергія удару витрачається в основному на стиснення пружини.

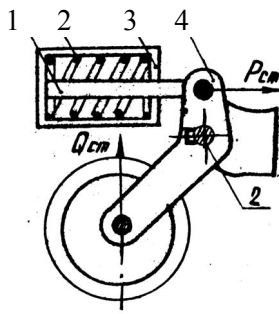


Рисунок 4.92 – Підресорювання гвинтовою пружиною:
 1 – шток; 2 – вісь кривошипа; 3 – пружина; 4 – циліндр; 5 – кривошип

Енергоємність гвинтових пружин більше, ніж у пластинчастих ресор. Отже, при інших однакових якостях підресорювання буде більш легким, ніж із пластинчастими ресорами і може бути використане для незалежної підвіски рушія.

Але гвинтові пружини поступаються пластинчастим ресорам у швидкості затухання коливань, бо в них відсутня сила тертя між витками. Крім того, при великих навантаженнях гвинтові пружини будуть мати надмірно великі масу і габарити.

Підресорювання такого типу використовуються в гарматах ЗІС-2, ЗІС-3, мінометах М-120.

Підресорювання торсіоном широко використовується в сучасних гарматах і має такі *переваги*: легкість створення незалежної підвіски рушія, вдале компонування в гарматах усіх типів, малі габарити.

Підресорювання торсіоном – це торсійний валик, який за допомогою шліців з'єднаний одним кінцем із вкладишем лобової коробки, а іншим – із кривошипом, на осі якого закріплено колесо або каток.

При наїзді колеса на перешкоду кривошип повертається і закручує торсійний валик, на що витрачається основна частина енергії удару. На гармату удар передається значно послабленим.

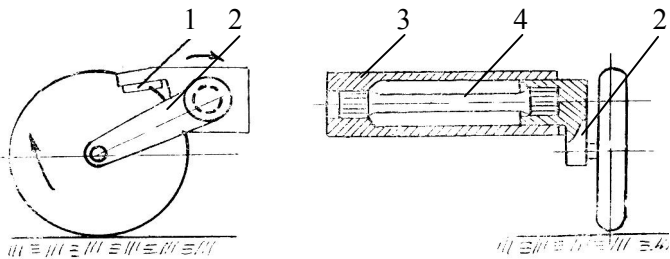


Рисунок 4.93 – Підресорювання торсіоном:
1 – буфер; 2 – кривошип; 3 – нижній станок; 4 – торсіон

Кут повороту кривошипа обмежується спеціальними пристроями (гумовими буферами, важелями з вилками, лобовою коробкою і т.ін.), чим запобігають пошкодженню (зламу) торсіонів. Кут закручення торсіонів при статичному навантаженні – $7 - 8^\circ$, а при динамічному – $15 - 17^\circ$. У деяких гарматах з торсійним підресорюванням використовуються пристрої для попереднього закручення торсіонів, чим спрощуються регулювання висоти нижнього станка відносно кінців півосей і установлення кривошипа на однаковій відстані від нижнього і верхнього буферів.

У цьому випадку торсіон з кривошипом з'єднується не безпосередньо, а через важіль, положення якого може змінюватися за допомогою гайки болта важеля. Цим змінюється кут закручення торсіона.

Торсіон виготовляється з високоякісної пружинної сталі, обробленої термічно. Поверхня торсіона обробляється дробоструминними апаратом для поліпшення механічних характеристик тих місць, де виникає найбільший опір при закрученні.

Торсійне підресорювання компактно розміщується в лафеті, не складне у виробництві та має більш високу міцність на втомленість, ніж пружні елементи інших типів підресорювання. Але воно має мале внутрішнє тертя в матеріалі пружних елементів, внаслідок чого затухання коливань гармати відбувається значно повільніше, ніж у гарматах із пластинчастими ресорами. Саме тому торсійне під-

ресорювання часто доповнюється гідравлічними амортизаторами.

Гідравлічний амортизатор

Гідравлічний амортизатор призначений для інтенсивного гасіння коливань ходової частини, які виникають під час руху гармати по нерівних дорогах і подолання перешкод, чим підвищується плавність ходу гармати.

При наїзді колеса на перешкоду циліндр з компенсатором переміщується вгору відносно нерухомого поршня, і трансформаторне мастило перетікає через отвір у поршні до запоршневого простору і компенсатора.

При різних поштовхах внаслідок різкого підвищення тиску мастило перетікає у запоршневий простір і через клапан поршня, відкривши його. На зворотному ході колеса мастило повертається у передпоршневий простір через отвори у поршні, а з компенсатора – додатково і через клапан, який відкривається.

Перетікання мастила через малі отвори у поршні приводять до гасіння коливань. При цьому мастило розігрівається, отже, енергія коливань витрачається на подолання гідравлічного опору малих отворів у поршні і перетворюється у теплову енергію мастила. Теплова енергія через стінки циліндра розсіюється в атмосферу.

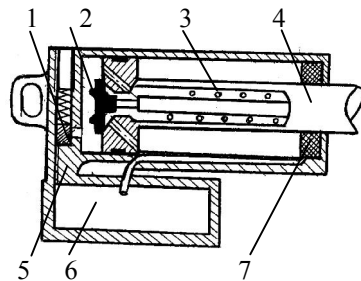


Рисунок 4.94 – Схема гідравлічного амортизатора:
1,2 – клапан; 3 – пружина; 4 – шток з поршнем; 5 – циліндр;
6 – компенсатор; 7 – ушілювальний пристрій

Гідравлічні амортизатори має підвіска гармат 2А29, 2С1, 2С3.

4.3.7.4. Принцип будови і дії механізму самоустановлення нижнього станка

Виконання вимог стійкості і нерухомості гармати на ґрунті під час пострілу суттєво залежить від розміщення опорних частин нижнього станка лафета відносно ґрунту. Саме тому, встановлюючи гармату на вогневій позиції (ВП), необхідно якомога точніше горизонтувати її.

Для установаження причіпних гармат з двостанинним нижнім станком на ґрунті нерівної ВП у бойовому положенні з опорою на два колеса лобової опори і на два хоботових листи хоботової опори служать спеціальні механізми самоустановлення нижнього станка.

За допомогою цих механізмів лафета гармата з бойовим ходом “пристосовує” положення опорних частин лобової і хоботової опор нижнього станка до нерівностей ВП.

Отже, механізм самоустановлення нижнього станка забезпечує шарнірний зв’язок нижнього станка з бойовою ходовою частиною, чим забезпечується установаження гармати у бойове положення на всі чотири точки опори на нерівній ВП.

Конструкцію цього механізму використовують відповідно до загальної будови нижнього станка і способом його опори на ґрунт.

Типи механізмів самоустановлення нижнього станка: шарнірний механізм, зубчастий механізм, паралелограмний механізм.

Шарнірний механізм використовують у гарматах М-30, Д-1, МЛ-20 або в гарматах із залежною підвіскою коліс.

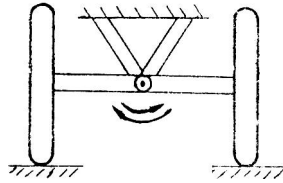


Рисунок 4.95 – Схема шарнірного механізму самоустановлення нижнього станка

При нерухомому з'єднанні бойової осі або півосі бойової ходової частини з лобовою коробкою під час переведення гармати у бойове положення найбільш вірогідним буде випадок, коли одна з чотирьох опор гармати не буде прилягати до ґрунту. Щоб уникнути такого положення, в гарматах з бойовою ходовою частиною у вигляді бойової осі з колесами лобова коробка, як правило, з'єднується з бойовою віссю шарнірно за допомогою горизонтального штиря. При розміщенні коліс на ґрунті лобова коробка може повертатися під дією сил ваги відносно осі штиря шарніра доти, поки хоботові листи не стануть на ґрунт.

У похідному положенні поворот бойової осі відносно лобової коробки вимикається.

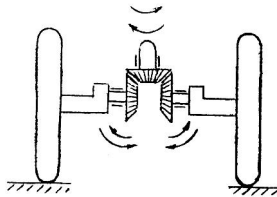


Рисунок 4.96 – Схема зубчастого механізму самоустановлення нижнього станка

Зубчастий механізм використовують у гарматах з незалежною підвіскою коліс, що рухаються у поздовжній площині. Схема такої ходової частини показана на рисунку 10.28. Її використовують для гармат Т-12, Д-48.

Дві півосі з конічними шестернями на внутрішніх кінцях закріплені в нижньому станку і мають можливість рухатися по напрямних втулках.

На кінцях півосей насаджені кривошипи з колесами. Півосі зв'язані між собою конічною шестернею, вісь якої закріплена на передній стінці нижнього станка.

Повертання однієї з півосей спричиняє поворот й іншої півосі, але у протилежному напрямку. Якщо одне з коліс піднімається, то інше колесо настільки ж опускається.

Отже, при горизонтальному положенні станка колеса можуть розміщуватися на різній висоті. Цей механізм автоматично встановлює гармату на нахиленій площині у горизонтальне положення.

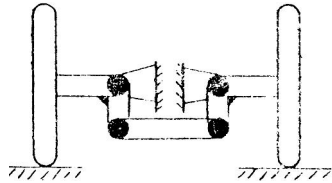


Рисунок 4.97 – Схема паралелограмного механізму самоустановлення нижнього станка

Такий механізм використовують у гарматах з незалежною підвіскою коліс, які мають можливість рухатись у поперечній площині (гармати М-46, МТ-12).

Деталі такого механізму шарнірно з'єднуються системою важелів, які утворюють паралелограм.

Принцип дії – аналогічний зубчастому механізму. Піднімання одного колеса спричиняє опускання іншого за рахунок дії на нього горизонтальної тяги паралелограма. Лобова коробка його також встановлюється паралельно площині опори хоботових листів, що також використовується для горизонтування гармати.

Установлення тристанинних лафетів з опорою на всі три точки на ґрунт досягається вирівнюванням вогневої позиції.

4.3.8. Приводи наведення артилерійських гармат

4.3.8.1. Призначення приводів наведення гармат і вимоги до них

Для влучення снаряду в ціль необхідно надати осі каналу ствола певного положення у просторі за висотою і за напрямком, тобто виконати наведення гармати.

Наведення гармати – надання осі каналу ствола певного положення відносно цілі або репера відповідно до даних прицілювання. Наведення гармати забезпечується поворотом її ствола у вертикальній і горизонтальній площинах. Отже, розрізняють вертикальне і горизонтальне наведення гармати.

Вертикальне наведення здійснюється обертанням хитної частини гармати відносно осі цапф люльки (осі вертикального наведення), а горизонтальне – обертанням оберткової частини відносно осі бойового штиря верхнього станка (осі горизонтального наведення).

Зміна положення осі каналу ствола у просторі здійснюється приводами наведення, а її напрямок забезпечується і контролюється приладами прицілювання.

Отже, за допомогою приводів наведення осі каналу ствола гармати задають кути прицілювання, які встановлені на приладах прицілювання. Наведення гармати здійснюється за допомогою приводів наведення і приладів прицілювання.

Привід наведення – це пристрій лафета, що призначений для обертання хитної або оберткової частини гармати відносно осі наведення.

Привід наведення, як правило, складається з таких частин: пристрою керування, рухомої частини, механізму наведення.

Пристрій керування призначений для керування роботою рухомої частини привода. Він забезпечує певні режими і безпеку роботи привода наведення.

Рухома частина привода призначена для надання руху ведучій ланці механізму наведення. За конструкцією вона може бути як машинною, так і ручною.

Механізм наведення гармати призначений для передачі руху від рухомої частини привода до хитної, або обертової, частини гармати.

До конструкції приводів наведення ставляться такі вимоги: легкість і швидкість наведення, незбивність наведення, точність наведення, плавність наведення, достатній сектор обстрілу, живучість привода, мала уражувальність від вогню противника.

Легкість наведення визначається величиною зусилля на маховику або на ведучій ланці механізму P_m , яке необхідне для виконання наведення із заданою швидкістю. У приводах наведення з ручною рухомою частиною величини зусилля встановлюються за умов невтомності навідника при тривалій роботі і незбивності наведення внаслідок випадкових обставин.

Нормально фізично розвинена людина може виконати 100 – 120 одноманітних рухів за 1 хвилину і розвивати при цьому потужність 75 – 150Вт. Це означає, що зусилля на маховику наведення не повинно перевищувати $P_{mc}=3 – 4$ кг при тривалій роботі та сталому русі і $P_{mp}=7 – 8$ кг – при нетривалій роботі, зрушенні з місця і розгоні, впродовж якої треба долати не тільки сили тертя і моменти незрівноваженості, а ще й інерцію мас, яким надається рух. Встановлено, що в період розгону зусилля на маховику у 1,5 – 2 рази більше, ніж при сталому русі, або $P_{mp} = (1,5 – 2) P_{mc}$.

Для виключення збивання наведення від дії незначних випадкових сил зусилля на маховику повинно бути не менше 2 кг і $P_{M_{min}} \geq 2$ кг. У процесі експлуатації легкість наведення залежить в основному від загального стану механізмів приводів наведення, якості складання, регулювання, змащення, чистоти деталей і т.д. Обслуга у процесі

експлуатації повинна своєчасно виконувати обслуговування приводів наведення гармати.

Швидкість наведення вимірюється величиною кута переміщення ствола в горизонтальній або вертикальній площині за 1 секунду (град./с) або за один оберт маховика (град./об). Потрібна швидкість наведення визначається тактико-технічними вимогами (ТТВ) до гармати. Величина її залежить від призначення гармати і характеристики рухомої частини привода (ручна або машинна).

Найбільшу швидкість наведення повинні мати гармати, які ведуть стрільбу прямим наведенням по рухомих цілях. Швидкість наведення коливається в межах від 0,5 град./с для важких гармат до 1,7 – 4,7 град./с для решти гармат наземної артилерії при сталому русі. При цьому швидкість горизонтального наведення у 1,5 – 2 рази більша від швидкості вертикального наведення.

Незбивність наведення – це здатність привода наведення гармати міцно і надійно фіксувати наведення після її виконання і під час пострілу. Незбивність наведення забезпечується використанням у кінематичних схемах приводів наведення самогальмівних передач, гальмівних пристроїв та елементів достатньої жорсткості, які передають зусилля під час пострілу. У приводах з ручною рухомою частиною найбільшого поширення набули гвинтові і черв'ячні передачі, а з машинною частиною – фрикційні гальмівні пристрої.

Якщо виготовити черв'як або гвинт з кутом підйому гвинтової лінії в межах 3 – 5°, то така передача буде працювати тільки при обертанні гвинта або черв'яка і передавати обертання тільки в один бік, наприклад, від черв'яка до черв'ячного колеса. Зворотна передача руху неможлива, оскільки внаслідок дії зуба черв'ячного колеса на площину стикання його з витком черв'яка розвивається сила тертя. Сила тертя перевищує силу, яка намагається повернути черв'як.

В існуючих передачах кут підйому гвинтової лінії, як правило, дорівнює приблизно 3° , що забезпечує надійне самогальмування за різних умов змащення. Самогальмування є важливою перевагою черв'ячних і гвинтових передач, але воно трохи утруднює наводку. З метою забезпечення легкості наведення один з елементів виготовляють із бронзи, яка має антифрикційні властивості під час роботи у парі зі сталеву деталлю. Це знижує коефіцієнт тертя передачі.

Точність наведення забезпечується вибором передаточного числа механізму привода наведення. Чим вище передаточне число, тим вища точність наведення, але тим менша її швидкість. Ця суперечність усувається включенням до складу механізму наведення пристрою для перемикання передаточного числа. Наприклад, механізми наведення гармат МЛ-20, Б-4М, 2А64 мають дві швидкості наведення.

Плавність наведення забезпечується рівномірною швидкістю наведення. Відсутність плавності може утруднювати спостереження за ціллю або навіть зробити його неможливим. Плавність наведення залежить від загального стану механізму, якості догляду за ним і здійснюється за рахунок використання передач з постійним передаточним числом (зубчастих, черв'ячних) або передач з плавною зміною передаточного числа (гвинтових).

Сектор обстрілу залежить від призначення гармати і визначає її вогневу маневреність. Величина сектора обстрілу визначається діапазоном кутів прицілювання у вертикальній і горизонтальній площинах. Для скорочення неуразуваної зони перед гарматою і створення зручностей при її обслуговуванні передбачають можливість надання стволу кутів нахилу $3 - 8^\circ$. Кут підвищення ствола встановлюють залежно від типу і призначення гармати.

Для ПТГ і ТГ, які ведуть стрільбу прямою наводкою на малу дальність, кут підвищення $\varphi = 20 - 25^\circ$, а для решти гармат – $\varphi_{max} = 43 - 56^\circ$, що дозволяє отримати макси-

мальну дальність стрільби. Для гаубиць $\varphi=60 - 70^\circ$, а для мінометів $\varphi_{max} = 85^\circ$, що забезпечує отримання крутих траєкторій польоту снарядів (мін) при порівняно невеликих дальностях стрільби. Виходячи із ефективності бойового застосування гармат, бажано мати круговий сектор обстрілу у горизонтальній площині $\psi_{max} = 360^\circ$, але при цьому ускладнюється конструкція лафета. При цьому збільшується його маса, оскільки він повинен бути три- або чотиритантинним. При використанні двостанинних лафетів діапазон наведення визначається з урахуванням стійкості гармати під час пострілу і становить, як правило, $\psi = \pm 28^\circ$ від середнього положення ствола гармати.

Живучість привода – це здатність привода впродовж тривалого терміну виконувати свої функції без помітних ознак розладнання і пошкодження. Живучість визначається конструктивними, виробничими та економічними факторами. Для забезпечення живучості приводів наведення необхідно передбачати наявність захисних засобів, амортизаторів, пристроїв для кріплення гармати по-похідному, а також можливість регулювання зчеплень, усунення мертвих ходів та інших причин, які спричиняють підвищене зношення деталей і утруднення роботи навідника або порушення нормальної роботи привода.

Зручність експлуатації забезпечується, якщо навідник під час роботи на приводах і приладах наведення займає зручне і вільне положення. З цією метою приводи і прилади наведення розміщують з одного боку гармати. Як правило, до складу механізмів наведення входять конічні, циліндричні та карданні передачі, що забезпечує зручне розміщення маховиків для користування ними навідником.

Мала уражуваність від вогню противника – це необхідна вимога, бо приводи наведення є важливими і складними механізмами з точки зору конструкції та ремонту пошкоджень. Отже, приводи наведення на гарматі треба розміщувати компактно і захищати їх від пошкоджень.

Крім того, до приводів наведення ставлять виробничо-економічні вимоги з метою забезпечення масового виробництва.

Приводи наведення за найбільш важливими ознаками поділяють на типи: за призначенням, за виглядом рухомої частини привода.

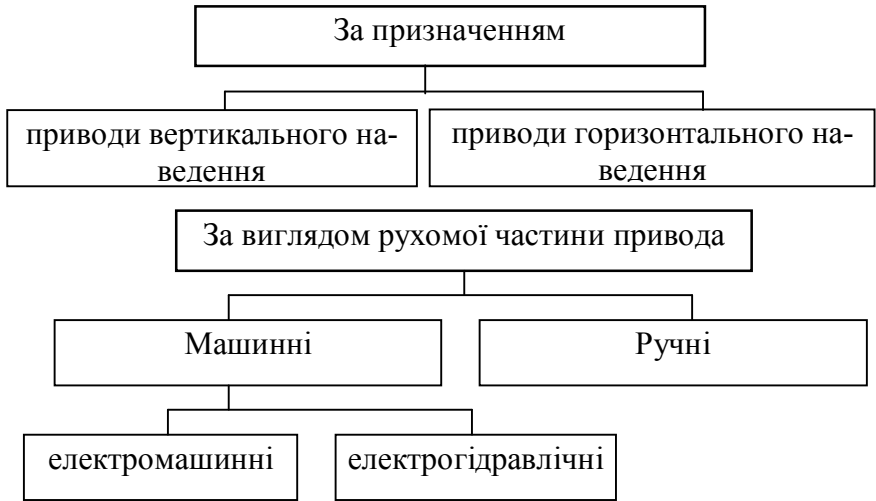


Рисунок 4.98 – Класифікації приводів наведення

Привод вертикального наведення – частина лафета, яка призначена для повороту хитної частини гармати відносно осі вертикального наведення.

Привод горизонтального наведення – частина лафета, яка призначена для повороту обертової частини відносно осі горизонтального наведення.

Машинний привод наведення – механізм наведення гармати з електромашинною або електрогідравлічною рухомою частиною привода ведучої ланки. Машинні приводи наведення використовують у лафетах САУ, танкових, зенітних і корабельних гармат і пускових установках ПТКР і РС. Це пояснюється тим, що вони мають джерела енергії, а також тим, що за умов сучасного бою, високої

маневреності цілей потрібні високі швидкості наведення, які неможливо забезпечити ручними приводами.

Електромашинний привод (електропривод) – привод наведення гармати з приводним електродвигуном та багатоступеневим редуктором, до складу якого, як правило, входить і планетарна передача. Це зумовлене великим передаточним числом механізму при використанні електродвигуна (привод поворотного механізму 2С1, 2С3, БМ-21).

Часто між приводним електродвигуном і механізмом наведення встановлюються дві електромашини: ЕМП (генератор) і виконавчий ЕД з багатоступінчастим редуктором (наприклад, привод наведення БМ-21).

Недоліком електромашинного привода є суттєве збільшення габаритів та маси зі зростанням потужності і погіршенням регульованості, а також труднощі обмеження потужності.

Електрогідравлічний привод (гідропривод) – це привод наведення гармати з електродвигуном і гідронасосом, який приводить до дії гідромотор. Гідромотор – це гідроциліндр, в якому розміщений шток із поршнем, кінематично зв'язаний з хитною або обертовою частиною гармати (наприклад, підйомно-зрівноважувальний механізм 2С4).

У таких механізмах ведуча ланка поступально рухається від гідромотора під тиском рідини.

Електрогідравлічний привод наведення має такі *переваги*: жорсткість механічних характеристик, незначне збільшення габаритів, маси зі зростанням потужності, простоту захисту від перевантажень, малу сталу часу, а отже, малу інерційність.

Недоліки: нестабільність роботи при зміні температури навколишнього середовища, складність і порівняно велика вартість виготовлення.

Електрогідравлічні приводи поширені в середніх і великокаліберних САУ та в реактивних ПУ. Машинні приводи наведення в гарматах причіпної артилерії не використовуються. Це пов'язано з необхідністю мати на гарматі

джерело енергії, що приводить до ускладнення конструкції лафета і збільшення його маси.

Ручний привод наведення гармати – це механізм наведення, ведуча ланка якого має маховик з рукояткою для приведення його в дію зусиллям навідника.

Такі механізми поширені в лафетах причіпних гармат, призначених для стрільби по рухомих і малорухомих цілях. Ці гармати мають порівняно невелику швидкострільність і допускають зупинку на час пострілу, а отже, і можливість використання ручних приводів наведення.

Отже, ручні приводи наведення гармати відрізняються відсутністю машинної рухомої частини з пристроєм управління. При ручному наведенні вхідні параметри, необхідні для його виконання, вводять до приладів наведення вручну. У зв'язку з цим маховики механізмів наведення повинні розміщуватися так, щоб навідник, обертаючи їх, міг одночасно спостерігати через візирні пристрої і виконувати необхідні дії на прицілах. При цьому навідник не повинен втомлюватися під час тривалої роботи з механізмами наведення.

Сучасні зразки САУ мають машинний і ручний привод наведення. Ручний привод у цьому випадку використовується як резервний або для точного наведення. Такі механізми мають два кінетичних ланцюги, які передають рух на спільну, як правило, черв'ячну самогальмівну передачу. У таких механізмах є вимикальний пристрій, який відключає один ланцюг від іншого.

4.3.8.2. Склад механізмів наведення, їх типи

Механізми наведення гармати здійснюють силову передачу руху від рухомої частини привода до хитної або обертової частини гармати. Їх поділяють на механізми вертикального і горизонтального наведення.

Силові передачі механізмів наведення складаються з кінематичних передач (пар) у різному їх сполученні або

гідравлічних передач, до складу яких входять циліндр і поршень зі штоком. Робочим тілом у гідравлічних передачах служить рідина (наприклад, мастило АМГ у гідроциліндрах підйомно-зрівноважувального механізму 2С4).

Найпоширеніша механічна силова передача, яка складається з ведучих, передавальних і виконувальних ланок. За допомогою таких передач важким частинам гармати надають обертального руху із заданою швидкістю при невеликому зусиллі з боку навідника. Цей вигреш у силі досягається за рахунок програшу у шляху (у швидкості) і характеризується передаточним відношенням всього механізму наведення.

Кінематична передача (пара) – це дві деталі механізму, які беруть участь у передачі руху і мають можливість взаємного переміщення.

Для побудування кінематичної схеми силової передачі механізму наведення використовують такі кінематичні передачі: гвинтові, зубчасті, черв'ячні, ланцюгові, передачі муфтами.

Гвинтові передачі складаються з гвинта і маточника (гайки) і призначені для перетворення обертального руху у поступальний. Гвинтові передачі виконують із прямокутною або трапецієподібною різью. Використання прямокутної різі дозволяє отримати більший вигреш у силі, а отже, більш високий ККД порівняно з різью трапецієподібної форми. При цьому трапецієподібна різь має перевагу над прямокутною, бо вона дозволяє виконувати регулювання мертвого ходу при зношенні різі і є більш міцною.

Переваги гвинтової передачі: простота конструкції, виготовлення і експлуатації; вигреш у силі; можливість забезпечення високої точності переміщення; самогальмування.

Недолік гвинтової передачі – малий ККД через великі втрати на тертя. З метою усунення цього недоліку замість тертя ковзання використовують тертя кочення (наприклад, домкрат Д-30).

Зубчасті передачі, як правило, служать для передачі обертального руху, але трапляються механізми, в яких ці передачі використовують для перетворення обертального руху в поступальний (наприклад, зубчаста передача – “шестерня-рейка”).

Зубчасті передачі бувають: циліндричні, конічні, рейкові.

Циліндричні зубчасті передачі використовують для передачі обертального руху між двома паралельними валами, а *конічні* - між двома взаємно перпендикулярними валами з метою отримання виграшу в зусиллі або зручності розміщення маховиків механізмів наведення.

Рейкова передача – це один із типів циліндричної зубчастої передачі, зубчасте колесо якої має нескінченно великий радіус. Усі зубчасті передачі є двобічними, оскільки рух може передаватись як від шестерні до колеса, так і навпаки. Вони не мають здатності до самогальмування. Крім того, зубчасті передачі мають малі значення передаточних відношень (до 12,5 – для циліндричних, до 3 – для конічних).

Черв'ячні передачі складаються із черв'яка і черв'ячного колеса із взаємно перпендикулярним розміщенням осей. Отже, рух у таких передачах передається під кутом 90° . Черв'як має трапецієподібну нарізку, а черв'ячне колесо – косі зубці спеціальної форми для збільшення площі контакту з нарізами черв'яка.

Черв'ячні передачі дозволяють отримати передаточні числа до 120 – 140 і мають такі *переваги*, як компактність конструкції, плавність ходу, безшумність роботи, самогальмування.

Недоліки черв'ячних передач: малий ККД (до 0,5), необхідність виготовляти одну зі спряжених деталей із бронзи.

Ланцюгові передачі забезпечують передачу руху при значній міжосьовій відстані (до 8 м), мають малі габарити, постійне передаточне число і високий ККД.

Недоліки ланцюгових передач: витягування ланцюга внаслідок зношення в шарнірах, необхідність ретельного монтажу і догляду, деяка нерівномірність ходу передачі, особливо при малому числі зубців і великій відстані зірочки, непридатність передачі до реверсування без зупинки.

Ланцюгову передачу використовують у ручному приводі наведення БМ-21.

Передачі муфтами служать для з'єднання ділянок валів, а також для з'єднання валів із деталями передач. До складу таких передач входять: рухомі муфти, муфти-шарніри, зчіпні муфти, фрикційні муфти.

Рухомі муфти дозволяють відносно переміщення з'єднувальних деталей у осьовому або поперечному напрямку при зміні кута між валами.

У механізмах наведення гармат часто використовують рухомі муфти у вигляді хрестовин (наприклад, поворотний механізм Д-30, 2С1). Хрестовина забезпечує неспіввісне з'єднання довгих тонких багатоопорних валіків, чим спрощується технологія виготовлення механізмів, збільшується жорсткість валів і забезпечується взаємозамінність деталей під час ремонту механізмів.

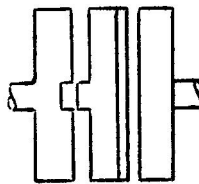


Рисунок 4.99 – Схема рухомої муфти

Муфти-шарніри в основному використовують у вигляді карданних передач у тих випадках, коли ділянка валів розміщується під деяким кутом один до одного, а кут може змінюватись або залишатися постійним. Шарнірні передачі використовують для забезпечення зручності розміщення маховиків механізмів наведення.

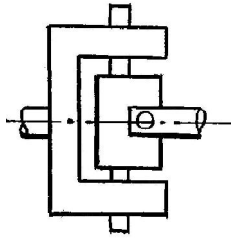


Рисунок 4.100 – Схема шарнірної муфти

Зчіпні муфти дозволяють виводити із зачеплення деякі частини кінематичної схеми механізму і вводити інші її частини, наприклад, перемикають роботу маховика механізму наведення на підймальний механізм (БМ-21), вимикають машинну рухому частину і вмикають ручну частину привода наведення (наприклад, поворотний механізм 2С1) або змінюють швидкість наведення (наприклад, підймальний механізм М-46 та інші).

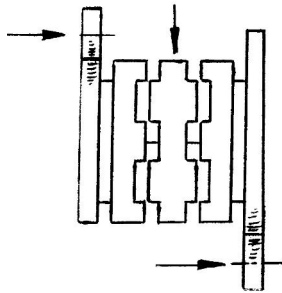


Рисунок 4.101 – Схема зчіпної муфти

Фрикційні муфти використовують як здавальні ланки механізмів наведення гармат.

Здавальна ланка механізму наведення – це ланка, яка допускає можливість пробуксовування при надмірних інерційних навантаженнях з боку хитної або обертової частини гармати, а також при випадковому зовнішньому впливі на ці частини.

Ланки механізму від самогальмівної передачі до поворотної частини гармати можуть відчувати значні інер-

ційні перевантаження, особливо за умови великої маси хитної і обертової частин. Аналогічне явище спостерігається в момент пострілу, при випадковому зачепленні ствола за який-небудь предмет у процесі наведення і при коливаннях основи самохідних і танкових систем.

Щоб уникнути надмірних навантажень, які можуть викликати пошкодження деталей, самогальмівну пару встановлюють ближче до обертових і хитних частин гармат. Цим виключається дія навантажень пострілу та інерційних моментів з боку цих частин гармати на велику кількість ланок механізму.

Отже, самогальмівна передача сприймає навантаження під час зворотного руху, а деталі механізму, розміщені перед нею, перебувають під впливом тільки тих сил, які виникають під час наведення гармати. Саме цьому для захисту самогальмівних передач від перевантажень до складу кінематичної схеми механізму наведення вводять здавальні ланки у вигляді дискових і конусних фрикційних муфт або підпружинених черв'ячних передач.

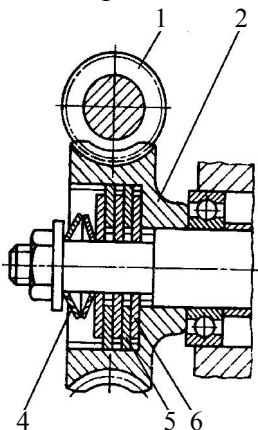


Рисунок 4.102 – Схема дискової фрикційної муфти:

- 1 – черв'як; 2 – черв'ячне колесо; 3 – тарілчаста пружина;
- 4 – ведений фрикційний диск; 5 – ведучий фрикційний диск

Дисковий фрикційний здавальний пристрій має вигляд фрикційних дисків, частина з яких шліцями зв'язана з валом, а частина - з черв'ячним колесом. Підтискуються диски один до одного тарілчастими пружинами. Ступінь підтиснення регулюється регулювальною гайкою.

При появі надмірних навантажень відбувається буксування дисків. Величина найбільшого моменту тертя фрикційних дисків забезпечується силою підтиснення тарілчастих пружин.

Конусний фрикційний здавальний пристрій – це конусне з'єднання черв'ячного колеса з валом. Величина найбільшого моменту тертя конусного з'єднання забезпечується тарілчастою пружиною, яка підтискує конус вала до конуса черв'ячного колеса.

При перевантаженнях відбувається взаємне буксування конуса вала і черв'ячного колеса.

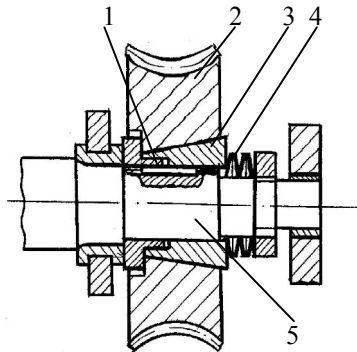


Рисунок 4.103 – Схема конусної фрикційної муфти:

1 – шпонка; 2 – колесо; 3 – конус; 4 – пружина; 5 – вал

Підпружинений черв'як також є здавальною ланкою. Він встановлюється в корпусі механізму так, щоб мати можливість переміщуватися вздовж осі в обидва боки і стискувати тарілчасті пружини під час обертання і при різкому припиненні наведення.

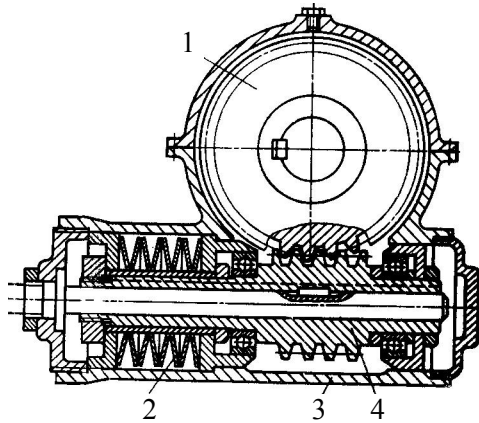


Рисунок 4.104 – Схема здавального пристрою за допомогою підпружиненого черв'яка:
 1 – черв'ячне колесо; 2 – пружина; 3 – корпус; 4 – черв'як

Корінна пара (передача) механізму наведення – це кінематична пара, завдяки якій взаємодіють нерухома при наведенні частина гармати і оберտальна частина. Один з елементів корінної пари жорстко або шарнірно зв'язаний безпосередньо з обертовою або хитною частиною і має спільну з нею швидкість обертання. Наприклад, зубчастий сектор, прикріплений до люльки.

Залежно від виду корінної пари механізми наведення гармат поділяють на такі типи: гвинтові, секторні, черв'ячні, рейкові, гідравлічні.

Гвинтовий механізм наведення гармати – це механізм наведення, до складу якого входить корінна пара із гвинта і гайки. Використовують для горизонтального наведення гармат Т-12, МТ-12, М-30, Д-1, а також для горизонтального і вертикального наведення мінометів М-120.

Секторний механізм наведення гармати – це механізм наведення, до складу якого входить циліндрична зубчаста корінна пара із зубчастого сектора і зубчастої шестерні із зовнішнім або внутрішнім зачепленням. Його використовують для горизонтального і вертикального наведення 2С1, БМ-21, вертикального наведення Д-30, Т-12 та інших гармат.

Черв'ячний механізм наведення гармати – механізм наведення, до складу якого входить черв'ячна корінна пара з черв'яка і черв'ячного колеса. Його використовують для горизонтального наведення гармати Д-30.

Рейковий механізм наведення гармати – механізм наведення, до складу якого входить корінна пара із зубчастої рейки і циліндричної зубчастої шестерні. Його використовують для горизонтального наведення ПУ комплексів ПТКР. У гарматах ствольної артилерії не використовують.

Гідравлічний механізм наведення гармати – механізм наведення, до складу якого входить гідродвигун поступальної або обертової дії. Його використовують у підйомно-звільнювальних механізмах наведення.

Найбільш поширені в наземній артилерії гвинтові, секторні і черв'ячні механізми наведення гармат, порівнюючи конструкції яких, можна зробити такі висновки:

Секторні і черв'ячні механізми наведення можуть забезпечувати наведення у будь-якому діапазоні кутів, навіть до 360° , а гвинтові тільки в межах $50 - 60^\circ$.

Секторні і черв'ячні механізми наведення дають можливість отримати постійне зусилля на маховику і постійну швидкість наведення, а у гвинтових ці параметри залежать від кута наведення, що знижує точність наведення.

Секторні і черв'ячні механізми наведення дають можливість отримати як малі, так і великі швидкості наведення, а у гвинтових збільшення швидкості наведення може призвести до втрати самогальмування.

Черв'ячні і гвинтові механізми наведення мають здатність до самогальмування, а секторні – ні, отже, вони вимагають введення самогальмівних пар або установа спеціальних гальмівних пристроїв для забезпечення незбивної наведення гармати.

Гвинтові механізми наведення – більш компактні і прості за конструкцією, мають менші габарити і вагу, невибагливі в експлуатації.

4.3.8.3. Принцип будови і дії основних типів механізмів наведення

4.3.8.3.1. Підіймальний механізм

У сучасній артилерії найбільше поширення дістали секторні підіймальні механізми, які передають обертальний рух від привода системою зубчастих пар, остання з яких називається корінною. Ця пара складається з корінної шестерні з валом, яка розміщена на підшипниках у верхньому станку, і зубчастого сектора, який, як правило, закріплений на люльці.

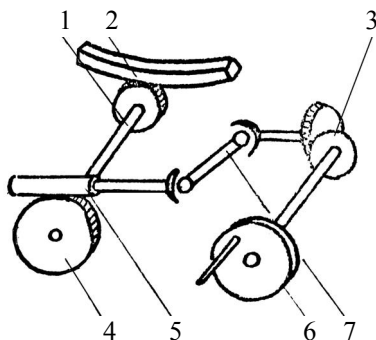


Рисунок 4.105 – Схема секторного механізму із зовнішнім зчепленням корінної шестерні:

- 1 – циліндрична шестерня; 2 – сектор; 3 – конічна пара;
- 4 – черв'ячне колесо; 5 – черв'як; 6 – маховик; 7 – шарнірний валик

Сектор в основному встановлюють у площині стрільби, чим досягається рівномірне навантаження цапф. Іноді, виконуючи вимоги зручності розміщення або скорочення висоти лінії вогню, сектор кріплять з боку люльки.

До складу такого механізму входять: конічна пара, циліндрична пара, черв'ячна пара, циліндрична пара (корінна шестерня і зубчастий сектор).

Механізми такого типу використовують у гарматах Д-30, М-46, Д-20.

З метою уникнення великих навантажень на зубці корінного зачеплення використовують двосекторний механізм.

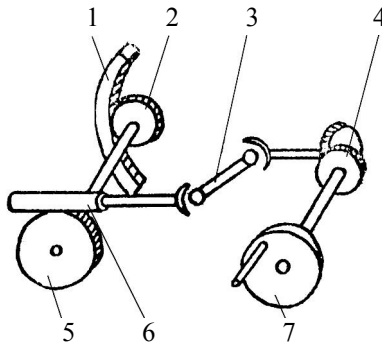


Рисунок 4.106 – Схема секторного механізму із внутрішнім зчепленням корінної шестерні:

- 1 - сектор; 2 - циліндрична шестерня; 3 - шарнірний вал;
4 - конічна пара; 5,6 - черв'ячна пара; 7 – маховик

Механізм такого типу використовують в гарматах Д-48, Т-12.

Важливим конструктивним розміром сектора є радіус початкового кола. Збільшення його корисне з точки зору підвищення точності наведення, оскільки скорочується кутове зміщення хитної частини внаслідок люфту у корінному зачепленні і пружної податливості ланок механізму. Разом з тим зменшуються зусилля, які сприймають у процесі наведення сектор і корінну шестерню. Сектор меншого радіуса легше розмістити на гарматі. При використанні сектора такого типу створюються сприятливі умови для зниження висоти лінії вогню. Число зубців на секторі вибирають залежно від його радіуса, модуля зачеплення і діапазону кутів вертикального наведення.

У ролі самогальмівної пари, як правило, використовують черв'ячну пару, яку розміщують, по можливості, ближче до корінної. Це роблять для виключення дії наван-

тажень від пострілу та інерційних моментів з боку хитної частини на більшість ланок механізму.

Секторні механізми: забезпечують необхідну швидкість наведення у короткому інтервалі, забезпечують великі діапазони кутів наведення, мають відносно складну конструкцію.

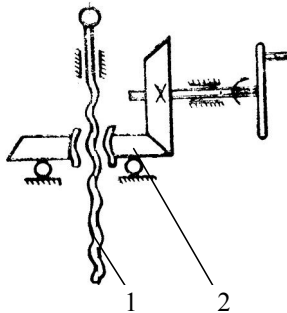


Рисунок 4.107 – Схема гвинтового механізму:
1 - гвинтова пара; 2 - конічна пара

Використовують гвинтовий механізм у мінометах (82-мм, 120-мм). Кут підйому гвинтової лінії для забезпечення самогальмування знаходиться в межах $4 - 6^\circ$.

Гвинтові механізми: мають просту конструкцію, не забезпечують високих швидкостей наведення і великих кутів наведення, невибагливі в експлуатації.

Гідравлічні підймальні механізми використовують у ПУ ПТКР.

Недоліком механізмів є складність конструкції та експлуатації.

Переваги механізмів: конструктивна гнучкість, зручність компонування механізму, можливість регулювання швидкості наведення у широкому інтервалі, невеликі габарити механізму при великих зусиллях на штоку гідроциліндра, можливість дистанційного керування роботою механізму.

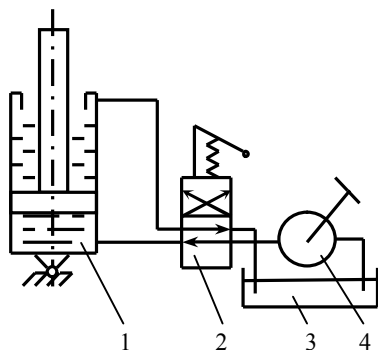


Рисунок 4.108 – Схема гідравлічного механізму:
1 – гідроциліндр; 2 – розподільний клапан; 3 – бак; 4 – гідронасос.

4.3.8.3.2. Поворотний механізм

Секторний механізм з внутрішнім зчепленням складається з: конічної пари, черв'ячної пари, циліндричної пари (корінна шестерня і зубчастий сектор). Його використовують у гарматі МЛ-20.

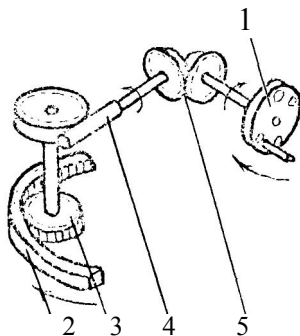


Рисунок 4.109 – Схема секторного механізму з внутрішнім зчепленням корінної шестерні:
1 – маховик; 2 – зубчастий сектор; 3 – корінна шестерня; 4 – черв'ячна пара; 5 – конічна пара

В основному у секторних механізмів зубчастий сектор зв'язаний з нижнім станком, а отже, нерухомий. А ко-

рінна шестерня під час роботи механізму обочується по сектору. У такому механізмі передаточне число вище, ніж у механізмі, сектор якого зв'язаний з верхнім станком (обертовою частиною).

Секторний механізм із зовнішнім зчепленням: порівняно зі схемою з внутрішнім зчепленням механізм має великі габарити. Його використовують у гарматах М-46.

Секторний механізм з корінною черв'ячною передачею: характерною особливістю таких механізмів є наявність у кінематичній схемі черв'ячної пари. Необхідність використання черв'ячної пари викликана вимогою необоротності механізму з метою незбивності наведення. Ця черв'ячна пара може бути як проміжною ланкою, так і кінцевою.

Секторні механізми більш складні за конструкцією, але вони дозволяють забезпечити значні кути наведення – до 360° . Крім того, швидкість наведення і зусилля на рукоятці маховика в цих механізмах не залежать від кута наведення.

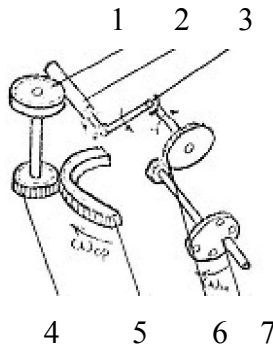


Рисунок 4.110 – Схема секторного механізму із зовнішнім зчепленням:

- 1, 2 – черв'ячна пара; 3 – шарнірний валик; 4 – корінна шестерня;
- 5 – зубчастий сектор; 6 – циліндрична пара; 7 – маховик

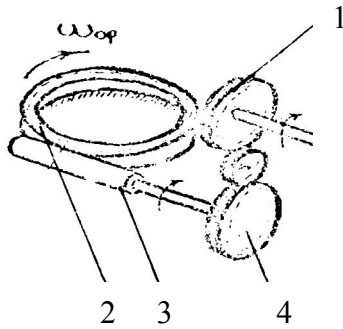


Рисунок 4.111 – Схема секторного механізму з корінною черв'ячною парою:

1, 4 – циліндричний редуктор; 2 – черв'ячне колесо; 3 – черв'як; 5 – маховик

Механізм такого типу використовують у гарматах Д-30. Остання пара механізму – черв'ячна.

Гвинтовий поворотний механізм. До складу такого механізму входять: гвинт, маточина, упор верхнього станка, шарнірна опора.

При обертанні маховика обертається і маточина. Оскільки маточина закріплена у верхньому станку, то вона буде нагвинчуватися на гвинт або згвинчуватися з нього залежно від напрямку обертання. Гвинт закріплений у нижньому станку, і маточина, яка переміщується по гвинту, примушує верхній станок повертатися відносно нижнього.

Механізм такого типу використовують у гарматах Т-12, Д-48, Д-1.

Гвинтовий механізм: має просту конструкцію, має велике передаточне число при малому числі кінематичних пар, швидкість наведення і зусилля на маховику залежать від кута наведення, має обмежені кути наведення.

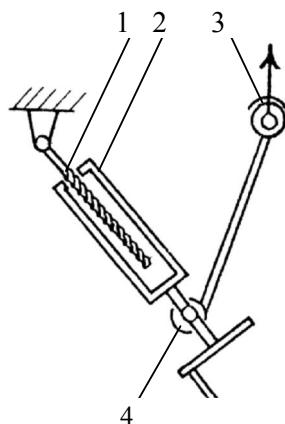


Рисунок 4.112 – Схема гвинтового механізму:

1 – гвинт; 2 – маточина; 3 – упор верхнього станка; 4 – шарнірна опора

Рейковий поворотний механізм – використовується в механізмах повороту напрямних пускових установок ПТКРС і у вертлюгах деяких мінометів.

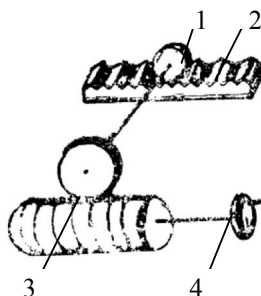


Рисунок 4.113 – Схема рейкового поворотного механізму:

1 – циліндрична шестерня; 2 – рейка; 3 – черв'ячна пара; 4 – маховик

У таких механізмах замість гвинтової пари використовують зубчасту рейку і зчеплену з нею циліндричну шестерню, яка і переміщує обертову частину зі стволом відносно опорного пристрою. Усі деталі, за винятком рейки, змонтовані на вертлюзі. Рейка, яка закріплена на станку, залишається нерухомою. Іноді буває навпаки. Корінна шестерня, яка обертається завдяки самогальмівній черв'ячній

парі, переміщується по рейці і примушує вертлюг рухатися відносно станка.

У лафетах ствольної артилерії рейкові поворотні механізми не використовують.

4.3.8.4. Контроль основних параметрів механізмів наведення перед бойовим застосуванням

Під час експлуатації механізмів наведення необхідно стежити за тим, щоб їх робота при всіх кутах наведення була плавною, без ривків і без великого мертвого ходу.

Причинами збільшення зусилля на маховику підйимального механізму можуть бути: невідрегульованість зрівноважувального механізму, мастило не відповідає порі року, дефекти, пошкодження на зубцях кінематичних пар, невідрегульованість зчеплення зубчастих передач та інші причини.

Причинами збільшення зусилля на маховику поворотного механізму можуть бути: невідрегульований зазор між верхнім і нижнім станками; дефекти, пошкодження зубців кінематичних пар; невідрегульованість зубчастих зчеплень та інші причини.

Отже, основними параметрами механізмів наведення є: зусилля на маховику, величина мертвого ходу.

Зусилля на маховику визначає легкість наведення. З одного боку, це зусилля не повинно бути надмірно великим – це затрудняє наведення гармати, а з іншого боку, це зусилля не повинно бути дуже малим – інакше випадковий вплив на маховик може збити встановлене наведення.

Виходячи з цих міркувань, зусилля на маховику не повинно бути менше 0,5 кг. Граничне зусилля на маховику визначається фізичними можливостями людини. Антропометричними дослідженнями встановлено, що людина із середніми здібностями може тривалий час розвивати потужність 0,1 к.с. і короткочасно до $\approx 0,25$ к.с. При цьому, працюючи на

маховику з радіусом 0,1 – 0,2 м, людина може виконувати 90 – 120 об/хв.

Зусилля на маховику в сталому режимі не повинно перевищувати $P_{mcm} = 3 - 4$ кг, а при зрушенні (в режимі розгону) $P_{mроз} = 7 - 8$ кг.

Мертвий хід у механізмах наведення утворюється внаслідок зазорів у ланках кінематичного ланцюга. Величина зазору залежить від: допусків на обробку, якості складання, ступеня зносу деталей, величини деформації деталей, частоти розбирання і складання механізмів.

Робота без мастила або з брудним мастилом збільшує мертвий хід, оскільки при цьому швидше зношуються деталі.

Збільшений мертвий хід викликає велике розсіювання снарядів і знижує ефективність стрільби.

Мертвий хід підіймального механізму

Для визначення величини мертвого ходу підіймального механізму необхідно, обертаючи маховик в один бік, вибрати мертвий хід і нанести крейдою риски на маховику і коробці підіймального механізму. Маховиком черв'яка поздовжнього рівня вивести бульбу поздовжнього рівня на середину. Повільно повертати маховик у зворотному напрямку до того моменту, поки бульба рівня не почне виходити із середнього положення.

За відстанню між рисками на маховику і на коробці визначити мертвий хід механізму в обертах маховика.

Мертвий хід механізму гармат Д-48, Т-12 повинен бути не більше 1/2 оберту маховика.

Мертвий хід поворотного механізму

Для визначення величини мертвого ходу необхідно, обертаючи маховик в один бік, вибрати мертвий хід і навести перехрестя панорами в точку наведення. Нанести крейдою риски на маховику поворотного механізму і на кришці

коробки. Повільно повертати маховик у зворотному напрямку до моменту зрушення перехрестя панорами з точки наведення.

За відстанню між рисками визначити величину мертвого ходу в обертах маховика. Мертвий хід поворотного механізму не повинен перевищувати 1/2 оберту маховика для гармат Д-48, Т-12.

4.4. Прилади наведення артилерійських гармат

4.4.1. Призначення приладів наведення і вимоги до них

Для влучення в ціль необхідно перед пострілом ствола гармати надати такого положення в просторі, при якому середня траєкторія польоту снарядів буде проходити через ціль (рисунок 4.113).

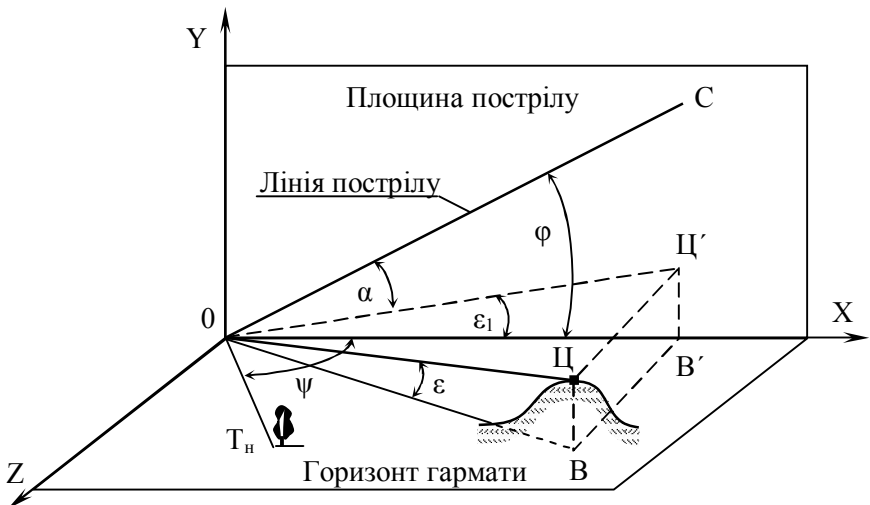


Рисунок 4.113 – Лінії і кути при непрямому наведенні гармати

Положення ствола гармати відносно цілі визначається двома кутами:

- вертикальним кутом – кутом підвищення φ , який визначає дальність польоту снаряда;

- горизонтальним кутом – кутом наведення ψ , який визначає напрямок польоту снаряда.

Але дальність польоту снаряда визначається не тільки дальністю до цілі, а й положенням її відносно точки стояння гармати, а отже, $\varphi = \alpha \pm \varepsilon$, де ε - кут місця цілі.

Кути, які необхідно задати стволу гармати для виконання вертикального і горизонтального наведення, називають *прицільними*.

Прицільні кути визначаються під час підготовки вирахуваних даних за допомогою приладів стрільби для даного типу гармати, а також враховуючи тип підричника і заряду, дальність до цілі, конкретної стрільби і положення точки наведення (T_n) відносно гармати. Вирахувані прицільні кути встановлюються на приладах прицілювання.

Прилади прицілювання – це прилади гарматного комплексу, призначені для встановлення даних наведення (прицільних кутів) і контролю за положенням осі каналу ствола.

Приладами прицілювання гармат наземної артилерії є приціли.

Приціл – це прилад наведення, розміщений на гарматі і призначений для встановлення вихідних даних прицілювання вручну та контролю за положенням осі каналу ствола.

Кожний приціл має візирний пристрій з деякою фіксованою лінією, яка називається лінією візування, і механізмами або пристроями, які дозволяють повертати лінію візування відповідно до прицільних кутів у вертикальній і горизонтальній площинах.

Лінія візування – це промінь зору або пряма, яка проходить через вершину прицільного знака (середину перехрестя) і центр об'єктива. За умови будівництва прицільних кутів на прицілі лінія візування буде називатися *лінією прицілювання*.

У процесі наведення спочатку надають лінії візування визначений кут відносно осі каналу ствола механізмами

або пристроями прицілу, а потім за допомогою механізмів наведення повертають ствол (разом з лінією візування) так, щоб лінія візування (прицілювання) проходила через вказану точку на місцевості.

Наведення гармати – це надання стволу гармати певного положення у просторі відносно цілі або репера відповідно до даних щодо стрільби. Наведення гармати поділяють на вертикальне і горизонтальне.

Горизонтальне наведення гармати – це надання осі каналу ствола певного положення у горизонтальній площині.

Вертикальне наведення гармати – це надання осі каналу ствола певного положення у вертикальній площині відносно горизонту гармати. Залежно від характеру цілі і умов стрільби наведення за способом його виконання поділяють на пряме, непряме, напівпряме.

Пряме наведення виконують безпосереднім візуванням по цілі. Його використовують під час стрільби по цілі, яку видно з вогневої позиції.

Непряме наведення виконують без візування по цілі. Горизонтальне наведення здійснюють за допомогою візування по допоміжній точці на місцевості (точці наведення), а вертикальне – за допомогою рівня. Непряме наведення використовують під час стрільби по цілі, яку не видно, тобто із закритих вогневих позицій.

Напівпряме наведення в горизонтальній площині виконують візуванням по цілі (як і при прямому наведенні), а вертикальне – за допомогою рівня. Напівпряме наведення використовують під час стрільби по цілі, яку видно.

Прилади прицілювання значною мірою визначають точність стрільби гармати і повинні відповідати *вимогам* до їх конструкції, які наведені нижче.

Висока точність побудови прицільних кутів – сумарна власна помилка не повинна перевищувати 0-01 – 0-02 поділок кутоміра, що досягається високою точністю виготовлення і вибором мертвого ходу. Для усунення мертвого

ходу використовують розрізні черв'ячні шестерні, розрізні циліндричні шестерні і пружини, а також одноманітне наведення.

Незбивність установок під час стрільби, що досягається використанням самогальмівних черв'ячних і гвинтових передач, а також спеціальних гальмівних пристроїв з метою підвищення швидкострільності і точності стрільби.

Універсальність прицілів – це придатність прицілів до багатьох зразків гармат при заміні тільки прицільних шкал і деяких другорядних деталей.

Наявність освітлювання – всі прицільні шкали і сітки у полі зору візира забезпечують їх використання цілодобово і незалежно від погодних умов.

Швидкість переведення у бойове положення – цей процес повинен проходити паралельно з переведенням гармати у бойове положення і за часом не перевищувати його.

Велика живучість – прилади прицілювання повинні витримувати усі інерційні навантаження, які виникають під час стрільби і транспортування, і не бути чутливими до різких коливань температури і до дії атмосферних опадів.

Простота конструкції і поводження повинні забезпечувати особовому складу швидке вивчення будови і правил експлуатації приладів прицілювання, їх ремонт у військах і масове виробництво промисловістю.

Пристосованість до гармати повинна забезпечити виконання усіх операцій з наведення гармати, зручність обслуговування приладів прицілювання і невтомлюваність навідника, що досягаються раціональними конструкцією і розміщенням приладів на гарматі, а також підбором оптики, враховуючи, що візир одночасно є і приладами спостереження.

Простота перевірки у військах і наявність регульовальних пристроїв, які забезпечують їх підготовку до стрільби у найкоротші терміни.

Крім того, до приладів прицілювання ставляться ще й спеціальні та виробничо-економічні вимоги.

4.4.2. Типи приладів прицілювання гармати

Прилади прицілювання артилерійських гармат за найбільш важливими і загальними ознаками поділяють на типи, які показані на схемі (рис. 4.114).



Рисунок 4.114 – Класифікація прицілів

Оптичний приціл – це прилад, який має оптичний візир з прицільними механізмами або з механічним прицілом.

Телескопічний приціл – це прилад, який має телескопічний візир у вигляді зорової трубки з прицільними механізмами. У таких прицілах усі або деякі кути будують за допомогою шкал у полі зору оптичних візирів або переміщенням деталей оптичної системи візира (наприклад, ОП-4М).

Панорамний приціл – це прилад, який має панорамний візир у вигляді колінчастої зорової труби і механічний приціл. У таких прицілах прицільні кути в горизонтальній площині будують за допомогою оптичних візирів (артилерійських панорам), а у вертикальній площині – за допомогою механічних прицілів (за допомогою деталей, які не входять до оптичної системи візира. Наприклад, приціли типу С-71, Д-726).

Коліматорний приціл – це прилад, який має коліматорний візир з прицільними механізмами. Такі візирі в гарматах не використовують. Раніше вони застосовувались у мінометній та зенітній артилерії.

Електронно-оптичний приціл – це нічний приціл, до складу оптичної системи якого входить електронно-оптичний перетворювач (ЕОП), який забезпечує можливість спостереження і стрільби вночі.

Пасивний електронно-оптичний приціл – це нічний приціл, який сприймає відбиті від цілі слабовидні промені природного нічного освітлення і підсилює їх яскравість.

Активний електронно-оптичний приціл – це нічний приціл, який сприймає відбиті від цілі інфрачервоні промені від спеціального опромінювача і перетворює їх у видні.

Приціли прямого наведення – це оптичні телескопічні і електронно-оптичні приціли, що використовують для стрільби з відкритих вогневих позицій (ВП) прямого наведення.

Приціли для непрямого наведення – це оптичні панорамні приціли, які використовують для стрільби із закритих ВП.

Приціли для наведення вночі – це нічні приціли пасивної і активної дії, які використовують для стрільби прямим наведенням.

Залежний приціл – це приціл, у якого лінія візування переміщується при повороті осі каналу ствола (наприклад, Д-726, ОП-4М, С-71).

Незалежний приціл – це приціл, лінія візування якого залишається нерухомою під час повороту осі каналу ствола (наприклад, приціли М-30Ц, ПГ-2).

Приціл із залежною лінією прицілювання – це приціл, положення лінії прицілювання якого змінюється із зміною кута прицілювання і кута місця цілі (наприклад, Д-726, С-71, ОП-4М).

Приціл з незалежною лінією прицілювання - це приціл, положення лінії прицілювання якого не змінюється зі зміною кута прицілювання і кута місця цілі (наприклад, ПГ-2, М-30Ц).

Приціл з напівзалежною лінією прицілювання - це приціл, положення лінії прицілювання якого не змінюється при зміні кута прицілювання і змінюється зі зміною кута місця цілі (наприклад, М-30Ц старої конструкції).

Рухомі приціли – це приціли, які мають можливість поперечного переміщення відносно осі, паралельної осі каналу ствола, для усунення впливу на вертикальне наведення нахилу до горизонту осі цапф підйомної частини гармати (наприклад, Д-726, С-71, М-30Ц).

Нерухомі приціли – це приціли, які не мають можливості поперечного переміщення відносно осі, паралельної осі каналу ствола (наприклад, ОП-4М, нічні приціли).

Залежні приціли можуть бути як рухомими, так і нерухомими прицілами із залежною лінією прицілювання. Узгодження осі каналу ствола з лінією прицілювання у вертикальній площині контролюється за допомогою рівнів.

Незалежні приціли – це рухомі приціли з незалежною або напівзалежною лінією прицілювання. Узгодження осі каналу ствола з лінією прицілювання у вертикальній площині в таких прицілах контролюється за допомогою механічної (стрілочної – М-30Ц або за шкалами – ПГ-2) або електричної індикації (лампочки узгодження на щитку узгодження ПГ-2).

4.4.3. Оптичні візир

4.4.3.1. Призначення, будова і принцип дії оптичного телескопічного візира

Візир прицілів гармат призначені для розглядання віддалених об'єктів, створення візирної лінії і забезпечення виконання наведення гармат.

Оптичні телескопічні та панорамні візир використовуються як основні в прицілах сучасних гармат.

Оптичний візир – це візир прицілу гармати з оптичною системою для розглядання віддалених об'єктів і фіксації лінії візування.

Телескопічний візир – це візир прицілу з об'єктивом і окуляром, головні оптичні осі яких розміщені на одній прямій.

Панорамний візир – це перископічний візир прицілу з оптичною системою, до складу якої входить об'єктив і окуляр, головні оптичні осі яких розміщені не на одній прямій.

Телескопічний візир прицілу призначений для розглядання віддалених об'єктів, утворення візирної лінії і забезпечення прямого наведення гармат. Він являє собою пряму зорову трубу зі складною оптичною телескопічною системою, в якій всі оптичні елементи розміщені на одній прямій оптичній осі; причому задній фокус попереднього елемента суміщений з переднім фокусом наступного, що дозволяє бачити чітке зображення віддалених об'єктів. Те-

лескопичний візир використовується в прицілах прямого наведення, в яких візир і приціл становлять одне ціле.

Основними елементами будь-якої оптичної системи візира є об'єктив і окуляр. У сучасних оптичних візирах об'єктиви складаються з двох склеєних лінз, а окуляри – з 4 – 6 лінз, склеєних попарно. Прості однолінзові елементи не можуть давати чітке зображення, що пояснюється в основному сферичною і хроматичною аберациями.

Об'єктив системи розміщується з боку об'єкта, який спостерігається і служить для будування його зображення в задній фокальній площині. Він дає дійсне зменшене зображення об'єктів, які спостерігаються. Причому зображення об'єкта, що розглядається, перевертається об'єктивом як у вертикальній, так і у горизонтальній площині.

Фокусна відстань об'єктива $f_{об}$ визначає збільшення системи, її світлосилу і довжину зорової труби. Зі збільшенням фокусної відстані зростає не тільки збільшення системи, а й довжина зорової труби.

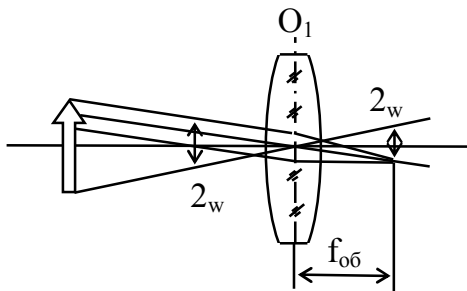


Рисунок 4.115 – Схема дії об'єктива

Поле зору об'єктива 2_w телескопічних систем, як правило, не перевищує 15° ; отже, найбільш поширеними об'єктивами зорових труб є дволінзові склеєні об'єктиви. Дволінзові об'єктиви мають гарну якість зображення, якщо поле зору не перевищує 10° при фокусній відстані до 300 мм.

Окуляр системи розміщується з боку ока і служить для розглядання зображення, яке будується об'єктивом, під великим кутом зору, а отже, – у збільшеному вигляді.

Будова окуляра, крім усунення аберацій, повинна забезпечувати отримання як можна більшого поля зору і певного віддалення вихідної зіниці. Унаслідок цього окуляр являє собою складну оптичну систему, яка складається із 4 – 6 лінз. Збільшення окуляра, як правило, становить 3,7 – 5,5, оскільки при великому збільшенні зростають вимоги до якості сітки. Крім того, збільшення окуляра визначається фокусною відстанню, від якої залежать можливість встановлення плоскопаралельної пластини з сіткою, довжина зорової труби і положення вихідної зіниці, яке визначається умовами експлуатації візира. Найбільш поширені окуляри мають поле зору 40 – 50°, а ширококутні – 60 – 90° і більше.

Найбільш поширеним окуляром у телескопічних візирах прицілів є шестилінзовий окуляр, а в панорамних – чотирилінзовий.

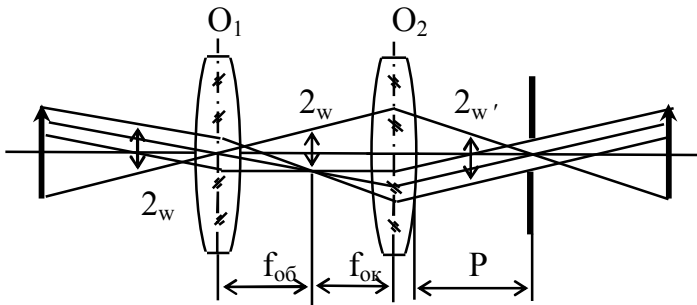


Рисунок 4.116 – Схема дії оптичної системи “об’єктив-окуляр”

Якщо око навідника має дефект зору, то цей дефект можна усунути переміщенням лінз уздовж оптичної осі за допомогою діоптрійного пристрою.

Отже, в оптичній системі “об’єктив-окуляр” об’єктив дає дійсне зменшене і перевернуте зображення об’єкта, що

спостерігається і розглядається в окуляр під великим кутом зору, але у перевернутому вигляді.

Для спостереження об'єкта у неперевернутому вигляді в оптичну систему "об'єктив-окуляр" вводять обертальну систему.

Обертальна система призначена для забезпечення спостереження об'єкта у прямому вигляді або для перевертання перевернутого об'єктом зображення об'єкта, яке і розглядається потім у прямому вигляді через окуляр. Тип обертальної системи визначається призначенням і умовами експлуатації візира або прицілу. У візирах сучасних гармат використовуються лінзові та призмові обертальні системи.

Лінзова обертальна система використовується в таких випадках, коли візир має вигляд прямої зорової труби, при цьому його розміри за довжиною при конструюванні можуть легко змінюватися за рахунок зміни проміжку між лінзами обертальної системи.

Обернення перевернутого об'єктивом зображення в таких візирах, як правило, виконується дволінзовою обертальною системою, кожна з лінз якої складається з трьох лінз: двох склеєних і однієї розклеєної. Обидві трійки лінз розміщуються на одній осі так, щоб передній фокус першої трійки збігався з заднім фокусом об'єктива, а задній фокус другої трійки лінз – з переднім фокусом окуляра.

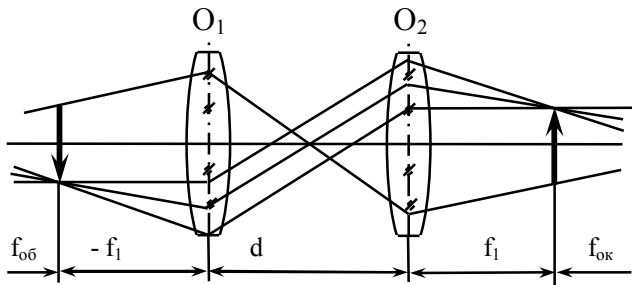


Рисунок 4.117 – Схема дії лінзової обертаючої системи

Між трійками лінз обертальної системи йдуть паралельні пучки променів, що дозволяє вибирати відстань між ними довільною, але з її збільшенням буде зменшуватися поле зору візира. Такий тип обертальної системи використовується в прицілах типу ОП-4М.

Призмova обертальна система використовується в колінчастих візирах невеликої довжини. Вона дозволяє створити колінчастий візир, зменшити його довжину і забезпечити зміну напрямку візування при нерухомому окулярі, що і використовується в панорамних перископічних візирах для виконання непрямого наведення.

Призмova обертальна система дозволяє створити візир невеликої довжини або великої бази, але вона збільшує масу візира і витрати світлової енергії за рахунок її поглинання в товщі скла.

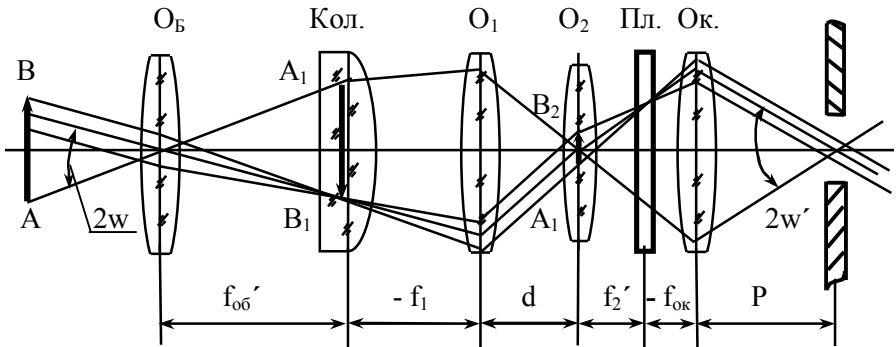


Рисунок 4.118 – Схема телескопічного візира:

Об- об'єктив; Кол. – колектор; O_1, O_2 – лінзи обертальної системи;
Пл. – плоско паралельна пластинка; Ок – окуляр

Об'єктив буде зображення віддаленого об'єкта AB у своїй задній фокальній площині, яка суміщена з передньою фокальною площиною першої лінзи обертальної системи. Зменшене і перевернуте зображення об'єкта A_1B_1 переноситься з цієї площини у задню фокальну площину другої лінзи обертальної системи, яка суміщена з передньою фокальною площиною окуляра. Ці площини оптично sprzęжені.

Через окуляр, як через лупу, око розглядає пряме зображення A_2B_2 віддаленого об'єкта AB під великим кутом зору. Всі елементи оптичної системи (рис. 4.118) є збираючими (позитивними).

До складу реальної оптичної системи телескопічних візирів сучасних прицілів додатково вводять позитивну лінзу – колектор (кол.).

Колектор – це збираюча плосковипукла лінза оптичної системи візира, призначена для звуження пучка нахилених променів з метою зменшення поперечних розмірів наступних оптичних деталей, а отже, і габаритів зорової труби візира.

Колектор може встановлюватися в задній площині об'єктива або у передній фокальній площині окуляра. За конструктивних міркувань (для зменшення поперечних розмірів великого числа оптичних деталей) у сучасних візирах колектор установлюється, як правило, в задній фокальній площині об'єктива.

В оптичну систему візира вводять плоскопаралельну пластину, на якій наноситься прицільний знак або перехрестя, а в візирах прицілів – сітка, яка складається зі шкал прицілу.

Плоскопаралельна скляна пластина з прицільним знаком або перехрестям може встановлюватися в задній фокальній площині об'єктива (за наявності колектора прицільний знак або перехрестя можуть наноситися на його плоскому боці) або в задній фокальній площині другої лінзи обертальної системи, суміщеній з передньою фокальною площиною окуляра. Враховуючи конструктивні і експлуатаційні вимоги, плоскопаралельна пластина, як правило, встановлюється у суміщених фокальних площинах другої лінзи обертальної системи і лінзи окуляра, чим спрощуються кріплення візира на гарматі і користування його механізмами.

Лінія візування – це фіксована відносно візира пряма, яка проходить через вершину прицільного знака (через се-

редину перехрестя) і центр об'єктива, з яким суміщується промінь зору при наведенні гармати.

Під час роботи з візиром проти сонця або розгляданні яскраво освітленого об'єкта використовують світлофільтри із кольорового скла, які одягаються на зорову трубу або вводяться до оптичної системи спеціальними пристроями.

Колектор, плоскопаралельна пластина, світлофільтр не вносять принципівих змін до дії оптичної системи візира.

Під час спостереження через візир око бачить віддалений об'єкт під кутом зору, який у декілька разів більший від кута спостереження того ж об'єкта неозброєним оком, що і є збільшенням візира.

Збільшення або кратність візира – це відношення кута зору, під яким видно зображення об'єкта у візир, до кута зору, під яким видно об'єкт неозброєним оком:

$$\Gamma = \frac{tq2w'}{tq2w} \approx \frac{2w'}{2w} = \frac{D_{ax}}{D_{eux}}. \quad (4,21)$$

Збільшення візира сприймається спостерігачем як ступінь зменшення дальності (наближення) об'єктів, що спостерігаються. Чим більше збільшення візира, тим краще навіднику вдається роздивитися ціль і виконати наведення.

Під час користування візиром навідник бачить не весь простір перед ним, а лише деяку його частину, обмежену полем зору візира.

Поле зору візира – це простір, який спостерігається через оптичну систему візира і виражається найбільшим кутом нахилу променів $2w$, які проходять через візир.

Чим більше поле зору візира, тим більший простір спостерігається навідником одночасно, що особливо важливо для візирів прицілів самохідних і танкових гармат, де навідник не тільки виконує наведення, а й оцінює обстановку на полі бою.

Але чим більше поле зору, тим менше збільшення і навпаки, що впливає із характеристики збільшення:

$$Г \cdot 2w = 2w'. \quad (4.22)$$

Добуток збільшення візира на поле зору залежить від величини поля зору окуляра, яке визначається його конструкцією.

Окулярне поле зору, як правило, не перевищує 50° . Але воно може доходити до 70° і більше, що вимагає значного ускладнення конструкції окуляра і підвищення собівартості візира.

Під час спостереження у візир око спостерігача повинно розташовуватися за окуляром у площині перетину нахилених променів, бо тільки в цьому місці з'єднуються найбільша концентрація променів і найменші розміри того отвору, через який проходять всі промені зображення об'єктива. Цей отвір називається вихідною зіницею.

Вихідна зіниця – місце перетину паралельних пучків променів, які йдуть від різних точок поля зору, за окуляром візира. У цьому ж місці розташовуються і зображення вхідної зіниці. Площа вихідної зіниці визначає світлосилу візира або кількість світлової енергії, яка будує зображення.

4.4.3.2. Призначення, будова і принцип дії оптичного панорамного візира

Панорамний візир прицілу – це оптичний перископічний візир прицілу, призначений для розглядання віддалених об'єктів із-за укриття, утворення візирної лінії і забезпечення виконання непрямого наведення гармати.

Він являє собою колінчасту зорову трубу зі складною оптичною перископічною системою, деталі якої розміщені не на одній прямій.

Панорамний візир прицілів гармат допускає поворот лінії візування за горизонтом у необмеженому секторі без переміщення окуляра і ока спостерігача і використовується в прицілах непрямого наведення для забезпечення горизон-

нтального наведення за допоміжною точкою на місцевості – T_n .

Оптична система панорамного візора відрізняється від телескопічного тим, що, крім об'єктива і окуляра, має ряд призм для забезпечення перископічності візора і обернення зображення об'єктива.

Наприклад, оптична система артилерійської панорами має такі основні елементи: головну призму – $AP-90^0$, обертальну призму – $AP-0^0$, об'єктив, дахоподібну призму – $APД-90^0$, окуляр.

Головна призма - це рівнобедрена прямокутна призма в яку промінь входить в одну катетну грань під кутом 45^0 до відбиваючої гіпотенузної грані, а виходить через другу катетну грань призми перпендикулярно до вхідного променя.

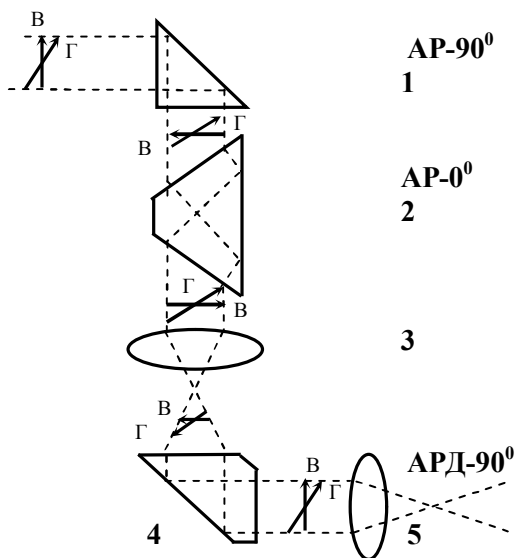


Рисунок 4.119 – Оптична система панорами

У деяких призмах відбиваюча грань покривається дзеркальною амальгамою. Ця призма змінює хід променів і повертає зображення об'єкта, яке розташоване перпендикулярно до ребра катетних граней, на 90° . Отже, вона повертає зображення предмета у вертикальній площині, нахилиючи його на 90° , і не повертає його у горизонтальній площині.

Це відбувається тому, що промінь від верхньої точки об'єкта до моменту відбивання променя від його нижньої точки встигне пройти деяку відстань, а промінь від горизонтальної частини об'єкта, що спостерігається одночасно всіма точками, досягає відбиваючої поверхні головної призми. Головна призма використовується для створення перископічності візирів і, як правило, для забезпечення повороту лінії візування.

Обертальна призма (призма Дове) – це також рівнобедрена прямокутна призма, але зі зрізаними катетними гранями, в одну з яких входить промінь, а у другу катетну грань виходить паралельно вхідному променю.

Ця призма повертає зображення об'єкта, що розташоване перпендикулярно до відносно відбиваючої гіпотенузної грані, на 180° і не змінює положення зображення, якщо об'єкт розташований паралельно відбиваючій грані.

Якщо обертальну призму повернути паралельно гіпотенузній грані, то зображення об'єкта, що спостерігається через призму, повертається в той самий бік, але з подвоєною швидкістю. Так, з рисунка 4.120 видно, що при повороті призми на 90° зображення предмета повертається на 180° . Це явище використовується для усунення нахилу зображення об'єкта при обертанні головної призми.

Панорамні візирі прицілів гармат виконуються у вигляді перископів з обертовою головкою. Якщо в таких візирах використовувати звичайну оптичну систему з нерухомою обертальною призмою, то поворот головки у горизонтальній площині викличе нахил або поворот зображення об'єкта (місцевості), що спостерігається. Так, при повороті головної призми на 180° зображення об'єкта або міс-

цевості буде спостерігатися у перевернутому вигляді. Тому при спостеріганні таким візором його необхідно повертати так, щоб взаємне розташування призм не змінювалося, а для цього необхідно повертати весь прилад. Перископічний прилад такого типу використовується для прямого наведення ПТРК у переносному комплексі.

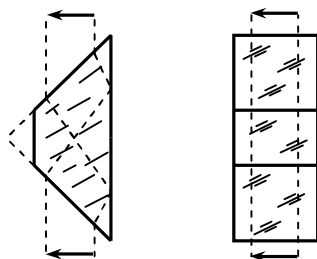


Рисунок 4.120 – Обертальна призма

У панорамному візирі артилерійського прицілу ця незручність ліквідується, і поворот головної призми візира на будь-який кут не викликає нахилу і перевертання зображення об'єкта, що досягається поворотом обертальної призми в бік обертання головної призми, але на кут, у два рази менший від кута повороту головної призми. Це досягається тим, що швидкість обертання обертальної призми встановлюється вдвічі меншою від швидкості обертання головної призми.

З рисунка 11.9 видно, що зображення об'єкта, яке розглядається через обертальну призму, залишається незмінним при повороті головної призми на 180° , якщо при цьому повернеться і обертальна призма на 90° (рис. 4.121 а, б), і перевернеться повністю при повороті на 180° (рис. 4.122 в) або за умови нерухомості обертальної призми.

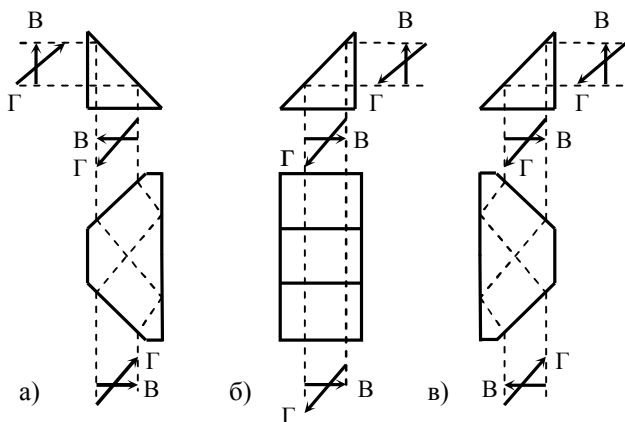


Рисунок 4.121 – Схеми дії обертальної призми

Обертальна призма служить для усунення нахилу зображення спостережуваного об'єкта і збереження постійності його орієнтації у полі зору візора при обертанні головної призми у той самий бік, але зі швидкістю, у два рази меншою від швидкості обертання головної призми.

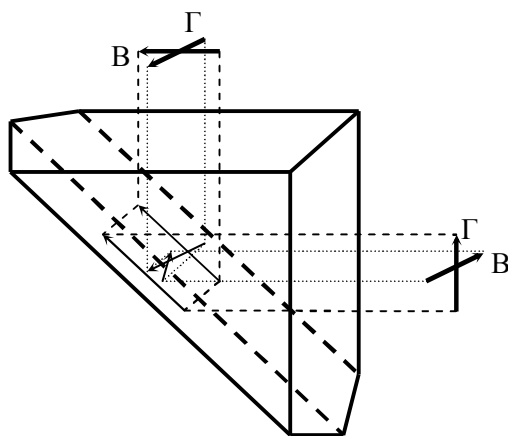


Рисунок 4.122 – Дахоподібна призма

Дахоподібна призма – це рівнобедрена прямокутна призма з дахом, в яку промінь входить в одну катетну грань під кутом 45° до дахоподібних відбиваючих граней, а виходить у другу катетну грань перпендикулярно до вхідного променя.

Напрямок ходу променів змінюється, як і в прямокутній призмі, на 90° , а внаслідок подвійного відбиття від граней даху зображення об'єкта повертається на 180° в горизонтальній площині.

Дахоподібна призма використовується разом із головною для забезпечення перископічності візира, а разом з обертальною призмою – для отримання повного обертання зображення або для отримання не перевернутого зображення об'єкта.

Дахоподібна призма виконує поворот зображення об'єкта у вертикальній площині на 90° , а у горизонтальній на -180° .

Об'єктив і окуляр у панорамному візирі мають те саме призначення, що і в телескопічних візирах.

Плоскопаралельна пластина з перехрестям і сіткою прицілу також встановлюється в передній фокальній площині окуляра.

В оптичних схемах призми позначаються двома буквами і числом:

- перша буква означає число відбиваючих граней: "А" – з однією, "Б" – з двома, "В" – з трьома;

- друга буква означає характер конструкції: "Р" – рівнобедрена, "Д" – дахоподібна, "П" – пентопризма, "С" – ромбова, "М" – далекомірна;

- число означає кут відхилення осьового променя в градусах ($0^\circ, 90^\circ$).

4.4.4. Призначення, принцип будови та дії оптичного телескопічного прицілу. Шкали та користування ними

Оптичний телескопічний приціл призначений для прицілювання під час стрільби прямим наведенням по рухомих та нерухомих цілях вдень.

Найбільш сучасною серед існуючих оптичних телескопічних прицілів є конструкція прицілу типу ОП4М, яка являє собою оптичний телескопічний візир із механізмами прицілювання і вивірнення.

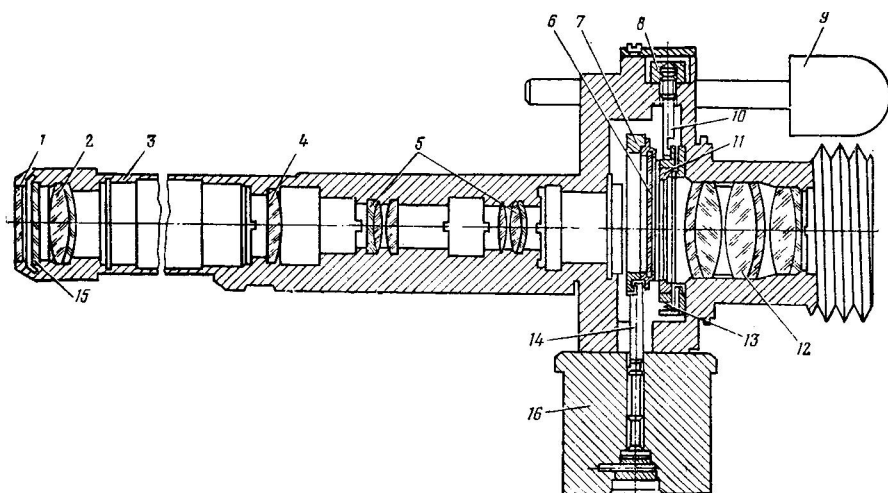


Рисунок 4.123 – Схема оптичного прицілу типу ОП4М:
1 – світлофільтр; 2 – об’єктив; 3 – корпус; 4 – конденсор; 5 – лінзова обертальна система; 6 – плоскопаралельна пластинка; 7 – каретка; 8 – гайка; 9 – налобник; 10 – гвинт; 11 – каретка з горизонтальною і вертикальною нитками; 12 – окуляр; 13 – пружина; 14 – гвинт; 15 – захисне скло; 16 – маховик

Приціл типу ОП4М має такі основні характеристики:

- збільшення $5,5^x$;
- поле зору 11^0 ;
- $d_{\text{вих}}$ зіниці $5,5 \text{ мм}$;

- віддалення вихідної зіниці 24,5 мм;
- роздільна здатність 10";
- діапазон вивірення $\pm 0 - 10$ под. кут;
- маса прицілу 3 кг.

Приціл типу ОП4М складається з таких основних вузлів: корпусу з трубою і окулярною частиною, механізму кутів прицілювання, механізму бокових упереджень, механізмів вивірень по висоті і за напрямком, оптичної системи.

Корпус із трубою та окулярною системою призначений для розміщення оптичної системи та механізмів прицілу. Труба вгвинчується в корпус, а окулярна частина кріпиться до нього гвинтами.

До корпусу кріпиться налобник, а до окулярної частини – пристрій для захисту очей. На трубу за необхідності встановлюється світлофільтр.

Механізм кутів прицілювання – це механізм прицілу, призначений для устанавлення вертикальних кутів прицілювання.

Він складається з таких частин: маховика, гвинта, каретки з пластиною, пружин, обмежувальних шайб і фіксаторів.

Устанавлення кутів прицілювання на прицілі виконується обертанням маховика з гайкою. При цьому буде переміщуватися гвинт 14 (рис. 4.123), який Г-подібним виступом буде тягнути за собою каретку з пластиною. Каретка переміщує нанесені на пластині шкали відносно горизонтальної нитки (рис. 4.124) на кут прицілювання.

При переміщенні каретки з пластиною по салазках механізму кутів прицілювання вниз кут прицілювання збільшується, а вгору – зменшується.

Пружини постійно відтискують каретку вниз і ліквідують мертвий хід у з'єднанні гвинта з гайкою.

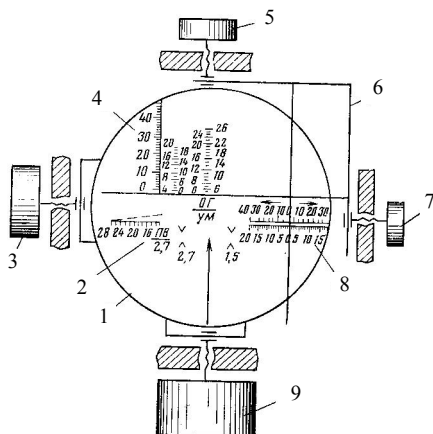


Рисунок 4.124 – Вигляд поля зору та схеми механізмів прицілу ОП4М:

1 – плоскопаралельна пластина; 2 – далекомірна шкала; 3 – маховик механізму бокових упереджень; 4 – прицільні шкали; 5 – механізм вивірення за висотою; 6 – вертикальна та горизонтальна нитки; 7 – механізм вивірення за напрямком; 8 – шкали бокових упереджень; 9 – маховик механізму кутів прицілювання

Обмежувальні шайби, які упираються одна в одну у крайньому положенні маховика, обмежують його обертання, а отже, і переміщення каретки з пластиною в межах шкал.

Фіксатори забезпечують фіксацію встановлених прицільних кутів, а саме – незбивність установок механізму і являють собою підпружинені штовхачі, які встановлені в маховику. Штовхачі рухаються по нерухомому зубчастому ободу під час обертання маховика.

Механізм бокових упереджень – це механізм прицілу, призначений для встановлення горизонтальних кутів бокових упереджень.

За будовою цей механізм відрізняється від механізму кутів прицілювання тим, що замість каретки з пластиною має салазки, в яких встановлена каретка з пластиною.

Діє він аналогічно, але при обертанні маховика з гайкою переміщуються салазки разом з кареткою і пластиною по напрямних корпусу у горизонтальній площині відносно вертикальної нитки 6 (рис. 4.124) перехрестя, чим і забезпечується установа кутів бокових упереджень або кутів горизонтального наведення.

Механізми вивірення за висотою і за напрямком – це механізми прицілу, які призначені для переміщення каретки з перехрестям за висотою і за напрямком з метою встановлення нульових установок під час вивірення прицілу.

За будовою і дією ці механізми аналогічні і складаються із: корпусу з кришкою, гайки, гвинта, каретки з перехрестям, пружин.

Під час обертання гайки відповідного механізму переміщується гвинт, який, у свою чергу, переміщує каретку з перехрестям у напрямних окулярної частини відносно шкал плоскопаралельної пластини. При цьому пружини вибирають мертвий хід у з'єднанні гвинта з гайкою.

Отже, при роботі механізму вивірення за висотою переміщується горизонтальна нитка перехрестя відносно шкал прицілювання, а при роботі механізму вивірення за напрямком переміщується вертикальна нитка перехрестя відносно шкал бокових упереджень.

Оптична система являє собою телескопічну систему з дволінзовою обертальною системою, позитивним колектором у задній фокальній площині об'єктива та плоскопаралельною пластиною з сіткою в задній фокальній площині обертальної системи, а також може мати світлофільтр.

На скляній плоскопаралельній пластині нанесена сітка прицілу, яка утворюється шкалами.

Дистанційні шкали прицілу визначаються балістикою тієї гармати, для якої він призначений.

Оптичні телескопічні приціли типу ОП4М для різних гармат за конструкцією аналогічні і відрізняються тільки дистанційними шкалами.

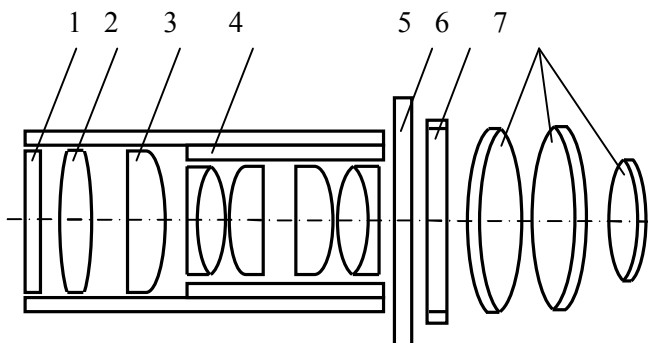


Рисунок 4.125 – Оптична система прицілу типу ОП4М:
 1 – світлофільтр - кольорове скло; 2 – об’єктив (дві склеєні лінзи); 3 –
 колектор (пласковипукла лінза); 4 – обертальна система (6 лінз, 4 з
 яких склеєні попарно); 5 – пластина з сіткою; 6 – каретка механізму
 вивірення; 7 – окуляр - 6 - набір склеєних попарно лінз

З метою розпізнавання прицілів за типами гармат до їх шифру вводять цифри, які означають балістику тієї гармати, для якої вони призначені. Наприклад, приціл ОП4М-40 призначений для комплектації Т-12, а ОП4М-45 – для Д-30.

Розглянемо склад сітки прицілу ОП4М-40 для Т-12, яка складається із:

- шкали кутів прицілювання: дистанційні шкали (шкали БР, БК і ОФ), корекційні шкали (шкали тисячних);
- шкали бокових упереджень: швидкісна шкала, кутомірна шкала;
- далекомірна шкала для $h_u = 2,7$ м;
- кутники для визначення дальності прямого пострілу: $h_u = 2,7$ м та $h_u = 1,5$ м;
- прицільного знака.

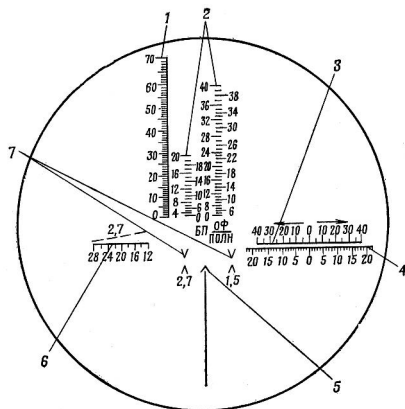


Рисунок 4.126 – Плоскопаралельна пластинка зі шкалами прицілу ОП4М:

1 – кутомірні шкали кутів прицілювання; 2 – дистанційні шкали кутів прицілювання; 3 – швидкісна шкала бокових упереджень; 4 – кутомірна шкала бокових упереджень; 5 – прицільний знак; 6 – далекомірна шкала; 7 – кутники для визначення дальності прямого пострілу до цілі висотою 2,7 і 1,5 м

Дистанційні шкали кутів прицілювання вимірюються в гектометрах (у сотнях метрів) з ціною поділки 100 м і призначаються для початкового установлення кута прицілювання і ведення стрільби в ціль ОФ, БК, БР снарядами:

$$C_n = 100 \text{ м} = 1 \text{ гм.} \quad (4.23)$$

Корекційна шкала – кутомірна шкала (шкала тисячних) кутів прицілювання з ціною поділки кутоміра 0-01, яка призначена для коректування кута прицілювання під час стрільби снарядами, для яких немає дистанційних шкал:

$$C_n = 0-01. \quad (4.24)$$

Швидкісна шкала бокових упереджень має розмірність швидкості з ціною поділки 5 км/год і призначена для початкового установлення бокових кутів прицілювання

залежно від величини і напрямку бокової складової швидкості переміщення цілі.

Над швидкісною шкалою бокових упереджень нанесені дві стрілки, які вказують потрібний напрямок переміщення сітки за відповідного руху цілі. Якщо стрільба ведеться без бокових упереджень, то на шкалі повинні бути нульові установки:

$$C_n = 5 \text{ км/год.} \quad (4.25)$$

Кутомірна шкала бокових упереджень має ціну поділки кутоміра 0-01 і призначена для коректування величини бокових кутів прицілювання при стрільбі, а також для установки бокових кутів прицілювання під час стрільби по нерухомих цілях або під час стрільби з прицілами, які не мають швидкісної шкали, наприклад, ОП5-37:

$$C_n = 0-01. \quad (4.26)$$

Далекомірна шкала має розмірність в гектометрах із ціною поділки 200 м і призначена для визначення дальності до цілі висотою 2,7 м. Вона використовується для стрільби по танках:

$$C_n = 200\text{м} = 2 \text{ гм.} \quad (4.27)$$

Кутники призначені для визначення дальності прямого пострілу до танків та БТР.

Прицільний знак – призначений для прицілювання по цілі, за його допомогою утворюється фіксована лінія візування.

У деяких прицілах бокові упередження вводяться вибором відповідного прицільного знака шкали бокових упереджень, який і буде прицільним знаком. У таких прицілах відсутні вертикальна нитка та механізм бокових упереджень, але наявність цілого ряду прицільних знаків займає найбільш відповідальну ділянку поля зору прицілу, що утруднює спосте-

реження за ціллю, вибір точок прицілювання та весь процес наведення (ОП5-37).

Під час стрільби гарматами з прицілами типу ОП4М-40 по рухомих цілях командир гармати визначає дальність до цілі і величину бокової складової швидкості руху цілі, а також визначає тип снаряда, приціл і швидкість.

Навідник, працюючи механізмами прицілювання і бокових упереджень, встановлює на прицілі визначені установки, по шкалі типу снаряда і швидкості з урахуванням напрямку руху цілі. При цьому обертання маховиків механізмів приводить до переміщення каретки зі шкалами відносно ниток перехрестя до установаження потрібної поділки проти відповідної нитки. Цим самим він проводить лінію візування прицілу відносно ствола гармати в таке положення, щоб кути наведення на прицілі дорівнювали потрібним. У цьому випадку лінія візування буде лінією прицілювання.

Лінія прицілювання – це лінія візування прицілу за умови установаження на ньому даних наведення.

Потім навідник, працюючи механізмами наведення гармати, суміщує прицільний знак з точкою прицілювання, під час чого наводиться ствол гармати.

Але наведення гармат на визначені кути прицілювання буде виконана за умови, що при нульових установажках на прицілі нульова лінія прицілювання буде паралельною осі каналу ствола.

Нульова лінія прицілювання – це лінія прицілювання, паралельна до осі каналу ствола при установажках прицілу, від яких починається відлік (нульові установажки).

Вивірення нульової лінії прицілювання виконується за допомогою механізмів вивірення по висоті і за напрямком.

4.4.5. Панорамні приціли

4.4.5.1. Призначення, ТТХ та склад панорамного прицілу

Панорамний приціл – це приціл гармати, який допускає поворот лінії візування за горизонтом у необмеженому секторі.

Панорамний приціл призначений для забезпечення непрямого наведення гармати під час стрільби з закритих ВП, а також для прямого наведення гармати за відсутності оптичного телескопічного прицілу прямої наводки.

У сучасних гарматах використовуються панорамні рухомі приціли, залежні від гармати типу С-71 або Д-726 та незалежні від гармати типу ПГ-2 і ПГ4.

Панорамні приціли незалежні від гармати, історично з'явилися у гармат великих калібрів, які стріляють під великими кутами підвищення. Стволи таких гармат для полегшення заряджання необхідно приводити до невеликих кутів підвищення. При цьому наведення, яке виконується за допомогою прицілу, залежного від гармати, збивається, а навідник, крім відновлення наведення, повинен ще й встигнути опустити та підняти ствол. Для полегшення роботи навідника були створені приціли, незалежні від гармати, а робота на механізмах вертикального наведення була передана замковому.

При підйманні та опусканні ствола незалежний приціл залишається нерухомим, і наведення гармати не збивається. У цьому випадку навідник установлює на прицілі кути вертикального і горизонтального наведення, стежить за рівнями та працює на механізмі горизонтального наведення, а замковий працює на механізмі вертикального наведення та стежить за суміщенням гарматної стрілки з прицільною.

Прицільний пристрій складається з двох основних частин: артилерійської панорами та механічного прицілу.

Артилерійська панорама є оптичним перископічним візором усіх панорамних прицілів непрямого наведення, який забезпечує виконання горизонтального наведення гармат.

Механічний приціл – це основна частина панорамних прицілів непрямого наведення, яка забезпечує вертикальне наведення гармати. Їх основні характеристики наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні характеристики прицілів

Х а р а к т е р и с т и к и	Приціл	
	С-71	Д-726
Діапазон установавання: - кутів прицілювання; - кутів місця цілі; - кутів поперечного нахилу	0 - 7-50 -2-00 ±10°	0 -12- 00 +4-00 ±6°
2. Ціна поділки шкал грубого відліку: - механізму кутів прицілювання; - механізмів кутів місця цілі	1-00 1-00	- -
3. Ціна поділки шкал точного відліку: - механізму кутів прицілювання; - механізму кутів місця цілі	0-05 0-01	
4. Ціна поділки нормалізованих дистанційних шкал	50 м	
5. Ціна поділки рівнів	0-01	
6. Маса, кг	12,2	11,5

У панорамних прицілах типу С-71, Д-726 використовується артилерійська панорама ПГ-1М, яка має такі характеристики:

Збільшення	3,7 ^x
Поле зору	10°25'
Діаметр вихідної зіниці	4 мм
Віддалення вихідної зіниці	20 мм

Розрізнявальна здатність	15"
Перископічність	183 мм
Діапазон установлення кутів:	
горизонтальних	60 – 00
вертикальних	±3 – 00
Ціна поділок шкал механізмів:	
грубого відліку	1 – 00
точного відліку	0 – 0 1
Діапазон шкали бокових поправок	± 0 – 20
Ціна поділки шкали бокових поправок	0,05

4.4.5.2. Призначення, принцип будови та дії артилерійської панорами ПГ-1М

Артилерійська панорама – це оптичний перископічний візир прицілу гармати, до складу якого входять механізми кутоміра та відбивача.

Панорама призначена для забезпечення горизонтального непрямого наведення гармати при будь-якому розташуванні точок наведення на місцевості, а за необхідності і для забезпечення прямого наведення гармати.

Панорама є оптичним візором усіх панорамних прицілів гармат.

Панорама ПГ-1М складається з таких основних вузлів та механізмів: корпусу, оптичної системи, головки, механізму відбивача, механізму кутоміра, механічного візира.

Корпус панорами являє собою колінчасту трубу, яка складається з таких частин: верхньої – корпусу кутоміра з приливом; нижньої – корпусу з окуляром та гаком.

Прилив та гак корпусу забезпечують кріплення панорами у горизонтальній та вертикальній площинах у корзинці панорами механічного прицілу за допомогою її натискного гвинта та клямки.

Верхня та нижня частини корпусу утворюють у середній частині артилерійської панорами порожнину, в якій

розташовуються механізми кутоміра та обертання призми. Усередині корпусу панорами розташовуються обертальна призма АР-0°, об'єktiv, дахоподібна призма АДР-90°, плоскопаралельна пластина з сіткою та окуляр оптичної системи панорами. Окулярна частина корпусу має вікно для підсвічування сітки та гумовий пристрій для зручності спостереження.

Оптична система панорами – це система оптичного перископічного візира, до складу якої входять: головна призма АР-90°, обертальна призма АР-90°, об'єktiv, дахоподібна призма АДР-90°, плоскопаралельна пластина з сіткою, окуляр.

Взаємне розташування лінз та призм, їх форма та відносне обертання розраховані так, що після проходження променів через оптичну систему з'являється неперекручене і збільшене в 3,7 рази зображення спостережуваного об'єкта.

Плоскопаралельна пластина з сіткою встановлена у суміщеній фокальній площині об'єктива і окуляра.

На плоскопаралельній площині нанесені: перехрестя з прицільним знаком, кутова шкала бокових поправок, коліматорна шкала.

Коліматорна шкала призначена для забезпечення горизонтального наведення гармати по гарматному коліматору К-1, який використовується замість віддаленої точки наведення під час стрільби за умов поганої видимості або за відсутності природних точок наведення на місцевості. Гарматний коліматор К-1 додається до кожної артилерійської панорами ПГ-1М і розташовується разом із пристроєм для підсвічування в одному з панорамою ПГ-1М футлярі.

Для горизонтального наведення гармати необхідно встановити на панорамі (на механізмі кутоміра) скомандуваний кутомір і, працюючи механізмом горизонтального наве-

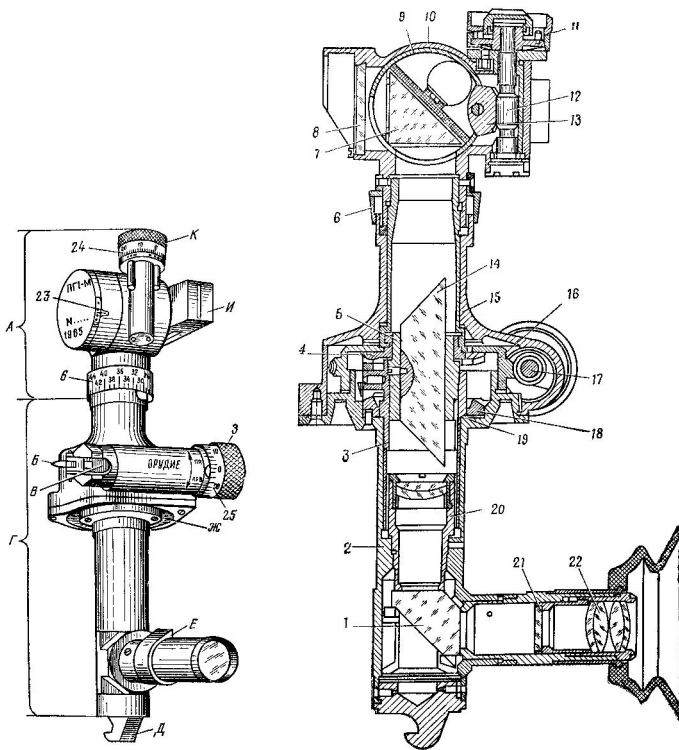


Рисунок 4.127 – Артилерійська панорама ПГ-1М:

А – поворотна частина панорами; Б – відводка черв'яка; В – гальмо; Г – нерухомий корпус; Д – гак; Е – окуляр; Ж – конічний паз; 3 – механізм кутоміра; М – візирний пристрій; К – механізм відбивача; 1 – призма АДР-90°; 2 – корпус; 3 – напрямний циліндр; 4 – проміжна шестірня; 5 – верхня шестірня; 6 – шкала грубого відліку кутоміра; 7 – призма АР-90°; 8 – захисне скло; 9 – обойма відбивача; 10 – поворотна головка; 11 – маховик відбивача; 12 – черв'як; 13 – черв'ячний сектор; 14 – призма АР-0°; 15 – корпус кутоміра; 16 – черв'ячне колесо; 17 – черв'як кутоміра; 18 – нерухома шестірня; 19 – обойма; 20 – об'єктив; 21 – пластина з сіткою панорами; 22 – окуляр; 23 – шкала грубого відліку відбивача; 24 – маховик відбивача зі шкалою точного відліку; 25 – маховик кутоміра зі шкалою точного відліку

дення гармати і механізмом відбивача панорами, навести вершину прицільного знака на вибрану точку наведення або досягти збігу не менше двох будь-яких знаків коліimatorної шкали панорами з одноіменними знаками шкали коліimatorа К-1.

Головка панорами – це частина артилерійської панорами, яка повертається під час роботи механізму кутоміра панорами.

Головка закріплена на одній трубі з черв'ячним колесом і повертається разом із ним у корпусі панорами на 360° під час роботи механізму кутоміра. У головці розташовується головна призма $AP-90^\circ$ оптичної системи артилерійської панорами. Вхідний отвір панорами закрито захисним склом.

Механізм відбивача панорами – це механізм, який призначений для відхилення лінії візування у вертикальній площині.

За допомогою механізму відбивача збільшується поле зору у вертикальній площині при непрямій наводці гармати за допоміжною точкою на місцевості, розташованою вище або нижче горизонту гармати, а також відбувається визначення величини кутів укриття.

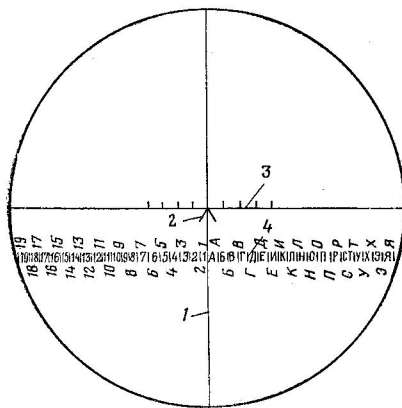


Рисунок 4.128 – Поле зору панорами ПГ-1М:
 1 – перехрестя; 2 – прицільний знак; 3 – шкала бокових поправок;
 4 – шкала для вивірення по коліimatorу К-1

Механізм відбивача складається з таких основних частин: барабана зі шкалою точного відліку і фіксатором, черв'яка, черв'ячного сектора, обойми головної призми зі шкалою грубого відліку.

При обертанні маховика обертається і черв'як, який передає обертання черв'ячному сектору та обоймі з призмою $AP-90^\circ$. При цьому лінія візування артилерійської панорами відхиляється вверх або вниз на $3-00$ відносно горизонтального положення.

Механізм кутоміра панорами – це механізм, який призначений для відхилення лінії візування у горизонтальній площині.

За допомогою механізму кутоміра виконується установа прицільних кутів горизонтального наведення, а також вимірювання горизонтальних кутів.

Механізм кутоміра складається з таких основних частин: барабана зі шкалою точного відліку, ексцентрика з відводкою, черв'яка з гальмом, черв'ячного колеса з трубою і з шкалою грубого відліку.

Шкала грубого відліку нанесена за годинниковою стрілкою на кільці, яке закріплене на трубі таким чином, що при установленні $30-00$ лінія візування панорами паралельна до площини стрільби.

Відводка черв'яка призначена для забезпечення швидкого повороту головки панорами вручну на будь-який кут. При повороті відводки повертається ексцентрик з черв'яком, який виходить з зачеплення з черв'ячним колесом, що і забезпечує можливість повороту головки панорами з трубою і черв'ячним колесом вручну.

Гальмо черв'яка призначене для виключення можливості збивання установок кутоміра під час стрільби за рахунок тертя підпружиненого конуса черв'яка по конусу гальма. При повороті важеля гальма конус черв'яка відходить від конуса гальма, розгальмовуючи механізм кутоміра.

Дія механізму кутоміра панорами

При обертанні барабана обертається черв'як і передає рух обертання черв'ячному колесу з трубою, на якій закріплена головка панорами з головною призмою.

При цьому лінія візування панорами обертається в горизонтальній площині на 360° в будь-якому напрямку.

Механізм обертання обертальної призми призначений для обертання призми $AP-0^\circ$ з метою усунення нахилу зображення спостережуваного об'єкта при обертанні головної призми в горизонтальній площині.

Він являє собою конічний диференціал, який складається з таких основних частин: верхньої рухомої шестерні, проміжної шестерні, нижньої нерухомої шестерні, напрямного циліндра з віссю та обоймою обертальної призми.

Верхня рухома шестірня закріплена на черв'ячному колесі і обертається разом з ним під час роботи механізму кутоміра.

Проміжна шестірня закріплена на осі, яка з'єднується з напрямним циліндром.

Число зубців шестерень підбрано так, щоб швидкість обертання проміжної шестерні була у два рази менше, ніж обертання головної призми.

Нижня нерухома шестірня закріплена на корпусі панорами.

Дія диференціала

При обертанні барабана з черв'яком обертається черв'ячне колесо з верхньою рухомою шестернею диференціала, яка обертає проміжну шестірню. Остання обкочується по нижній нерухомій шестірні і обертає напрямний циліндр з обоймою, в якій закріплена обертальна призма $AP-0^\circ$. Виникає одночасне обертання головної призми $AP-90^\circ$ і обертальної призми $AP-0$ навколо вертикальної осі в один і той самий бік, але з різними кутовими швидкостями.

Обертальна призма AP-0 обертається зі швидкістю, вдвічі меншою від швидкості обертання головної призми AP-90, тому що вісь проміжної шестерні має лінійну швидкість переміщення, вдвічі меншу, ніж верхня рухома шестірня. Таким чином, при обертанні головки панорами обертальна призма повертається в той самий бік, але відстає на половину кута повороту головної призми.

Механічний візир призначений для грубого спрямування головки панорами в точку наведення, а також для горизонтального наведення артилерійської гармати у випадку несправності оптичної системи панорами.

Механічний візир закріплюється праворуч до головки панорами і являє собою прямокутну порожню коробку, на передній частині якої натягнені дві дротові нитки, що створюють предметний візир, а у задній стінці є вертикальна щілина шириною 0,6 мм.

4.4.5.3. Призначення, принцип будови та дії механічного прицілу С-71

4.4.5.3.1. Призначення, характеристика та склад прицілу С-71

Механічний приціл С-71 – це приціл із залежною лінією прицілювання. Він призначений для забезпечення вертикального наведення гармати при стрільбі з закритих вогневих позицій.

Розглянемо основні частини механічного прицілу.

Механізм кутів прицілювання, призначений для установаження вертикальних кутів. Він складається із: маховика із шкалою точного відліку і гальмом, черв'яка з циліндричною шестернею, розрізного черв'ячного колеса з корзинкою панорами і шкалою грубого відліку, дистанційного барабана з циліндричною шестернею, корпусу або коробки.

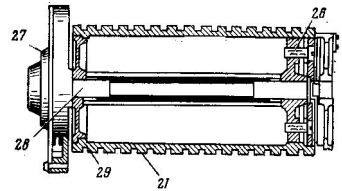
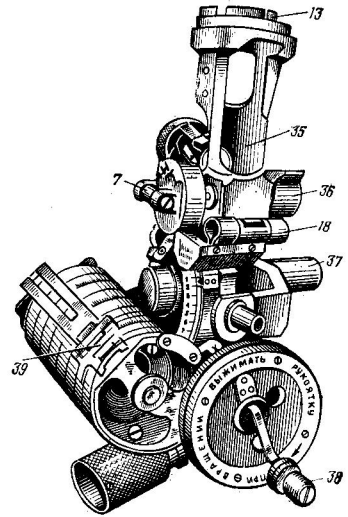
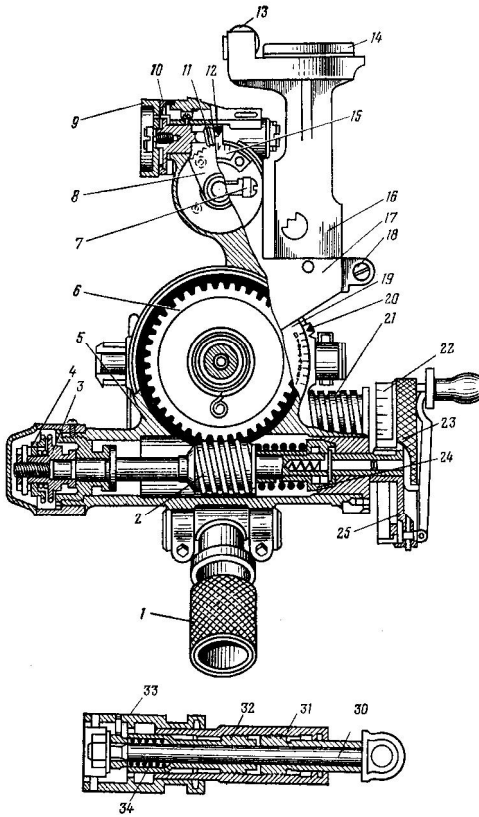


Рисунок 4.129 – Механічний приціл С-71:

1 – механізм поперечного хитання; 2 – черв'як механізму кутів прицілювання; 3,4 – циліндричні шестірні (шестірня 4 – розрізна); 5 – корпус; 6 – черв'ячне колесо; 7 – поздовжній рівень; 8 – черв'ячний сектор; 9 – маховик механізму кутів місця цілі; 10 – колесо зі шкалою тисячних механізму кутів місця цілі; 11 – черв'як механізму кутів місця цілі; 12 – показник шкали грубого відліку механізму кутів місця цілі; 13 – натискний гвинт; 14 – опорний конус корзинки панорами; 15 – шкала грубого відліку механізму кутів місця цілі; 16 – корзинка панорами; 17 – основа корзинки; 18 – поперечний рівень; 19 – шкала грубого відліку механізму кутів прицілювання; 20 – покажчик; 21,29 – дистанційний барабан; 22 – маховик зі шкалою тисячних механізму кутів прицілювання; 23,25 – маховик механізму

кутів прицілювання; 24 – гальмівний пристрій; 26 – основа дистанційного барабана; 27 – кришка; 28 – валик; 30 – валик з вушком; 31 – маточина; 32 – розрізний гвинт; 33 – маховик механізму поперечного нахилу; 34 – пружина; 35 – вікно для виходу окуляра; 36 – клямка; 37 – нерухома вилка; 38 – рукоятка маховика механізму кутів прицілювання; 39 – покажчик дистанційного барабана

При установленні кутів прицілювання необхідно натиснути на рукоятку і обертати маховик. При цьому обертається черв'ячне колесо, яке повертає корпус прицілу з корзиною панорами і поздовжнім рівнем.

Механізм кутів місця цілі, призначений для установки вертикальних кутів місця цілі. Він складається із: барабана із шкалою точного відліку, розрізного черв'ячного сектора з шкалою грубого відліку і рівнем, поздовжнього рівня.

При обертанні маховика зі шкалою точного відліку черв'як обертає сектор зі шкалою грубого відліку і поздовжнім рівнем. Таким чином, кути місця цілі будуються також поворотом поздовжнього рівня відносно горизонту. На рівні складаються кут прицілювання і кут місця цілі, які будуються поворотом рівня відносно площини горизонту. *Механізм поперечного хитання*, призначений для приведення площини, в якій будуються кути прицілювання, до вертикального положення з метою усунення помилок стрільби внаслідок нахилу осі цапф на нерівній ВП. Основні складові частини механізму: розрізна гайка, маточина, поперечний рівень

11.5.3.2. Прицілювання по прицілу С-71

А. Пряме наведення:

- механізмом поперечного хитання відгоризонтувати приціл;
- установити на панорамі кутомір 30-00, відбивач 0-00;
- установити покажчик на потрібну шкалу;

- установити по дистанційному барабану зазначену поділку прицілу (або по шкалі тисячних);
- механізмами наведення навести перехрестя панорами у точку прицілювання і здійснити постріл.

В. Непряме наведення:

- механізмом поперечного хитання відгоризонтувати приціл;
- установити зазначений кутомір;
- установити визначений рівень (кут місця цілі);
- установити на шкалі дистанційного барабана, відповідно до снаряда, визначений приціл, працюючи механізмом кутів прицілювання;
- підйомним механізмом вивести кульку поздовжнього рівня на середину;
- навести перехрестя панорами в точку наведення, обертаючи відбивач панорами і маховик поворотного механізму;
- перевірити положення кульок рівнів.

4.4.5.4. Призначення, принцип будови та дія панорамного прицілу ПГ-4

4.4.5.4.1. Призначення, характеристика та склад прицілу ПГ-4

Перископічний панорамний приціл ПГ-4 призначений для забезпечення наведення гармати в ціль при стрільбі з закритих вогневих позицій та при стрільбі прямою наводкою. Він встановлений у башті зліва від гармати і зв'язаний з люлькою через вузол узгодження.

До складу прицілу ПГ-4 входить: механічний приціл з вузлом узгодження; телескопічний приціл прямої наводки ОП 5-38; панорама; паралелограмний привід; електроблок; датчик привода захисного ковпака панорами.

Приціл гармати є незалежним від гармати з незалеж-

ною лінією прицілювання.

Приціл вважається незалежним від гармати, якщо при зміні кута підвищення ствола гармати не змінюється положення оптичної осі панорами (у вертикальній площині).

Приціл вважається з незалежною лінією прицілювання, якщо при зміні кутів прицілювання не змінюється положення оптичної осі панорами (в вертикальній площині).

Основні технічні дані прицілу

Механічний приціл:

ціна поділки шкали механізму кутів прицілювання	цілі, тис.
грубої	1-00
точної	0-00,5
ціна поділки шкали механізму кутів місця	цілі, тис.
	0-01

Приціл ОП5-38:

збільшення, крат.	5,5
поле зору, град.	11

Панорама:

збільшення, крат.	3,7
поле зору, град.	10,5
ціна поділки шкали кутоміра та відображувача, тис.,	
грубої	1-00
точної	0-01

4.4.5.4.2. Призначення, будова та дія механічного прицілу

Механічний приціл (рис. 4.130) призначений для забезпечення наведення гармати у вертикальній площині.

До складу його входять: механізм кутів підвищення (3,4); механізм поперечного горизонтування (2); механізм повздовжнього горизонтування (1); вузол узгодження (6).

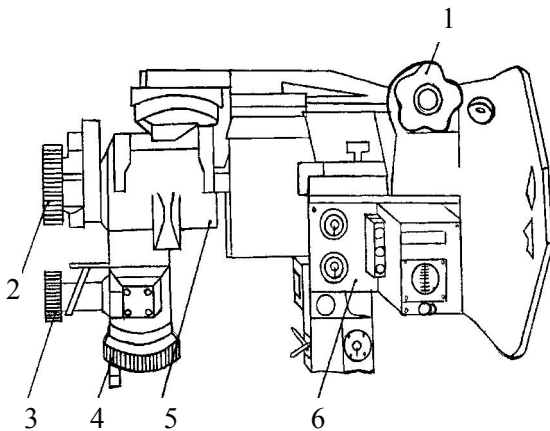


Рисунок 4.130 – Механічний приціл:

1 – механізм повздовжнього горизонтування; 2 – механізм поперечного горизонтування; 3 - механізм кутів місця цілі, 4 – механізм кутів прицілювання; 5 – корпус; 6 – вузол узгодження

До складу механізму кутів підвищення входять: механізм кутів прицілювання (4) та механізм кутів місця цілі (3).

Механізм кутів прицілювання призначений для введення в приціл кутів прицілювання залежно від дальності до цілі.

Механізм кутів прицілювання (рис. 4.131) складається з таких основних частин: корпуса (1); маховика (2) зі шкалою точного відліку; вала (3) з черв'яком (4); черв'ячного колеса (5); привода (6) зі шкалою грубого відліку.

Корпус виконаний з алюмінієвого сплаву і призначений для розміщення елементів прицілу.

Маховик зі шкалою точного відліку закріплений на валові з черв'яком. Черв'як взаємодіє з черв'ячним колесом (5), яке знаходиться на головній осі (18) прицілу.

Привід шкали грубого відліку приводиться в дію від конічної шестерні, яка також знаходиться на валові з черв'яком. Сам привід має конічну шестерню, яка насаджена на черв'як та черв'ячне колесо, на осі якого встановлений

диск зі шкалою грубого відліку кутів прицілювання.

Шкали механізму нанесені на кільця, які фіксуються на дисках гвинтами, що дає змогу змінювати їх положення і встановлювати нульові установки при виконанні вивірення прицілу.

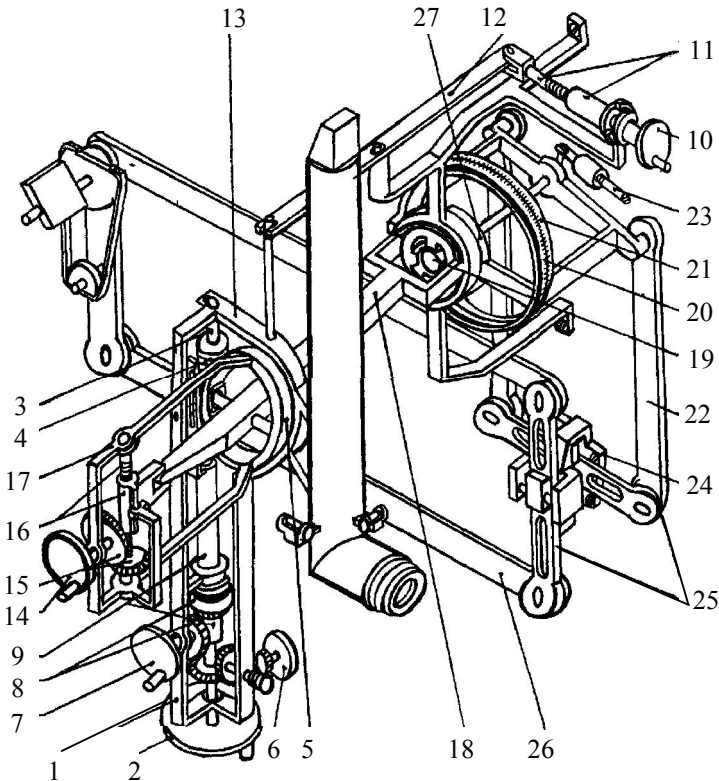


Рисунок 4.131 – Кінематична схема прицілу:

1 – корпус; 2 – маховик зі шкалою точного відліку; 3 – вал; 4 – черв'як; 5 – черв'ячне колесо; 6 – привод зі шкалою грубого відліку; 7 – маховик зі шкалою та індексом; 8 – конічна пара; 9 – гвинтова пара; 10 – маховик; 11 – гвинтова пара з провусиною; 12 – важіль з вилкою; 13 – циліндр з упором; 14 – маховик; 15 – конічна пара; 16 – гвинтова пара; 17 – корпус; 18 – головна вісь; 19 – вузол індукційного датчика; 20, 21, 27 – вузол механічного дублера (20 – шкала прицільна, 21 – шкала гарматна); 22 – вузол гарматної частини; 23 – диференційний гвинт вузла гарматної частини; 24, 25, 26 – паралелограмний привід

Шкала грубого відліку має оцифровані поділки від “-1-00” до “+12-00” з ціною поділок “1-00”.

Шкала точного відліку має 200 поділок з ціною поділки 0-00,5, оцифрованих від “0” до “95” з інтервалом через 0-05.

Введення в приціл кутів прицілювання здійснюється обертанням маховика за рукоятку до збігання необхідних поділок на шкалах грубого і точного відліку з мітками на корпусі прицілу. При обертанні маховика разом зі шкалою точного відліку обертаються вал з черв'яком та конічна шестірна.

Черв'як приводить в рух черв'ячне колесо, яке зв'язане з головною віссю прицілу, а та, у свою чергу, зі статором індукційного датчика та механічною шкалою вузла узгодження. Черв'ячне колесо розрізне, що дозволяє уникнути люфту в спряженні “черв'як – черв'ячне колесо”, чим і досягається точність роботи механізму.

Крім того, черв'ячна кінематична пара є самогальмівною, що дозволяє уникнути збивання установок прицілу під час пострілу.

Конічна шестірна передає обертальний рух на конічну шестірню привода шкали грубого відліку.

Таким чином, при введенні в механічний приціл кута прицілювання статор індукційного датчика та шкала механічного дублера вузла узгодження повертаються на кут, що дорівнює куту, встановленому на шкалах прицілу. Оптична вісь панорами при цьому не змінює свого положення в просторі.

Механізм кутів місця цілі (рис. 4.131) призначений для введення в приціл кутів місця цілі (за допомогою маховичка механізму кутів місця цілі (7) залежно від взаємної висоти розміщення вогневої позиції та цілі.

Механізм кутів місця цілі (рис. 4.131) складається з: маховика (7) зі шкалою і індексом; конічної пари (8); гвинтової пари (9).

Маховик зі шкалою закріплений на валу разом з конічною шестернею, яка знаходиться в зачепленні з іншою конічною шестернею, у ступиці якої закріплена гвинтова втулка. У цю втулку вкручена ще одна гвинтова втулка, яка впирається через упорний підшипник У черв'як. Вал черв'яка, зв'язаний з маховиком механізму кутів прицілювання, проходить через основний канал втулки.

Шкала закріплена на маховикові за допомогою гайки з “баранцем”. На шкалі в гвинтовий паз, по якому при обертанні маховика переміститься штифт індексу і, таким чином, виконується установка кутів місця цілі.

При обертанні маховика обертаються конічні шестерні. Цей обертальний рух гвинтовими втулками перетворюється в поступальний рух черв'яка, який, виконуючи функції зубчастої рейки, повертає черв'ячне колесо з віссю, статором індукційного датчика та прицільною шкалою механічного дублера вузла узгодження. При ньому по гвинтовому пазові переміщується індекс шкали тисячних.

Шкала має по 250 поділок, що оцифровані через “0-10” та ціною поділки “0-01”. Чорне оцифрування виконане для позитивних значень кутів місця цілі; червона – для від’ємних значень.

Таким чином, при введенні в приціл кутів місця цілі статор індукційного датчика разом із прицільною шкалою механічного дублера повертається на кут, що дорівнює тому, що встановлений на шкалі механізму. Оптична вісь панорами, при цьому свого положення не змінює.

У результаті кут, на який повернеться статор вузла узгодження разом з прицільною шкалою його механічного дублера, буде дорівнювати алгебраїчній сумі кута прицілювання та кута місця цілі. Оптична вісь панорами при цьому свого положення не змінює, тобто приціл має незалежну лінію прицілювання.

Механізм поздовжнього горизонтування (рис. 4.131) призначений для горизонтування прицілу в поздовжньому напрямку з метою виключення помилки в кутіві підви-

щення ствола через нахил гармати при розміщенні її на негоризонтальній вогневій позиції. Він складається із: маховика (10); гвинтової пари (11) з провушиною; важеля (12) з вилкою; циліндра (13) з упором.

Маховик закріплений на гвинтовій втулці, в яку входить гвинт, що має провушину.

Важіль одним плечем через провушину зв'язаний з гвинтом, а іншим – через вилку з циліндром.

При обертанні маховика нарізна втулка надає гвинтові поступального руху, а гвинт, повертаючи важіль відносно осі, через упор повертає циліндр разом із корпусом механізму кутів підвищення відносно корпусу вузла узгодження. Разом із корпусом механізму кутів підвищення повертається черв'як з черв'ячним колесом і головною віссю прицілу, статором індукційного датчика і прицільною шкалою механічного дублера.

Таким чином, працюючи з прицілом, спочатку за допомогою механізму поздовжнього горизонтування та поздовжнього рівня панорами площину горизонту прицілу приводять в горизонтальне положення і відносно цього положення виконують побудову кутів підвищення на прицілі. Завдяки цьому виключається помилка, пов'язана з негоризонтальним положенням гармати на вогневій позиції.

Механізм поперечного горизонтування призначений для горизонтування прицілу в поперечному напрямку з метою виключення помилок наведення гармати по напрямку під впливом нахилу осі цапф гармати при розміщенні її на негоризонтальній вогневій позиції. Він (рис. 4.131) складається із: маховика (14); конічної пари (15); гвинтової пари (16); корпусу (17).

Маховик закріплений на конічній шестерні, друга конічна шестірня встановлена на гвинтові, який закріплений в корпусі механізму поперечного горизонтування. Гайка гвинтової пари шарнірно зв'язана з головною віссю прицілу.

Обертання маховика через кінчну пару передається на гвинт, обертання якого перетворюється на поступальний рух гайки. Завдяки шарнірному з'єднанню гайки з головною віссю прицілу корпус механізму поперечного горизонтування повертається відносно поздовжньої осі прицілу разом із корпусом механізму кутів підвищення і панорамою. Таким чином усувається помилка від нахилу осі цапф гармати в поперечній площині. Горизонтування виконується по поперечному рівню.

Вузол узгодження (рис. 4.131) призначений для забезпечення положення ствола узгодженого з установками прицілу (тобто вузол узгодження забезпечує візуальний контроль установки ствола на кут підвищення, що відповідає установкам прицілу).

Вузол узгодження складається із: вузла індукційного датчика (19); вузла механічного дублера (20,21,27); вузла гарматної частини (22); щитка узгодження.

Вузол індукційного датчика призначений для узгодження положення ствола з кутом підвищення, який установлений на прицілі. Він має статор, жорстко зв'язаний з головною віссю прицілу, та ротор, який має кінематичний зв'язок з вузлом гарматної частини, а через паралелограмний привід – з кронштейном лівої цапфи люльки гармати.

При введенні в приціл кутів підвищення разом з головною віссю прицілу повертається статор відносно ротора, внаслідок чого в обмотках ротора протікає електричний струм - сигнал неузгодженості, величина якого залежить від кута повороту статора, а фаза - від напрямку повороту.

При наведенні ствола у вертикальній площині повертається ротор відносно статора, і коли обмотки їх займуть одна відносно іншої початкове положення, протікання струму в обмотках ротора припиниться (сигнал неузгодженості зникне).

Сигнали неузгодженості після їх обробки електроблоком подаються на щиток узгодження.

Вузол механічного дублера призначений для визна-

чення величини та напрямку узгодження ствола з кутом підвищення, заданим на прицілі, у випадку виходу з ладу електричної індикації.

Він має шкалу прицільну (20), яка повертається разом зі статором, та шкалу гарматну (21), яка повертається разом із ротором індукційного датчика. Обидві шкали оцифровані від “1” до “49”. При узгодженому з установками прицілу положенні гармати однойменні індекси шкал збігаються.

Шкала гарматна закріплена двома гвинтами, що дає можливість перемішувати її в певних межах при виконанні вивірення прицілу.

Вузол гарматної частини призначений для передачі руху ствола через паралелограмний привід на ротор індукційного датчика та шкалу гарматну механічного дублера, а також для узгодження частин індукційного датчика при виконанні вивірення прицілу.

Узгоджене положення при вивіренні досягається обертанням диференційного гвинта (23) вузла гарматної частини, яке здійснюється Т-подібним ключем. При ньому обертається тільки ротор індукційного датчика відносно статора.

При передачі руху від кронштейна лівої цапфи люльки (через паралелограмний привід та вузол гарматної частини) обертається тільки ротор індукційного датчика, а приціл свого положення в просторі не змінює.

Таким чином, приціл ПГ- 4 є незалежним від гармати.

Щиток узгодження призначений для визначення напрямку узгодження та самого узгодження положення ствола з установками прицілу за допомогою електричної або механічної індикації.

Щиток узгодження кріпиться до корпусу прицілу п'ятьма гвинтами.

Він має:

- три лампочки індикації (“Вгору”-1, “Увага”-2,

“Вниз”-3);

- лупу 3,6 x 4 для розглядання шкал вузла механічного дублера;

- тумблери:

- “Індикатор” – для включення електричної індикації,

- “Підсвічування шкал” – для освітлення шкал механічного прицілу та вузла механічного дублера.

При положенні ствола, узгодженому з установкам прицілу, горять всі три лампочки індикації, а однойменні індекси шкал вузла механічного дублера збігаються (це “Зона пострілу” $2\sigma + 0,5\sigma$). Якщо горять дві лампочки індикації, то ствол знаходиться в “зоні точного наведення” ($6^\circ + 1\sigma$). Якщо горить одна лампочка індикації, то ствол знаходиться поза межами зони точного наведення.

Усі елементи механічного прицілу зібрані в корпусі, до якого також кріпляться панорама та оптичний телескопічний припіл ОП 5-38.

Електроблок, крім функцій живлення елементів електричних кіл прицілу, виконує функції перетворення сигналів індукційного датчика та ввімкнення лампочок індикації відповідно до сигналів, а, отже, і з положенням ствола в вертикальній площині відносно даних, введених в механізм кутів підвищення прицілу.

Паралелограмний привід (рис. 4.131) призначений для передачі кутів підвищення від ствола гармати на вузол гарматної частини вузла узгодження та на привід рухомого дзеркала телескопічного прицілу ОП 5-38.

Паралелограмний привід складається з: важелів (25) з тягами (26) та основи (24).

Основа закріплена на лівій цапфі гармати. У ній шарнірно закріплені важелі, які за допомогою тяг передають рух на вузол гарматної частини прицілу та шків привода рухомого дзеркала телескопічного прицілу ОП 5-38.

4.4.5.4.3. Призначення, будова та дія панорамного візира

Панорама (рис. 4.132) є оптичним візиром механічно-го прицілу і призначена для забезпечення наведення гармати в горизонтальній площині при стрільбі із закритої вогневої позиції (відмічаючись по точці наводки) та для забезпечення наведення гармати в ціль під час стрільби прямою наводкою в разі виходу з ладу прицілу ОП 5-38. Панорама встановлюється на корпусі механічного прицілу і фіксується гвинтом.

Вона складається з: корпусу (3) з оптичною системою; головки (1); механізму кутоміра; механізму відображувача; механізму обертання; поздовжнього (7) та поперечного (19) рівнів.

Панорама має підсвічування шкал, сітки та знака панорами, обігрівач зовнішньої лінзи окуляра (для зимових умов), налобник та захисний ковпачок окуляра.

Корпус призначений для розміщення оптичної системи, вузлів та механізмів панорами. Він виконаний з алюмінієвого сплаву. У верхній частині спереду має виступ, а в нижній частині - гвинт для закріплення панорами на корпусі механічного прицілу. На кронштейнах корпусу панорами встановлені поздовжній та поперечний рівні. Вони використовуються при горизонтуванні прицілу. Оптична система призначена для розглядання віддалених предметів під більшим кутом зору. Вона охоплює систему лінз та призм, які утворюють об'єктив, окуляр та обертальну систему.

Об'єктив буде зображення, яке проектується на сітку.

Окуляр призначений для розглядання зображення на сітці.

Обертальна система дозволяє отримати пряме дійсне зображення предмета, що розглядається.

Сітка являє собою плоскопаралельну пластинку, на якій нанесені шкали та прицільна марка (рис. 4.132).

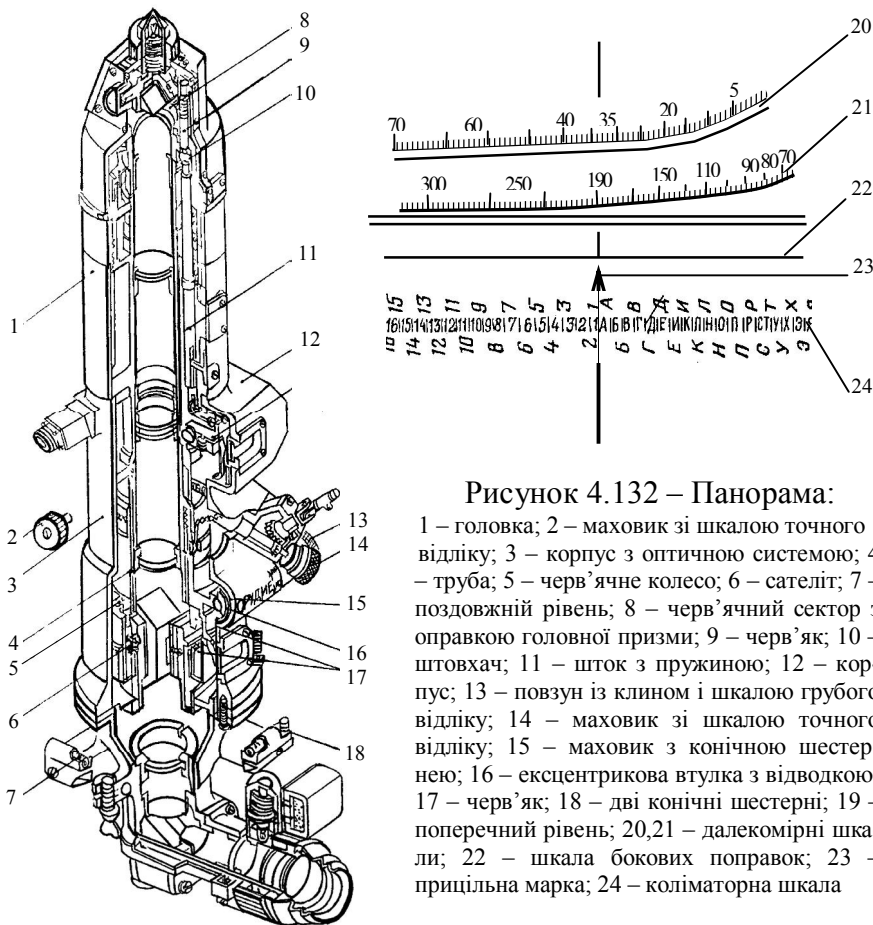


Рисунок 4.132 – Панорама:

1 – головка; 2 – маховик зі шкалою точного відліку; 3 – корпус з оптичною системою; 4 – труба; 5 – черв'ячне колесо; 6 – сателіт; 7 – поздовжній рівень; 8 – черв'ячний сектор з оправкою головної призми; 9 – черв'як; 10 – штовхач; 11 – шток з пружиною; 12 – корпус; 13 – повзун із клином і шкалою грубого відліку; 14 – маховик зі шкалою точного відліку; 15 – маховик з конічною шестернею; 16 – ексцентрикова втулка з відводкою; 17 – черв'як; 18 – дві конічні шестерні; 19 – поперечний рівень; 20, 21 – далекомірні шкали; 22 – шкала бокових поправок; 23 – прицільна марка; 24 – коліматорна шкала

Механізм кутоміра (рис. 4.132) призначений для зміни положення оптичної осі панорами в горизонтальній площині з метою побудови та вимірювання горизонтальних кутів.

Шкала бокових поправок (22) – призначена для введення коректури по напрямку при стрільбі прямою наводкою; дві далекомірних шкали (20, 21) – для вимірювання відстаней; коліматорна шкала (24) – для наведення гармати з використанням коліматора К-1.

Прицільна марка (23) використовується для прицілювання під час стрільби прямою наводкою та відмічання по точці наводки під час стрільби із закритих вогневих позицій.

Головка (1) панорами призначена для розміщення головної призми оптичної схеми та механізму відображувача. Головка панорами може повертатися відносно корпусу на 360° .

Механізм кутоміра складається з: маховика (14) зі шкалою точного відліку; черв'яка (17); ексцентрикової втулки (16) з відводкою; маховика (15) з конічною шестернею; черв'ячного колеса (5) з трубою (4) і двома конічними шестернями (18); вивірної гайки з індексом шкали грубого відліку.

Наведення в горизонтальній площині досягається обертанням маховика (14), разом з яким обертається черв'як (17), що примушує обертатися черв'ячне колесо (5) з трубою (4), на якій закріплені головка панорами та шкала грубого відліку. При цьому через верхню конічну шестерню рух передається на маховик (15).

Для грубого наведення необхідно повернути відводку ексцентрикової втулки (16), завдяки чому черв'як буде роз'єднаний з черв'ячним колесом, і обертанням маховика (15) панорама швидко наводиться в горизонтальній площині. При обертанні труби нижня конічна шестерня приводить в дію механізм обертання через його конічну шестерню – сателіт (6).

Обертання вивірної гайки при вивірненні прицілу веде до переміщення індексу відносно шкали грубого відліку.

Механізм відображувача (рис. 4.132) призначений для відхилення оптичної осі панорами та вимірювання кутів у вертикальній площині.

Механізм складається із: корпусу (12); маховика (2) зі шкалою точного відліку; повзуна з клином (13) і шкалою грубого відліку; штока (11) з пружиною; штовхача (10); черв'яка (9); черв'ячного сектора (8) з оправкою головної

призми; вивірного гвинта з індексом шкали грубого відліку.

При обертанні маховика (2) його гвинт переміщує повзун (13) з клином разом зі шкалою грубого відліку в напрямних корпусу. Клин примушує переміщатися шток (11), який через штовхач (10), що являє собою кільце П-подібного профілю, переміщує черв'як (9), що, виконуючи функцію зубчастої рейки, повертає черв'ячний сектор (8) з оправкою, на якій встановлена головна призма.

При обертанні вивірного гвинта при вивірненні прицілу переміщується індекс шкали грубого відліку.

Механізм обертання призначений для забезпечення усунення нахилу зображення при повороті головки панорами. Механізм забезпечує поворот обертальної призми на кут вдвічі менший, ніж кут повороту головки панорами. Він представляє собою (рис. 4.132) конічний диференціал, що складається з: верхньої рухомої конічної шестерні (18); нижньої нерухомої конічної шестерні (18); сателіту (6) з обіймою обертальної призми.

Верхня конічна шестірня обертається разом з черв'ячним колесом (14) механізму кутоміра.

Нерухома конічна шестірня з'єднана з корпусом панорами.

Сателіт знаходиться в зчепленні з обома конічними шестернями і закріплений на осі обійми з обертальною призмою. Таким чином, поворот головки панорами приводить до повороту обертальної призми, але із вдвічі меншою швидкістю.

Головка панорами зв'язана з датчиком привода, який забезпечує синхронний поворот захисного ковпака разом із головкою панорами.

4.4.5.4.4. Призначення, будова та дія прицілу ОП 5-38

Телескопічний оптичний приціл ОП 5-38 призначений для прицілювання при стрільбі прямою наводкою. Приціл залежний від гармати з залежною лінією прицілювання. Приціл (рис. 4.133) складається із: корпусу (1) з трубою (2) і окулярною частиною (3); головки (4); механізму кутів прицілювання; механізмів вивірення за висотою та напрямом.

Приціл має підсвічування, обігрівач зовнішньої лінзи окуляра, налобник та захисний ковпачок окуляра (6). Корпус прицілу призначений для розміщення механізмів та сітки прицілу; в трубі та окулярній частині розміщені елементи оптичної схеми.

У головці розміщені дзеркала оптичної схеми, захисне скло та світлофільтр. Дзеркала забезпечують зміну положення оптичної осі прицілу в просторі при вертикальному наведенні ствола.

Механізм прицілювання (рис. 4.133) призначений для встановлення кутів прицілювання по шкалах у полі зору прицілу. Він складається з: маховика (5) з гайкою (8); гвинта (9); каретки (10) з сіткою (11).

Обертання маховика (5) з гайкою (8) приводить до переміщення гвинта (9), що своїм г-подібним виступом переміщує каретку (10) з сіткою (11). При цьому в полі зору прицілу спостерігається переміщення прицільної марки і шкал відносно горизонтальної лінії.

Механізм вивірення за висотою призначений для переміщення по висоті каретки з горизонтальною ниткою при виконанні вивірення прицілу (перевірка нульової лінії прицілювання).

Він складається із: корпусу (12) з кришкою; гайки (13); гвинта (14); каретки (15) з ниткою.

Корпус (12) розміщений на корпусі механічного прицілу і закритий кришкою, під якою знаходиться гайка (13) зі шліцьовим пазом. При обертанні гайки (13) переміщується

гвинт (14), який своїм Г-подібним виступом переміщує картку (15) по висоті.

Механізм вивірення за напрямом призначений для переміщення сітки в горизонтальній площині від час вивірення. Він складається із: корпусу (16); маховика з черв'яком (17); черв'ячного колеса (18) з гвинтовою нарізкою; гвинта (19); повзуна (20) каретки з сіткою.

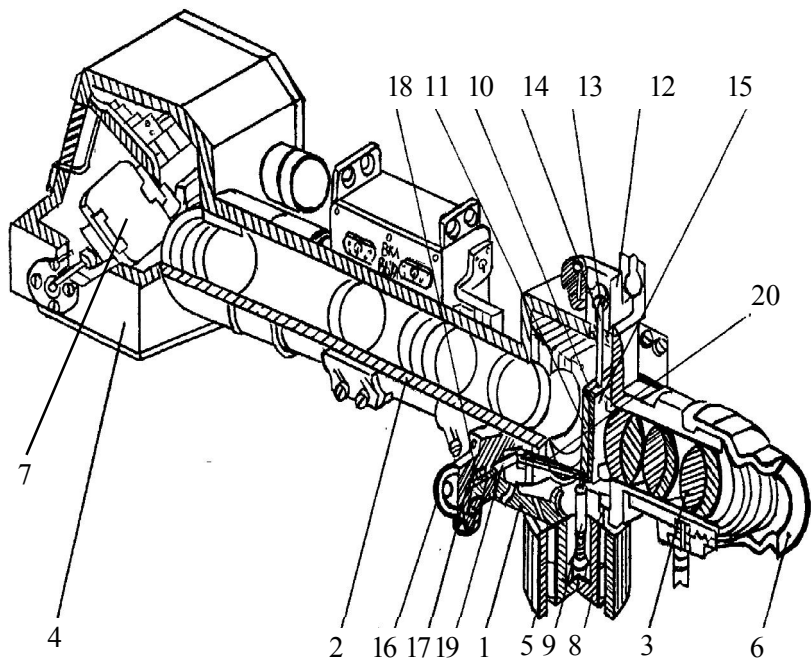


Рисунок 4.133 – Телескопічний оптичний приціл ОП 5-38: 1 – корпус; 2 – труба; 3 – окулярна частина; 4 – головка; 5 – маховик; 6 – захисний ковпачок окуляра; 7 – дзеркало; 8 – гайка; 9 – гвинт; 10 – каретка; 11 – сітка; 12 – корпус з кришкою; 13 – гайка; 14 – гвинт; 15 – каретка з ниткою; 16 – корпус; 17 – маховик з черв'яком; 18 – черв'ячне колесо з гвинтовою нарізкою; 19 – гвинт; 20 – повзун

Механізм розміщений на корпусі прицілу зліва. При обертанні маховика черв'як (17) обертає черв'ячне колесо (18), у гвинтовій нарізці якої знаходиться гвинт. Гвинт пе-

ретворює обертальний рух черв'ячного колеса в поступальний і своїм г-подібним виступом переміщує повзун (20), в якому знаходиться каретка (10) з сіткою (11) в пазах корпусу в горизонтальній площині.

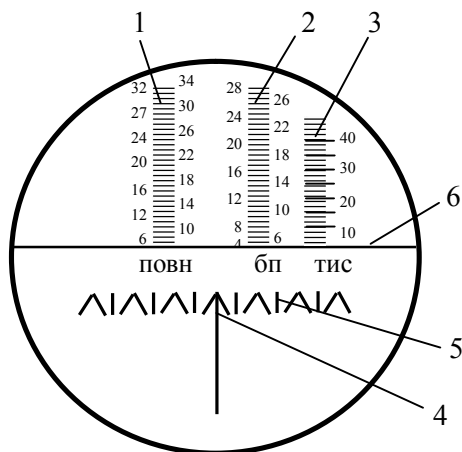


Рисунок 4.134 – Поле зору оптичного прицілу:

1,2 – дистанційні шкали; 3 – кутомірна шкала; 4,5 – прицільна марка; 6 – горизонтальна лінія сітки

Сітка прицілу (рис. 4.134) має:

- дистанційну шкалу для стрільби ОФ снарядом і повним зарядом (1);
- дистанційну шкалу для стрільби кумулятивним снарядом (2); кутомірну шкалу (3) для стрільби в інших умовах (вертикальна стіна, інші снаряди чи заряди);
- прицільну марку (5).

Горизонтальна лінія сітки (6), яку видно в полі зору прицілу, є незалежною від сітки.

4.4.5.4.5. Прицілювання за механічним прицілом ПГ-4

А. Пряма наводка з використанням панорам

Механізмом поперечного та повздовжнього горизон-

тування відгоризонтувати приціл.

Установити на панорамі кутомір 30-00, відображувач 0-00.

Маховиком механізму кутів прицілювання установити по шкалах точного та грубого відліку механічного прицілу скомандуваний приціл.

Підйомним механізмом досягти загорання трьох ламп на вузлі узгодження.

Поворотним механізмом навести перехрестя панорами у точку прицілювання і здійснити постріл.

В. Непряма наводка

Механізмом поперечного та повздовжнього горизонтування відгоризонтувати приціл.

Установити скомандуваний кутомір (кутомірним механізмом панорами).

Установити скомандуваний рівень на механізмі кутів місця цілі.

Маховиком механізму кутів прицілювання установити по шкалах грубого та точного відліку скомандуваний приціл, працюючи механізмом кутів прицілювання.

Підйомним механізмом досягти загорання трьох ламп на вузлі узгодження.

Навести перехрестя панорами в точку наводки, обертаючи відображувач панорами і маховик механізму горизонтальної наводки.

Перевірити положення кульок рівнів, за необхідності відгоризонтувати приціл та механізмами досягти загорання трьох ламп на вузлі узгодження.

4.4.5.5. Підготовка прицілів до роботи

Приціли готуються до стрільби обслугою гармати.

Для цього слід:

1. Розмістити гаубицю на підготовленій вогневій позиції (по можливості – горизонтальній). Перевести її в бо-

йове положення.

Включити живлення гармати та тумблери “Індикатор”, “Підсвічування шкал”, та “Підсвічування покажчика” (“Підсвічування сітки” та “Обігрів” – за відповідних умов).

3. Провести вивірення прицілів.

4. За відсутності виражених точок наводки, в нічний час (за необхідності) установити коліматор К-1 на відстані 6 – 8 м від панорами, надати стволу кут підвищення 18° (приціл 300) і повернути ствол в основний напрямок. Навести коліматор у панораму, а панораму – в коліматор до збігання однойменних шкал.

4.4.5.6. Користування прицілами

Для побудови прицільних кутів механізми панорамних прицілів мають шкали грубого і точного відліку кутів горизонтального і вертикального наведення гармат.

Шкали прицілу – це шкали для відліку кутів, які встановлюються на прицілі гармати.

Шкали побудовані так, що кожній поділці відповідає певне збільшення (зменшення) горизонтальної дальності польоту снаряду за табличних (нормальних) умов стрільби.

Усі механізми панорамних прицілів мають рівномірні кутові шкали в поділках кутоміра – шкали тисячних. Механізм кутів прицілювання має дві шкали: в поділках кутоміра (рівномірна) та дистанційну шкалу в поділках дальності (нерівномірна).

Дистанційна шкала прицілу – це шкала прицілу гармати, зміна установлення якої на одну поділку відповідає однаковій для всіх поділок зміні повної дальності польоту снаряда.

Вони наносяться як поділки дальності, які отримали назву "поділок прицілів".

Нормалізована шкала – це шкала прицілу, одній поділці якої відповідає зміна дальності стрільби на 50 м.

До боекомплекту артилерійських систем входять кілька типів снарядів. Саме тому початкова швидкість і дальність польоту снарядів – різні. Таким чином, для кожного типу снаряда потрібна своя шкала.

Наприклад: С-71 має шкали БР, БК; Д-726 має шкали БК, ОФ заряд повний, ОФ заряд другий, ОФ заряд четвертий.

Переваги шкал прицілів: простота обчислення необхідного устанавлення прицілу для заданої дальності стрільби та можливість ведення вогню без використання таблиць.

Недоліки: громіздкість, утруднення у виборі шкал, мала універсальність, неможливість використання в інших гарматах, неможливість введення поправок.

Шкала тисячних – це шкала прицілу, зміна устанавлення якої на одну поділку відповідає однаковій для всіх поділок зміні кута.

Такі шкали мають однакові проміжки між поділками.

Для користування прицілами з поданими шкалами потрібно мати таблиці стрільби.

Переваги кутових шкал: можливість використання під час стрільби будь-якими снарядами з будь-якими зарядами, можливість введення будь-яких поправок.

Недолік – потребують наявності таблиць стрільби.

4.4.6. Урахування впливу нахилу осі цапф люльки ствола на точність стрільби

Усі приціли, призначені для забезпечення стрільби прямого наведення, – нерухомі, бо вони жорстко закріплені до піднімальної частини гармати.

При цьому площина устанавлення кутів прицілювання α займає положення, перпендикулярне до осі цапф гармати.

Якщо після наведення вісь цапф гармати виявиться нахиленою до горизонту, то нахиляється і площина устанавлення кутів прицілювання.



Рисунок 4.135 – Схема нахилу осі цапф люльки

При встановленні значення кутів прицілювання у нахиленій площині під час стрільби буде допускатися помилка як у куті прицілювання, так і в боковому напрямку. Для виконання правильного наведення необхідно, щоб після наведення вісь цапф гармати займала горизонтальне положення.

Визначимо величину помилки під час стрільби прямим наведенням, коли на прицілі встановлюється тільки величина кута прицілювання α , а кут $\varphi=0$ і $\varepsilon=0$ ($\varphi = \delta$).

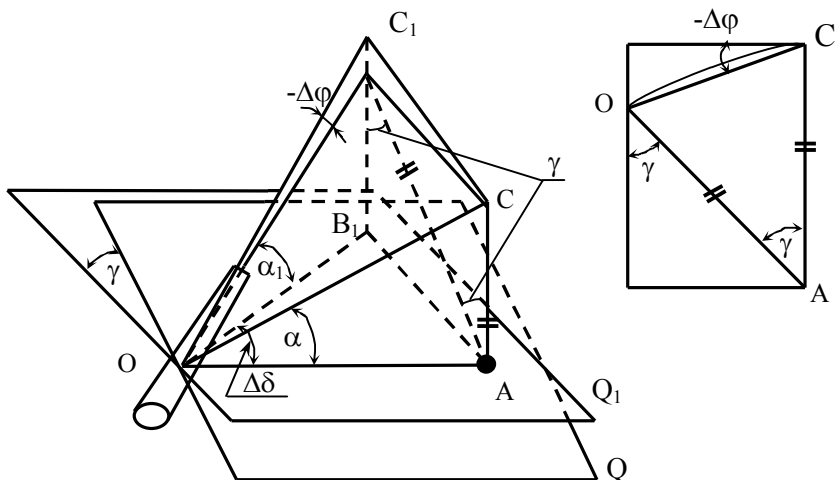


Рисунок 4.136 – Схема для розрахунку урахування нахилу осі цапф люльки

Ціль знаходиться у т.*A* на горизонтальній площині *Q*, на прицілі установлений кут прицілювання α і виконано наведення. Очевидно, що кут прицілювання буде знаходитися у вертикальній площині *OAC*.

Якщо вісь цапф гармати нахилена до горизонту і знову виконано наведення по тій самій цілі, то виникає положення, яке можна отримати шляхом повороту ствола і площини *OAC* навколо лінії цілі *OA* на кут γ нахилу осі цапф.

Вісь цапф тепер лежить у нахиленій площині *Q₁*, а кут прицілювання – в нахиленій площині *OAC₁*. Стволу гармати буде надано кут, який лежить у вертикальній площині *OB₁C₁*. Нове положення осі каналу ствола відносно лінії *OA* тепер визначається двома кутами: вертикальним кутом – α_1 ; горизонтальним кутом – $\Delta\delta$.

Оскільки на прицілі встановлено те саме значення кута прицілювання α , що і в першому випадку, а $\delta = 0$, то при наведенні гармати виникають помилки: у вертикальному напрямку – $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha$; у боковому напрямку – $\Delta\delta$.

Для визначення помилки $\Delta\alpha$ використовуємо різницю синусів кутів α_1 і α , яку розглядаємо як приріст синусу кута α :

$$\sin \alpha_1 - \sin \alpha = 2 \sin \frac{\alpha_1 - \alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha_1 + \alpha}{2}. \quad (4.1)$$

Для зручності вважаємо, що $OC = OC_1 = 1$, тоді отримаємо

$$\sin \alpha_1 = \sin \alpha \cos \gamma. \quad (4.2)$$

Підставимо значення $\sin \alpha_1$ у формулу (4.1) і після деяких перетворень отримаємо помилку в куті прицілювання:

$$\Delta\alpha = -\operatorname{tg} \alpha (1 - \cos \gamma). \quad (4.3)$$

Формула (4.3) дає значення помилки у куті прицілювання $\Delta\alpha$, знак "мінус" свідчить, що фактичний кут прицілювання завжди буде менше встановленого на прицілі.

Помилка в боковому напрямку може бути знайдена із трикутника OAB_1 :

$$\operatorname{tg}(\Delta\delta) = \frac{AB_1}{OA} \cong \Delta\delta$$

З рисунка 4.136 випливає, що $AB_1 = AC_1 \sin \gamma = AC \sin \gamma$, таким чином:

$$\Delta\delta = \operatorname{tg}\alpha \sin \gamma. \quad (4.4)$$

$\Delta\delta$ – помилка в боковому напрямку.

Аналіз формул (4.3) і (4.4) показує, що помилку $\Delta\alpha$ у куті прицілювання можна не враховувати, бо вона дуже мала, якщо на прицілі $\delta = 0$. Основною помилкою є помилка $\Delta\delta$ у боковому напрямку.

Наприклад: $\alpha = 3^\circ, \gamma = 5^\circ$, тоді
 $\Delta\alpha = -\operatorname{tg} 3^\circ (1 - \cos 5^\circ) \cong -0 - 0 + 0,2$;
 $\Delta\delta = \operatorname{tg} 3^\circ \sin 5^\circ \cong 0 - 0,4$;
 таким чином, $\Delta\alpha = 0,05 \Delta\delta$.

Цей висновок правильний, якщо $\delta=0$. Якщо на прицілі устанавлений кут прицілювання $\delta \neq 0$, то картина суттєво зміниться, і помилка у куті прицілювання вже може бути досить помітною і порівнюватися з помилкою у боковому напрямку:

$$\Delta\alpha = -\operatorname{tg} \delta \sin \gamma;$$

$$\Delta\delta = \operatorname{tg}\alpha \sin \gamma.$$

Наприклад: $\alpha = 1^\circ, \delta = 1^\circ, \gamma = 5^\circ$;
 $\Delta\alpha \cong -0-01$,

$$\Delta\delta \cong 0-01.$$

Ураховуючи вищесказане, можна зробити висновок, що під час стрільби при нахилених цапфах у вертикальній площині виникає помилка:

$$\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha, \text{ але } \alpha_1 < \alpha.$$

Ця помилка веде до зменшення дальності стрільби при $\alpha < 45^\circ$ і до збільшення її при $\alpha > 45^\circ$.

При горизонтальному наведенні гармати виникає помилка $\Delta\psi$ ($\psi = \delta$). При цьому піднімання правої цапфи при незмінних установах прицілу викликає відхилення вліво, а піднімання лівої – вправо.

Висновок: нахил осі цапф викликає зменшення кута підвищення і відхилення площини стрільби у бік схиленої цапфи люльки.

Аналіз величин помилок у прицільних кутах від нахилу осі цапф люльки показує, що помилки у вертикальній площині під час стрільби на малу дальність, коли кут прицілювання $\alpha \leq 10^\circ$ і кут нахилу осі цапф люльки $\gamma \leq 6^\circ$ настільки малі, що їх можна не враховувати. Помилки ж по горизонту у багато раз більші (приблизно у 20 разів) від помилок у вертикальній площині і їх слід враховувати.

$$D_{min}, \text{ при } \alpha \leq 10^\circ, \gamma \leq 6^\circ, \text{ то } \Delta\alpha \cong 0, \Delta\psi \neq 0, \Delta\psi \neq 20\Delta\alpha.$$

Урахування помилок залежно від типу казенника гармати, проводять по-різному.

У протитанкових і танкових гарматах стрільба ведеться на малих кутах $\alpha \leq 5^\circ$ при нахилі цапф $\gamma = 2-3^\circ$. При $\gamma = 2^\circ$, $\Delta\psi = 0-01$. Таку точність забезпечують механізми горизонтування і вирівнювання (механізми самовстановлення нижніх станків). Для зменшення помилок необхідно ще й горизонтувати вісь цапф гармати за допомогою контрольного рівня. Саме тому протитанкові гармати для приці-

лювання під час стрільби прямим наведенням забезпечують нерухомими прицілами.

Усі гармати наземної артилерії, які виконують стрільбу з закритих ВП під великими кутами, забезпечуються рухомими панорамними прицілами, які повністю усувають помилку в прицільних кутах від нахилу осі цапф люльки при негоризонтальній ВП.

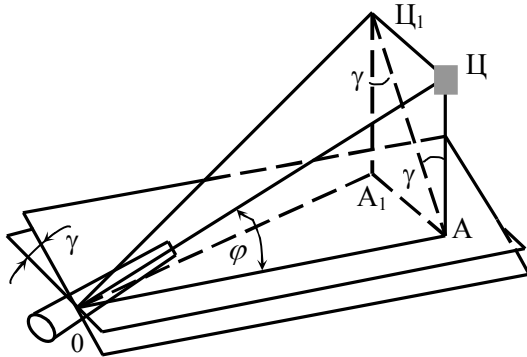


Рисунок 4.137 – Схема врахування нахилу осі цапф люльки

Припустимо, що гармата встановлена на горизонтальній площадці ВП. Кулька попереднього рівня – на середині, вісь цапф – горизонтальна. Повернемо гармату відносно осі каналу ствола на кут γ , що має місце при нахилі осі цапф на кут γ . Приціл також розвернемо на кут γ .

Лінія пострілу при цьому збереже своє положення у просторі, а лінія прицілювання займе нове положення $ОЦ_1$, і кулька відійде від середини. Площина прицілювання займе нове положення. Повернемо приціл на кут γ , але в інший бік. Площина стрільби займе знову вертикальне положення.

Таким чином, проводячи горизонтування рухомого прицілу, можна повністю усунути вплив нахилу осі цапф люльки на наведення гармати. При цьому не треба ні горизонтувати вісь цапф, ні змінювати установку прицілу. Це

дає можливість переводити гармату в бойове положення на нерівній ВП і швидко виправляти наведення.

4.4.7. Прилади нічного спостереження

4.4.7.1. Призначення і типи приладів нічного спостереження

У період Великої Вітчизняної війни на озброєння армії стали надходити прилади, які забезпечують ведення бойових дій вночі. Це прилади нічного спостереження (ПНС), тепlopеленгаційна і радіолокаційна апаратура.

Це перше застосування ПНС свідчить про їх перспективність для розв'язування більшості тактичних задач на суші, у повітрі і на морі за сприятливих метеоумов. Саме тому в післявоєнні роки збільшилися об'єм робіт у галузі застосування ПНС у військах і постачання цих приладів на озброєння.

ПНС не мають демаскуючих променів, які можна було б побачити без спеціальних приладів, мають велику дальність спостереження вночі.

ПНС за розрізнявальною здатністю дещо поступаються оптичним приладам і переважають радіолокаційні. Ці прилади не можуть працювати в тумані та за умов великої хмарності. Усунути цей недолік дозволяє застосування ПНС у сполученні з радіолокаційною технікою.

ПНС призначені для: виявлення цілей і ведення стрільби прямим наведенням, розглядання місцевості без освітлення її видимим світлом, спостереження за полем бою і ведення розвідки, виявлення цілей і вимірювання кутів.

За призначенням ПНС поділяються на: артилерійські нічні приціли (АПН), прилади для водіння машин уночі (ТВН), розвідувальні прилади.

За принципом дії ПНС поділяються на: приціли активної та пасивної дії.

Прилади активної дії мають джерело інфрачервоних променів, якими опромінюються об'єкти.

Частина відбитих променів повертається назад і сприймається приймачем, який перетворює інфрачервоні промені у видиме зображення.

Прилади пасивної дії сприймають інфрачервоні або слабовидимі промені, які випромінює об'єкт спостереження, і перетворюють або посилюють їх у гарно видиме зображення.

Робота ПНС ґрунтується на сприйманні і перетворенні невидимих інфрачервоних променів у видимі промені або посиленні слабовидимих променів, які випромінюють або відбивають об'єкти.

Під терміном "випромінювання" розуміється перенесення у просторі енергії від одного тіла до іншого за допомогою матеріальних частинок (α , β - випромінювання під час радіоактивного розпаду) або за допомогою електромагнітного поля (рентгенівське і γ -випромінювання, ультрафіолетові, видимі та інфрачервоні промені та радіохвилі).

Випромінювання – це процес перетворення одного виду енергії в інший з одночасним переходом матерії з форми речовини у форму електромагнітного поля і навпаки.

З усіх видів випромінювання в ПНС використовується тільки так зване оптичне випромінювання, а в ньому, в свою чергу, тільки область видимих і інфрачервоних променів.

Оптичне випромінювання охоплює діапазон електромагнітних хвиль, в якому можна відокремити такі області: інфрачервоні промені, видимі промені, ультрафіолетові промені.

Видимі промені займають область хвиль з довжиною в межах – 0,38 – 0,76 мк і здатні викликати подразнення людського ока з появою відчуття відповідних кольорів:

$\lambda = 0,7$ мкм – червоний;

$\lambda = 0,57$ мкм – жовтий;

$\lambda = 0,53$ мкм – зелений;

$\lambda = 0,44$ мкм – синій.

Незначні коливання	Ра-діо-хви-лі	Інфра-червоні промені	Видимі промені	Ультра-фіолетові промені	Рентге-нівські промені	γ -промені
оптичні промені						

Рисунок 4.138 – Шкала спектра електромагнітних коливань

Око людини найбільш чутливе до жовтого кольору.

Видимість об'єктів залежить від навколишнього фону і від освітлення. Темні об'єкти краще видно на світлому фоні і навпаки.

Освітленість об'єктів становить:

- влітку, опівдні – 50000 лк;
- взимку, опівдні – 7000 лк;
- вночі (місяць) – 0,2 лк.

Інфрачервоні невидимі промені займають діапазон хвиль з довжиною в межах 0,76 – 420 мкм і називаються *тепловими променями*. Вони випромінюються всіма тілами, які мають температуру світіння більше 273°C (або вище абсолютного нуля).

Інфрачервоні промені створюються внаслідок обертального руху молекул навколо своєї осі і коливального руху ядер молекул. Потрапляючи в очі людини, вони не викликають ніякого ефекту відчуття, навіть за великої потужності джерела випромінювання.

Отже, всі тіла є джерелами того або іншого випромінювання, яке вимірюється енергією, яка переноситься від джерела до приймача.

Усі джерела випромінювання можна розділити на 3 групи:

1. *Теплові* – джерела, енергія випромінювання яких виникає внаслідок перетворення теплової енергії, а саме – збудження молекул тіла з причини їх теплового руху.

2. *Люмінесцентні* – джерела, енергія випромінювання яких виникає внаслідок збудження молекул речовини під будь-яким зовнішнім впливом. Це оптичне випромінювання, а саме – холодне світіння, яке виникає за таких причин:

- світлові, особливо ультрафіолетові промені, які падають на тіло, – лампи денного світла;

- електронне бомбардування – екрани осцилографів, телевізорів, індикаторів і т.п.;

- опромінювання рентгенівськими променями – екрани, вкриті індикаторною речовиною;

- хімічні процеси – світіння гнилючок, фосфоціювання і т.п.

3. *Змішані* – джерела, в яких одночасно присутні і теплові і люмінесцентні випромінювання.

Найбільш поширені теплові джерела випромінювання, потужність яких залежить від температури, розмірів та характеристик поверхні випромінювального тіла.

Тепловипромінювальна поверхня військових об'єктів сконцентрована на малій площі. Так, на танках – це кормова броня над двигуном і вихлопною трубою, а у гармат – нагрітий під час стрільби ствол. Ці об'єкти мають певний тепловий контраст відносно фону, за рахунок якого вони і викриваються ПНС.

Перенесення енергії випромінювання від джерела до приймача відбувається в атмосфері Землі, до складу якої входять багатоатомні гази: водяний пар, вуглекислий газ, озон. Ці гази є поглиначами променистої енергії.

Основним поглиначем є водяний пар, бо його у навколоземному шарі більше, ніж інших багатоатомних газів. Випромінювання послабляється також за рахунок переходу його енергії в інші види енергії і розсіювання у атмосфері.

Отже, величина послаблення випромінювання залежить від складу атмосфери і довжини шляху, який проходить випромінювання, а також від спектрального складу променистого потоку.

Отже, ПНС повинні сприймати відбиті або випромінені слабовидимі або невидимі промені, посилювати їх і перетворювати у видимі промені.

Склад функціональних схем ПНС залежить від їх принципів дії.

ПНС активної дії складається із: інфрачервоного прожектора – випромінювача, електронно-оптичної зорової труби – приймач (окуляр, електронно-оптичний перетворювач (ЕОП), об'єктив), блока живлення.

Інфрачервоний прожектор призначений для опромінювання об'єкта. Частина відбитих від об'єкта променів потрапляє в об'єктив, який буде невидиме, інфрачервоне, зменшене і перевернуте зображення об'єкта у своїй фокальній площині.

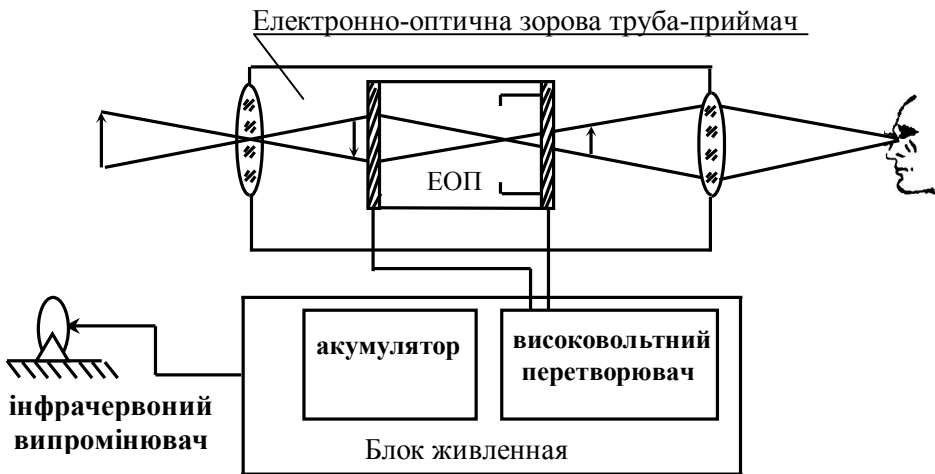


Рисунок 4.139 – Схема нічного прицілу активного типу

Електронно-оптичний перетворювач призначений для забезпечення перетворення невидимого зображення об'єкта у видиме на люмінесцентному екрані, яке і розглядається оком через окуляр.

Блок живлення призначений для забезпечення живлення випромінювача низькою напругою від акумулятора (2КНБ-1,5) і живлення ЕОП високою напругою від високовольтного перетворювача

Недоліком приладів активної дії є те, що прожектор легко викривається простим спеціальними оптичними приладами виявлення джерел інфрачервоних променів. Цей недолік відсутній у приладів пасивної дії.

Функціональна схема ПНС пасивного типу відрізняється відсутністю інфрачервоного прожектора і наявністю світлозахисного пристрою об'єктива від засвічення стороннім джерелом світла.

Недолік приладів пасивної дії – це світлобоязнь, або втрата видимості при засвіченні полум'ям палаючого об'єкта, пострілу гармати або світлом фар зустрічних машин або прожекторів. При цьому прилад втрачає здатність "бачити". Для усунення цієї вади до складу приладів пасивної дії входить світлозахисний пристрій.

Отже, основним елементом ПНС є ЕОП, дія якого заснована на фотоелектронному перетворенні невидимого або слабо видимого зображення.

Розвідувальні ПНС призначені для спостереження за полем бою і вимірювання у нічний час. До таких приладів належить танковий командирський прилад нічного спостереження активної дії ТКН, деякі розвідувальні прилади для виявлення інфрачервоних променів, наприклад, нічні приставки типа ПРТ до розвіртеодоліта і типа ПДС до стереодалекоміра, бінокль Бі-8 та інші.

ПНС водіння машин призначені для забезпечення водіння машин вночі без освітлення дороги видимим світлом. Для водіння машин використовуються ПНС активної

дії типа ТВН для гусеничних машин і типа ПНВ-58 для колісних машин.

4.4.7.2. Призначення, принцип будови і дії нічних прицілів

Нічний приціл призначений для виявлення цілей на полі бою і забезпечення ведення стрільби прямого наведення вночі.

Нічний приціл – це електронно-оптичний телескопічний залежний приціл прямого наведення із залежною лінією прицілювання.

Нічний приціл, на відмітку від денного оптичного телескопічного прицілу, крім об'єктива і окуляра, повинен мати пристрій для отримання видимого зображення об'єктів, не видимих вночі неозброєним оком і в оптичні прилади. Цей складний процес перетворення відбувається у спеціальному електронному пристрої, який отримав назву ЕОП.

ЕОП – це пристрій, який дозволяє перетворювати оптичне зображення одного спектрального складу (інфрачервоного) у другий (видимий) шляхом побудови проміжного електронного зображення

ЕОП сучасних ПНС поділяються на: однокамерні та багатоканальні.

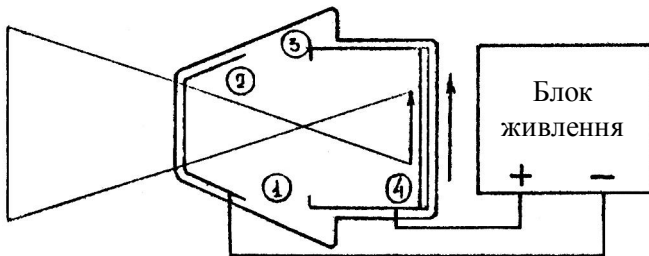


Рисунок 4.140 – Схема електронно-оптичного перетворювача:

1 – скляний балон; 2 – фотокатод; 3 – фокусна система; 4 – екран

Однокамерний ЕОП – це скляна вакуумна електроно-променева трубка циліндричної форми.

Фотокатод – це напівпрозорий тонкий шар напівпровідника, який наноситься на внутрішній поверхні передньої торцевої стінки і має здатність до фотоемісії електронів під впливом променів видимого або інфрачервоного спектра.

Щільність струму фотоемісії з різних місць фотокатода пропорційна їх освітленості, внаслідок чого на фотокатоді відбувається перетворення слабовидимого або невидимого зображення в електронне.

В ЕОП використовуються катоди:

- багатолужні – шар, який активізований калієм, натрієм і цезієм. Такі фотокатооди найбільш чутливі до променів видимого спектра;

- сурм'яно-цезієві – шар сурми, активізований цезієм. Ці фотокатооди найбільш чутливі до інфрачервоного спектра оптичних променів;

- киснево-цезієві – це шар срібла, активізований окисами срібла і цезію, а також окремими атомами цих елементів. Такі фотокатооди найбільш чутливі до променів видимого спектра, але на їх поверхні спостерігається струм термоемісії, а це викликає необхідність використання холодильних установок для охолодження фотокатодів. Саме тому в сучасних ПНС киснево-цезієві фотокатооди замінюються багатолужними.

Фокусна система – це металізована трубка з діафрагмою і підфокусувальною системою. Фокусувальною системою – це електростатична лінза, яка призначена для фокусування фотоелектронів. Фотоелектрони летять від фотокатода на екран під дією прискорювального електромагнітного поля високої напруги, прикладеного між катодом і екраном.

Фокусна система поліпшує якість зображення на екрані і підвищує розрізняльну здатність.

Екран – це шар люмінесцентної речовини, нанесеної на внутрішню поверхню задньої торцевої стінки балона і

здатної світитися під впливом падаючих на нього електронів.

Яскравість світіння різних ділянок екрана пропорційна густині потоку електронів, унаслідок чого на екрані відбувається перетворення електронного зображення у видиме оптичне однокольорове зображення.

В ЕОП використовуються такі люмінесцентні речовини: сірчистий цинк і сіль міді (дають зелений колір світіння екрана і зображення); сірчистий цинк і сіль срібла (дають блакитний колір світіння екрана і зображення).

Принцип роботи однокамерного двоелементного ЕОП

Слабовидимі або невидимі інфрачервоні промені створюють на фотокатоді зображення об'єкта. При цьому кванти світла зображення вибивають на фотокатоді електрони, кількість яких на відповідних ділянках фотокатода залежить від кількості енергії, що потрапляє на ці ділянки. Вибиті з фотокатода електрони розганяються прискорювальним полем високої напруги і фокусуються фокусною системою. Далі електрони, що мають високу енергію, бомбардують люмінесцентний екран і викликають його світіння. Оскільки з кожної точки фотокатода вибивається визначена кількість електронів, то в кожному пункті екрана потрапляє певна кількість електронів, що викликає різне світіння ділянок екрана. У результаті на екрані створюється вже видиме оком зображення спостережуваного об'єкта.

Багатокамерні ЕОП

Прагнення використовувати ПНС пасивного типу без демаскуючих випромінювачів для спостереження об'єктів за умов малої природної нічної освітленості привело до створення багатокамерних ЕОП, які почали поширюватись у військах у післявоєнні роки.

У багатокамерних ЕОП перша камера сприймає слабовидиме зображення на люмінесцентному екрані, яскра-

вість якого посилюється в таких камерах, що виконують роль каскадів підсилення.

Отже, багатокамерні ЕОП використовуються для підсилення яскравості слабовидимого зображення за рахунок електронного підсилення з підведенням енергії ззовні.

У багатокамерні ЕОП у кожній наступній камері фотокатод суміщений з екраном попередньої камери і являє собою слюдяну пластинку, на яку з зовнішнього боку нанесено люмінесцентну речовину екрана попередньої камери, а з внутрішнього боку – сурм'яно-цезієвий фотокатод. Аналогічний вигляд мають і решта фотокатодів.

Такі фотокатоди найбільш чутливі до люмінесцентного світіння. Екран останньої камери вкритий тільки люмінесцентною речовиною. На ньому і розглядають зображення, яскравість якого значно підсилена.

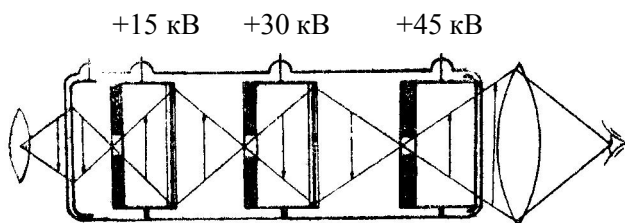


Рисунок 4.141 – Схема багатокамерного ЕОП

Високовольтний перетворювач призначений для живлення ЕОП і виконується у вигляді блоків, які залежно від призначення ЕОП, його місця встановлення і умов роботи можуть бути автономними або зв'язаними з зовнішньою мережею електричного струму.

У зв'язку з малим споживанням струму ЕОП потужність високовольтних перетворювачів незначна. Так, якщо напруга дорівнює 18 кВ, то потужність перетворювача складає всього 0,1 – 0,2 кВ, або все одно не більше 0,5 – 1 кВ, що спрощує схему і зменшує габарити блока.

Практичне поширення отримали як схеми з постійним струмом, так і схеми на змінному струмі, автономні і працюючі від мережі. Автономні блоки постійного струму використовують малопотужні первинні джерела струму (акумулятори малої потужності, сухі елементи) і вимагають застосування перетворювачів з подальшим випрямленням.

Найбільш економічні віброперетворювачі постійного струму – з подвоєнням напруги, але безвібраторні перетворювачі мають більший коефіцієнт корисної дії (ККД) і менші габарити.

4.4.7.3. Призначення, загальна будова і принцип дії нічного прицілу АПН6-40

Приціл АПН6 - 40 (артилерійський приціл нічний) призначений для прицілювання під час стрільби прямою наводкою в темну пору доби.

Основні характеристики:

тип прицілу.....	пасивний
збільшення.....	6,8 ^x
дальність спостереження.....	1000 м
поле зору	6°50'
діаметр вихідної зіниці.....	6,5 мм
віддаленість вихідної зіниці.....	33 мм
діапазон вивірення:	
за висотою.....	± 0-08
за напрямом.....	± 0-08
напруга АБ.....	2,5 В
маса з ящиком.....	29 кг
маса	16 кг
час безперервної роботи.....	10 год (при t= +20 ⁰ С)
батареї живлення.....	2НКБН-1,5

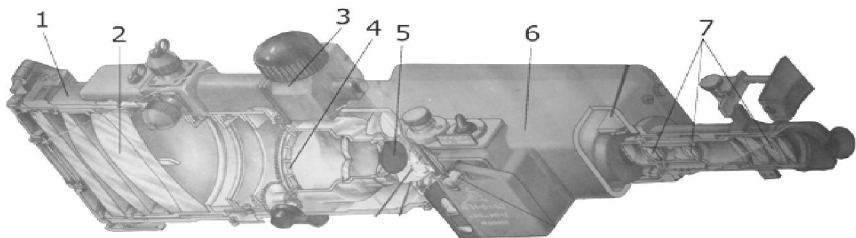


Рисунок 4.142 - Нічний приціл АПН6-40:

1 - корпус з захисною діафрагмою; 2 - оптична система; 3 - механізм шкал; 4 – механізм захисту; 5 - механізм світлофільтрів; 6 - електро-оптичний перетворювач; 7 - окуляр

Приціл розміщується на верхньому кронштейні люльки.

У полі зору прицілу є зображення сітки, яка має: прицільну марку; прицільні шкали для снарядів ОФ, БР, БК; кутомірну шкалу.

Основними частинами прицілу є: корпус із захисною діафрагмою; оптична система; механізм шкал; механізм захисту; механізм світлофільтрів; електронно-оптичний перетворювач (ЕОП); перетворювач напруги; система проектування сітки.

На поверхню корпусу винесені: важіль управління діафрагмою; маховик механізму кутів прицілювання; маховик управління світлофільтрами; вимикач: ЗАХИСТ/ СІТКА - ВКЛ.; вимикач живлення; регулятор потенціометра свічення сітки.

Оптична система: об'єктив - для побудови зображення на фотокатоді ЕОП; мікроскоп - для розгляду прямого дійсного електронного зображення.

Електронно-оптичний перетворювач призначений для перетворення оптичного зображення в електронне і навпаки.

Перетворювач напруги призначений для перетворення напруги батареї живлення у високу напругу, необхідну для живлення ЕОП (близько 15000 V).

Механізм шкал призначений для введення кутів прицілювання та вивірення прицілу.

Система проектування сітки призначена для побудови зображення сітки в полі зору ЕОП.

Механізм світлофільтрів призначений для вибору оптимального режиму роботи прицілу.

Механізм захисту призначений для захисту прицілу від засвічення полум'ям власного пострілу.

Принцип дії електронно-оптичного прицілу

Відбиті від спостережуваних об'єктів промені природної нічної освітленості або інфрачервоне випромінювання потрапляють в об'єкти прицілу, у фокальній площині якого знаходиться фотокатод. У результаті на фотокатоді створюється дійсне, зменшене і перевернуте слабовидиме зображення. Під впливом променистої енергії з ділянок поверхні фотокатода вибиваються електрони, кількість яких пропорційна розподіленню інтенсивності пучка променів, що падає на катод. Створюється проміжне електронне невидиме зображення спостережуваних об'єктів.

Під впливом прикладеної різниці потенціалів між фотокатодом і екраном створюється електростатичне поле, яке розганяє вибиті із фотокатода електрони, і вони фокусуються на екрані фокусуєчої системи ЕОП.

Під час руху до екрана пучок електронів зберігає розподіл інтенсивності у попередньому перерізі пучка, що забезпечує ніби перенесення проміжного зображення об'єктів з фотокатода на екран ЕОП, одночасно і його перевертот. При цьому розподіл яскравості світіння за площею екрана пропорційне розподілу електронів у попередньому перерізі електронного пучка, що забезпечує отримання на екрані видимого зображення спостережуваних об'єктів. Невидиме електронне зображення об'єктів на екрані перетворюється у видиме люмінесцентне, однокольорове.

Зображення об'єктів на екрані розглядається під великим кутом зору через окуляр в однокамерних ЕОП нічних прицілів активної дії або його яскравість підсилюється у наступних камерах, а потім розглядається в окуляр багатокамерного ЕОП пасивної дії.

Особливістю люмінесцентного зображення спостережуваних об'єктів є однокольоровість і зміна яскравості картинки, яка розглядається. Збільшення яскравості зображення на екрані дозволяє спостерігати об'єкт при значно менших потоках променистої енергії, яка потрапляє на фотокатод, що значно збільшує дальність спостерігання нічних прицілів. Це особливо ефективно при використанні багатокамерних каскадних ЕОП, які мають високу чутливість.

Дія механізмів кутів прицілювання і вивірення по висоті і за напрямком аналогічна механізмам оптичних телекопічних прицілів прямого наведення гармат.

4.5. Питання для повторення

1. Призначення ствола та їх типи.
2. Назвіть основні складові частини типового ствола і дайте їм характеристику.
3. Назвіть елементи нарізів ствола.
4. Призначення і типи дульних гальм. Дайте характеристику дульного гальма активного, реактивного і активно-реактивного типів.
5. Принцип дії пристрою продування ежекторного типу.
6. Дайте визначення затвора та назвіть їх типи.
7. Назвіть способи обтюрації порохових газів.
8. Назвіть механізми затвора і дайте призначення кожному.
9. Дайте визначення гальма відкоту і накатника.
10. Поясніть фізичну сутність гальмування відкотних частин.

11. Поясніть принцип роботи пневматичного накатника.
12. Що таке тепловий режим гальма відкотних частин?
13. Дайте визначення ущільнювальних пристроїв і назовіть їх типи.
14. Дайте класифікацію лафетів.
15. Назвіть основні складові частини лафета і дайте їм призначення.
16. Дайте класифікацію зрівноважувальних механізмів.
17. Опишіть принцип дії зрівноважувального механізму штовхального типу.
18. З якою метою використовується пружина у пневматичних зрівноважувальних механізмах?
19. Назвіть типи ходових частин і охарактеризуйте їх призначення.
20. Призначення механізмів вимикання підресорювання та самовстановлення нижнього станка.
21. Перелічіть кінематичні передачі, які використовуються у механізмах наведення.
22. Назвіть склад секторного піднімального механізму.
23. Назвіть склад гвинтового поворотного механізму.
24. Що таке «мертвий хід» механізмів наведення і засоби його усування?
25. Дайте класифікацію прицілів.
26. Дайте визначення оптичної системи телескопічного візира та назовіть її елементи.
27. Назвіть призначення об'єктива, колектора, обертової системи, плоскопаралельної пластин, окуляра.
28. Дайте визначення оптичної системи панорамного візира та назовіть її елементи.
29. Назвіть призначення елементів оптичної системи панорамного візира.
30. Назвіть механізми оптичного телескопічного прицілу і дайте їх призначення.
31. Назвіть склад і механізми панорамного прицілу і дайте їх призначення.

Розділ 5. Елементи газової динаміки

5.1. Основні рівняння газової динаміки

5.1.1. Початкові поняття й означення

Газова динаміка вивчає закономірності перетворення енергії і зміни параметрів газу, що рухається. Мета вивчення газової динаміки підпорядкована вивченню фізичних основ роботи ракетного двигуна (РД).

Відомо, що нерухомих газ характеризується трьома основними параметрами: температурою T , тиском p та питомим об'ємом V , тобто об'ємом, що його займає 1 кг газу за нормальних умов:

$$V = \frac{1}{\rho}, \quad (5.1)$$

де ρ - густина газу.

Замість V можна брати густину газу ρ .

Для характеристики нерухомого газу достатньо знати два з вищеназваних параметрів, величину ж третього параметра можна визначити.

У газовій динаміці знання трьох параметрів – недостатнє. Для рухомого газу потрібно знати величину четвертого параметра – швидкості потоку газу w . Величина w суттєво впливає на тягові характеристики РД: чим більша швидкість w витоку газу, тим більша тяга двигуна за інших однакових умов.

Основні параметри газового потоку безперервно змінюються у просторі й часі, і тому вони є функціями просторових координат x, y, z і часу τ :

$$\begin{aligned} w &= w(x, y, z, \tau); \\ p &= p(x, y, z, \tau); \\ \rho &= \rho(x, y, z, \tau). \end{aligned} \quad (5.2)$$

Такий рух газів називається *тривимірним неусталеним*.

З метою спрощення газова динаміка розглядає одновимірний усталений (стаціонарний) рух газу, якому притаманна залежність параметрів потоку лише від однієї координати x і залежність від часу:

$$\begin{aligned}w &= w(x); \\p &= p(x); \\ \rho &= \rho(x); \\T &= T(x).\end{aligned}\tag{5.3}$$

При цьому неодмінно виникають похибки аналізу, тому що неодномірність руху газу з причини його в'язкості залишатиметься. Але газодинамічний аналіз у такому разі набуває простоти і наочності.

5.1.2. Рівняння витрат і енергії рухомого газу. Рівняння руху

Нехай у каналі змінного перерізу відбувається одновимірний усталений рух газу, причому параметри газу від перерізу до перерізу змінюються, але в часі вони сталі.

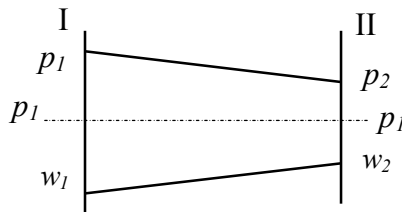


Рисунок 5.1 - Канал змінного перерізу

Згідно із законом збереження маси кількість газу за масою у довільному перерізі каналу в процесі руху буде однаковою, тобто $m_1 = m_2$.

Маса газу, що проходить через певний переріз площею S каналу, може бути визначена за формулою

$$m = \rho S w \tau . \quad (5.4)$$

З урахуванням одновимірності й стаціонарності потоку *рівняння витрат газу* набирає вигляду

$$\rho S w = \text{const}$$

або

$$\frac{S w}{V} = \text{const} . \quad (5.5)$$

Фізичний зміст рівняння витрат газу (5.5) полягає в тому, що воно описує кількість газу, що проходить через поперечний переріз каналу за одну секунду. Ця кількість називається *секундною витратою*.

Енергія струменя газу одновимірного усталеного потоку складається з:

потенційної енергії положення маси газу: mgz ;

внутрішньої теплової енергії:

$$U = C_v T m, \quad (5.6)$$

де C_v - питома теплоємність газу,
 m - маса газу;

кінетичної енергії:

$$\frac{m w^2}{2}, \quad (5.7)$$

де w - швидкість газового потоку;

потенційної енергії тиску: mpV .

У процесі руху газу відбувається перетворення одного виду енергії в інший.

Нехай деяка маса газу m переміщується вздовж струменя з положення I в положення II.

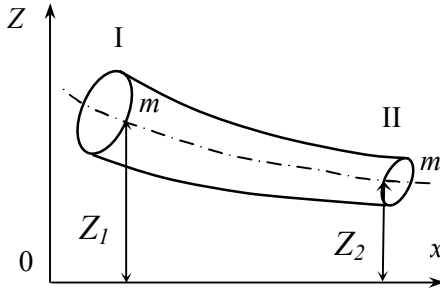


Рисунок 5.2 - Рух маси газу m у каналі

На підставі збереження енергії для цієї маси газу з урахуванням теплообміну з навколишнім середовищем отримаємо

$$dQ = mgdz + dU + d\left(\frac{mw^2}{2}\right) + d(pV)m + dK, \quad (5.8)$$

де dQ - зміна кількості теплоти;

$mgdz$ - приріст потенційної енергії положення;

dU - приріст теплової внутрішньої енергії;

$d\left(\frac{mw^2}{2}\right)$ - приріст кінетичної енергії;

$d(pV)m$ - приріст потенційної енергії тиску;

dK - витрата енергії на тертя.

У рівнянні (5.8) ураховується, що зміна енергії маси газу m при переході з положення I в положення II дорівнює зміні кількості теплоти. Для 1 кг маси рівняння набере вигляду

$$dq = g dz + du + d\left(\frac{w^2}{2}\right) + d(pV) + dK, \quad (5.9)$$

де q – питома теплота.

Оскільки величини $g dz$ і dK – малі, то

$$dq = du + d\left(\frac{w^2}{2}\right) + d(pV). \quad (5.10)$$

З курсу термодинаміки відомо, що $du + d(pV) = di$, де i – ентальпія газу, що виражає повний запас його внутрішньої енергії і є кількістю теплоти, необхідної для нагрівання газу від θ до температури T . Тому

$$dq = di + d\left(\frac{w^2}{2}\right). \quad (5.11)$$

Для адіабатного процесу $dq = 0$, тому

$$d\left(\frac{w^2}{2}\right) = -di. \quad (5.12)$$

Інтегруючи в межах, що відповідають положенням I і II (рис. 5.2), отримаємо

$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} = i_1 - i_2. \quad (5.13)$$

Оскільки, з термодинаміки, $i = C_p T$, де $C_p = C_v + R$ (рівняння Майєра),
де, у свою чергу,

C_v – питома теплоємність газу;

R – універсальна газова стала, то з (5.13) отримуємо

$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} = C_p T_1 - C_p T_2 ;$$

або ж остаточно

$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} = C_p (T_1 - T_2). \quad (5.14)$$

(5.14) – рівняння енергії рухомого газу, з якого випливає, що зміна питомої кінетичної енергії руху газу відбувається за рахунок зміни його ентальпії: якщо кінетична енер-

гія зростає, то ентальпія зменшується, і навпаки. Отже, для отримання потоку газу великої швидкості необхідно збільшувати повну внутрішню енергію газової системи.

Виведемо рівняння руху газу. Для цього рівняння (5.10) запишемо, розкривши диференціал добутку pV у вигляді

$$dq = du + pdV + Vdp + d\left(\frac{w^2}{2}\right).$$

Але для адіабатного процесу

$$du + pdV = dq = 0.$$

Отже,

$$d\left(\frac{w^2}{2}\right) = -Vdp,$$

звідки

$$wdw = -\frac{dp}{\rho} \quad (5.15)$$

або

$$w \frac{dw}{dx} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx}. \quad (5.15')$$

Рівняння (5.15) і (5.15') – це рівняння одновимірного усталеного руху газу (рівняння Ейлера). З них виходить, що в усталеному одновимірному адіабатному потоці при збільшенні швидкості потоку ($dw > 0$) зменшується тиск ($dp < 0$) і навпаки.

Інтегруючи (5.15), отримаємо

$$\frac{w^2}{2} + \frac{p}{\rho} = const. \quad (5.16)$$

(5.16) – це рівняння руху одновимірного усталеного потоку газу без урахування витрат енергії (рівняння Бернуллі).

Таким чином, основні рівняння газової динаміки (рівняння витрат, рівняння енергії, рівняння руху) дають ене-

ргетичні й швидкісні характеристики газового потоку, які в подальшому використовуються при розгляді формування реактивної сили РД, а також при аналізі газового потоку, що виходить із сопла двигуна.

5.2. Характеристика газового потоку

5.2.1. Швидкість звуку в газі.

Види газових потоків

Характеристика газового потоку – це математична залежність між параметрами p , ρ , w і T рухомого газу та їх зв'язок з відповідними початковими загальмованими параметрами потоку.

Кількісно ці залежності суттєво визначаються видом газового потоку, критерієм якого є порівняння швидкості газу зі швидкістю звуку.

Швидкість звуку – це швидкість поширення слабких збурень у газовому середовищі. З акустики відомо, що швидкість звуку визначається відношенням приросту тиску до приросту густини:

$$a = \sqrt{\frac{dp}{d\rho}}. \quad (5.17)$$

Вважатимемо, що процес поширення слабких збурень – адіабатний. Тоді

$$pV^k = c = \text{const},$$

де k - показник адіабати.

З урахуванням, що $V = \frac{1}{\rho}$, отримаємо

$$p = \frac{c}{V^k} = c\rho^k.$$

Продиференціюємо останній вираз за густиною ρ :

$$\frac{dp}{d\rho} = kc\rho^{k-1} = kc\frac{\rho^k}{\rho} = \frac{p}{\rho}k = kpV.$$

Оскільки, з термодинаміки,

$$pV = \frac{RT}{\mu},$$

тоді

$$\frac{dp}{d\rho} = k\frac{RT}{\mu}. \quad (5.18)$$

Підставивши останній вираз у початковий (5.17), остаточно отримаємо

$$a = \sqrt{\frac{kRT}{\mu}}, \quad (5.19)$$

де a - швидкість звуку;
 k - показник адіабати;
 R - універсальна газова стала;
 T - абсолютна температура;
 μ - маса моля.

З (5.19) виходить, що швидкість звуку в газі залежить від фізичних властивостей газу та його температури. Зі зменшенням температури швидкість поширення звукових коливань зменшується.

Рух газів притаманний багатьом тепловим машинам, у тому числі і РД, а також дульним гальмам ствольних комплексів.

На рис. 5.3 показаний графік зміни швидкості газу і швидкості поширення звукових коливань під час руху газового потоку через сопловий апарат РД.

З огляду на те, що під час руху по соплу газ охолоджується і водночас відбувається його розгін, можна знайти такий переріз, в якому швидкість газу дорівнювала б швидкості звуку. Цей переріз називається *критичним* $x_{кр}$.

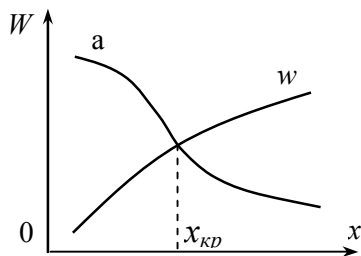


Рисунок 5.3 – Графіки швидкостей газу і звуку

Тому в критичному перерізі $w = a$, перед критичним перерізом – $w < a$, після критичного перерізу – $w > a$. У зв'язку з цим розрізняють три види газових потоків:

- звуковий, якщо $w = a$;
- дозвуковий, якщо $w < a$;
- надзвуковий, якщо $w > a$.

Для порівняння потоків у газовій динаміці використовується коефіцієнт M , що називається *числом Маха*:

$$M = \frac{w}{a} . \tag{5.20}$$

Цей коефіцієнт визначає вид газового потоку:

- при $w = a$, $M = 1$ - потік звуковий;
- при $w < a$, $M < 1$ - потік дозвуковий;
- при $w > a$, $M > 1$ - потік надзвуковий.

5.2.2. Критичні параметри газу

Унаслідок охолодження і розгону газу під час його руху через сопловий апарат швидкість потоку, як це було показано у попередньому пункті, стає порівняною зі швидкістю звуку. У критичному перерізі ці швидкості зрівнюються, $w = a$. Параметри газу у цьому перерізі називаються *критичними*.

З рівняння енергії рухомого газу для $x = x_{кр}$ виходить:

$$w_{кр} = \sqrt{w_1^2 + 2C_p(T - T_{кр})}. \quad (5.21)$$

З урахуванням того, що

$$C_p = \frac{kB}{k-1},$$

де $B = \frac{R}{\mu},$

а також припустивши нульову початкову швидкість потоку, $w_1=0$, (5.21) запишемо у вигляді

$$w_{кр} = \sqrt{\frac{2kB}{k-1}(T_1 - T_{кр})}. \quad (5.22)$$

Для критичної швидкості звуку (див. 5.19)

$$a_{кр} = \sqrt{kBT_{кр}}. \quad (5.23)$$

Для критичного перерізу $w_{кр}=a_{кр}$. Прирівнявши праві частини (5.22) та (5.23), отримуємо

$$T_{кр} = \frac{2}{k-1}(T_1 - T_{кр}).$$

Після перетворень одержимо

$$\frac{T_1}{T_{кр}} = \frac{k+1}{2}.$$

І остаточно:

$$T_{кр} = T_1 \frac{2}{k+1}. \quad (5.24)$$

Формула (5.24) дає температуру в критичному перерізі.

Скориставшись рівнянням адіабати, можна знайти значення $V_{кр}$ і $p_{кр}$:

$$T_1 V_1^{k-1} = T_{кр} V_{кр}^{k-1},$$

$$\frac{T_1}{T_{кр}} = \left(\frac{V_{кр}}{V_1} \right)^{k-1},$$

$$\frac{k+1}{2} = \left(\frac{V_{кр}}{V_1} \right)^{k-1},$$

$$V_{кр} = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}} V_1. \quad (5.25)$$

Або

$$\frac{T_1}{T_{кр}} = \left(\frac{P_1}{P_{кр}} \right)^{\frac{k-1}{k}},$$

$$\frac{k+1}{2} = \left(\frac{P_1}{P_{кр}} \right)^{\frac{k-1}{k}},$$

$$\left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}} = \frac{P_1}{P_{кр}},$$

$$P_{кр} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} P_1. \quad (5.26)$$

Наприклад, порохіві гази мають показник адіабати $k = 1,25$. Яке має бути відношення P_1 і $P_{кр}$, щоб отримати надзвуковий потік?

$$\frac{P_{кр}}{P_1} = \left(\frac{2}{1,25+1} \right)^{\frac{1,25}{1,25-1}} = 0,59.$$

Звідси виходить, що для розгону газу до надзвукової швидкості необхідно мати перепад тисків у камері РД і в критичному перерізі $\frac{P_1}{P_{кр}} \approx 1,7$.

5.3. Тяга ракетного двигуна

5.3.1. Надзвукове сопло (сопло Лаваля) та його режим роботи

РД у найпростішому випадку - це поєднання камери і сопла.

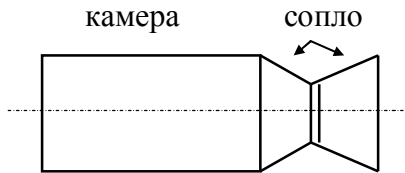


Рисунок 5.4 - Найпростіший ракетний двигун

У камері РД внаслідок горіння палива утворюються газоподібні продукти, які мають високу внутрішню енергію. Ця внутрішня енергія продуктів горіння палива перетворюється у кінетичну енергію витoku газів через сопло у навколишній простір.

З'ясуємо зв'язок між змінами площі поперечного розрізу каналу сопла і швидкістю руху газу в ньому.

З цією метою скористаємося рівнянням витрат газу

(5.5) у такому вигляді:

$$Sw\rho = c.$$

Прологарифмувавши це рівняння:

$$\ln S + \ln w + \ln \rho = \ln c$$

і продиференціювавши його, отримаємо

$$\frac{dS}{S} + \frac{dw}{w} + \frac{d\rho}{\rho} = 0. \quad (5.27)$$

Скористаємося рівняннями (5.15) і (5.17):

$$\frac{d\rho}{\rho} = -w dw; \quad \frac{dp}{d\rho} = a^2.$$

Почленно розділивши перше рівняння на друге, отримаємо

$$\frac{d\rho}{\rho} = -\frac{w}{a^2} dw. \quad (5.28)$$

Підставимо це значення в рівняння (5.27):

$$\frac{dS}{S} + \frac{dw}{w} - \frac{w}{a^2} dw = 0,$$

$$\frac{dS}{S} + \frac{dw}{w} - \left(1 - \frac{w^2}{a^2}\right) = 0.$$

Ураховуючи, що $\frac{w}{a} = M$ (число Маха) і перенісши другий член останнього рівняння в праву частину, отримаємо

$$\frac{dS}{S} = (M^2 - 1) \frac{dw}{w}. \quad (5.29)$$

На характер залежності змін площі поперечного перерізу сопла і величини швидкості потоку газу впливає знак множника $(M^2 - 1)$ у рівнянні (5.29).

Якщо $\frac{w}{a} = M < 1$, то потік - дозвуковий і $(M^2 - 1) < 0$.

В цьому випадку відносний приріст площі поперечного перерізу каналу і швидкості газу мають протилежні знаки.

Тому для розгону потоку у дозвуковій області необхідно звужувати канал, по якому рухається газ.

Якщо $\frac{w}{a} = M > 1$, то потік – надзвуковий і $(M^2 - 1) > 0$.

В даному випадку відносні прирости $\frac{dS}{S}$ і $\frac{dw}{w}$ мають однакові знаки, і тому для розгону газу у надзвуковій області потрібно розширювати канал.

Якщо $\frac{w}{a} = M = 1$, то потік – звуковий $(M^2 - 1) = 0$,

отже $\frac{dS}{S} = 0$, і канал буде циліндричним, а швидкість газу залишиться незмінною.

Таким чином, для розгону газу до надзвукових швидкостей необхідно застосовувати сопло, що звужується при дозвукових і розширюється при надзвукових потоках газу. Сопло, що дозволяє розганяти газовий потік до надзвукових швидкостей за рахунок застосування певної конфігурації і довжини його каналу, називається *надзвуковим геометричним соплом*, або *соплом Лавалю*.

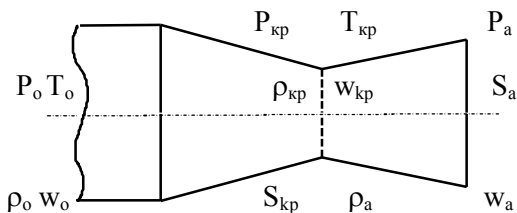


Рисунок 5.5 - Сопло Лавалю

Витік газу із сопла необов'язково закінчується утворенням надзвукового потоку, оскільки на швидкість руху газу суттєво впливають його початкові параметри (параме-

три загальмованого перерізу ρ_0, w_0, p_0, T_0) і природа газу $(k, \frac{R}{\mu})$.

Так, із формули для критичного тиску при $p_1 = p_0$ виходить, що для порохових газів ($k=1,25$) перепад між p_0 та $p_{кр}$ становить $0,59$. Отже, тиск у камері РД має бути приблизно удвічі більший тиску в критичному перерізі сопла. Зміна тиску і швидкості газу вздовж сопла РД зображена на рис. 5.6.

З метою повного використання енергії газу частина сопла, що розширюється, має бути нескінченно довгою. При цьому тиск газу має впасти до нуля внаслідок розширення газу під час руху через сопло.

У реальних умовах на роботу сопла впливає атмосферний тиск. З урахуванням його впливу розрізняють три режими роботи сопла.

Якщо під час роботи РД тиск газів p_a на виході сопла буде менший за атмосферний тиск $p_n (p_a < p_n)$, то такий режим називається *режимом перерозширення*. Відбувається стрибок ущільнення газу у соплі, відрив потоку від стінок сопла і витікання газу циліндричним струменем. У цьому режимі частина сопла не бере участі у роботі, вона зайва, і це призводить до збільшення маси і габаритів. Тому її належить ліквідувати.

Якщо частину сопла відрізати на тому перерізі, де $p_a = p_n$, то матиме місце найбільш доцільний режим роботи сопла, що називається *розрахунковим режимом*.

У деяких випадках вважається доцільним надзвукову частину сопла робити скороченою. В цьому випадку $p_a > p_n$. Такий режим роботи сопла називається *режимом недорозширення*. В ньому зовнішній тиск p_n не впливає на газ, що виходить із сопла, але енергія газу використовується неповністю, оскільки частина її розсіюється у просторі.

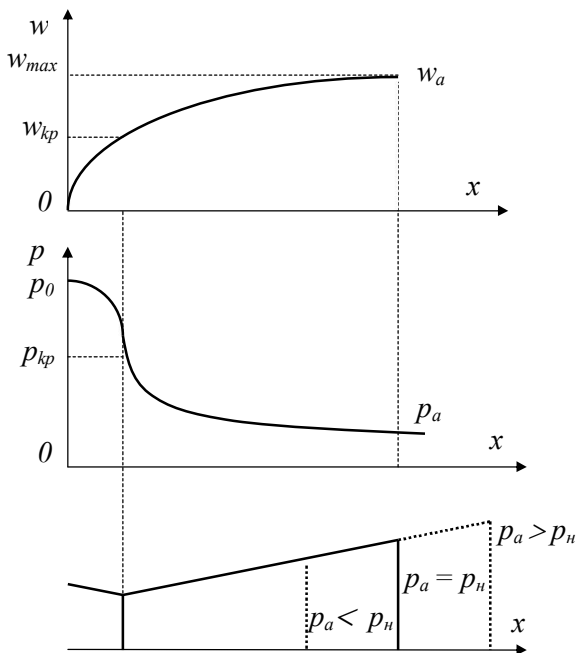


Рисунок 5.6 - Графіки зміни швидкості та тиску у соплі

5.3.2. Реактивна тяга і тяга ракетного двигуна. Питома тяга

Надзвукове сопло є основною частиною РД. Розглянемо найпростішу будову РД.

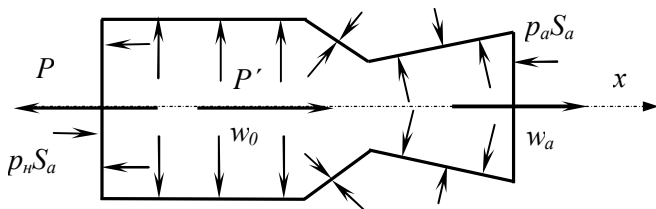


Рисунок 5.7 - Сили, що діють на камеру і сопло РД

Гази, утворені внаслідок згоряння палива, діють на камеру із силою P , камера ж діє на гази із силою P' і виштовхує їх із себе. Нехай у камері знаходиться деяка маса газів m . Вони починають рухатися вздовж осі x зі швидкістю w_o . Внаслідок дії сили P' швидкість газів зростає і у вихідному перерізі сопла досягає величини w_a . Таким чином відбувається зміна кількості руху (імпульсу) цієї маси газів, яка, за законом збереження імпульсу, має дорівнювати імпульсу сил, під дією яких відбувається ця зміна. До цих сил належать сила P' , що виштовхує газ із камери, а також сила тиску газів на зрізі сопла $p_a S_a$.

Отже,

$$mw_a - mw_o = (P' - p_a S_a) \tau. \quad (5.30)$$

Сила P' , що виштовхує газ із камери,

$$P' = \frac{m(w_a - w_o)}{\tau} + p_a S_a. \quad (5.31)$$

У формулі (5.31) w_o – швидкість газів у камері в момент їх утворення. Можна вважати, що $w_o = 0$. Тоді

$$P' = \frac{mw_a}{\tau} + p_a S_a. \quad (5.32)$$

За 3-м законом Ньютона $P' = P$, де P – сила, з якою гази діють на дно камери, і тоді остаточно реактивна сила РД дорівнює рівнодійній силі тиску газу на внутрішню поверхню камери і сопла:

$$P = \frac{mw_a}{\tau} + p_a S_a. \quad (5.33)$$

Припустимо, що камера знаходиться в атмосфері. В цьому випадку на зовнішню поверхню діє атмосферний тиск, розподілений уздовж усієї поверхні камери і сопла. Неврівноважена частина камери відповідає площі вихідного перерізу сопла. Величина сили, що діє на зріз сопла, дорівнює $p_a S_a$ і спрямована проти дії реактивної сили P . Рів-

нодійна реактивної сили і сили атмосферного тиску - це тяга двигуна

$$T = \frac{mw_a}{\tau} + p_a S_a - p_n S_a$$

або

$$T = \frac{mw_a}{\tau} + (p_a - p_n) S_a. \quad (5.34)$$

Отже, тяга РД є рівнодійною всіх сил тиску газів на внутрішню і зовнішню поверхні камери й сопла.

Перший доданок формули (5.34) визначається швидкістю руху газу, і тому він є динамічною складовою тяги РД. Другий доданок є статичною складовою тяги і визначається різницею тиску газу, що витікає p_a , і зовнішнього тиску p_n , а також площею вихідного перерізу сопла S_a . Чим більший зовнішній тиск, тим менша тяга двигуна. Максимальна тяга РД, що дорівнює реактивній силі P , може бути досягнута лише у безповітряному просторі.

Оскільки динамічна складова тяги значно більша за статичну складову, то тяга двигуна залежить насамперед від швидкості газів w_a і їх секундної витрати $\frac{m}{\tau}$.

Крім тяги, використовують ще поняття питомої тяги. Питома тяга – це величина, що показує, яку тягу розвиває РД у результаті спалювання 1 кг палива за 1 секунду:

$$T_{num} = \frac{T}{\frac{m}{\tau}}. \quad (5.35)$$

У розрахунковому режимі роботи РД $p_a = p_n$, $T = \frac{mw_a}{\tau}$ і $T_{num} = w_a$. Тому питома тяга тим більша, чим більша швидкість витoku газу із сопла, яка у свою чергу, визначається сортом палива і геометрією сопла.

5.4. Питання для повторення

1. Які основні параметри газу?
2. Напишіть рівняння витрат газу та поясніть його фізичний смисл.
3. Дайте характеристику газового потоку.
4. Що таке критичні параметри газу?

Розділ 6. Основи внутрішньої балістики

6.1. Основні поняття й означення внутрішньої балістики

6.1.1. Предмет і завдання внутрішньої балістики

Для розв'язування задач стрільби необхідно знати закони руху снаряда у каналі ствола й у повітрі. Наука, що вивчає ці закони, називається балістикою (від гр. "βαλλω" - кидаю). Балістика поділяється на дві основні частини: внутрішню балістику і зовнішню балістику.

Зовнішня балістика вивчає рух снаряда у повітрі за інерцією в умовах дії гравітаційного поля Землі та її обертання.

Внутрішня балістика вивчає закономірності явищ та процесів, що проходять у каналі ствола вогнепальної зброї під час пострілу.

Вогнепальна зброя – це теплова машина, у якій відбувається послідовне перетворення енергії за схемою рис. 6.1.

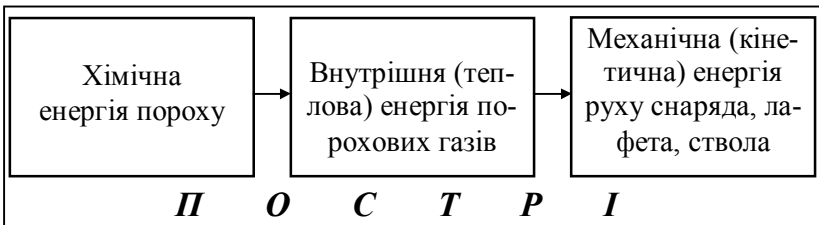


Рисунок 6.1 - Перетворення енергії під час пострілу вогнепальної зброї

Явище пострілу (ЯП) – це сукупність складних термодинамічних процесів дуже високої напруженості, швидкість яких оцінюється сотими і тисячними частками секунди; найбільший тиск газів досягає 300-400 МПа, температура газів – 2500-4000 К у момент їх утворення,

швидкість снаряда становить 1000 м/с і більше, його прискорення у каналі ствола – 1500 м/с².

Явище пострілу має 2 основні стадії:

Перша стадія – початок пострілу, триває від моменту запалювання пороху до початку руху снаряда у каналі ствола. Оскільки процеси на цій стадії перебігають у замкненому сталому об'ємі заснарядного простору, то вони є предметом вивчення *піростатики* як розділу внутрішньої балістики.

Друга стадія триває від моменту зрушення снаряда з місця до моменту його вильоту з каналу ствола. Оскільки процеси цієї стадії перебігають у заснарядному об'ємі, що прискорено зростає внаслідок руху снаряда у каналі ствола, то ці процеси є предметом дослідження *піродинаміки*.

Отже, внутрішня балістика є сукупністю двох розділів - піростатики і піродинаміки.

Загальною задачею внутрішньої балістики є керування пострілом, яке забезпечує найбільш раціональне використання енергії порохового заряду з метою надання снарядові заданої початкової швидкості.

Внутрішня балістика на основі всебічного вивчення явищ і процесів, що відбуваються під час пострілу, установлює закономірності, які зв'язують різноманітні *умови заряджання* з величинами, що залежать від них, і носять назву *балістичних елементів пострілу*; дає методику розв'язання численних задач, які постають на практиці.

До *умов заряджання* належать: розміри зарядної камери і каналу ствола; будова його нарізки; маса ствола, маса і будова снаряда; тиск форсування, залежний від будови ведучого пояска і нарізки ствола; маса заряду, марка пороху і термодинамічні характеристики порохових газів.

До *балістичних елементів* пострілу належать: шлях і швидкість снаряда у каналі ствола, тиск порохових газів, температура газів та їх кількість на даний момент.

Власне внутрішня балістика дозволяє визначити фізичну залежність руху газів і швидкості снаряда від часу і

шляху руху снаряда, тобто спостерігаються такі залежності:

$$p = p(t); v = v(t); p = p(l); v = v(l), \quad (6.1)$$

де p - тиск порохових газів;

v - швидкість снаряда;

t - поточний час;

l - шлях, пройдений снарядом у каналі ствола

на даний момент t .

Загальному завданню підпорядковані дві основні задачі внутрішньої балістики:

Пряма основна задача внутрішньої балістики (ПО-ЗВБ) полягає у розрахунку кривих тиску порохових газів і швидкості снаряда (піродинамічних кривих) у каналі ствола даної гармати для даних умов заряджання.

Обернена задача внутрішньої балістики полягає у визначенні конструктивних даних ствола гармати, визначенні маси порохового заряду, розмірів і форми порохових елементів, які забезпечують снаряду даної маси і калібру задану початкову швидкість (дульну швидкість) при певній величині максимального тиску газів. Це - задача *балістичного конструювання*, і вона має, на відміну від однозначної прямої задачі, декілька розв'язків.

6.1.2. Порохи та їх характеристики

Порох - це метальна вибухова речовина, основною формою вибухового перетворення якої є горіння, що не переходить за умов нормального пострілу у детонацію. Порохи горять під час пострілу рівномірно паралельними шарами, що дозволяє у широких межах регулювати утворення порохових газів під час горіння.

Порохи характеризуються двома видами енергетичних характеристик: фізико-хімічними та балістичними.

Фізико-хімічні характеристики порохів

Калорійність пороху Q_w – це кількість теплоти, що утворюється при згорянні 1 кг пороху у сталому об'ємі:

$$[Q_w] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Величина Q_w в існуючих порохів коливається від $230 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ (у “холодних” порохів) до $530 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ (у “гарячих” порохів).

Порохи, у яких $Q_w \leq 300 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$, дають безполум'яний постріл.

Калорійність пороху суттєво впливає на результати стрільби і на якість артилерійської системи.

Питомий об'єм газоподібних продуктів горіння (газів) W_1 – це об'єм, який займають гази, утворені при згорянні 1 кг пороху (за нормальних умов):

$$[W_1] = \frac{\text{дм}^3}{\text{кг}}.$$

Для сучасних порохів $W_1 = (750 - 1100) \frac{\text{дм}^3}{\text{кг}}$.

Температура горіння пороху T_o – це температура, яку мають порохіві гази у момент їх утворення:

$$T_o = (2100 - 3800) \text{К}.$$

Густина пороху δ – це маса пороху, що вміщується в одиниці об'єму за нормальних умов:

$$[\delta] = \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3}.$$

Густина порошу змінюється для різних марок порохів у межах $\delta = (1,6 - 1,9) \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3}$, у бездимного порошу

$$\delta = (1,54 - 1,64) \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3}.$$

Склад порохових газів. До складу газів входять: окис вуглецю CO (49,7%), водень H_2 (12,6%), азот N_2 (16,4%), вуглекислий газ CO_2 (13,7%), а також метан CH_4 , аміак NH_3 , окиси азоту і водяна пара (всього близько 0,6%). За складом порохових газів можна визначити газову сталу і показник адіабати k (для порохових газів беруть $k \approx 1,2$).

Балістичні характеристики порохів

Сила порошу f – це робота, яку могли б здійснити порохові гази від 1 кг порошу при ізобарному ($p = \text{const}$) розширенні й охолодженні від температури горіння T_o до 0 К.

Сила порошу може бути розрахована за формулою

$$f = \frac{R}{\mu} T_o, \quad (6.2)$$

де $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ - універсальна газова стала;

μ - маса моля;

T_o - температура горіння порошу.

Для нітроцелюлозних порохів $f = (8 \cdot 10^5 - 1,25 \cdot 10^6) \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Сила порошу f суттєво залежить від його калорійності Q_ω .

Питомий коволюм α порохових газів – це об'єм, який займають самі молекули газів, утворених при згорянні 1 кг порошу:

$$[\alpha] = \frac{\text{дм}^3}{\text{кг}}.$$

У внутрішній балістиці для визначення коволюма використовують співвідношення

$$\alpha \approx 0,001W_1. \quad (6.3)$$

Коволум може бути визначений експериментально шляхом спалювання навіски порошу у манометричній бомбі.

Товщина шару горіння порохового зерна $2e_1$ (ТШГ) – це найменший лінійний розмір порохового зерна (рис. 6.2).

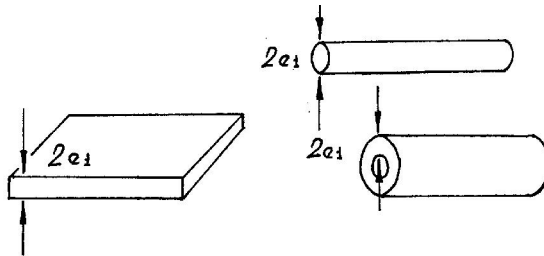


Рисунок 6.2 - До пояснення товщини шару горіння

Чим більша ТШГ, тим довше за решти рівних умов горить порохове зерно. ТШГ порошу для гармат більших калібрів має бути більшою. Для сучасних порохів $2e_1 = (0,1-5)$ мм. У порохів для РД ТШГ досягає кількох сантиметрів.

6.1.3. Густина заряджання та приведена довжина зарядної камери

Густина заряджання Δ - це відношення маси ω заряду до об'єму W_o зарядної камери:

$$\Delta = \frac{\omega}{W_o} \left[\frac{\text{кг}}{\text{дм}^3} \right]. \quad (6.4)$$

Чим більша густина заряджання, тим більший тиск порохових газів p і, як наслідок, більша початкова швидкість снаряда.

Для гармат – $\Delta = (0,55 - 0,8) \frac{\kappa\mathcal{Z}}{\partial M^3}$, для гаубиць –

$\Delta = (0,5 - 0,6) \frac{\kappa\mathcal{Z}}{\partial M^3}$, для мінометів – $\Delta = (0,03 - 0,2) \frac{\kappa\mathcal{Z}}{\partial M^3}$.

Приведена довжина зарядної камери l_o - це довжина уявного циліндра, у якого площа основи S дорівнює площі поперечного перерізу каналу ствола, а об'єм дорівнює вільному об'єму зарядної камери W_o .

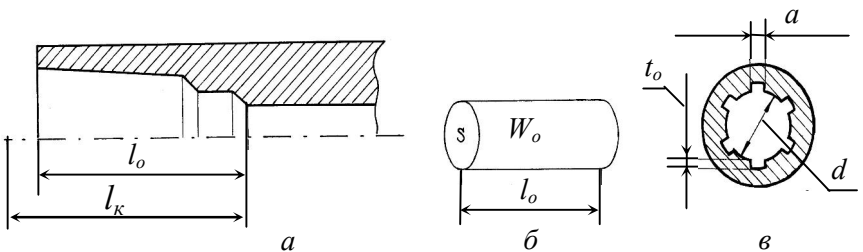


Рисунок 6.3 - До визначення приведеної довжини зарядної камери:

- а – приклад реальної камери; б – еквівалентний циліндр;
- в – поперечний переріз каналу ствола.

На рис.6.3а:

l_o - приведена довжина зарядної камери;

l_k - дійсна довжина камери.

З рис. 6.3б виходить

$$l_o = \frac{W_o}{S}, \quad (6.5)$$

де W_o - вільний об'єм камери;

S - площа поперечного перерізу каналу

ствола.

З рис. 6.3в можна визначити:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} + nat \quad (6.6)$$

або

$$S = n_s d^2, \quad (6.6')$$

де d - калібр;

n - число нарізів;

a - ширина нарізу;

t - глибина нарізу;

n_s - коефіцієнт урахування нарізів ($n_s = 0,785 = \frac{\pi}{4}$ - для гладкоствольної гармати; $n_s = 0,81 - 0,83$ - для нарізної гармати).

Поняття приведеної довжини камори широко використовується в балістичних розрахунках стволів. Іноді також використовується *коефіцієнт розширення камори* - відношення приведеної довжини камори до дійсної її довжини:

$$\chi = \frac{l_o}{l_k}. \quad (6.7)$$

У гармат - $\chi = 1,65 - 2,3$; у гаубиць - $\chi = 1,08 - 1,16$.

6.2. Піростатика

6.2.1. Основні закономірності горіння пороху

Розрізняють три фази процесу горіння пороху: розпалювання, запалювання, горіння.

Розпалювання - це процес початку горіння під дією зовнішнього теплового ініціювального імпульсу, здатного спричинити вибухове перетворення пороху. Звичайно зовнішній імпульс створюється за допомогою запалювача. Після розпалювання реакція проходить самостійно за раху-

нок тепла, що виділяється під час горіння, але поширення відбувається як уздовж усієї поверхні зерна, так і до його глибини. Димні порохи загоряються за температури 270°C , а нітроцелюлозні – за температури 200°C . Однак димні порохи загоряються енергійніше.

Запалювання – процес поширення реакції вибухового перетворення вздовж поверхні зерна пороху. Швидкість запалювання залежить від тиску газів, а також від стану поверхні зерна, природи пороху, форми зерна, складу газів і продуктів горіння запалювача. Зі збільшенням тиску швидкість запалювання зростає. Запалювання димного пороху перебігає у тисячі разів швидше, ніж бездимного.

За атмосферного тиску швидкість запалювання бездимного пороху дорівнює 1 мм/с , а димного пороху досягає 3000 мм/с . Тому димні порохи застосовуються для запалювання бездимних порохів у запалювачах бойових зарядів, що створюють початковий тиск у камері величиною $5 - 10\text{ МПа}$, за якого запалювання перебігає з такою швидкістю, що його можна вважати миттєвим. Запалювач із димного пороху дає продукти горіння, що вміщують тверді й рідинні частинки, і це значно прискорює процес запалювання.

Горіння – це процес поширення реакції вибухового перетворення пороху від поверхні вглиб порохового зерна по нормалі. Швидкість горіння залежить переважно від тиску, а також від природи пороху, його температури. Так, бездимні порохи мають при тиску 2 Мпа швидкість горіння $1,5\text{ мм/с}$, а при тиску 200 МПа швидкість їх горіння зростає до 150 мм/с .

Залежність швидкості горіння від тиску називається *законом швидкості горіння*.

Розрізняють два закони швидкості горіння: геометричний закон (В'ель, 1888 р.) та фізичний закон (Серебряков, 1920 р.)

Основним законом швидкості горіння у внутрішній балістиці є геометричний закон, модель якого дозволяє створити прості математичні залежності і при розв'язанні

більшості практичних задач забезпечити достатню точність.

Передумовами геометричного закону є таке: маса пороху однорідна, геометричні розміри всіх зерен однакові; запалювання пороху відбувається водночас уздовж усієї поверхні; порох горить паралельними шарами з однаковою швидкістю в усіх напрямках.

Швидкість горіння пороху – це швидкість переміщення поверхні горіння по нормалі вглиб зерна:

$$u = \frac{de}{d\tau}, \quad (6.8)$$

де e - товщина шару, що згоряє за час τ .

Швидкість горіння u залежить від сорту пороху, тиску, початкової температури пороху, швидкості обдування порохового зерна. Нехтуючи впливом усіх інших чинників, звичайно розглядають залежність від тиску $u = f(p)$, яка для геометричного закону має такий вигляд (рис. 6.4):

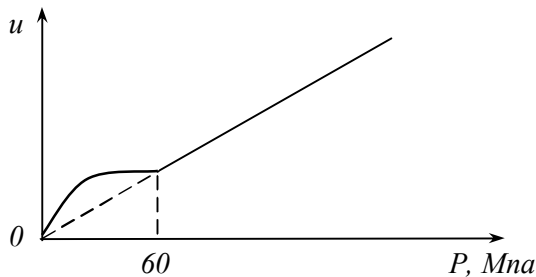


Рисунок 6.4 - Графік залежності швидкості горіння пороху від тиску

$$u = \begin{cases} Ap^{\nu}, & p \leq 60 \text{ Mna} \\ u_1 p, & p > 60 \text{ Mna} \end{cases}, \quad (6.9)$$

де A, ν - емпіричні коефіцієнти, що залежать від природи порохів і умов проведення дослідів;

u_1 - коефіцієнт швидкості горіння, залежить від температури (збільшується на 1,6% при підвищенні температури на 10°C), природи пороху і швидкості його обдуву.

У формулі (6.2.2) перша залежність – нелінійна: $u = Ar^v$ – власне закон В'єля, друга залежність – лінійна $u = u_1 r$ – формула Дроздова. Перша залежність використовується при розрахунку РД на твердому паливі з нітроцелюлозною основою, друга ж (формула Дроздова) досить точно апроксимує закон швидкості горіння пороху і найбільш поширена при розрахунку зарядів для артилерійських гармат.

6.2.2. Загальна формула піростатики та її аналіз

Нехай горить деяка маса пороху ω у сталому об'ємі W_0 (наприклад, у зарядній камері). У процесі горіння тиск неперервно зростає до максимального в момент кінця горіння. Внаслідок відсутності теплообміну між пороховими газами і стінками посудини вважатимемо, що вся звільнена за рахунок реакції горіння енергія переходить у внутрішню енергію порохових газів.

У внутрішній балістиці зручно і доцільно для отримання результатів у загальному вигляді використовувати відносні величини. Якщо ω - маса порохового заряду до початку горіння; ω_c - маса порохових газів, утворених на поточний момент за рахунок горіння пороху (маса згорілого пороху); тоді $\psi = \frac{\omega_c}{\omega}$ - відносна маса згорілого пороху;

$\omega - \omega_c = \omega (1 - \psi)$ – маса незгорілої частини заряду.

Величина тиску в камері (посудині) в довільний момент часу може бути визначена за допомогою рівняння стану газу (спрощеного рівняння Ван-дер-Ваальса). В цей довільний момент згоряє ψ -та частина заряду й утворюєть-

ся $\omega_c = \psi\omega$ порохових газів. Рівняння Ван-дер-Ваальса має вигляд

$$p_\psi(V_1 - \alpha) = BT_o, \quad (6.10)$$

де p_ψ - поточний тиск порохових газів у довільний момент часу t_ψ ;

V_1 - питомий об'єм газів;

α - питомий коволюм;

$B = \frac{R}{\mu}$ - питома газова стала;

T_o - температура горіння пороху.

На цей момент об'єм незгорілої частини пороху становить

$$\frac{\omega(1 - \psi)}{\delta}, \quad (6.11)$$

де δ - густина пороху.

Тоді питомий об'єм газів може бути визначений за формулою

$$V_1 = \frac{W_o - \frac{(1 - \psi)\omega}{\delta}}{\omega\psi}. \quad (6.12)$$

У формулі (6.10) вираз $V_1 - \alpha$ за своїм фізичним змістом є *питомим вільним об'ємом* камори, тобто питомим об'ємом, що не зайнятий молекулами газів. Цей вираз може бути записаний таким чином:

$$V_1 - \alpha = \frac{W_o - \frac{(1 - \psi)\omega}{\delta} - \alpha\omega\psi}{\omega\psi} = \frac{W_\psi}{\omega\psi}. \quad (6.13)$$

З урахуванням формул (6.2.3), (6.2.5) і того, що $BT_o = f$ - сила порошу, отримуємо

$$P_\psi = \frac{f}{V_1 - \alpha} = \frac{f\omega\psi}{W_\psi}$$

або остаточно

$$P_\psi = \frac{f\omega\psi}{W_o - \frac{(1-\psi)\omega}{\delta} - \alpha\omega\psi}. \quad (6.14)$$

Рівняння (6.14) - це *основне рівняння піростатики*, або рівняння тиску в даний момент часу горіння порошу. В ньому поліном W_ψ описує вільний об'єм зарядної камери в поточний момент t_ψ і який дорівнює

$$W_\psi = W_o - \frac{(1-\psi)\omega}{\delta} - \alpha\omega\psi. \quad (6.15)$$

З формули (6.15) виходить, що повний об'єм камери в момент t_ψ , коли згорить ψ -та частина порошу, розподіляється відповідно до діаграми (рис. 6.5).

$\frac{\omega(1-\psi)}{\delta}$ об'єм порошу, що не згорів	$\alpha\omega\psi$ об'єм, зайнятий молекулами газів	$W_\psi = W_o - \frac{(1-\psi)\omega}{\delta} - \alpha\omega\psi$ вільний об'єм камери
---	--	--

Рисунок 6.5 - Основна піростатична діаграма камери з об'ємом W_o

У процесі згоряння заряду W_ψ змінюється від $W_{\psi=1} = W_o - \alpha\omega$. Перша величина відповідає вільному об'єму камери до моменту запалювання порошу ($\psi=0$), друга - вільному об'єму камери, зайнятої лише газами у момент кінця горіння ($\psi=1$).

Очевидно, що наприкінці горіння заряду ($\psi=1$) в камері тиск досягне свого найбільшого значення.

За формулою (6.14)

$$p_{\max} = \frac{f\omega}{W_o - \alpha\omega}. \quad (6.16)$$

Якщо ввести параметр $\Delta = \frac{\omega}{W_o}$ - густину заряджання,

то, поділивши чисельник і знаменник правої частини (6.16) на W_o , остаточно отримаємо

$$p_{\max} = \frac{f\Delta}{1 - \alpha\Delta}. \quad (6.17)$$

Формула (6.17) дає максимальний тиск у камері, або повний піростатичний тиск.

Вільний об'єм у камері

$$W_{\psi} = W_o - \frac{(1-\psi)\omega}{\delta} - \alpha\omega\psi = W_o \left(1 - \frac{\Delta}{\delta}(1-\psi) \right) - \alpha\Delta\psi. \quad (6.18)$$

За аналогією з приведеною довжиною камери $l_o = \frac{W_o}{S}$ введемо поняття приведеної довжини вільного об'єму камери:

$$l_{\psi} = \frac{W_{\psi}}{S} = l_o \left(1 - \frac{\Delta}{\delta}(1-\psi) - \alpha\Delta\psi \right). \quad (6.19)$$

Останній вираз входить до системи рівнянь внутрішньої балістики.

6.2.3. Швидкість газотворення

У процесі пострілу велике значення має закон газотворення, який визначає кількість і швидкість утворення газів під час горіння пороху.

Кількість газів, що утворюються в процесі горіння, залежить від маси згорілого пороху.

Відносна кількість згорілого пороху

$$\psi = \frac{\omega_c}{\omega} = \frac{n \delta \lambda_c}{n \delta \lambda_1} = \frac{\lambda_c}{\lambda_1}, \quad (6.20)$$

де ψ - відносна кількість згорілого пороху;
 ω_c - маса згорілого пороху;
 λ_c - об'єм згорілого пороху (зерна);
 ω - початкова маса пороху;
 λ_1 - початковий об'єм пороху (зерна);
 δ - густина пороху;
 n - число зерен у снаряді.

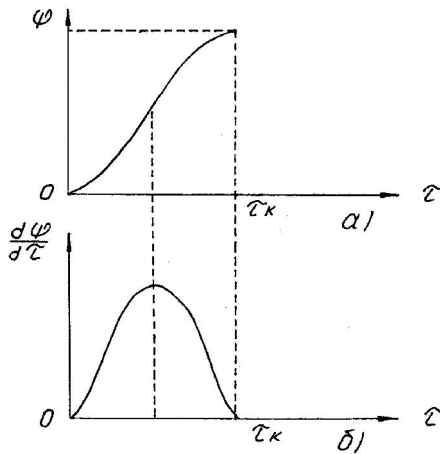


Рисунок 6.6 - Закони зміни $\psi = \psi(\tau)$ (а) та похідної $\psi(\tau)$ (б) у часі

У процесі горіння ψ змінюється за певним законом у часі (рис. 6.6а). Похідна ψ у часі (рис. 6.6б) називається швидкістю газоутворення. Вона становить відносну кількість газів, що утворилися під час горіння пороху за одиницю часу.

Визначимо чинники, від яких залежить швидкість газоутворення. Продиференціюємо вираз (6.20) у часі, отримаємо

$$\frac{d \psi}{d \tau} = \frac{1}{\lambda_1} \frac{d \lambda_c}{d \tau} . \quad (6.21)$$

Якщо поточна поверхня порохового зерна S , а товщина згорілого порошу за час $d \tau$ дорівнює $d e$ (рис. 6.7), то об'єм згорілого порошу (згорілої частки порохового зерна) має вигляд

$$d \lambda_c = S d e . \quad (6.22)$$

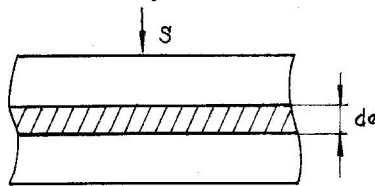


Рисунок 6.7 - До визначення об'єму згорілого порошу

Підставивши (6.2.14) в (6.2.13), отримаємо

$$\frac{d \psi}{d \tau} = \frac{1}{\lambda_1} \frac{S d e}{d \tau} = \frac{S}{\lambda_1} \frac{d e}{d \tau} = \frac{S}{\lambda_1} u . \quad (6.23)$$

Помноживши і розділивши праву частину (6.2.15) на величину S_1 , яка є початковою поверхнею порохового зерна, отримаємо

$$\frac{d \psi}{d \tau} = \frac{S_1}{\lambda_1} \frac{S}{S_1} u = \frac{S_1}{\lambda_1} \frac{S}{S_1} u_1 p , \quad (6.24)$$

де $\frac{d\psi}{d\tau}$ - швидкість газотворення;
 $\frac{S_1}{\lambda_1}$ - початкова оголеність порохового зе-

рна;

$u = u_1 p$ - швидкість горіння пороху;

$\frac{S}{S_1} = \sigma$ - відносна поверхня горіння.

З (6.24) виходить, що швидкість газотворення прямо пропорційна початковій оголеності, відносній поверхні горіння і швидкості горіння пороху.

Визначимо залежність швидкості газотворення від геометрії порохового зерна (початкової оголеності й відносної поверхні горіння).

Розглянемо n -канальне порохове зерно циліндричної форми як найбільш загальний приклад порохового зерна (рис. 6.8).

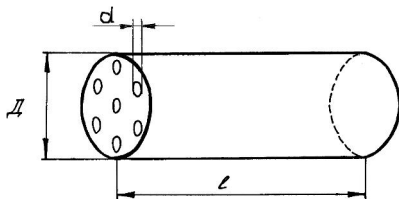


Рисунок 6.8 - До визначення початкової оголеності порохового зерна

Визначимо його початкову оголеність:

$$S_1 = \frac{2\pi D^2}{4} - \frac{2\pi d^2}{4}n + \pi D l + \pi d l \cdot n =$$

$$= \frac{1}{2}\pi (D^2 - d^2 n) + \pi l(D + dn);$$

$$\lambda_1 = \frac{\pi D^2}{4} l - \frac{\pi d^2}{4} l \cdot n = \frac{\pi l}{4} (D^2 - d^2 n);$$

$$\frac{S_1}{\lambda_1} = \frac{2}{l} + \frac{4(D + dn)}{D^2 - d^2 n}, \quad (6.25)$$

де D - початковий діаметр порохового елемента;
 d - діаметр каналу;
 l - довжина порохового елемента.

Проаналізуємо вираз (6.25):

1) $n = 0$ (циліндр без каналу):

$$\frac{S_1}{\lambda_1} = \frac{2}{l} + \frac{4}{D}. \quad (6.26)$$

Отже, для циліндричного зерна без каналу початкова оголеність (і швидкість газоутворення) зростає зі зменшенням довжини і діаметра. Дрібні зерна мають більшу оголеність ніж, крупні.

2) $n = 1$ (циліндр з одним каналом, трубчасте зерно):

$$\frac{S_1}{\lambda_1} = \frac{2}{l} + \frac{4}{D - d} = \frac{2}{l} + \frac{2}{R - r} = \frac{2}{l} + \frac{2}{l_1}, \quad (6.27)$$

де $l_1 = R - r$ - товщина стінки трубки;
 R, r - зовнішній і внутрішній радіуси відповідно.

дно.

Отже, для трубчастого пороху початкова оголеність тим вища, чим менша товщина стінки трубки.

3) Багатоканальне зерно.

n зростає, і тому член $\frac{4(D + dn)}{D^2 - d^2 n}$ також зростає. Звідси виходить, що зі збільшенням кількості каналів зростає

початкова оголеність (і швидкість газоутворення) порохового зерна.

Підсумовуючи отримані результати, можна зробити висновок, що початкова оголеність порохових елементів тим вища, чим менші їх геометричні розміри, чим менша товщина шару горіння (товщина стінки трубки) і чим більша кількість каналів у пороховому елементі.

Поверхня горіння порохового зерна може зменшуватися, залишатися сталою або збільшуватися. Показником

цієї зміни є *відносна поверхня горіння* $\sigma = \frac{S}{S_1}$, яка ще носить назву *коефіцієнта прогресивності пороху*.

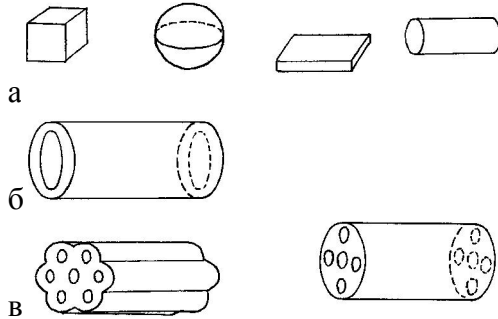


Рисунок 6.9 - Види порохових зерен з різним коефіцієнтом прогресивності σ :

а) $\sigma < 1$; б) $\sigma = 1$; в) $\sigma > 1$

Порох, у якого під час горіння поверхня зменшується ($\sigma < 1$), називається *порохом дегресивної форми* (куб, куля, пластина, циліндр без каналу тощо - рис. 6.9а).

Порох, у якого під час горіння поверхня не змінюється ($\sigma = 1$), називається *порохом нейтральної форми* (трубки з одним каналом, стрічка - рис. 6.9б).

Порох, у якого під час горіння поверхня збільшується ($\sigma > 1$), називається *порохом прогресивної форми* (багатоканальне зерно - рис. 6.9в).

6.3. Пі р о д и н а м і к а

6.3.1. Періоди явища пострілу

Постріл починається з розбиття (або електричного запалювання) капсуля; після цього починається горіння запалювача, а потім порохового заряду. Відбувається бурхливе газоутворення, тиск газів зростає. За деякої величини тиску газів (тиску форсування) починається рух снаряда.

Явище пострілу (ЯП) охоплює такі процеси:

1. Запалювання пороху.
2. Горіння пороху.
3. Утворення порохових газів.
4. Розширення газів.
5. Поступальний і обертальний рух снаряда.
6. Рух порохових газів та незгорілих частинок пороху.
7. Рух відкотних частин гармати.
8. Урізання ведучих поясків снаряда у нарізи.
9. Тертя снаряда об стінки ствола.
10. Спрацювання та розпал каналу ствола.
11. Теплообмін, нагрівання ствола і гільзи та випромінювання теплової енергії у простір.
12. Пружні та пластичні деформації ствола та снаряда.
6. Виштовхування стовпа повітря з каналу ствола.
14. Витікання порохових газів з каналу ствола.
15. Утворення дульного полум'я та дульної хвилі.

З усієї різноманітності процесів, що визначають ЯП, внутрішня балістика вивчає лише *основні*: горіння пороху, газоутворення, розширення порохових газів, поступальний рух снаряда, витікання порохових газів з каналу ствола.

Решта вищезгаданих процесів звичайно розглядається лише на якісному рівні для розуміння суті ЯП.

Під час вивчення ЯП розглядають п'ять періодів:

- початковий, або простатичний, період;
- період форсування;
- піродинамічний період;
- термодинамічний період;
- період післядії порохових газів.

Початковий період

Припустимо, що порох горить у сталому об'ємі, запалювач до початку цього періоду повністю згоряє, горіння основного заряду починається у момент, що відповідає кінцю горіння запалювача.

У початковому періоді, що триває від моменту запалювання до моменту зрушення снаряда (моменту початку вривання ведучого пояска у нарізи каналу ствола), горить порох бойового заряду, відбувається процес газоутворення, наростає тиск порохових газів.

У деякий момент часу тиск порохових газів у зарядній камері (заснарядному просторі) і власне на дно снаряда створює силу, достатню для вривання ведучого пояска снаряда у нарізи. З цього моменту починається рух снаряда.

Період форсування

Цей період починається від моменту зрушення снаряда і триває до моменту вривання ведучого пояска снаряда у нарізи ствола на повну глибину. Тиск газів наприкінці даного періоду, який становить для існуючих систем

$$p_o = (10 - 100) \text{ МПа} ,$$

називається *тиском форсування*. Величина цього тиску суттєво впливає на характер зміни тиску газів у заснарядному просторі, а також на швидкість снаряда.

Протягом періоду форсування об'єм заснарядного простору дещо збільшується.

Період форсування – дуже складний у аналізі, тому що його важко врахувати внаслідок малої тривалості й несталості заснарядного об'єму.

Піродинамічний період

Це основний період ЯП – період горіння порохового заряду в змінному об'ємі. Він починається з моменту повного врізання ведучого пояса в нарізи і закінчується в момент кінця горіння порохового заряду (припинення надходження нових порцій газів).

Порохові гази здійснюють роботу, надаючи снаряду певної швидкості руху. Наприкінці горіння пороху швидкість снаряда становить

$$v_k = (0,8 \dots 0,9)v_d,$$

де v_d - швидкість снаряда в момент вильоту його з каналу ствола (момент проходження дном снаряда дульного зрізу каналу ствола). Ця швидкість називається *дульною швидкістю снаряда*.

Протягом третього періоду порохові гази здійснюють більшу частину роботи (більш як 2/3 всієї роботи).

Під час горіння пороху в змінному об'ємі одночасно протікають два процеси:

- до заснарядного простору надходять порохові гази, утворені під час горіння пороху;
- прискорено зростає об'єм заснарядного простору внаслідок прискореного руху снаряда.

Спочатку, поки швидкість руху снаряда мала, вирішальний вплив має перший процес. Тиск у заснарядному просторі дедалі зростає.

Збільшення швидкості снаряда приводить до сповільнення наростання тиску. В момент, коли між дією першого і другого процесів устанавлюється рівновага, тиск досягає найбільшого значення p_m .

Потім набуває переваги другий процес, і тиск у за-
снарядному просторі зменшується. Наприкінці горіння по-
роху величина тиску досягає значення p_{κ} . Тиск p_m є найва-
жливішою характеристикою гармати.

Згідно з механікою рівняння руху снаряда має вигляд

$$\varphi q \frac{d v}{d t} = S p_{c n} (t) , \quad (6.28)$$

де φ - коефіцієнт пропорційності;

q - маса снаряда;

v - поточна швидкість снаряда;

t - поточний час;

S - площа поперечного перерізу каналу ствола з
урахуванням нарізів;

$p_{c n}$ - тиск порохових газів на дно снаряда.

З (6.28) виходить, що величина швидкості снаряда
дорівнює

$$v (t) = \frac{S}{\varphi q} \int_0^t p_{c n} (\tau) d \tau , \quad (6.29)$$

а прискорення дорівнює

$$\frac{d v}{d t} = \frac{S}{\varphi q} p_{c n} (t) . \quad (6.30)$$

З останнього виразу виходить, що оскільки величини
 S , φ , q – сталі, то прискорення снаряда лінійно залежить
від тиску $p_{c n}$ (або взагалі від балістичного тиску p).

Таким чином, при $p=p_m$ снаряд зазнає максимального
прискорення.

Величину p_m і відповідно $\frac{d v}{d t} max$ використовують

при таких розрахунках:

- інерційних механізмів підривачів;
- міцності корпусів снарядів і стінок каналу ствола;
- напружень у різних перерізах снаряда.

Термодинамічний період

Термодинамічний період – це період адіабатного розширення газів. Він починається з моменту кінця горіння порошу і закінчується в момент вильоту снаряда з каналу ствола.

Протягом цього періоду відбувається розширення сильно стиснених і нагрітих газів (без їх притоку) і подальше наростання швидкості снаряда.

Оскільки швидкість снаряда досягає високих значень, четвертий період дуже нетривалий ($t_{IV} = 0,003c$), його тривалість не набагато перевищує тривалість періоду форсування. Тому теплообміном порохових газів зі стінками ствола нехтують і вважають процес їх розширення адіабатним. Робота пороховими газами в цьому періоді здійснюється виключно за рахунок їх внутрішньої енергії, без надходження нових порцій теплоти (порох вже не горить).

Період післядії порохових газів

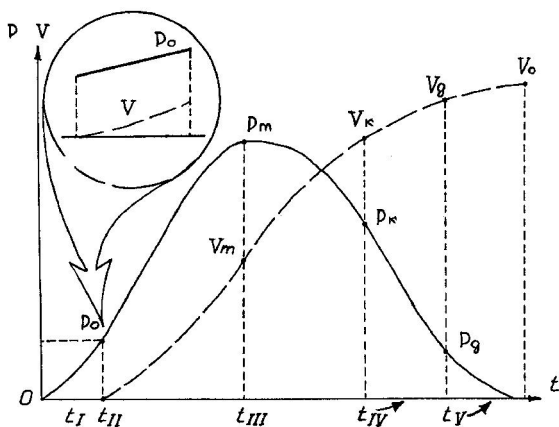


Рисунок 6.10 - Піродинамічні криві: п'ять періодів ЯП; період форсування

Цей період починається з моменту вильоту снаряда з каналу ствола до моменту припинення дії порохових газів на снаряд і ствол.

Після вильоту снаряда з каналу ствола починається процес витікання з нього порохових газів. Порохові гази, що витікають з каналу ствола з великою швидкістю за снарядом, продовжують ще деякий час діяти на його дно силою, і тому снаряд продовжує зазнавати деякого прискорення і після залишення ствола. Максимальної швидкості снаряд досягає внаслідок цього лише в момент припинення дії порохових газів на деякій відстані від дульного зрізу ствола. Ця максимальна швидкість $v_0 > v_d$ називається *початковою швидкістю* і є найважливішою характеристикою гармати.

Порохові гази в цьому періоді діють також на ствол, оскільки під час їх витікання виникає реактивна сила з напрямком, протилежним витіканню. Величина цієї сили стає нехтовно малою при падінні тиску у каналі ствола приблизно до 0,2 МПа. Час післядії порохових газів на ствол дещо більше часу післядії газів на снаряд.

На рис. 6.10 показані пірдинамічні криві артилерійської гармати з періодами ЯП.

6.3.2. Рівняння балансу енергії під час пострілу та його аналіз

Під час пострілу в процесі горіння бойового заряду утворюються порохові гази, що мають високу температуру і тиск. Перший закон термодинаміки для 1 кг маси порохових газів у інтегральній формі має такий вигляд:

$$q = U + A, \quad (6.31)$$

де q - калорійність пороху, $\frac{Дж}{кг}$;

U - поточна внутрішня (теплова) питома енергія, $\frac{Дж}{кг}$;

$\frac{Дж}{кг}$;

A - питома робота порохових газів, $\frac{Дж}{кг}$.

Помноживши ліву і праву частини (6.3.4) на масу $\omega\psi$ порохових газів, утворених на поточний момент, отримуємо

$$q\omega\psi - U\omega\psi = A\omega\psi . \quad (6.32)$$

З термодинаміки відомо, що

$$q = C_V T_o ; U = C'_V T , \quad (6.33)$$

де T_o - температура горіння пороху;
 T - поточна температура;
 C_V - теплоємність газів при температурі T_o ;
 C'_V - теплоємність газів при температурі T .

Права частина виразу (6.32) - $A\omega\psi = \sum_i E_i$ є сумарною витратою енергії порохових газів на виконання різних робіт.

Підставляючи значення з формули (6.33) і вираз $A\omega\psi = \sum_i E_i$ у вираз (6.320), отримуємо

$$C_V T_o \omega\psi - C'_V T \omega\psi = \sum_i E_i . \quad (6.34)$$

Рівняння (6.34) – це рівняння балансу енергії під час пострілу:

$C_V T_o \omega\psi$ - внутрішня енергія порохових газів у момент їх утворення (сумарна кількість теплоти від згорання бойового заряду);

$C'_V T \omega\psi$ - поточна внутрішня енергія порохових газів;

$\sum_i E_i$ - сумарний перехід внутрішньої енергії порохових газів на здійснення роботи розширення (механічної роботи) і на теплообмін. Величина $\sum_i E_i$ визначає перетворення енергії порохових газів у інші види енергії.

Хімічна енергія, що міститься у пороховому заряді, звільнюється під час горіння пороху і переходить у внут-

рішню (теплову) енергію, а також у потенційну енергію тиску порохових газів.

Величина останньої енергії залежить від маси заряду і сорту пороху.

На що витрачається енергія утворених порохових газів?

Будемо вважати, що права частина (6.34) налічує 9 доданків:

$$\sum_{i=1}^9 E_i = E_1 + E_2 + \dots + E_9. \quad (6.35)$$

Розглянемо ці доданки та їх фізичний зміст.

1. Енергія E_1 витрачається на роботу поступального руху снаряда у каналі ствола і дорівнює кінетичній енергії снаряда:

$$E_1 = \frac{qv^2}{2}, \quad (6.36)$$

де q - маса снаряда, кг;

v - швидкість поступального руху снаряда у

каналі ствола, м/с.

Робота поступального руху снаряда – це основна робота порохових газів (13,5 - 40% від сумарної кількості теплоти за рахунок згоряння бойового заряду).

2. Енергія E_2 витрачається на роботу обертального руху снаряда.

3. Енергія E_3 – на роботу тертя снаряда об нарізи ствола.

4. Енергія E_4 – на роботу руху порохових газів і пороху, що не згорів.

5. Енергія E_5 – на роботу руху відкотних частин.

6. Енергія E_6 – на нагрівання ствола, гільзи тощо.

7. Енергія E_7 – на роботу врізання ведучих поясків снаряда в нарізи ствола.

8. Енергія E_8 – на роботу порохових газів, що прориваються крізь зазори між снарядом і стволом.

9. Енергія E_9 – на роботу виштовхування стовпа повітря зі стволу гармати.

Вважатимемо, що другорядні роботи E_2, E_3, E_4, E_5 пропорційні основній роботі:

$$E_2 = k_2 \frac{qv^2}{2}; \quad E_3 = k_3 \frac{qv^2}{2}; \quad E_4 = k_4 \frac{qv^2}{2}; \quad E_5 = k_5 \frac{qv^2}{2},$$

де k_2, k_3, k_4, k_5 – коефіцієнти пропорційності.

Роботи (енергії) E_6, E_7, E_8, E_9 – малі порівняно з попередніми роботами, і тому ними нехтують.

Тоді

$$\sum_{i=1}^9 E_i \approx \sum_{i=1}^5 E_i = \frac{qv^2}{2} + k_2 \frac{qv^2}{2} + \dots + k_5 \frac{qv^2}{2} = (1 + k_2 + \dots + k_5) \frac{qv^2}{2}. \quad (6.37)$$

Позначивши дужку в правій частині (6.37), отримаємо

$$\varphi = 1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5, \quad (6.38)$$

І, назвавши її *коефіцієнтом урахування другорядних робіт* (коефіцієнтом фіктивності маси), одержимо

$$\sum_{i=1}^9 E_i = \varphi \frac{qv^2}{2}. \quad (6.39)$$

З урахуванням останнього виразу рівняння енергетичного балансу набуває остаточного вигляду:

$$C_V T_o \omega \psi - C_V' T \omega \psi = \varphi \frac{qv^2}{2}. \quad (6.40)$$

Фізичний зміст коефіцієнта фіктивності маси φ : він дозволяє, нібито проігнорувавши другорядні роботи E_2, E_3, E_4, E_5 , вважати, що снаряд виконує лише основну роботу E_1 поступального руху, але при цьому маса снаряда – не дорівнює q , а дещо збільшена, фіктивна φq . Для з'ясування величини φ потрібно зауважити, що другорядні роботи становлять 15% від основних для гармат, і 8% - для гаубиць.

Професор Слухоцький В.Є. для розрахунку коефіцієнта фіктивності маси запропонував формулу

$$\varphi = K_\varphi + b \frac{\omega}{q}, \quad (6.41)$$

де $K_\varphi = 1 + k_2 + k_3 + k_5$ – коефіцієнт, що враховує всі другорядні роботи, крім E_4 ;

$b = \frac{1}{3}$ – коефіцієнт пропорційності;

ω - маса порохового заряду;

q - маса снаряда.

У внутрішньобалістичних розрахунках беруть:

$K_\varphi = 1,06$ – для гаубиць;

$K_\varphi = 1,04 - 1,05$ – для гармат середньої потужності ($v_0 < 900$ м/с);

$K_\varphi = 1,03$ – для пушок великої потужності, довжина ствола яких більша за 45 калібрів.

Проаналізуємо рівняння енергетичного балансу (6.40).

Оскільки процес пострілу – нетривалий (миттєвий), а охолодження газів відбувається лише у 4-му періоді ($t_{IV} = 0,003$ с), то можна вважати, що температура T_0 і T – величини одного порядку, а питомі теплоємності $C_V = C'_V$.

З урахуванням того, що

$$C_V = \frac{R}{(k-1)\mu},$$

де k - показник адіабати;

$\Theta = k - 1$ - параметр розширення газів, рівняння

(6.40) набуває вигляду

$$\frac{R}{(k-1)\mu}(T_o - T)\omega\psi = \varphi \frac{qv^2}{2}, \quad (6.42)$$

або

$$\frac{RT_o}{\Theta\mu}\left(1 - \frac{T}{T_o}\right)\omega\psi = \varphi \frac{qv^2}{2}. \quad (6.43)$$

Відомо, що $\frac{RT_o}{\mu} = f$ - сила пороху, і тоді

$$\frac{f}{\Theta}\left(1 - \frac{T}{T_o}\right)\omega\psi = \varphi \frac{qv^2}{2}. \quad (6.44)$$

Рівняння (6.44) є однією з форм запису основного рівняння ЯП - рівняння енергетичного балансу (6.40). З цього рівняння зручно визначити величину максимальної теоретично можливої роботи порохів газів при температурі T_o .

Для її виконання порох має згоріти повністю ($\psi = 1$), а газів повинні охолотитися до $T = 0$.

Рівняння (6.44) набуває вигляду

$$\frac{f\omega}{\Theta} = \frac{\varphi q v_{ep}^2}{2}, \quad (6.45)$$

де $\frac{f\omega}{\Theta}$ - повний запас енергії ω кг порохів газів;

v_{ep} - гранична (максимальна теоретично можлива) швидкість снаряда;

$$\frac{\varphi q v_{z p}^2}{2} - \text{максимальна робота газів.}$$

Таким чином, під час виконання максимальної теоретично можливої роботи пороховими газами можна було б отримати граничну швидкість снаряда v_{zp} , що становить

$$v_{zp} = (14000 - 5000) \text{ м/с.}$$

Але ця величина є суто теоретичною, оскільки на практиці, за третім принципом термодинаміки, газу неможливо охолодити до $T=0$.

6.3.3. Основні енергетичні характеристики пострілу

З термодинаміки відомо, що термічний коефіцієнт корисної дії (ККД) теплової машини має таким виглядом:

$$\eta_T = 1 - \frac{T}{T_o} \quad (6.46)$$

Тому в рівнянні (6.44) множник $(1 - \frac{T}{T_o})$ є *термічним*

ККД гармати як теплової машини у поточний момент пострілу.

Наприкінці пострілу, коли снаряд залишає ствол, його швидкість дорівнює дульній швидкості ($v = v_d$), температура порохових газів зменшується до *дульної температури* ($T = T_d$), порох згоряє повністю ($\psi = 1$).

Тоді рівняння енергетичного балансу на даний момент має вигляд

$$\frac{f}{\Theta} \left(1 - \frac{T_d}{T_o} \right) \omega = \frac{\varphi q v_d^2}{2}$$

або

$$\frac{f}{\Theta} \eta_T \omega = \frac{\varphi q v_d^2}{2}, \quad (6.47)$$

де $\eta_T = 1 - \frac{T_\partial}{T_o}$ - термічний ККД гармати.

Виразимо останній з рівняння (6.47):

$$\eta_T = \frac{\varphi q v_\partial^2 \Theta}{2 f \omega} . \quad (6.48)$$

Останній вираз перепишемо у вигляді

$$\eta_T = \frac{v_\partial^2}{2 f \omega} \cdot \varphi q \Theta . \quad (6.48')$$

Але з рівняння (6.45) виходить, що

$$v_{zp}^2 = \frac{2 f \omega}{\varphi q \Theta} . \quad (6.49)$$

З (6.49) можна зробити висновок: *граничну, а отже і початкову швидкість снаряда можна збільшувати за рахунок збільшення сили пороху f та його маси ω , а також зменшення маси снаряда q і коефіцієнта фіктивності маси φ .*

Порівнюючи вирази (6.48) і (6.49), неважко помітити, що

$$\eta_T = \frac{v_\partial^2}{v_{zp}^2} . \quad (6.50)$$

Рівняння (6.50) – остаточний вираз для термічного ККД гармати.

Приклад 1. Нехай $v_\partial = 1000$ м/с, $v_{zp} = 5000$ м/с.
Знайти термічний ККД гармати.

Розв'язання

$$\eta_T = \frac{1000^2}{5000^2} = 0,2^2 = 0,04 .$$

Відповідь: $\eta_T = 0,04 (4\%)$.

Наступною енергетичною характеристикою пострілу (гармати) є *коефіцієнт корисної дії гармати (заряду)*.

Під ККД гармати (заряду) розуміють відношення дульної кінетичної енергії снаряда до повної потенційної енергії порохівих газів:

$$\eta_\delta = \frac{\frac{q v_\delta^2}{2}}{f \omega} = \frac{q v_\delta^2 \Theta}{2 f \omega} . \quad (6.51)$$

При цьому коефіцієнт фіктивності маси приймають $\varphi = 1$.

Приклад 2. Вирахувати ККД 122-мм СГ 2С1 під час стрільби кумулятивним снарядом з масою $q = 18,2$ кг, якщо маса бойового заряду $\omega = 3,8$ кг, дульна швидкість $v_\delta = 723$ м/с, сила пороху $f = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$; показник адіабати $k = 1,2$.

Розв'язання

$$\eta_\delta = \frac{q v_\delta^2}{2 f \omega} = \frac{18,2 \cdot 723^2 \cdot 0,2}{2 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 3,8} = 0,314 .$$

Відповідь: $\eta_\delta = 31,4\%$.

Дульний ККД сучасних артилерійських гармат становить 0,25 - 0,4.

Крім названих коефіцієнтів, до енергетичних характеристик пострілу (гармати) належить також *коефіцієнт використання одиниці маси заряду*:

$$\eta_{\omega} = \frac{q v_{\delta}^2}{\omega} = \frac{q v_{\delta}^2}{2 \omega} \left[\frac{T \cdot M}{\text{кг}} \right]. \quad (6.52)$$

Фізичний зміст цього коефіцієнта: він є кількістю дульної енергії, отриманої при згорянні 1 кг пороху (одиниці маси заряду).

Для гармат середньої потужності

$$\eta_{\omega} = 120 - 140 \frac{T \cdot M}{\text{кг}}.$$

Для гаубиць на повних зарядах

$$\eta_{\omega} = 150 - 160 \frac{T \cdot M}{\text{кг}}.$$

Для гармат великої потужності

$$\eta_{\omega} = 90 \frac{T \cdot M}{\text{кг}}.$$

З наведених даних бачимо, що величина η_{ω} для потужних гармат – найменша. Це пояснюється тим, що для збільшення початкової (дульної) швидкості снаряда потрібно збільшувати відносну масу заряду $\frac{\omega}{q}$ ($\frac{\omega}{q} \approx 1$ і більше).

У зв'язку зі зростанням ω збільшується й відносна робота, яку виконують порохові гази на власне переміщення і на переміщення незгорілого заряду (робота E_4). При цьому відносна корисна робота зменшується, і зменшується ККД гармати ($\eta_{\delta} = 0,19 - 0,2$ для потужних гармат).

Коефіцієнт використання одиниці маси заряду η_{ω} використовується в балістичних розрахунках гармати при наближеному визначенні маси заряду ω потрібної для отримання необхідної дульної швидкості снаряда v_{δ} .

6.3.4. Основне рівняння піродинаміки та його фізичний зміст

Використаємо для порохових газів, що утворилися під час згоряння 1 кг пороху, рівняння стану Ван-дер-Ваальса:

$$p(V_1 - \alpha) = \frac{R}{\mu} T. \quad (6.53)$$

Для поточного моменту пострілу, коли кількість газів дорівнює $\omega\psi$, отримаємо інтегральну форму рівняння стану газів (рівняння Менделєєва-Клапейрона):

$$p(V_1 - \alpha)\omega\psi = \frac{R}{\mu} T\omega\psi. \quad (6.54)$$

Гази на цей момент займають об'єм W заснарядного простору. Отже,

$$(V_1 - \alpha)\omega\psi = W, \quad (6.55)$$

і рівняння (6.54) запишемо у вигляді

$$pW = \frac{R}{\mu} T\omega\psi. \quad (6.56)$$

Об'єм заснарядного простору можна подати у такій формі:

$$W = W_\psi + Sl, \quad (6.57)$$

де W_ψ - поточне значення вільного об'єму зарядної камери;

S - площа поперечного перерізу каналу ствола;

l - шлях, пройдений снарядом.

Отже,

$$W = Sl_\psi + Sl = S(l_\psi + l), \quad (6.57)$$

де l_{ψ} - довжина вільного об'єму камори на даний момент часу.

Підставимо значення W з формули (6.58) у формулу (6.56):

$$pS(l_{\psi} + l) = \frac{R}{\mu} T \omega \psi. \quad (6.59)$$

Рівняння (6.42) запишемо у вигляді

$$\frac{R T_o \omega \psi}{(k - 1) \mu} - \frac{R T \omega \psi}{(k - 1) \mu} = \frac{\varphi q v^2}{2}$$

або

$$\frac{f \omega \psi}{\Theta} - \frac{R T \omega \psi}{\Theta \mu} = \frac{\varphi q v^2}{2}. \quad (6.60)$$

Ураховуючи (6.59) і (6.60), отримуємо

$$\frac{f \omega \psi}{\Theta} - \frac{p S (l_{\psi} + l)}{\Theta} = \frac{\varphi q v^2}{2}$$

або остаточно

$$\frac{p S (l_{\psi} + l)}{\Theta} = \frac{f \omega \psi}{\Theta} - \frac{\varphi q v^2}{2}. \quad (6.61)$$

Рівняння (6.61) є *основним рівнянням піродинаміки*. Воно виражає закон збереження енергії під час пострілу і записане для поточного моменту часу, коли згорить ψ -та частка заряду, а снаряд, пройшовши у каналі ствола шлях l , набере швидкості v .

Права частина рівняння (6.61) – це різниця теплової енергії утворених газів до їх розширення (до початку термодинамічного періоду ЯП) і механічної роботи, що її виконують гази на даний момент часу.

Ліва частина рівняння (6.61) – внутрішня (теплова) енергія утворених газів у процесі виконання роботи.

Добуток $f\omega\psi$ – працездатність згорілої частини заряду.

Основне рівняння піродинаміки встановлює залежність тиску порохових газів і швидкості снаряда від шляху, що його проходить снаряд у каналі ствола.

Сталі величини рівняння (6.61):

S - площа поперечного перерізу каналу ствола;

Θ - параметр розширення газів;

ω - маса початкового порохового заряду;

φ - коефіцієнт фіктивності маси;

q - маса снаряда;

f - сила пороху.

Змінні величини рівняння (6.61):

p - тиск порохових газів;

l_ψ - довжина вільного об'єму камери;

l - шлях снаряда;

v - швидкість снаряда;

ψ - відносна маса згорілого пороху.

Графіки рис. 6.11 за рівнянням (6.61) називаються *піродинамічними кривими*.

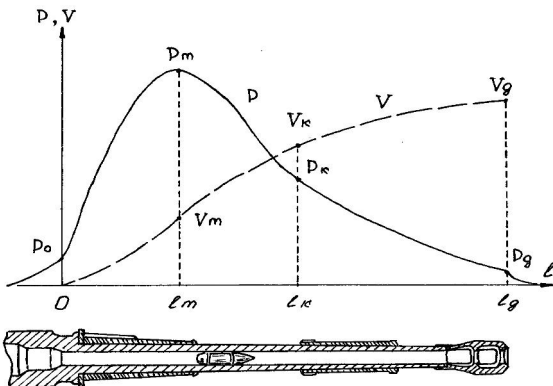


Рисунок 6.11 - Піродинамічні криві: $p = p(l)$; $v = v(l)$

6.3.5. Залежність між тисками газів на дно снаряда і на дно каналу ствола

Під час руху снаряда по каналу ствола тиск газів у різних точках заснарядного простору в кожний даний момент часу неоднаковий. Це зумовлено рухом порохових газів і незгорілих зерен пороху. Так, тиск газів на дно каналу ствола $p_{\text{дн}}$ – більший за тиск на дно снаряда $p_{\text{сн}}$. В той же час у рівнянні піродинаміки (6.61) використовується середнє значення тиску p , що називається *балістичним тиском*. Балістичний тиск – це умовний тиск газів, під дією якого снаряду фіктивної маси φq надається така сама відносна швидкість, що і реальному снаряду з масою q .

Зв'язок між тисками на дно снаряда $p_{\text{сн}}$, дно каналу ствола $p_{\text{дн}}$ і балістичним тиском p виражається такими формулами:

$$p_{\text{сн}} = \frac{1,02}{\varphi} p \quad (6.62)$$

$$p_{\text{дн}} = \frac{1,02}{\varphi} \left(1 + \lambda_1 \frac{\omega}{q}\right) p \quad (6.63)$$

або

$$p_{\text{дн}} = \left(1 + \lambda_1 \frac{\omega}{q}\right) p_{\text{сн}} \quad (6.63')$$

де
$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \frac{\lambda_{\text{д}} + \frac{1}{\chi}}{\lambda_{\text{д}} + 1};$$

$$\lambda_{\text{д}} = \frac{l_{\text{д}}}{l_{\text{о}}} - \text{відносний повний шлях снаряда}$$

у каналі ствола;

ω, q - маси заряду і снаряда;

φ - коефіцієнт фіктивності маси;

1,02 - коефіцієнт урахування нарізів ствола;

χ - коефіцієнт розширення зарядної камори.

6.4. Пряма основна задача внутрішньої балістики та її розв'язування

6.4.1. Система рівнянь внутрішньої балістики

Пряма основна задача внутрішньої балістики (ПОЗВБ) формулюється таким чином:

Відомі всі дані стововно конструкції снаряда, бойового заряду і ствола.

Потрібно знайти:

1. Швидкість снаряда v у каналі ствола.
2. Шлях снаряда у стволі l .
3. Середньобалістичний тиск p порохових газів.
4. Згорілу частину заряду ψ .
5. Час руху снаряда.

Розв'язування ПОЗВБ здійснюється за таких припущень:

1. Горіння пороху відбувається за геометричним законом.

2. Залежність $u = f(p)$ – лінійна, згідно з формулою Дроздова.

3. Склад порохових газів – сталий ($k=const$, $\Theta=const$) для третього та четвертого періодів ЯП.

4. Теплопередача від газів до стінок ствола – відсутня.

5. Продукти горіння розподілені у заснарядному просторі рівномірно.

6. Вплив запалювача не враховується.

7. Другорядні роботи – пропорційні основній роботі й ураховуються за допомогою коефіцієнта фіктивності маси.

8. Усі чинники, що діють у періоді форсування, враховуються тиском форсування p_o .

Під час розв'язування ПОЗВБ зовсім не враховуються другий і п'ятий періоди ЯП. З усіх процесів пострілу роз-

глядаються лише 4 основні: горіння пороху, газоутворення, розширення газів; поступальний рух снаряда.

Розв'язування ПОЗВБ – формалізоване у розв'язуванні системи рівнянь внутрішньої балістики. Ця система складається з семи рівнянь, які враховують основні процеси ЯП.

Розглянемо ці рівняння:

процес горіння пороху

$$\text{I} \quad u = u_1 p ;$$

$$\text{II} \quad \frac{de}{dt} = u ;$$

процес газоутворення

$$\text{III} \quad \frac{d\psi}{dt} = \frac{S_1}{\lambda_1} \frac{S}{S_1} u_1 p ;$$

процес розширення порохових газів (основне рівняння піродинаміки)

$$\text{IV} \quad pS(l_\psi + l) = f\omega\psi - \frac{\Theta \varphi q v^2}{2} ;$$

процес поступального руху снаряда

$$\text{V} \quad \varphi q \frac{dv}{dt} = Sp_{cn}(t) ;$$

$$\text{VI} \quad \frac{dl}{dt} = v ;$$

зведена довжина вільного об'єму зарядної камери:

$$\text{VII} \quad l_\psi = l_o \left(1 - \frac{\Delta}{\delta} (1 - \psi) - \alpha \Delta \psi \right) .$$

Розв'язування ПОЗВБ є, по суті, розв'язування системи рівнянь I...VII, яку попередньо потрібно привести до вигляду, зручного для інтегрування. З цією метою замість шляху снаряда l беруть відносний шлях λ :

$$\lambda = \frac{l}{l_0}. \quad (6.64)$$

Крім того, ряд параметрів внутрішньої балістики об'єднують у складний параметр B , який називається *параметром умов заряджання* професора Дроздова М.Ф.:

$$B = \frac{S^2 I_k^2}{f \omega \varphi q}, \quad (6.65)$$

де S - площа поперечного перерізу каналу ствола;

f - сила пороху;

ω - маса порохового заряду;

q - маса снаряда;

φ - коефіцієнт фіктивності маси;

I_k - кінцевий імпульс тиску порохових газів.

$$I_k = \int_0^{t_k} p dt = \frac{2e_1}{2u_1}. \quad (6.66)$$

З формули (6.66) виходить, що кінцевий імпульс I_k залежить від ТШГ, а також від сорту пороху і початкової його температури.

Точний аналітичний розв'язок ПОЗВБ уперше був отриманий Дроздовим М.Ф. у 1903 році.

Наближений аналітичний метод розв'язування ПОЗВБ запропонував професор Слухоцький В.Є.

Найбільш поширеним на практиці є табличний метод розв'язування ПОЗВБ з використанням таблиць ГАУ, складених на основі методу чисельного інтегрування рів-

нянь внутрішньої балістики професорами Єрмолаєвим С.І. та Слухоцьким В.Є. у 1942 році.

6.4.2. Табличний метод розв'язування прямої та оберненої задачі внутрішньої балістики

Під час розв'язування прямої та оберненої задач внутрішньої балістики широко застосовується табличний метод з використанням таблиць внутрішньої балістики (ТВБ), або таблиць ГАУ.

Усі піродинамічні елементи в цих таблицях залежать від:

- відносного шляху снаряда λ ;
- параметра умов заряджання B ;
- густини заряджання Δ .

Ці дані є вхідними параметрами ТВБ.

При цьому вважаються сталими:

$$\text{сила пороху } f = 950000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} ;$$

$$\text{питомий кваліфікаційний порохівих газів } \alpha = 1,0 \frac{\text{дм}^3}{\text{кг}} ;$$

$$\text{густина пороху } \delta = 1,6 \frac{\text{кг}}{\text{дм}^3} ;$$

$$\text{параметр розширення } \Theta = 0,2 ;$$

$$\text{тиск форсування } p_o = 30 \text{ МПа.}$$

За допомогою ТВБ можна визначити значення тиску, швидкості й часу руху снаряда по каналу ствола, побудувати відповідні графіки піродинамічних кривих.

З метою зменшення кількості вхідних параметрів до трьох (λ, B, Δ) в таблицях даються не реальні величини швидкості й часу, а їх табличні значення $v_{\text{табл}}$ і $t_{\text{табл}}$, причому

$$v = \sqrt{\frac{\omega}{\varphi q}} \cdot v_{табл}, \quad (6.67)$$

$$t = l_o \sqrt{\frac{\varphi q}{\omega}} \cdot t_{табл} \cdot 10^{-6}. \quad (6.68)$$

Таблиці ГАУ складаються з 4 частин:

частина I – “Тиск”;

частина II – “Швидкість”;

частина III – “Час”;

частина IV – “Таблиці балістичного розрахунку”.

ПОЗВБ вирішується за допомогою перших трьох частин. Обернена задача вирішується за допомогою частини IV.

У таблицях тиски наведені в $\text{кгс}/\text{см}^2$, швидкості – в $\text{м}/\text{с}$, часу – в 10^{-6} с . Величини l, l_o, l_k , беруться в дм .

Значення $p, v_{табл}$, і $t_{табл}$ наведені для значення аргументу λ зі змінним кроком у межах від $\lambda = 0,1$ до $\lambda = 20$.

Значення Δ наведені у межах від $\Delta = 0,05 \text{ кг}/\text{дм}^3$ до $\Delta = 0,95 \text{ кг}/\text{дм}^3$ через $0,01 \text{ кг}/\text{дм}^3$.

Параметр умов заряджання B змінюється від $0,0$ до $4,0$ з кроком $0,1$. При зменшенні B значення p_m – збільшується.

В I-III частинах ТВБ внизу таблиць даються точні значення λ_k і λ_m , що відповідають певним значенням Δ і B : λ_k – відносний шлях снаряда до моменту кінця горіння пороху; λ_m – відносний шлях снаряда до моменту досягнення максимального тиску пороховими газами.

Значенням λ_k і λ_m відповідають величини $p_k, p_m; v_{к абл}, v_{т абл}; t_{к абл}, t_{т абл}$ – у відповідних частинах таблиць.

Будова I-III частин ТВБ – однакова.

У таблицях чорною рисою відмічений інтервал, у якому лежать максимальні значення тисків, а жирною рисою – інтервал, що визначає кінець горіння заряду.

Побудова піродинамічних кривих за таблицями внутрішньої балістики

Побудова кривих тиску, швидкості й часу руху снаряда.

А. Записуються вихідні дані з настанови служби на гармату:

3. Калібр гармати d (дм).
2. Об'єм зарядної камери W_o (дм³).
3. Довжина прямої частини ствола l_o (дм).
4. Максимальний тиск порохових газів p_m (кГс/см²).
5. Маса снаряда q (кг).
6. Маса заряду ω (кг).

Б. Визначають вхідні параметри у ТВБ:

3. Густина заряджання $\Delta = \frac{\omega}{W_o}$.

2. Параметр умов заряджання B . Цей параметр визначають за частиною I ТВБ “Тиск”, знаючи Δ і p_m .

3. Відносний повний шлях снаряда по каналу ствола визначають за формулою

$$\lambda_o = \frac{l_o}{l_o}, \quad (6.69)$$

де $l_o = \frac{W_o}{S}$;

$$S = \frac{\pi d^2}{4} + a t n \quad \text{або} \quad S = n_s d^2 .$$

З ТВБ частини I-III інтерполяцією за вхідними параметрами Δ , B і λ визначаємо значення p , $v_{табл}$ і $t_{табл}$, що відповідають значенням λ в межах від 0 до λ_o .

З метою зручності побудови піродинамічних кривих доцільно знайдені значення тиску, швидкості й часу записувати до спеціальних допоміжних таблиць.

Знаючи величини $v_{табл}$ і $t_{табл}$, вираховують реальні значення швидкості й часу за формулами (6.67) і (6.68).

Потім в обраному масштабі будують графіки:

$$p = f(\lambda); v = f(\lambda); t = f(\lambda).$$

На осі абсцис можна вказувати відповідні величини реального шляху, пройденого снарядом у каналі ствола:

$$l = l_0 \lambda.$$

Приклад. Нехай дана 85 мм гармата Д - 85, у якої:

$$\begin{aligned} d &= 0,85 \text{ дм}; \\ W_0 &= 7,987 \text{ дм}^3; \\ l_0 &= 49,00 \text{ дм}; \\ p_m &= 3100 \text{ кгс/см}^2; \\ q &= 9,3 \text{ кг}; \\ \omega &= 5,36 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Визначити величину дульної швидкості снаряда; побудувати криві тиску, швидкості і часу.

Розв'язання:

1. Обчислення дульної швидкості

1. Знаходимо густину заряджання (перший вхідний параметр ТВБ):

$$\Delta = \frac{\omega}{W_0} = \frac{5,36}{7,987} = 0,67.$$

2. Знаходимо величину параметра B (другий вхідний параметр до ТВБ).

За ТВБ Частина I “Тиск” (с. 267) – для $\Delta = 0,67$ і $p_m = 3100$ у найнижчому рядку сторінки (p_m) знаходимо два числа, близькі до заданого значення p_m : 3244 і 3066, і відповідні до них значення B .

Складаємо таблицю.

$$\Delta = 0,67$$

B	1,7	?	1,8
p_m	3244	3100	3066

Інтерполяцією визначаємо шукане значення B :

$$3244 - 3066 = 178$$

$$3244 - 3100 = 144$$

$$178 / 0,1$$

$$144 / x \quad x = \frac{144 \cdot 0,1}{178} \approx 0,08$$

$$B = 1,7 + 0,08 = 1,78.$$

3. Знаходимо третій вхідний параметр до таблиць – λ .
З цією метою

$$а) \quad S = \frac{\pi d^2}{4} + a t n ,$$

де $d = 0,85$ дм - калібр;

$a = 0,05$ дм - ширина нарізів;

$t = 0,0135$ дм - глибина нарізів;

$n = 32$ - число нарізів.

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,85^2}{4} + 0,05 \cdot 0,0135 \cdot 32 = 0,5887 \text{ дм}^2.$$

$$б) \quad l_o = \frac{W_o}{S} = \frac{7,987}{0,5887} = 13,584 \text{ дм};$$

$$\lambda_o = \frac{l_o}{l} = \frac{49,00}{13,584} = 3,614 .$$

4. Знаходимо табличне значення дульної швидкості.

За вхідними параметрами: $\Delta = 0,67$; $B = 1,78$; $\lambda = 3,614$ знаходимо (с. 251 ТВБ Частина II “Швидкість”) і виписуємо значення табличних швидкостей.

Швидкості $\Delta = 0,67$

$\lambda \backslash B$	1,7	1,78	1,8
3,500	1532		1506
3,614	1544	1524	1519
4,00	1587		1563

За допомогою інтерполяції спочатку за параметрами $B_1 = 1,7$; $B_2 = 1,8$ знаходимо табличні дульні швидкості сна-

ряда для $\lambda_0 = 3,614$ (числа підкреслені), а потім, повторюючи інтерполяцію, знаходимо для $B = 1,78$ остаточне значення $v_{\partial \text{ табл}}$ (число жирним шрифтом).

5. Знаходимо реальну дульну швидкість снаряда.

Спочатку за формулою Слухоцького визначаємо коефіцієнт фіктивності маси:

$$\varphi = K_{\varphi} + \frac{1}{3} \frac{\omega}{q} = 1,03 + \frac{1}{3} \frac{5,36}{9,3} = 1,22,$$

а потім знаходимо

$$v_{\partial} = v_{\partial \text{ табл}} \cdot \sqrt{\frac{\omega}{\varphi q}} = 1524 \cdot \sqrt{\frac{5,36}{1,22 \cdot 9,3}} = 1524 \cdot 0,6848 = 1043 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

II. Побудова кривої тисків

1. Зі с. 267 Частини I "Тиск" за вхідними даними $\Delta = 0,67$, $B_1 = 1,7$; $B_2 = 1,8$ для відносних шляхів снаряда від 0 до 4,00 випикуємо значення тисків до першого та третього рядків табл. 1.

Таблиця 1 - Тиск, $\Delta = 0,67$

λ \ B	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,614	4,0
1,7	300	2517	3106	3424	3193	3060	2680	2254	1789	1469	1242	1203	1072
1,78	300	2423	2975	3100	3050	2931	2562	2226	1806	1483	1253	1214	1082
1,8	300	2399	2942	3065	3015	2897	2533	2219	1810	1486	1256	1217	1084

Таблиця 2 – Швидкості, $\Delta = 0,67$

λ \ B	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,614	4,0
1,7	320	521	677	803	913	1121	1271	1379	1464	1532	1544	1587
1,78	314	511	663	786	893	1099	1245	1355	1443	1511	1524	
v	215	350	454	538	611	769	852	928	988	1035	1043	
1,8	313	509	660	782	888	1093	1238	1349	1436	1506	1519	1563

Таблиця 3 - Час руху снаряда, $\Delta = 0,67$

λ \ B	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,614	4,0
1,7	197	247	280	307	330	377	419	457	492	525	532	556
1,78	199	250	283	311	334	383	425	464	499	536	541	
τ	3951	4963	5618	6157	6630	7603	8437	9210	9906	10640	10770	
1,8	200	251	284	312	335	384	427	466	501	538	545	567

За допомогою інтерполяції знаходимо величини тисків для $B=1,78$ і записуємо до рядка 2 табл. 1.

2. Будуємо криву тисків (рис. 6.12).

III. Побудова кривої швидкостей снаряда

Зі с. 251 Частини II "Швидкість" виписуємо табличні значення швидкостей (рядки 1 і 4 табл. 2); інтерполюючи, знаходимо табличні величини швидкостей снаряда для $B = 1,78$ (рядок 2).

За формулою

$$v_{\text{ль}} = v_{\text{табл}} \cdot \sqrt{\frac{\omega}{\phi q}} = v_{\text{табл}} \cdot \sqrt{\frac{5,36}{1,22 \cdot 9,3}} = 0,6848 \cdot v_{\text{табл}}$$

вираховуємо реальні значення швидкості снаряда і записуємо її до рядка 3 табл. 2.

Значення v використовуємо для побудови кривої швидкості снаряда (рис. 6.12).

IV. Побудова кривої часу руху снаряда

Зі с. 254 Частини III "Час" записуємо табличні значення часу до табл. 3 (рядки 1; 4).

За допомогою інтерполяції знаходимо їх значення для $B = 1,78$ (рядок 2).

Обчислення реального часу здійснюємо за формулою

$$\tau = l_{\text{о}} t_{\text{табл}} \cdot \sqrt{\frac{\phi q}{\omega}} \cdot 10^{-6} = t_{\text{табл}} \cdot 13,584 \cdot \sqrt{\frac{1,22 \cdot 9,3}{5,36}} \cdot 10^{-6} = 19,86 \cdot 10^{-6} \cdot t_{\text{табл}}$$

Зазначенням τ (рядок 3 табл. 3) будемо криву часу руху снаряда.

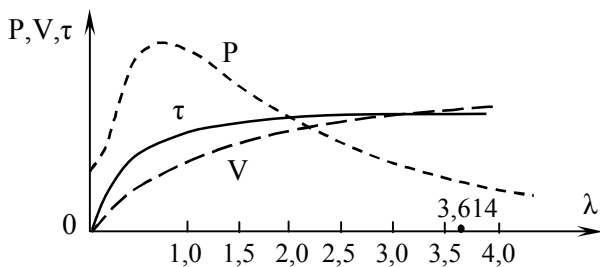


Рисунок 6.12 - Одержані піродинамічні криві

6.5. Питання для повторення

1. Що визначає внутрішня балістика?
2. Назвіть стадії явища пострілу і дайте їм характеристику.
3. Назвіть фізико-хімічні характеристики порохів.
4. Назвіть фази процесу горіння порохів і дайте їм характеристику.
5. Від яких чинників залежить швидкість горіння пороху?
6. Які процеси охоплює явище пострілу?
7. На які види робіт витрачається хімічна енергія пороху?

Розділ 7. Теоретичні основи конструкції гармат

7.1. Стволи та затвори гармат: елементи теорії

7.1.1. Характеристика сил, що діють на ствол під час пострілу

Ствол гармати призначений для надання снаряду поступального руху з певною початковою швидкістю в певному напрямку, а також для надання снаряду обертального руху з метою його стабілізації у польоті.

Під час пострілу на ствол діє ряд сил, які можуть зруйнувати останній разом зі з'єднаними з ним елементами конструкції гармати та спричиняють переміщення ствола, тобто здійснюють *відкот*. Знання цих сил необхідне для визначення їх дії на гармату в цілому, для розрахунку ствола на міцність, а також для визначення величини і швидкості відкоту.

Сили, що діють на ствол під час пострілу, можна поділити на дві групи: внутрішні та зовнішні сили.

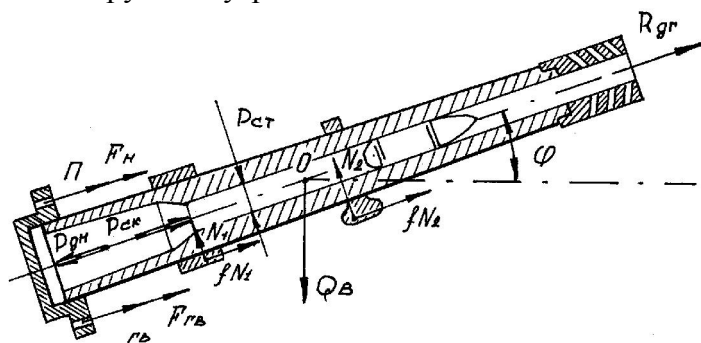


Рисунок 7.1 - Сили, що діють на ствол гармати під час пострілу

До *внутрішніх сил* належать: сили тиску порохових газів; сили взаємодії снаряда зі стволом.

До *зовнішніх сил* належать: сили, що діють з боку люльки, протівідкотних пристроїв (ПВП) і дульного гальма (ДГ); сили інерції, що виникають внаслідок прискореного відкотного руху ствола.

Названі сили подані на рис. 7.1, розглянемо їх сутність.

Сили тиску порохових газів

Сили тиску порохових газів виникають за рахунок балістичного тиску у заснарядному просторі під час пострілу. Відомо, що цей тиск змінюється у часі. Отже, у часі, природно, змінюються і названі сили, до яких належать такі:

1. *Сила тиску порохових газів на дно камори, утворене клином або поршнем затвора:*

$$P_{\text{дн}} = p_{\text{дн}} \frac{\pi D_{\text{к}}^2}{4}, \quad (7.1)$$

де $p_{\text{дн}}$ - тиск порохових газів на дно камори;
 $D_{\text{к}}$ - діаметр дна камори.

Сила $P_{\text{дн}}$ навантажує деталі затвора і казенника, створює відкот ствола при пострілі. Величина її – значна, і у сучасних гармат середнього калібру вона досягає кількох тисяч кілоньютонів.

2. *Сила тиску порохових газів на конічні скати камор*
ри

$$P_{\text{ск}} = p_{\text{дн}} \left(\frac{\pi D_{\text{к}}^2}{4} - S \right), \quad (7.2)$$

де S - площа поперечного перерізу каналу ствола.

Формула (7.2) подає цю силу як добуток тиску газів на площу проекції конічних стінок камори на площину,

перпендикулярну до осі каналу ствола. З урахуванням нарізів:

$$S = n_s d^2,$$

і тоді остаточно названа сила може бути виражена формулою

$$P_{ск} = p_{он} \left(\frac{\pi D_{\kappa}^2}{4} - n_s d^2 \right). \quad (7.3)$$

Оскільки камора має конусність, спрямовану вперед від казенника, то сила $P_{ск}$ має такий самий напрямок, і тому вона протидіє силі $P_{он}$ у створенні відкоту.

3. Сила тиску порохових газів на стінки ствола $P_{см}$ (рис. 7.2).

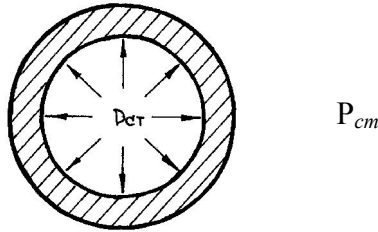


Рисунок 7.2 - Сила тиску газів на стінки ствола

Вона ніяк не впливає на відкот, але навантажує стінки ствола і може їх деформувати. Сила $P_{см}$ урахується при розрахунках ствола на міцність. Оскільки тиск газів і сила $P_{см}$ у процесі пострілу і переміщення снаряда по каналу ствола змінюються, то доцільно конструювати стінки ствола змінної довжини вздовж поздовжньої осі каналу: найбільшу товщину робити біля казенника і найменшу – біля дульного зрізу.

Сили взаємодії снаряда зі стволом

У процесі пострілу снаряд, рухаючись по каналу ствола, взаємодіє з останнім. Внаслідок цього виникають такі сили:

1. *Сила тиску ведучого пояска на стінки ствола.* Вона досягає найбільшого значення в момент врізання пояска в нарізи, після чого вона зменшується. Вона виникає внаслідок того, що діаметр ведучого пояска з міркувань обтюрації порохових газів стає дещо більшим, ніж діаметр каналу ствола по полях нарізів, і при зрушенні снаряда відбувається обтискування пояска, яке породжує силу тиску останнього на стінки ствола. Ця сила суттєво впливає на спрацювання каналу ствола.

2. *Сила тиску ведучого пояска на бойову грань нарізів.* Вона зумовлена тим, що у процесі ведення снаряда вздовж каналу ствола по нарізах ведучий поясок тисне на бойову грань нарізі зі силою N . При цьому сумарна сила тиску пояска на грані нарізів буде дорівнювати nN , де n - число нарізів. Вона, в свою чергу, породжує силу тертя між пояском і нарізами. Розглянемо схематично нарізку ствола, причому умовно зведемо всі перелічені сили до однієї нарізі (рис. 7.3).

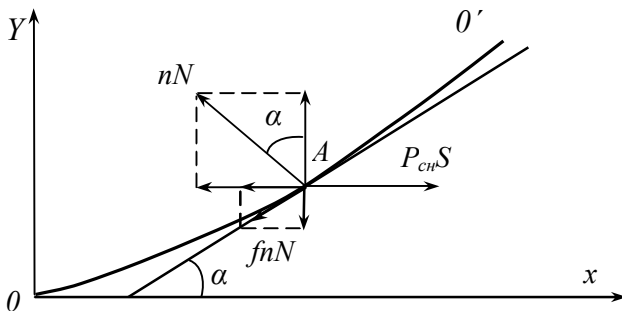


Рисунок 7.3 - Схема сил, що діють на снаряд у довільній точці нарізі

На рис 7.3 зображена розгортка каналу ствола на площину XOY , де вісь OX збігається з напрямком поступального руху, а вісь OY – перпендикулярна до осі руху снаряда. Крива OO' зображує нарізи прогресивної крутизни (як у гаубиць). У т.А, що береться за центр бойової грані, на снаряд діють: сила тиску порохових газів – на дно снаряда $p_{сн}S$; сила тиску ведучого пояска – на бойову грань nN ; сила тертя – між пояском і бойовою гранню fnN (f – коефіцієнт тертя). Сила N тиску ведучого пояска на бойову грань, знання величини якої необхідно і при конструюванні ствола, і при розробленні ведучого пристрою снаряда, може бути розрахована таким чином.

Повне рівняння поступального руху снаряда з масою q у каналі ствола споріднене з відомим з внутрішньої балістики рівнянням (13.3.1):

$$q \frac{dv}{dt} = p_{сн}S - nN \sin \alpha - fnN \cos \alpha, \quad (7.4)$$

де α - кут нахилу нарізі до осі каналу ствола.

Права частина рівняння (7.1.4) є проекцією рівнодійної всіх сил, що діють у т.А на снаряд, на вісь OX . Власне, це сила, з якою ствол виштовхує з себе снаряд. У свою чергу сила, протилежна останній, називається *силою віддачі*, а її модуль, за третім законом Ньютона, дорівнює

$$P_{кн} = p_{сн}S - nN \sin \alpha - fnN \cos \alpha. \quad (7.5)$$

Рівняння обертального руху снаряда (рис. 7.4) має вигляд

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = rnN \cos \alpha - rfnN \sin \alpha, \quad (7.6)$$

де φ - кут повороту снаряда навколо своєї осі;
 $I = q\rho^2$ - момент інерції снаряда;

r - радіус каналу ствола;
 ρ - радіус інерції снаряда.

У результаті розв'язування системи рівнянь (7.4) і (7.6) знаходимо силу N :

$$N = \frac{1}{n} \left(\frac{\rho}{r} \right)^2 \left(p_{cn} S \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{d \operatorname{tg} \alpha}{dx} q v^2 \right). \quad (7.7)$$

Розрізняють нарізи постійної крутизни ($\alpha = \text{const}$) і змінної (прогресивної) крутизни ($\alpha = \text{var}$).

Для нарізів постійної крутизни $\frac{d \operatorname{tg} \alpha}{dx} = 0$, і формула (7.7) трансформується до вигляду

$$N = \frac{1}{n} \left(\frac{\rho}{r} \right)^2 p_{cn} S \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (7.8)$$

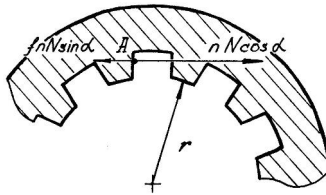


Рисунок 7.4 - До виведення рівняння обертального руху снаряда

З останнього виразу виходить, що для постійної крутизни нарізів ($\alpha = \text{const}$) сила тиску поясків на бойову грань прямо пропорційна тиску газів на дно снаряда, і тому вона змінюється згідно із законом $p = f(l)$, зображуваним у внутрішній балістиці піродинамічною кривою (рис. 7.5). З рисунка бачимо, що сила тиску N досягає максимального значення майже на початку нарізної частини ствола. Це

може призвести при великому куті нарізів α до зрізання поясків, а також до значного спрацювання нарізів.

Силу тиску N , як це випливає з (7.8), можна зменшити шляхом зменшення кута нарізів α . Але при цьому зменшуватиметься швидкість обертання снаряда. Скомпенсувати це зменшення можна лише за рахунок збільшення початкової швидкості снаряда (довжини каналу ствола l_0), а це можливо і прийнятно у гармат.

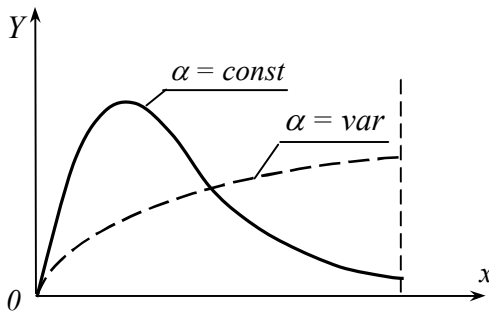


Рисунок 7.5 - Залежності тиску N для стволів з нарізами постійної ($\alpha = const$) і змінної ($\alpha = var$) крутизни

У гаубиць натомість застосовувати нарізи постійної крутизни недоцільно: при малому α снаряді не надаватиметься необхідна для стабілізації його польоту обертальна швидкість; при великому α значно зростає швидкість спрацювання нарізів і ймовірність зрізання ведучого пояска. Тому в гаубицях здебільшого використовують нарізи прогресивної крутизни, для яких графік $N = f(x)$ показаний на рис. 7.5. З графіка бачимо, що при прогресивній нарізці сила тиску пояска на бойову грань поступово зростає у процесі руху снаряда вздовж каналу ствола, а пікове перевантаження нарізів на початку руху снаряда відсутнє. При цьому не погіршується основна умова стабілізації польоту снаряда, тобто досягається його потрібна кутова швидкість.

3. Сили, що діють з боку снаряда на ствол внаслідок кривизни ствола, зазорів між центруючими потовщеннями снаряда і стінками ствола, незрівноваженості снаряда відносно його поздовжньої осі. Це насамперед центробіжні сили, які притискують снаряд до стінки під час його руху. Центробіжні сили на ствол з боку снаряда виникають також внаслідок *ексцентриситету маси* останнього (незбіжності центру мас снаряда з його геометричною віссю). Наявність зазорів між центруючими потовщеннями снаряда і поверхнею каналу ствола призводить до биття снаряда об ствол, тобто до виникнення сил ударної дії. Усі ці сили призводять до коливання ствола при пострілі, що негативно впливає на точність стрільби, а також до спрацювання ствола. Для їх зменшення потрібно вдосконалювати якість виготовлення стволів і снарядів, зменшувати радіус кривизни (для гармат середнього калібру цей радіус не повинен бути меншим за 600м) тощо.

*Сили, що діють на ствол з боку суміжних елементів
конструкції гармати*

Сили, що діють на ствол з боку суміжних елементів конструкції гармати, є зовнішніми силами. До них належать:

сила гальма відкотних частин – Φ_{26} ;

сила накатника – Π ;

сила тертя в ущільненнях штока гальма відкотних частин – F_{26} ;

сила тертя в ущільненнях штока накатника – F_n ;

реакції в опорах ствола на люльку – N_1 і N_2 ;

сили тертя в опорах ствола на люльку – fN_1 і fN_2 ;

сила ваги відкотних частин – Q_o .

Сума проєкцій цих зовнішніх сил, що діють на ствол при пострілі, утворює силу опору відкоту:

$$R = \Pi + \Phi_{26} + F_n + F_{26} + fN_1 + fN_2 \pm Q_o \sin \varphi. \quad (7.9)$$

Позначивши суму всіх сил тертя

$$R_f = F_{\mu} + F_{\mu_{\text{дв}}} + fN_1 + fN_2,$$

отримаємо остаточно для сили опору відкоту

$$R = P + \Phi_{\text{дв}} + R_f \pm Q_o \sin \varphi, \quad (7.10)$$

де φ - кут підвищення ствола.

Ствол здебільшого споряджається дульним гальмом (ДГ), призначення якого полягає у поглинанні при пострілі частини кінетичної енергії відкоту за рахунок створюваної ним *сили дульного гальма* $R_{\text{дг}}$. Ця сила виникає внаслідок витоку порохових газів через дульне гальмо і визначається за формулою

$$R_{\text{дг}} = (1 - \chi) p_{\text{д}} S, \quad (7.11)$$

де χ - імпульсна характеристика ДГ;
 $p_{\text{д}}$ - дульний тиск (тиск газів у момент вильоту

снаряда).

Сила $R_{\text{дг}}$ спрямована проти відкоту і прикладена до ствола через з'єднання його з дульним гальмом. Знання її величини необхідне для розрахунку параметрів відкоту і міцності з'єднання ДГ з трубою ствола.

Сили інерції, що діють на ствол

Під час відкоту ствол рухається спочатку з прискоренням, а потім зі сповільненням. Виникають значні *сили інерції*, що спроможні зірвати ДГ з труби ствола, спричинити інші руйнування. Тому урахування сил інерції, що діють на ствол й інші відкотні частини, необхідне при конструюванні гармати.

Рівняння руху відкотних частин артилерійської гармати має такий вигляд:

$$M_o \frac{dV}{dt} = P_{\text{в}} - R, \quad (7.12)$$

де M_o - маса відкотних частин;
 V - швидкість відкоту;
 $P_{\text{кн}}$ - рівнодійна внутрішніх сил - сила віддачі;
 R - рівнодійна зовнішніх сил - сила опору відкоту.

Ліва частина (7.12) – це сила інерції, яка діє на відкотні частини в цілому.

Знайдемо максимальну силу інерції, що діє на елемент конструкції відкотних частин (наприклад, ствол):

$$I' = M' \frac{dV}{dt} \max, \quad (7.13)$$

де M' - маса елемента відкотних частин;
 $\frac{dV}{dt} \max$ - максимальне прискорення відкоту.

З (7.12) впливає, що найбільше прискорення відкоту

$$\frac{dV}{dt} \max = \frac{1}{M_o} (P_{\text{кн}} - R_{\min})$$

Оскільки $P_{\text{кн}} \gg R_{\min}$, то

$$\frac{dV}{dt} \max = \frac{P_{\text{кн}\max}}{M_o} \quad (7.14)$$

Остаточну силу інерції, що діє на окремий елемент конструкції ствола з масою M' , знаходимо за (7.14):

$$I' = M' \frac{dV}{dt} \max = \frac{M'}{M_o} P_{\text{кн}\max} \quad (7.15)$$

Таким чином, сили інерції прямо пропорційні силі віддачі під час пострілу. Ці сили – значні, оскільки сила віддачі досягає значних величин.

7.1.2. Напруження і деформації в стінках ствола. Межа пружного опору

Під час пострілу під дією насамперед сил тиску порохових газів ствол зазнає складного навантаження і деформацію, які без вживання спеціальних заходів можуть досягти небезпечних значень. Визначення напруг і деформацій здійснюється методами теорії опору матеріалів, причому ствол розглядається як товстостінна труба.

Розв'язування задачі про міцність ствола здійснюється за таких припущень:

- урахується лише радіальний тиск порохових газів, прикладений по нормалі до поверхні ствола, розподілений рівномірно і симетрично;

- труба ствола після деформації зберігає циліндричну форму, а будь-який плоский переріз залишається плоским;

- труба ствола виготовлена зі сталі, у якій коефіцієнт

Пуассона $\mu = \frac{1}{3}$;

- матеріал труби однорідний;

- осьові напруження дуже малі порівняно з радіальними та тангенціальними;

- тиск газів на зовнішню поверхню ствола дуже малий.

За перелічених припущень залежності для напружень, що діють у стінках ствола, мають вигляд

$$E_{\varepsilon_{\theta}} = \frac{2}{3} p_1 \frac{r_1^2}{r^2} \cdot \frac{2r_2^2 + r^2}{r_2^2 - r_1^2}, \quad (7.16)$$

$$E_{\varepsilon_r} = -\frac{2}{3} p_1 \frac{r_1^2}{r^2} \cdot \frac{2r_2^2 - r^2}{r_2^2 - r_1^2}, \quad (7.17)$$

де $E_{\varepsilon_{\theta}}$ - зведене тангенціальне напруження;

E_{ε_r} - зведене радіальне напруження;

- p_1 - тиск порохових газів;
 r_1, r_2 - внутрішній, зовнішній радіуси ствола;
 r - радіус ствола до точки перерізу.

На рис. 7.6 показані діаграми розподілу напруг у перерізі ствола, побудовані за формулами (7.16) і (7.17).

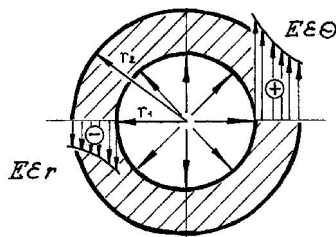


Рисунок 7.6 - Діаграми розподілу напруг у перерізі ствола під час пострілу

З формул (7.16) і (7.17) випливає, що:

- зведені тангенціальні напруження в декілька разів більші, ніж зведені радіальні напруження;
- зведені радіальні напруження є *стискуючими*, зведені тангенціальні напруження – *розтягуючими*;
- величина напружень у стінці ствола змінюється вздовж радіуса і найбільше значення має на внутрішній поверхні труби ствола.

Отже, найбільш небезпечними для міцності ствола є тангенціальні напруження, які і можуть призвести до з'явлення на внутрішній поверхні ствола залишкових деформацій.

При розрахунку ствола на міцність послідовно визначають: напруження, що виникають в стінках ствола під час пострілу; геометричні розміри ствола. Розрахунок ствола опирається на так звану *другу теорію міцності*, яка трактує: ствол буде міцним доти, доки зведені тангенціальні напруження на його внутрішній поверхні не перевищать

межі пружності металу, з якого виготовлено ствол, тобто якщо

$$E_{\varepsilon_{\Theta}} \leq \sigma_e. \quad (7.18)$$

Оскільки, як впливає з (7.16), зведене тангенціальне напруження $E_{\varepsilon_{\Theta}}$ визначається тиском порохових газів p_1 , що діє на внутрішню стінку ствола, то можна визначити тиск, при якому порушується міцність ствола, і виникають залишкові деформації. Цей тиск називається *межею пружного опору* ствола, і він відповідає рівності

$$E_{\varepsilon_{\Theta \max}} = \sigma_e, \quad (7.19)$$

$$\text{де } E_{\varepsilon_{\Theta \max}} = \frac{2}{3} p_{1 \max} \frac{2r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} - \text{максимальне тангенціальне}$$

напруження на внутрішній поверхні ствола ($r = r_1$) при $p_1 = p_{1 \max}$.

Таким чином,

$$\frac{2}{3} p_{1 \max} \frac{2r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} = \sigma_e.$$

Розв'язуючи останній вираз відносно тиску порохових газів, отримуємо

$$p_{1 \max} = \frac{3}{2} \sigma_e \frac{r_2^2 - r_1^2}{2r_2^2 + r_1^2}. \quad (7.20)$$

З (7.20) бачимо, що величина межі пружного опору ствола визначається межею пружності металу, а також геометричними розмірами труби. Чим вища межа пружності металу, тим вища і межа пружного опору ствола, тобто тим більший тиск порохових газів витримає ствол. У сучасних стволах використовуються сталі з межею пружності $\sigma_e = (600 - 1200)$ МПа.

Геометричні розміри ствола на межу пружного опору p_{1max} впливають дещо складніше.

Введемо позначення

$$a = \frac{r_2}{r_1}.$$

Тоді формула (7.20) набирає вигляду

$$p_{1max} = \frac{3}{2} \sigma_e \frac{r_1^2 \left(\frac{r_2^2}{r_1^2} - 1 \right)}{r_1^2 \left(2 \frac{r_2^2}{r_1^2} + 1 \right)} = \frac{3}{2} \sigma_e \frac{a^2 - 1}{2a^2 + 1}. \quad (7.21)$$

Теоретично зовнішній радіус може змінюватися у межах $r_1 \leq r_2 < \infty$.

При $r_2 = r_1$, тобто при нескінченно тонкій стінці ствола

$$a = \frac{r_2}{r_1} = 1.$$

Підставивши отримане значення a до формули (7.21), отримаємо

$$p_{1max} = 0,$$

тобто для ствола з нескінченно тонкою стінкою межа пружного опору дорівнює нулю.

Якщо $r_2 = \infty$, тобто ствол матиме нескінченно товсту стінку, то

$$a = \frac{r_2}{r_1} = \infty.$$

Підставимо отримане значення a до формули (7.21), отримаємо

$$p_{1\max} = \frac{3}{2} \sigma_e \frac{a^2 \left(1 - \frac{1}{a^2}\right)}{a^2 \left(2 + \frac{1}{a^2}\right)} = \frac{3}{2} \sigma_e \frac{1 - \frac{1}{\infty}}{2 + \frac{1}{\infty}} = \frac{3}{4} \sigma_e.$$

Таким чином, навіть для нескінченно товстої стінки межа пружного опору має цілком кінцеве значення:

$$p_{1\max} = \frac{3}{4} \sigma_e. \quad (7.22)$$

У той самий час зі збільшенням товщини стінок ствола зростає його маса, яку можна визначити за формулою

$$M_{cm} = \rho \pi (r_2^2 - r_1^2) l_{cm}, \quad (7.23)$$

де ρ - щільність металу ствола;
 l_{cm} - довжина труби ствола.

Для одиниці довжини ствола маса визначається виразом

$$M'_{cm} = \rho \pi (r_2^2 - r_1^2) = \rho \pi r_1^2 (a^2 - 1). \quad (7.24)$$

З цієї формули бачимо, що зі зростанням a (товщини стінки) маса ствола зростає за законом параболи.

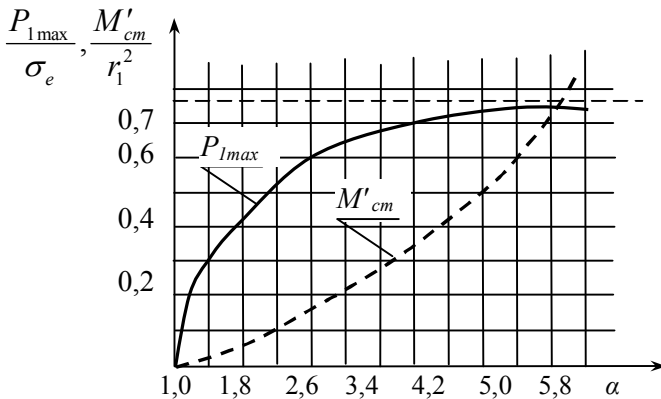


Рисунок 7.7 - Залежності для $p_{1\max}$ і M'_{cm}

Залежності, побудовані за формулами (7.21) і (7.24), показані на рис. 7.7.

З графіків бачимо, що при $a > 3$ міцність ствола ($p_{l \max}$) зростає повільно, натомість все швидше зростає маса ствола. Тому недоцільно збільшувати товщину стінки ствола для збільшення його міцності вище певного рівня. Рекомендується брати відношення радіусів ствола у межах $a=1,8-2,6$.

При таких відношеннях радіусів ствол набуває сприйнятної маси при необхідній міцності.

7.1.3. Тепловий режим ствола

Тепловий режим ствола визначається його нагріванням при згорянні пороху під час пострілу. Основними рисами теплового режиму є такі:

1. На нагрівання стінок ствола йде 10% усієї енергії порохового заряду, 30% – на виконання основної роботи:

$E_o = \frac{qv_o^2}{2}$. Кількість теплоти, що поглинається стінками ствола за один постріл, дорівнює

$$Q_1 = \frac{1}{3} E_o, \quad (7.25)$$

де $E_o = \frac{qv_o^2}{2}$ - основна робота порохових газів, або

дульна енергія снаряда.

2. Нагрів стінок ствола нерівномірний як за товщиною, так і за довжиною внаслідок високої температури T_o і короткотривалості пострілу (t_o становить мілісекунди).

По товщині стінки ствола температура розподіляється за законом, показаним на рис. 7.8.

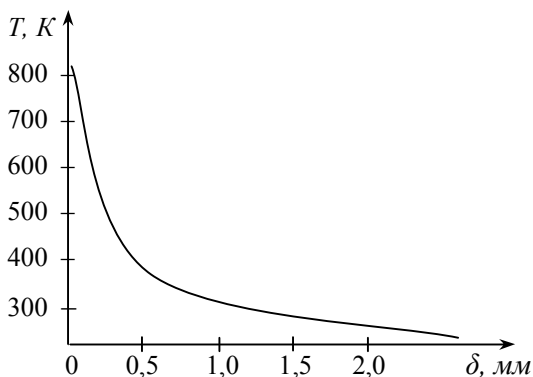


Рисунок 7.8 – Графік залежності нагрівання поперечного перерізу стінки ствола під час першого пострілу

Величина температурного піку залежить від калібру, довжини ствола і тривалості пострілу і досягає 1270-1800К.

3. Середня температура нагрівання ствола за 1 постріл дорівнює

$$\Delta T_1 = \frac{Q_1}{cM_{cm}}, \quad (7.26)$$

де $c = 48,2 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - питома теплоємність сталі;

M_{cm} - маса ствола.

Виходячи з допустимої температури нагрівання ствола $T_{дон}$, визначають допустиму кількість пострілів:

$$n_{дон} \leq \frac{T_{дон}}{\Delta T_1}, \quad (7.27)$$

де $T_{дон} = 540-670^\circ \text{К}$ біля дула.

З умови (7.27) визначають режим вогню (інтенсивність стрільби).

4. Ділянки каналу ствола, що прилягають до камори, нагріваються найбільше упродовж першого пострілу. Після тривалої стрільби однак більше нагрівається дульна частина внаслідок невеликої товщини у ній стінок ствола.

5. Нагрівання ствола знижує його міцність, оскільки під час нагрівання зменшуються механічні характеристики – модуль пружності і межа пружності сталі.

6. Нагрівання ствола зменшує точність стрільби за рахунок збільшення калібру, збільшення вигину ствола, які, в свою чергу, призводять до биття снаряда в каналі ствола, збільшення кута нутації і зміни кута вильоту снаряда.

7. Внаслідок наявності температурного градієнта шари стінок нагрітого ствола розширюються нерівномірно: внутрішні зазнають деформацію стиску, зовнішні шари – деформацію розтягу.

Для зменшення нагрівання ствола будуть такі міри:

1. Охолоджують ствол у перервах між пострілами (за 1 годину температура знижується в середньому з 573 до 373°K).

2. Не перевищують установлений режим вогню (інтенсивність стрільби).

3. Стрільбу ведуть по можливості на зменшених зарядах.

4. Бойові заряди виготовляють з «холодних» порохів або застосовують у них флегматизатори.

5. Застосовують штучне охолодження стволів (у зенітній артилерії).

Під час нагрівання ствола до 570-620°K міцність ствола порушується незначно, але суттєво змінюється кучність бою і влучність стрільби.

7.1.6. Затвори: вимоги до конструкції та умови самогальмування замикаючого механізму

Затвор ствола – це найважливіший елемент конструкції гармати, що забезпечує замиканням каналу ствола спрямоване використання енергії порохових газів з метою надання снаряду заданої початкової швидкості поступального і обертального руху.

У сучасних артилерійських системах замикання каналу ствола здійснюється або *клином*, який переміщується в поперечному гнізді казенника, або *поршнем*, який вгвинчується в осьове гніздо казенника. Тому розрізняють клинові і поршневі затвори.

Незалежно від способу замикання каналу ствола вимогами до конструкції замикаючих механізмів є:

1. Надійність замикання, тобто неможливість відкриття затвору під час пострілу, незважаючи на дію на нього значних збурювальних сил.

2. Безвідмовність дії.

3. Простота і зручність обслуговування.

4. Безпека при експлуатації.

У гарматах середнього калібру більш поширені клинові затвори.

Перевагами клинових затворів є: простота конструкції; технологічність і простота у виробництві; зручність автоматизації процесу замикання – відкриття каналу ствола (більш прості форми руху).

Недоліки клинових затворів: велика маса і габарити; труднощі в обтюрації газів при картузному заряджанні.

Поршневі затвори мають такі *переваги*: менші маси і габарити; конструктивна простота обтюрації газів при картузному заряджанні.

Недоліки поршневих затворів: конструктивна складність і складність виготовлення; складні оберткові форми руху поршня ускладнюють процес автоматизації замикання-відкриття; чутливість до спрацювання деталей, що

туться; можливість перекосів і заклинювання поршня; можливість затискування руки заряджаючого.

Ці недоліки зумовлюють обмеженість застосування поршневих затворів у сучасних артилерійських системах. Проте в гарматах крупних калібрів з картузним заряджаням їх застосування доцільне.

Умова самогальмування клина затвору при пострілі

З метою надійного замикання каналу ствола при дії ряду збурюючих сил, що намагаються змістити затвор під час пострілу і відкрити канал ствола, затвору надається форма клина. Ця форма забезпечує явище самогальмування затвору у гнізді казенника.

На клин під час пострілу діють такі сили:

1. Сила тиску на дно камори $P_{\text{дн}}$.
2. Сила інерції клина внаслідок руху ствола з прискоренням I_k :

$$I_k = \frac{m_k}{M_o} P_{\text{кн}}, \quad (7.28)$$

- де m_k - маса клина;
 M_o - маса відкотних частин гармати;
 $P_{\text{кн}}$ - сила віддачі;
 F_l - сила тертя клина об напрямні гнізда ка-

зенника:

$$F_l = f_1 N, \quad (7.29)$$

- де f_1 - коефіцієнт тертя об казенник;
 N - сила нормального тиску на клин збоку казенника.

3. Вага клина

$$q_k = m_k g.$$

4. Сила тертя F_2 клина об дно гільзи

$$F_2 = f_2 P_{он}, \quad (7.30)$$

де f_2 - коефіцієнт тертя гільзи об дзеркало клина.

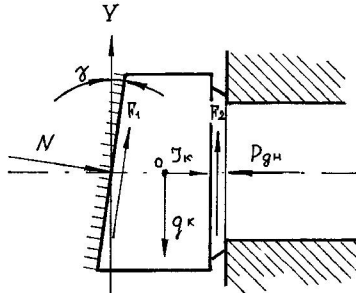


Рисунок 7.9 - До виведення умов самогальмування клина

Задня грань клина нахилена до дзеркала клина на кут скосу γ . У сучасних гармат $\gamma = 1,2-1,7^\circ$ (0,02-0,03 рад). Наприклад, у гаубиці Д-30 $\gamma = 1,6^\circ$ (0,028 рад).

Умова самогальмування клина – це умова відсутності його переміщення вздовж осі Y під час пострілу:

$$\sum F_y = 0,$$

тобто сума проєкцій усіх сил, що діють на клин, на вертикальну вісь має дорівнювати нулю.

Розкриємо цю суму:

$$F_1 \cos \gamma + F_2 - N \sin \gamma - q_k = 0,$$

або

$$F_1 \cos \gamma + F_2 = N \sin \gamma + q_k.$$

Ліва частина цієї рівності – це сума *утримувальних* сил, права частина – сума *виштовхувальних* сил. Для надійного запирання каналу ствола умова самогальмування клина має такий вигляд:

$$F_1 \cos \gamma + F_2 \geq N \sin \gamma + q_k,$$

або

$$f_1 N \cos \gamma + f_2 P_{он} \geq N \sin \gamma + q_k. \quad (7.31)$$

З урахуванням того, що $\gamma \rightarrow 0$, $N \approx P_{\text{он}}$; $\text{tg}\gamma \approx \gamma$, розділивши праву і ліву частини (7.31) на $N \cos \gamma$, отримаємо

$$f_1 + f_2 \geq \gamma + \frac{q_h}{P_{\text{лб}}}. \quad (7.32)$$

Ураховуючи, що $q_k \ll P_{\text{он}}$, одержимо остаточно

$$f_1 + f_2 \geq \gamma. \quad (7.1.33)$$

Нерівність (7.33) – це умова нерухомості клина затвора у гнізді казенника під час пострілу при дії виштовхувальних сил.

Суть умови (7.33): виштовхувальні сили діють на клин і одночасно притискають його до напрямних пазів казенника, внаслідок чого виникають сили тертя, які запобігають зміщенню клина. Таким чином, якщо більші виштовхувальні сили, то і сили тертя F_1 і F_2 – більші, і клин – самогальмується.

7.1.5. Затвори: обтюрація порохових газів

Крім механічного замикання каналу ствола за допомогою клина затвора або поршня, необхідно запобігати прориву порохових газів через можливі зазори в замикаючих механізмах затворів.

Обтюрація (від лат. *obturatio* – закупорювання) – це захід, що запобігає прориву порохових газів через можливі зазори у заснарядному просторі. В обертових снарядів роль обтюратора відіграє ведучий поясок. У затвора натовмість існує два способи обтюрації: обтюрація гільзою та обтюрація пластичним обтюратором.

Обтюрація гільзою

Обтюрація гільзою може застосовуватись в гарматах як з клиновим, так і з поршневим затвором. Гільза є елементом пострілу, і її застосування не потребує будь-яких суттєвих змін у конструкції затвора.

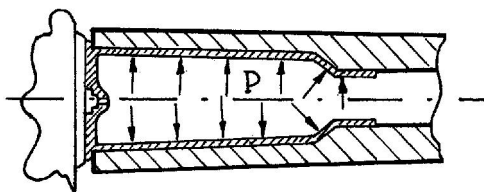


Рисунок 7.10 - Обтюрація гільзою

При пострілі під дією порохових газів гільза деформується і щільно прилягає до стінок зарядної камери, не пропускаючи гази до затвора. Після пострілу і зменшення тиску газів гільза за рахунок пружності металу повертається до попереднього стану і легко екстрагується (рис. 7.10).

Недоліками гільзової обтюрації є дороговизна, малий термін служби, необхідність збору гільз після стрільби, в САУ стріляні гільзи загромождають порожнину башти.

Обтюрація пластичним обтюратором

У гарматах крупного калібру з картузним заряджаням і поршневым затвором застосовується обтюрація пластичним обтюратором.

Пластичний обтюратор (рис. 7.11) кріпиться на поршні затвора.

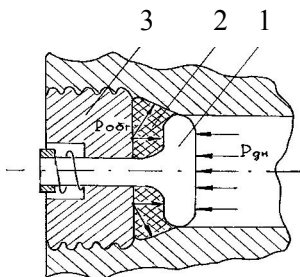


Рисунок 7.11 - Обтюрація пластичним обтюратором:
1 – грибоподібний стрижень; 2 – обтюраторна подушка; 3 – поршень

Він складається з грибоподібного стрижня 1, обтюра- торної подушки 2, що має форму тора і одягається на стрижень між його грибокком і поршнем 3 затвора. Подушка виготовляється з матеріалу, який, подібно до рідини, здатний передавати тиск в усі боки (гума, деякі сорти пластмаси).

Грибоподібний стрижень створює при пострілі в обтюра торній подушці тиск, що перевищує тиск порохових газів у каналі ствола. Цим досягається щільне прилягання подушки, що зменшується за товщиною, до обтюра торного скату камори і запирання газів, тобто відбувається їх обтюрація.

У сучасних гарматах обтюра торна подушка витримує 400-500 пострілів.

Недоліком обтюрації пластичним обтюра тором є суттєве ускладнення конструкції затвора.

7.1.6. Затвори: вимоги до конструкції ударного механізму та його розрахунок

Крім замикання каналу ствола, затвори призначені також для здійснення пострілу. Ця функція виконується стріляючим пристосуванням.

До конструкції стріляючого пристосування ставлять- ся такі *вимоги*: висока надійність дії, мінімальний час запі- знювання пострілу, здійснення пострілу лише після зами- кання затвора.

У сучасній ствольній артилерії використовуються стріляючі пристосування ударної дії, основу яких станов- ляють ударні механізми. Вони ініціюють постріл ударом бой- ка в дно капсульної втулки, яка вгвинчується у дно гільзи.

Основними елементами конструкції ударного механі- зму є ударник і бойова пружина.

Ударник у момент нанесення удару в дно капсульної втулки повинен мати певну кінетичну енергію, величина якої залежить від конструкції капсульної втулки, її матері-

алу, величини зазору між дзеркалом клина (поршня) і дном втулки. Звичайно, величина кінетичної енергії ударника становить 90-30 Дж. Нижня межа цієї енергії зумовлюється міркуванням безпеки в поводженні з капсульною втулкою; верхня – пов’язана з вимогами до її безвідмовності.

Вихід бойка над дзеркалом клина (поршня) має також велике значення. Вихід бойка в межах 2,0-2,4 мм для різних систем затворів забезпечує надійне спрацьовування капсульної втулки без пробивання її дна.

Розрахунок параметрів ударника і пружини

1. Діаметр бойка ударника має бути таким, щоб під тиском порохових газів не відбувалось вирізання пробки у дні капсульної втулки в отвір виходу бойка на дзеркалі клина (поршня) – рис. 7.12.

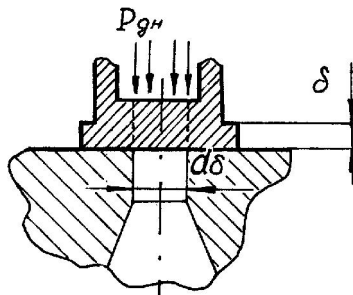


Рисунок 7.12 - До розрахунку параметрів ударника

Для уникнення вирізання пробки дно капсульної втулки має бути достатньо міцним, тобто напруга зрізу у дні втулки повинна бути меншою за допустиму напруга зрізу:

$$\sigma_{зр} \leq \sigma_{зр доп} . \quad (7.34)$$

Величину діючої напруги зрізу знаходять за формулою

лою

$$\sigma_{зр} = \frac{P}{S} , \quad (7.35)$$

де P - сила, що зрізає пробку;
 S - площа зрізу.

Сила, що зрізає пробку в дні капсульної втулки, може бути визначена за тиском порохових газів на дно камери і площею дії цієї сили:

$$P = p_{\text{дн}} \frac{\pi d_{\delta}^2}{4},$$

де d_{δ} - діаметр отвору у дзеркалі для виходу бойка.

Площа зрізу визначається за формулою

$$S = \pi d_{\delta} \delta,$$

де δ - товщина дна капсульної втулки.

Підставивши значення сили P і площі S за формулою (7.35), отримаємо

$$\sigma_{\text{зр}} = \frac{p_{\text{дн}} \frac{\pi d_{\delta}^2}{4}}{\pi d_{\delta} \delta} = \frac{p_{\text{дн}} d_{\delta}}{4 \delta}.$$

Підставивши останню формулу в умову (7.34), знайдемо величину безпечного діаметра отвору в дзеркалі клина (поршня):

$$\frac{p_{\text{дн}} d_{\delta}}{4 \delta} \leq \sigma_{\text{зр}},$$
$$d_{\delta} \leq \frac{4 \delta}{p_{\text{дн}}} \sigma_{\text{зр}}. \quad (7.36)$$

Оскільки через отвір дзеркала проходить боек ударника, то його діаметр не може бути більшим за величину, що визначається формулою (7.36). Зменшення діаметра

бойка – недоцільне з причини зниження його міцності і жорсткості.

2. Бойова пружина розраховується на жорсткість, виходячи зі знання її початкової сили.

Початкова сила пружини задається з огляду на легкість при розбиранні ударного механізму:

$$F_o = 350 - 450 \text{ Н} .$$

Жорсткість пружини

$$c = \frac{F_\lambda - F_o}{\lambda} , \quad (7.37)$$

де F_λ - кінцева сила пружини;

λ - хід ударника при зведенні механізму.

Кінцева сила пружини

$$F_\lambda = m F_o , \quad (7.38)$$

де $m = 1,8-2,2$ – ступінь стиску пружини, яка вибирається з міркувань одержання мінімальної маси пружини.

Під час спуску ударного механізму потенціальна енергія, що накопичувалась у пружині при зведенні, переходить в енергію кінетичну.

Оскільки при зведенні механізму була затрачена робота

$$A = \frac{F_o + F_\lambda}{2} \lambda ,$$

то величина цієї роботи і визначає запас потенціальної енергії в стисненій пружині.

Кінетична енергія ударника

$$A_y = \eta A ,$$

де η – ККД механізму, що ураховує затрати потенціальної енергії на подолання тертя. Тому

$$\frac{F_o + F_\lambda}{2} \lambda = \frac{A_y}{\eta}.$$

З останньої формули визначаємо хід ударника:

$$\lambda = \frac{2 A_y}{\eta(F_o + F_\lambda)}. \quad (7.39)$$

Підставивши (7.39) в (7.37), отримаємо розрахункову формулу для жорсткості пружини:

$$c = \frac{(F_\lambda - F_o)(F_\lambda + F_o)}{2 A_y}. \quad (7.40)$$

У цій формулі значення кінетичної енергії ударника задають виходячи з того, яка капсульна втулка застосовується.

3. Масу ударника знаходять для розрахунку його розмірів.

Кінетична енергія системи “ударник-пружина”:

$$A_y = m_y \frac{V_y^2}{2} + A_{np},$$

де m_y - маса ударника;

V_y - швидкість ударника;

A_{np} - кінетична енергія бойової пружини.

З огляду на те, що пружина завдає удару разом з ударником лише найближчими до дна ударника витками, а решта витків мають меншу швидкість, і їх участь у нанесенні удару менша, кінетична енергія пружини визначається так:

$$A_{np} = \frac{1}{3} m_{np} \frac{V_y^2}{2},$$

де m_{np} - маса пружини.

Таким чином

$$A_y = m_y \frac{V_y^2}{2} + \frac{1}{3} m_{np} \frac{V_y^2}{2} = \left(m_y + \frac{m_{np}}{3} \right) \frac{V_y^2}{2}.$$

Звідки отримуємо

$$m_y = \frac{2A_y}{V_y^2} - \frac{1}{3} m_{np}. \quad (7.41)$$

Швидкість ударника V_y в момент удару задають:

- при застосуванні латунної капсульної втулки

$$V_y = 5 - 7 \frac{M}{c};$$

- при застосуванні сталевий втулки $V_y = 10 - 15 \frac{M}{c}$.

Визначивши масу ударника, можна знайти його конструктивні розміри.

7.2. Дія пострілу на лафет гармати: відкот

7.2.1. Умови стійкості та нерухомості гармати з пружним лафетом під час пострілу

За способом з'єднання ствола з лафетом розрізняють: гармати з жорстким лафетом та гармати з пружним лафетом.

У гармати з жорстким лафетом ствол з'єднується з лафетом безпосередньо за допомогою цапф. Тому під час пострілу ствол стосовно лафета не переміщується. Такі артилерійські гармати застосовувалися приблизно до середини XIX століття, поки їх не витиснули створені у той самий час гармати з пружним лафетом внаслідок їх безперечних переваг. Проте слід відмітити, що системи з жорстким лафетом застосовуються і сьогодні. До них належать, зокрема, міномети.

У гармат з пружним лафетом ствол з'єднується з лафетом через противідкотні пристрої (ПВП), які дають мо-

жливість стволу переміщуватись під час пострілу. Переважна більшість сучасних гармат є гарматами з пружним лафетом.

Ствол під час пострілу переміщується під дією сили віддачі P_{KH} (рис. 7.13.) по напрямних люльки. Величина і швидкість переміщення обмежуються гальмом відкотних частин. Це переміщення називається *відкотом*. Після відкоту ствол повертається у початкове положення за допомогою накатника.

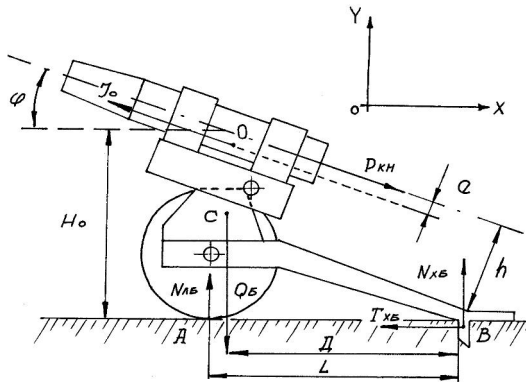


Рисунок 7.13 - Схема сил, що діють на гармату з пружним лафетом під час пострілу

При розгляді сил, що діють на гармату з пружним лафетом при пострілі, беруть до уваги такі припущення:

- грунт абсолютно жорсткий;
- усі сили діють у площині осі каналу ствола;
- лінія дії сили віддачі збігається з геометричною віссю каналу ствола;
- центр мас O відкотних частин у загальному випадку не лежить на осі каналу ствола (наявний ексцентриситет мас e);
- стволу надається деякий кут підвищення φ , при цьому лінія дії сили віддачі проходить на деякій відстані h від опорної точки B сошника.

На рис. 7.13 величина H_o – висота лінії вогню.

На гармату з пружним лафетом діють такі сили (рис. 7.13):

- сила віддачі $P_{кн}$, прикладена до відкотних частин гармати і спрямована вздовж осі каналу ствола;
- сила ваги гармати Q_B , прикладена до центра мас C гармати;
- сила опору відкоту R , прикладена до центра мас O відкотних частин і спрямована проти руху відкоту; це є внутрішня сила системи “ствол-лафет”, з якою лафет діє на ствол при відкоті;
- нормальна реакція $N_{ЛБ}$ у передній опорі гармати на ґрунт;
- нормальна реакція $N_{ХБ}$ у задній опорі гармати на ґрунт, тобто на сошнику;
- горизонтальна реакція $T_{ХБ}$ у задній опорі гармати на ґрунт;
- сила інерції I_o відкотних частин, прикладена до центра мас O відкотних частин.

Рівняння руху відкотних частин має такий вигляд:

$$M_o \frac{dV}{dt} = P_{кн} - R, \quad (7.42)$$

де $I_o = M_o \frac{dV}{dt}$ - сила інерції;

M_o - маса відкотних частин;

V - швидкість загальмованого відкоту.

Таким чином,

$$I_o = P_{кн} - R. \quad (7.42')$$

Стійкість і нерухомість гармати є складовими стану її спокою під час пострілу. Гармата з пружним лафетом знаходиться у стані спокою, якщо система сил і моментів, що діють на гармату під час пострілу, знаходиться у рівновазі. Позначивши суму проєкцій сил на горизонтальну вісь ΣF_x ,

на вертикальну вісь $-\Sigma F_y$, а суму моментів обертання відносно точки B сошника $-\Sigma M_B$, отримаємо загальну умову рівноваги:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 \\ \Sigma M_B &= 0 \end{aligned} \right\} . \quad (7.43)$$

Умова нерухомості гармати

Під нерухомістю гармати розуміють відсутність її переміщення в горизонтальній площині:

$$\Sigma F_x = 0. \quad (7.44)$$

З (7.44) знаходимо алгебраїчну суму проєкцій сил на вісь X і записуємо умову (7.44) у розгорнутому вигляді:

$$P_{\text{кн}} \cos \varphi - I_o \cos \varphi - T_{\text{ХБ}} = 0.$$

З урахуванням (7.42') отримуємо

$$P_{\text{кн}} \cos \varphi - (P_{\text{кн}} - R) \cos \varphi - T_{\text{ХБ}} = 0,$$

$$R \cos \varphi - T_{\text{ХБ}} = 0.$$

Остаточно отримуємо

$$T_{\text{ХБ}} = R \cos \varphi. \quad (7.45)$$

З (7.45) випливає, що для забезпечення нерухомості гармати необхідно, щоб горизонтальна реакція у задній опорі гармати на ґрунт (на сошнику) дорівнювала горизонтальній проєкції сили опору відкоту.

При куті підвищення $\varphi = 0$ горизонтальна проєкція сили опору відкоту найбільша, і умова (7.45) може бути записана як

$$T_{\text{ХБ}} = R. \quad (7.46)$$

Отже, для забезпечення нерухомості гармати при всіх φ (в тому числі і при найбільш несприятливому для неру-

хомості $\varphi = 0$) необхідно, щоб на сошники діяла горизонтальна реакція, що дорівнює силі опору відкоту.

З формули (7.46) випливає, що у всякому разі вигідно і доцільно для забезпечення нерухомості збільшувати величину T_{XB} . Очебачимо, що ця величина залежить від міцності ґрунту. Оскільки на практиці гармати можуть установлюватись на ґрунті, міцність якого нижче потрібної (пісок, рілля тощо), то в таких випадках для задоволення умов (7.45) і (7.46) доцільно штучно збільшити опорну поверхню сошника з метою збільшення горизонтальної реакції T_{XB} (шляхом підкладання під нього колод, дошок, балок тощо).

Умова стійкості гармати

Гармата з пружним лафетом вважається *стійкою*, якщо під час пострілу виконуються дві умови:

1. Гармата не перекидається навколо сошника за умови

$$\Sigma M_B = 0. \quad (7.47)$$

2. Передня опора гармати не втрачає зв'язку з ґрунтом за умови

$$\Sigma F_y = 0. \quad (7.47')$$

З рисунку випливає, що умова рівноваги моментів (7.47) набирає вигляду

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KH} h + I_o (h - e) = 0.$$

З урахуванням формули (7.2.1') отримуємо

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KH} h + (P_{KH} - R)(h - e) = 0$$

або

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KH} h + P_{KH} h - R h - P_{KH} e + R e = 0.$$

Нехтуючи величиною Re внаслідок її малості ($Re \rightarrow 0$), після спрощень отримаємо

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KHe} - Rh = 0. \quad (7.48)$$

З другої умови стійкості випливає, що під час відкоту повинна постійно існувати нормальна реакція N_{LB} , тобто

$$N_{LB} \geq 0. \quad (7.49)$$

Знайдемо N_{LB} з рівняння (7.48):

$$N_{LB} = \frac{Q_B D - P_{KHe} - Rh}{L}. \quad (7.50)$$

З порівняння (7.49) і (7.50) випливає

$$Q_B D - P_{KHe} - Rh \geq 0$$

і остаточно

$$Q_B D \geq P_{KHe} + Rh. \quad (7.51)$$

Нерівність (7.51) – це комплексна умова стійкості гармати з пружним лафетом під час пострілу і під час відкоту.

Ліва частина (7.51): $Q_B D = M_{CT}$ – це стабілізувальний момент, який спрямований на зберігання стану спокою гармати і запобігання від її перекидання.

Права частина (7.51): $P_{KHe} + Rh = M_{nep}$ – це перекидний момент, який направлений на виведення гармати з рівноваги, тобто перекинути її навколо опорної точки B сошника.

Отже, для збереження стійкості гармати при відкоті необхідно, щоб стабілізувальний момент був не менший за момент перекидний:

$$M_{CT} \geq M_{nep}. \quad (7.52)$$

Аналіз умов стійкості і нерухомості гармати з пружним лафетом

1. Умови нерухомості та стійкості під час пострілу гармати з *жорстким лафетом* мають такий вигляд:

$$T_{ХБ} = P_{КН} , \quad (7.53)$$

$$Q_{БD} \geq P_{КН} h , \quad (7.54)$$

де величини, які входять до цих формул, мають такий самий зміст, як і для гармати з пружним лафетом.

Для гармати з *пружним лафетом* натомість ці умови задаються формулами (7.46) і (7.51).

Порівнюючи між собою умови нерухомості і стійкості цих видів гармат, зробимо висновки.

По-перше, на стійкість гармати з пружним лафетом впливає момент динамічної пари $P_{КН}e$, який виникає внаслідок ексцентриситету мас відкотних частин. Залежно від знака ексцентриситету e , тобто від того, вище ($e > 0$) чи нижче ($e < 0$) осі каналу ствола (лінії дії сили віддачі) знаходиться центр мас θ відкотних частин, гармата може бути відповідно менш, або більш стійкою під час пострілу. Проте величина моменту $P_{КН}e$ порівняно невелика внаслідок малості ексцентриситету. Крім того, час дії моменту динамічної пари на гармату також малий (30-40 мс у гармат середнього калібру). Тому в першому наближенні моментом динамічної пари можна знехтувати і умову стійкості записати у такому вигляді:

$$Q_{БD} \geq Rh. \quad (7.55)$$

По-друге, на нерухомість і стійкість гармати з пружним лафетом впливає не сила віддачі $P_{КН}$, а сила опору відкоту R . Порівняємо ці сили.

З рівняння руху відкотних частин (7.42) випливає

$$M_0 dV = P_{КН} dt - R dt.$$

Одержана рівність є законом зміни кількості руху у диференціальній формі для системи “ствол-лафет”. Використовуючи цей вираз, визначимо зміну кількості руху відкотних частин за весь час відкоту:

$$M_o \int_{V_o}^{V_T} dV = \int_{t_o}^{t_\tau} P_{KH} dt, \quad (7.56)$$

де V_o - початкова швидкість відкоту;
 V_T - кінцева швидкість відкоту;
 t_o - час початку відкоту;
 t_τ - час кінця дії сили віддачі;
 T - час кінця відкоту.

Оскільки $V_o = V_T = 0$, то лівий інтеграл (7.56) матиме вигляд

$$M_o \int_{V_o}^{V_T} dV = M_o (V_T - V_o) = 0,$$

тобто при відкоті не відбувається зміни кількості руху відкотних частин.

Тому повний імпульс сил, що діють на відкотні частини,

$$\int_{t_o}^{t_\tau} P_{KH} dt - \int_{t_o}^T R dt = 0.$$

З останнього виразу одержуємо

$$\int_{t_o}^{t_\tau} P_{KH} dt = \int_{t_o}^T R dt. \quad (7.57)$$

Ліва частина рівності (7.57) – це імпульс сили віддачі, права частина – імпульс сили опору відкоту. Таким чином, у гармат з пружним лафетом імпульс сили віддачі до-

рівнює імпульсу сили опору відкоту. Але оскільки час дії сили віддачі значно менший часу дії сили опору відкоту

$$t_r - t_o \ll T - t_o, \quad (7.58)$$

то для виконання рівності (7.57) необхідно, щоб величина сили опору відкоту була б значно меншою сили віддачі:

$$R \ll P_{KH}. \quad (7.58)$$

Таким чином, введення до конструкції гармати ПВП і надання можливості стволу здійснювати відкот під час пострілу дозволило замінити руйнівну дію на лафет сили віддачі дією незрівнянно меншої сили опору відкоту. Тому гармата з пружним лафетом за інших рівних умов має більшу нерухомість і більшу стійкість, ніж гармата з жорстким лафетом. І чим менше створюють ПВП силу опору відкоту R , тим більшим є цей ефект. Але при цьому зменшення R викликає необхідність збільшення часу і довжини відкоту, як того вимагає формула (7.57).

З умови стійкості гармати з пружним лафетом $Q_B D \geq Rh$ випливає, що для збільшення стійкості гармати необхідно:

- збільшувати масу гармати у бойовому положенні з метою збільшення сили ваги Q_B , що недоцільно з урахуванням зниження маневреності, прохідності, металоемності гармати тощо;
- збільшувати плече D , тобто збільшувати довжину станин. У сучасних гарматах середнього калібру довжина станин становить 2,5-6,0 м, і верхня межа цієї величини обмежується небезпекою зниження експлуатаційних якостей гармати;
- зменшувати плече h , тобто знижувати висоту лінії вогню H_o . У сучасних гарматах середнього калібру $H_o = 0,8-1,2$ м. Надмірне зниження висоти лінії вогню погіршує експлуатаційні і бойові характеристики гармати, знижує прохідність і сектор обстрілу за кутом підвищення.

Таким чином, названими способами суттєво збільшити стійкість гармати неможливо. Тому найбільш реальний і радикальний шлях досягнення цієї мети – зменшення сили опору відкоту. Потрібне значення цієї сили знаходять з умови стійкості гармати (7.55):

$$R \leq \frac{Q_B D}{h}. \quad (7.60)$$

З цієї нерівності видно, що для збільшення стійкості гармати необхідно зменшувати силу опору відкоту R . Але таке зменшення, за (7.57), призводить до збільшення довжини відкоту. З іншого боку, мінімальна довжина відкоту, при якій гармата ще зберігає стійкість під час пострілу, забезпечується максимально можливою силою опору відкоту, яка знаходиться з умови досягнення гарматою межі стійкості

$$R = \frac{Q_B D}{h}. \quad (7.61)$$

При зміні кута підвищення φ величина плеча сили віддачі h також змінюється. Крім того, у процесі відкоту відбувається зміщення центра мас O відкотних частин, що, в свою чергу, приводить до зміщення центра мас C всієї гармати, тобто змінюється відстань D . Тому сила опору відкоту залежить як від кута підвищення φ , так і від поточної величини шляху відкоту X (тобто змінюється у процесі відкоту).

Залежність $h = f(\varphi)$ досить точно описується формулою

$$h = H_o \cos \varphi - D_o \sin \varphi, \quad (7.62)$$

де H_o - висота лінії вогню (висота осі каналу ствола при $\varphi=0$);

D_o - відстань від опорної точки сошника до лінії дії сили ваги гармати у бойовому положенні (до початку відкоту);

φ - кут підвищення.

З формули (7.62) можна зробити висновок, що плече h зменшується при збільшенні кута підвищення практично лінійно:

$$\text{при } \varphi = 0 \quad h = h_{\max} = H_0.$$

Стабілізувальний момент гармати у процесі відкоту також змінюється, а саме - зменшується при зростанні X :

$$Q_B D = Q_B D_0 - Q_0 X \cos \varphi, \quad (7.63)$$

де Q_0 - сила ваги відкотних частин;
 X - поточний шлях відкоту.

Ця тенденція є тим сильнішою, чим менший кут підвищення φ .

Підставивши формулу (7.63) в рівність (7.61), остаточно отримаємо залежність сили опору відкоту від шляху відкоту і кута підвищення:

$$R = \frac{Q_B D_0 - Q_0 X \cos \varphi}{h}. \quad (7.64)$$

Згідно з (7.64) сила опору відкоту, яка забезпечує мінімальну довжину відкоту при збереженні стійкості гармати, має змінюватись так, як показано на рис. 7.7.

З графіків випливає, що при зменшенні кута підвищення φ має зменшуватися сила опору відкоту R і збільшуватися довжина відкоту. При деякому достатньо малому φ довжина відкоту стає надмірно великою. Це призводить до необхідності збільшення довжини напрямних люльки, штоків і циліндрів накатника і гальма відкотних частин, а також до обмеження сектору вертикальних кутів наводки. Тому ця обставина змушує обмежувати значення мінімального кута підвищення, при якому можлива стрільба без втрати гарматою стійкості.

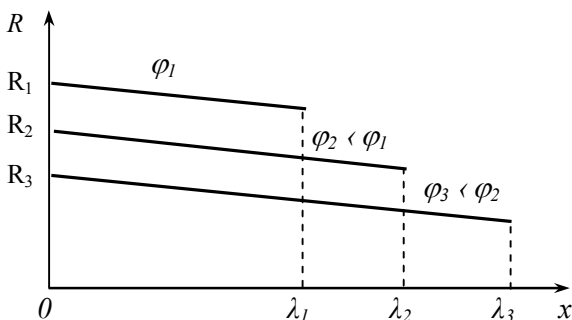


Рисунок 7.14 - Залежність $R = f(X)$ для різних кутів підвищення φ

Мінімальний кут підвищення, при якому зберігається стійкість гармати під час пострілу, коли довжина відкоту є раціонально допустимою, називається *межовим кутом відкоту* φ_{ep} . Величина сили опору відкоту, що відповідає цьому куту підвищення, називається *межовим опором відкоту*.

Величина межового опору відкоту може бути визначена за формулою (7.64) при $\varphi = \varphi_{ep}$ і $h = h_{ep}$ дорівнює

$$R_{ep} = \frac{Q_B D_o - Q_o X \cos \varphi_{ep}}{h_{ep}}. \quad (7.65)$$

Виконати гальмо відкотних частин таким, щоб його гідравлічний опір змінювався залежно і від шляху відкоту, і від кута підвищення, конструктивно складно. Тому, звичайно, в гальмі відкотних частин застосовується лише регулювання сили гідравлічного опору залежно від шляху відкоту. При цьому величина сили опору відкоту устанавлюється відповідно до вибраного межового кута відкоту.

У сучасних гармат середнього калібру величина межового кута відкоту становить: $\varphi_{ep} = 2-8^\circ$.

Вибір φ_{ep} є складним конструкторським завданням.

У гармат межовий кут відкоту має бути близьким до нуля, щоб забезпечити стрільбу без втрати стійкості при малих кутах підвищення. При цьому малі значення φ_{ep} у пушок вимагають зниження висоти лінії вогню і збільшення довжини станин. Оскільки у гармат максимальний кут підвищення не перевищує 45° , то це дає можливість навіть при довгому відкоті знизити висоту лінії вогню, не допускати удару казенника об ґрунт при відкоті ствола.

У гаубиць стрільба ведеться здебільшого на великих кутах підвищення. Тому для уникнення удару казенника об ґрунт слід скорочувати довжину відкоту, що веде до необхідності збільшувати силу опору відкоту, а це, в свою чергу, змушує збільшити межовий кут відкоту.

7.2.2. Особливості стійкості та нерухомості САУ

Особливостями самохідної артилерійської гармати, на відміну від причіпних гармат, є такі:

1. САУ опирається на ґрунт через пружні елементи підвіски ходової частини. Наявність цих пружних зв'язків призводить до коливальних рухів ствола і, отже, до розсіювання снарядів під час стрільби.

2. Наявність люфтів у гусеничному рушії призводить до помітного переміщення гармати під час пострілу, що вимагає корегування наводки після пострілу.

Тому при установці САУ у бойове положення доцільно виключати пружну підвіску і споряджати гармату відкидним сошником.

Перелічені обставини значно ускладнюють вирішення завдання про нерухомість і стійкість самохідної гармати під час пострілу.

Але це завдання може бути значно спрощене за таких припущень:

- підресорювання базової машини вимкнено;
- у гусеничному рушії відсутні люфти;

- гармата установлена на тверду горизонтальну основу;
- дія всіх сил відбувається в одній вертикальній площині, що проходить через вісь каналу ствола і є площиною симетрії.

Під час пострілу на САУ діють такі сили:

- сила віддачі $P_{кн}$, спрямована по осі каналу ствола;
- сила інерції відкотних частин I_0 , прикладена до центра мас O відкотних частин і спрямована вздовж осі каналу ствола на відстані e від неї;
- сила ваги Q_B гармати в бойовому положенні;
- сила нормального тиску N , прикладена до центра тиску A гусениць на ґрунт.

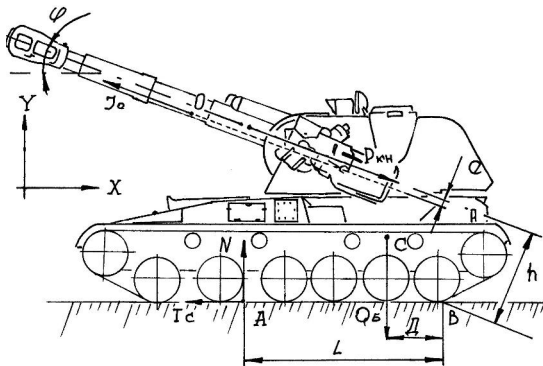


Рисунок 7.15 - Схема сил, що діють на самохідну гармату під час пострілу

Стволу гармати надається деякий кут підвищення φ , внаслідок чого вісь каналу ствола проходить на відстані h від точки B – опори заднього катка.

Сили N і T_c є розподіленими силами. Але для зручності і з метою спрощення їх можна вважати як рівнодійними сил тиску і прикладеними до точки A , яка називається центром тиску гусениць на ґрунт. При цьому сила зчеплення гусениць з ґрунтом – це сила тертя:

$$T_c = \mu Q_B, \quad (7.66)$$

де $\mu = 0,7-0,8$ – коефіцієнт зчеплення гусениць з грунтом.

Визначення умов нерухомості і стійкості САУ під час пострілу аналогічне до виведення цих умов для причіпної гармати.

Умова нерухомості САУ під час пострілу:

$$T_c = R \cos \varphi, \quad (7.67)$$

або

$$T_c = R \quad (\text{при } \varphi=0). \quad (7.67')$$

Умова стійкості САУ під час пострілу:

$$Q_B D \geq Rh + P_{кн} e. \quad (7.68)$$

Порівнюючи умови нерухомості і стійкості для САУ (7.67 і 7.68) і відповідні умови для причіпної гармати з пружним лафетом (7.45 і 7.51), можна зробити висновок, що між ними формальних відмінностей немає. Але є суттєва кількісна різниця. Сила зчеплення гусениць з грунтом T_c і стабілізувальний момент $Q_B D$, що залежить від ваги САУ, у 3 - 4 рази більші, ніж у причіпних гармат. Тому нерухомість і стійкість САУ під час пострілу значно вищі, ніж у причіпних гармат. Це дає можливість, зберігаючи запаси нерухомості і стійкості САУ на рівні причіпних гармат, значно збільшити силу опору відкоту R з боку ПВП. За формулою (7.57) це дозволяє зменшити довжину відкоту. Зменшення довжини відкоту для САУ дозволяє зменшити габарити і масу башти, у якій устанавлюється гармата.

7.3. Вільний відкот

7.3.1. Періоди вільного відкоту

У гармат з пружним лафетом під час пострілу під дією сили $P_{кн}$ снаряд і відкотні частини починають переміщуватись одночасно. Але спочатку сила віддачі $P_{кн}$ буде

великою ($P_{кн} \gg R$) внаслідок великої сили тиску порохових газів $P_{дн}$, і рух відкотних частин, за рівнянням (7.42), буде *прискореним*. При зменшенні сили $P_{дн}$ величина $P_{кн}$ також зменшується. При $P_{кн} = R$ швидкість відкотних частин – *максимальна*. При $P_{кн} < R$ рух відкотних частин буде *сповільненим* – до повного зупинення.

Розрахунок відкоту зводиться до визначення шляху $X=f(t)$ і швидкості $V=f(t)$ відкотних частин. Для цього потрібно проінтегрувати рівняння руху відкотних частин:

$$M_o \frac{dV}{dt} = P_{кн} - R.$$

Залежність сили віддачі гармати від часу $P_{кн}=f(t)$ показана на рис. 7.16.

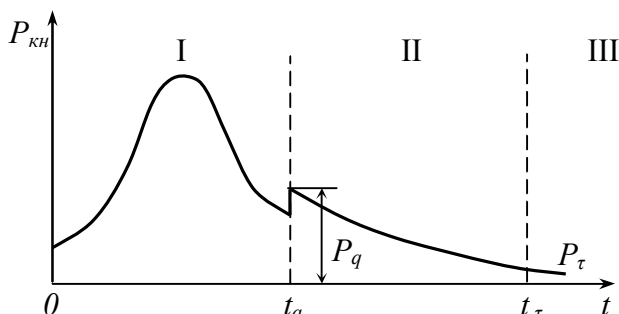


Рисунок 7.16 - Графік залежності сили віддачі від часу з періодами відкоту

З графіка випливає, що аналітичної залежності $P_{кн} = f(t)$, яка була б зручною для інтегрування, немає. Тому задачу доцільно розв'язувати при використанні принципу незалежності дії сил. Спочатку розглядається так званий *вільний відкот* (ВВ), коли на відкотні частини діє лише сила $P_{кн}$. Потім аналізується *загальмований відкот* (ЗВ), при якому враховується вплив сили R на параметри вільного відкоту.

Таким чином, вільний відкот (ВВ) – це переміщення ствола під дією лише сили віддачі $P_{кн}$ по ідеально гладких

напрямних люльки. У ВВ розрізняють два періоди (третій період відкоту у гіпотезі ВВ не враховується, оскільки він не має практичного сенсу):

I період – період руху снаряда у каналі ствола;

II період – період післядії газів.

Рівняння руху відкотних частин для обох періодів ВВ можна одержати з рівняння (7.42) при $R=0$:

$$M_o \frac{dW}{dt} = P_{кн}, \quad (7.69)$$

де $W = \frac{dL}{dt}$ - швидкість ВВ; L - шлях

ВВ.

7.3.2 Шлях та швидкість вільного відкоту Перший період

У першому періоді ВВ ствол, снаряд і порохові гази утворюють систему тіл, на які діють лише внутрішні сили (рис. 7.17.)

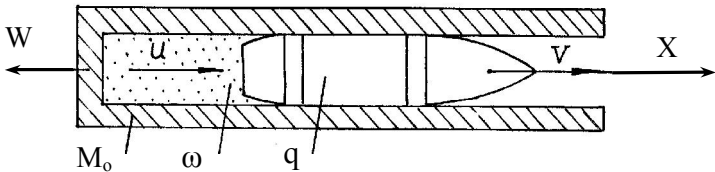


Рисунок 7.17 - До виведення формул швидкості і шляху ВВ в I періоді

Ця система підлягає закону збереження імпульсу (кількості руху): якщо система тіл перебуває під дією лише внутрішніх сил, то зміна імпульсу системи

$$\sum_i \Delta K_i = 0, \quad (7.70)$$

де ΔK_i – зміна імпульсу i -го тіла системи.

Тоді зміни імпульсу для тіл, що входять до системи “ствол-заряд-снаряд”, за деякий проміжок часу з початку руху визначаються так:

- для відкотних частин

$$\Delta Rv_j = V_j(-W - W_o) = -V_j W, \quad (7.71)$$

де M_o - маса відкотних частин;
 W - швидкість відкоту;
 $W_o = 0$ - початкова швидкість відкоту;

- для снаряда

$$\Delta Kq = q(v - v'_o) = qv, \quad (7.72)$$

де q - маса снаряда;
 v - швидкість снаряда ($v'_o = 0$);

- для порохових газів (заряду)

$$\Delta K\omega = \omega(u - u_o) = \omega u, \quad (7.73)$$

де ω - маса заряду;
 u - швидкість переміщення заряду ($u_o = 0$).

Вважається, що u змінюється вздовж координати x за лінійним законом: біля дна каналу ствола $u = -W$; біля дна снаряда $u = v$.

Тоді

$$u = u_{\text{сер}} = \frac{v - W}{2}$$

і

$$\Delta K_\omega = \omega \frac{v - W}{2} = 0,5\omega(v - W). \quad (7.74)$$

Підставляючи (7.71), (7.72) і (7.74) в закон збереження імпульсу (7.70), отримуємо:

$$-M_o W + qv + 0,5\omega(v - W) = 0.$$

Після перетворень отримуємо швидкість ВВ у I періоді:

$$-M_o W + qv + 0,5\omega v - 0,5\omega W = 0,$$

$$(q + 0,5\omega)v = (M_o + 0,5\omega) W,$$

$$W = \frac{q + 0,5\omega}{M_o + 0,5\omega} v. \quad (7.75)$$

Шлях ВВ знайдемо інтегруванням (7.75), використовуючи відомі залежності:

$$W = \frac{dL}{dt},$$

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (x\text{- поточний шлях снаряда у каналі ствола),$$

$$\frac{dL}{dt} = \frac{q + 0,5\omega}{M_o + 0,5\omega} \frac{dx}{dt},$$

$$dL = \frac{q + 0,5\omega}{M_o + 0,5\omega} dx,$$

$$\int_0^L dL = \frac{q + 0,5\omega}{M_o + 0,5\omega} \int_0^x dx.$$

Остаточно отримуємо шлях ВВ у I періоді:

$$L = \frac{q + 0,5\omega}{M_o + 0,5\omega} x. \quad (7.76)$$

З формул (7.75) і (7.76) випливає:

- шлях і швидкість ВВ тим більші, чим більші шлях і швидкість снаряда у каналі ствола;
- шлях і швидкість ВВ тим більші, чим більша маса снаряда;
- шлях і швидкість ВВ збільшуються зі збільшенням маси заряду;
- шлях і швидкість ВВ тим менші, чим більша маса відкотних частин.

З останньої обставини випливає, що з метою зменшення довжини відкоту необхідно збільшувати масу M_o .

Тому ПВП доцільно розміщувати на стволі, що й здійснюється у сучасних гарматах.

На практиці використовуються такі формули для шляху і швидкості ВВ наприкінці I періоду (під час вильоту снаряда з каналу ствола):

$$L_{\partial} = \frac{q + 0,5\omega}{M_o} l_{\partial}, \quad (7.77)$$

$$W_{\partial} = \frac{q + 0,5\omega}{M_o} v_o, \quad (7.78)$$

де l_{∂} - довжина напрямної частини ствола;
 v_o - початкова швидкість снаряда.

Другий період

У II періоді шлях і швидкість знаходять інтегруванням рівняння (7.69) при відомому законі зміни сили віддачі $P_{кн} = (t)$ у цьому періоді.

Професор Бравін запропонував такий закон:

$$P_{кн}(t) = P_{\partial} e^{-\frac{t}{b}}, \quad (7.79)$$

де P_{∂} – сила віддачі при проходженні снарядом дульного зрізу каналу ствола (дульна сила віддачі);
 b – стала часу Бравіна – час, упродовж якого сила віддачі у II періоді ВВ зменшується в e разів;
 t – поточний час у II періоді ВВ.

Графічне зображення закону Бравіна показано на рис. 7.18.

Будемо вважати, що наприкінці II періоду ВВ тиск газів у каналі ствола зменшиться до $P_{\tau} = 0,2$ МПа.

Якщо прийняти відлік часу у II періоді від власного нуля, то в момент кінця періоду $t = \tau$.

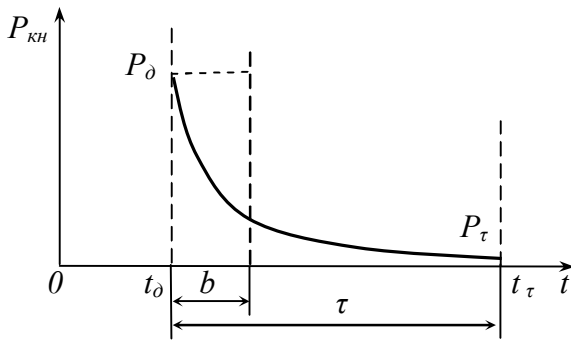


Рисунок 7.18 - Графік зміни $P_{кн} = f(t)$ у II періоді ВВ

Тоді в цей момент сила віддачі

$$P_{\tau} = P_0 e^{-\frac{\tau}{b}} = P_{\tau} S = 0,2S,$$

де $S = n_s d^2$ – площа поперечного перерізу каналу ствола.

Таким чином,

$$0,2S = P_0 S e^{-\frac{\tau}{b}},$$

або
$$0,2 = P_0 e^{-\frac{\tau}{b}}.$$

Логарифмуючи останній вираз, одержимо формули для розрахунку тривалості II періоду ВВ τ :

$$\tau = b \ln 5 P_0, \quad (7.80)$$

або

$$\tau = 2,3b \ln 5 P_0, \quad (7.80')$$

де P_0 – дульний тиск.

Розглянемо зміст сталої часу Бравіна.

Величина імпульсу сили віддачі у II періоді ВВ:

$$I = \int_0^{\tau} P_{кн}(t) dt. \quad (7.81)$$

Підставивши (7.79) в (7.81), одержимо

$$I = \int_0^{\tau} P_0 e^{-\frac{t}{b}} dt = P_0 \int_0^{\tau} e^{-\frac{t}{b}} dt = P_0 b (1 - e^{-\frac{\tau}{b}}). \quad (7.82)$$

Для сучасних гармат $\frac{\tau}{b} = 5 - 6$. Тому $e^{-\frac{\tau}{b}} \ll 1$, і остаточно отримуємо

$$I = P_0 b. \quad (7.83)$$

З останньої формули випливає, що стала часу Бравіна – це час, упродовж якого відбудеться процес витоку газів зі ствола, якщо тиск газів буде сталим: $P = P_0$.

Для отримання формул для параметрів ВВ у II періоді підставимо (7.79) в (7.69):

$$M_0 \frac{dW}{dt} = P_0 e^{-\frac{t}{b}}, \quad (7.84)$$

і проінтегруємо отриманий вираз у межах:

- за часом: від 0 до t ;
- за швидкістю: від W_0 до W ;
- за шляхом: від L_0 до L .

Для швидкості ВВ:

$$\begin{aligned} dW &= \frac{1}{M_0} P_0 e^{-\frac{t}{b}} dt, \\ \int_{W_0}^W dW &= \frac{P_0}{M_0} \int_0^t e^{-\frac{\theta}{b}} d\theta, \\ W - W_0 &= \frac{P_0}{M_0} b (1 - e^{-\frac{t}{b}}). \end{aligned}$$

Остаточного отримаємо швидкість ВВ у II періоді:

$$W(t) = W_0 + \frac{P_0}{M_0} b (1 - e^{-\frac{t}{b}}). \quad (7.85)$$

Для кінця II періоду $e^{-\frac{\tau}{b}} \ll 1$, тому отримаємо максимальну швидкість ВВ:

$$W_{\tau} = W_{\delta} + \frac{P_{\delta}}{M_{\delta}} b. \quad (7.86)$$

Для шляху ВВ:

$$W = \frac{dL}{dt} = W_{\delta} + \frac{P_{\delta}}{M_{\delta}} b (1 - e^{-\frac{t}{b}}),$$

$$dL = W_{\delta} dt + \frac{P_{\delta}}{M_{\delta}} b (1 - e^{-\frac{t}{b}}) dt,$$

$$\int_{L_0}^L dL = W_{\delta} \int_0^t d\theta + \frac{P_{\delta}}{M_{\delta}} b \int_0^t (1 - e^{-\frac{\theta}{b}}) d\theta.$$

Остаточно отримаємо шлях ВВ у II періоді:

$$L = L_{\delta} + W_{\delta} t + \frac{P_{\delta}}{M_{\delta}} b [t - b(1 - e^{-\frac{t}{b}})]. \quad (7.87)$$

Повний шлях ВВ для $t = \tau$:

$$L_{\tau} = L_{\delta} + W_{\delta} \tau + \frac{P_{\delta}}{M_{\delta}} b (\tau - b). \quad (7.88)$$

Знайдені параметри ВВ подані на рис. 7.19.

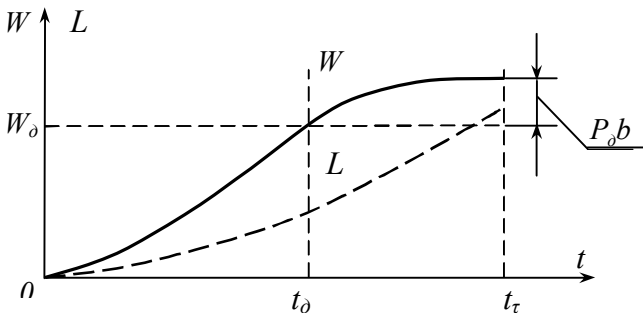


Рисунок 7.19 - Графіки для шляху і швидкості ВВ у II періоді

7.4. Загальмований відкот

7.4.1. Періоди загальмованого відкоту

Загальмований відкот (ЗВ) – це переміщення ствола по напрямних люльки пружного лафета, що відбувається під час пострілу під дією всіх сил, прикладених до відкотних частин.

У ЗВ розрізняють три періоди:

I період – період руху снаряда по каналу ствола. На відкотні частини діє сила віддачі $P_{кн}$ і сила опору відкоту R .

Рівняння руху відкотних частин матиме вигляд

$$M_o \frac{dV}{dt} = P_{кн} - R, \quad (7.89)$$

де $V = \frac{dX}{dt}$ - швидкість ЗВ;

X - шлях ЗВ.

I період закінчується в момент, коли снаряд залишає ствол.

II період – період післядії порохових газів. На відкотні частини продовжують діяти сила опору відкоту R і сила віддачі $P_{кн}$, яка зменшується у процесі витoku газів з каналу ствола.

Рівняння руху відкотних частин зберігає вигляд (7.89). II період закінчується в момент, коли тиск порохових газів дорівнює тиску середовища, що оточує ствол.

III період – період руху ствола за інерцією, коли вся кінетична енергія, одержана під час пострілу відкотними частинами, йде на подолання сил опору аж до повного зупинення ствола. В III періоді дія порохових газів на ствол –

відсутня ($P_{\text{кн}} = 0$), і на відкотні частини діє лише сила опору відкоту.

Рівняння руху відкотних частин у цьому періоді опи-сує сповільнений рух ствола під дією сили R :

$$M_o \frac{dV}{dt} = -R. \quad (7.90)$$

ЗВ, на відміну від ВВ, є такою моделлю, яка най-більш наближена до реального відкоту. Аналіз ЗВ, як вже зазначалося, полягає у кількісному з'ясуванні впливу сили опору відкоту R на параметри ВВ.

Цей вплив відображається у таких формулах перерахунку параметрів ВВ у параметри ЗВ:

$$V = V_o + (W - W_o) - \frac{1}{M_o} \int_o^t R(\theta) d\theta,$$

$$X = X_o - (L - X_o) - (W_o - V_o)t - \frac{1}{M_o} \int_o^t \int_o^t R d\tau d\theta, \quad (7.91)$$

де W_o, V_o - початкові швидкості ВВ і ЗВ відпо-відно;

W, V - поточні швидкості ВВ і ЗВ;

L_o, X_o - поточні шляхи ВВ і ЗВ;

$R(t)$ - закон зміни сили опору відкоту у ча-

сі;

M_o - маса відкотних частин.

Значення формул (7.91) полягає в тому, що вони звільняють від необхідності інтегрувати рівняння (7.89) для визначення параметрів ЗВ. Для розв'язання цієї задачі до-статньо використати відомі параметри ВВ і проінтегрувати закон $R(t)$, яким необхідно задатися.

7.4.2. Вплив дульного гальма на параметри вільного відкоту

Найпростішим видом загальмованого відкоту можна вважати вільний відкот ствола, спорядженого дульним гальмом (ДГ).

ДГ – це пристрій, що поглинає частину кінетичної енергії відкотних частин під час пострілу за рахунок спеціально сформованого витоку газів через його отвори.

Ефективність дії ДГ визначається: енергетичною та імпульсною характеристиками.

Енергетична характеристика ДГ

Енергетична характеристика ДГ – це величина, що показує, яку частку кінетичної енергії відкотних частин поглинає ДГ.

$$\xi = \frac{\Delta E_{o\zeta}}{E_o}, \quad (7.92)$$

де $\Delta E_{o\zeta}$ - енергія, що її поглинає ДГ;

E_o - кінетична енергія відкотних частин наприкінці II періоду ВВ.

Характеристика застосовується для загальної оцінки ефективності дії ДГ щодо поглинання енергії відкоту.

Наприкінці II періоду ВВ з відсутності ДГ:

$$E_o = \frac{M_o W_\tau^2}{2},$$

де W_τ - швидкість ВВ при $t = \tau$ (в кінці II періоду).

За наявності ДГ кінетична енергія відкотних частин

$$E_{o\zeta} = \frac{M_o W_{\tau o\zeta}^2}{2},$$

де W_τ - швидкість відкоту з ДГ наприкінці II періоду.

Тоді енергія, що її поглинає ДГ, дорівнює

$$\Delta E_{\partial z} = E_o - E_{o_{\partial z}} = \frac{M_o W_\tau^2}{2} - \frac{M_o W_{\tau_{\partial z}}^2}{2}.$$

Енергетична характеристика ДГ:

$$\xi = \frac{\Delta E_{\partial z}}{E_o} = \frac{\frac{M_o}{2} (W_\tau^2 - W_{\tau_{\partial z}}^2)}{\frac{M_o}{2} W_\tau^2}.$$

Остаточно дістаємо формулу для енергетичної характеристики ДГ:

$$\xi = 1 - \frac{W_{\tau_{\partial z}}^2}{W_\tau^2}. \quad (7.93)$$

У сучасних гармат $\xi = 0,3-0,7$.

Знаючи ξ і $W_\tau = W_{max}$, з виразу (7.4.5) можна знайти швидкість відкоту наприкінці II періоду за наявності ДГ:

$$W_{\tau_{\partial z}} = W_{max} \sqrt{1 - \xi}. \quad (7.94)$$

Імпульсна характеристика ДГ

Імпульсна характеристика ДГ – це величина, що показує, як змінюється імпульс сили віддачі внаслідок роботи ДГ:

$$\chi = \frac{I_{\partial z}}{I}, \quad (7.95)$$

де $I_{\partial z}$ - імпульс $P_{кн}$ з ДГ;
 I - імпульс $P_{кн}$ без ДГ.

Імпульсна характеристика застосовується для оцінки впливу ДГ на відкот ствола.

Імпульс сили $P_{кн}$ без ДГ у II періоді

$$I = \int_0^{\tau} P_{\text{кн}}(t) dt. \quad (7.96)$$

Імпульс сили $P'_{\text{кн}}$ з ДГ у II періоді

$$I_{\partial z} = \int_0^{\tau} P'_{\text{кн}}(t) dt, \quad (7.96')$$

де $P'_{\text{кн}}$ - сила віддачі з ДГ.

Оскільки ДГ практично не впливає на тривалість періоду післядії газів (II період) і на характер витоку газів зі ствола, то для визначення сили віддачі без ДГ і з ДГ у II періоді використовується закон професора Бравіна

$$P_{\text{кн}}(t) = P_0 e^{-\frac{t}{b}}, \quad (7.97)$$

$$P'_{\text{кн}}(t) = P'_0 e^{-\frac{t}{b}}. \quad (7.97')$$

Підставляючи (7.97) і (7.96), а також (7.97') і (7.96') в (7.95), одержимо

$$\chi = \frac{I_{\partial z}}{I} = \frac{\int_0^{\tau} P'_0 e^{-\frac{t}{b}} dt}{\int_0^{\tau} P_0 e^{-\frac{t}{b}} dt} = \frac{P'_0 \int_0^{\tau} e^{-\frac{t}{b}} dt}{P_0 \int_0^{\tau} e^{-\frac{t}{b}} dt}.$$

Остаточно

$$\chi = \frac{P'_0}{P_0}, \quad (7.98)$$

де P'_0 - дульна сила віддачі з ДГ;
 P_0 - дульна сила віддачі без ДГ.

Таким чином, імпульсна характеристика, по суті, показує, як змінюється сила віддачі при застосуванні ДГ.

Різниця дульних сил віддачі – це сила дульного гальма:

$$R_{\partial z} = P_{\partial} - P'_{\partial}. \quad (7.99)$$

З (7.99) випливає, що

$$R_{\partial z} = P_{\partial} - \chi P'_{\partial}.$$

Тобто

$$R_{\partial z} = P_{\partial} (1 - \chi). \quad (7.100)$$

Параметри ВВ при використанні ДГ

Залежно від конструкції (і ефективності) ДГ його імпульсна характеристика може бути різною як за величиною, так і за знаком (рис. 7.20).

Малоефективні ДГ мають $\chi > 0$. У гарматах, що споряджені ДГ з негативною імпульсною характеристикою ($\chi < 0$), швидкість відкоту почне зменшуватися уже на початку II періоду (сповільнений відкот) – ДГ з $\chi < 0$ є високоефективними (їх енергетична характеристика $\xi \geq 0,45$). Фізичний смисл негативною імпульсною характеристикою ДГ: у II періоді сила віддачі для гармат із такими ДГ має змінювати свій напрям (як на рис. 7.20 сила $P'_{кн2}$), тобто із сили, що *спричиняє відкот*, перетворюється в силу *гальмівну*. При цьому $R_{\partial z} > P_{кн}$, і за рівнянням (7.89) з початку II періоду починається сповільнення відкоту.

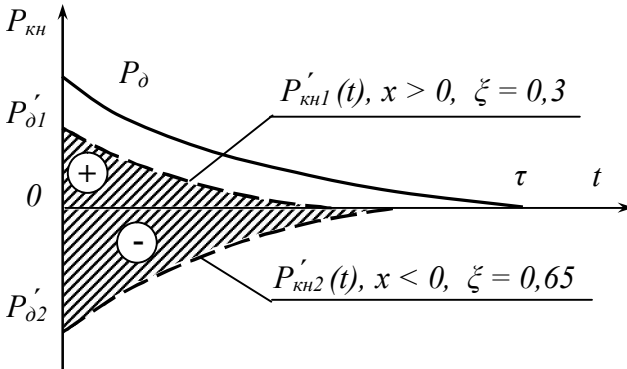


Рисунок 7.20 - Графік сил $P_{кн}$ і $P'_{кн}$ (з ДГ) у II періоді

Для одержання формул для параметрів відкоту з ДГ достатньо у формули (7.85) та (7.87) для швидкості і шляху

ВВ замість P_∂ підставити значення дульної сили віддачі з використанням ДГ, тобто $P'_\partial = \chi P_\partial$.

Таким чином,

$$W_{\partial z} = W_\partial + \chi \frac{P_\partial}{M_\partial} b (1 - e^{-\frac{t}{b}}), \quad (7.101)$$

$$L_{\partial z} = L_\partial + W_\partial t + \chi \frac{P_\partial}{M_\partial} b [t - b(1 - e^{-\frac{t}{b}})]. \quad (7.102)$$

До цих формул власне і зводиться урахування впливу ДГ на вільний відкот. Якщо $\chi > 0$, то швидкість відкоту в II періоді продовжує зростати і досягає максимуму наприкінці II періоду. Якщо $\chi < 0$, то максимум швидкості відкоту має місце на початку II періоду (рис. 7.21).

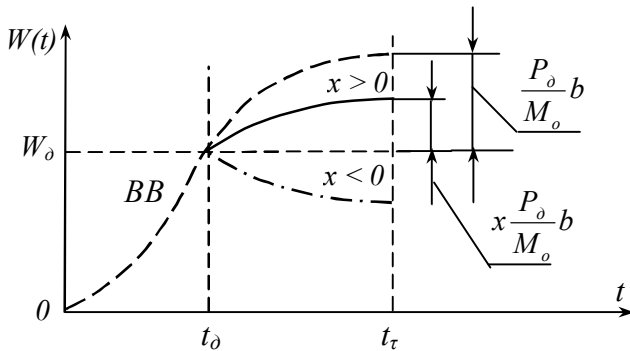


Рисунок 7.21 - До оцінки впливу ДГ на швидкість відкоту у II періоді

З рис. 7.21 добре бачимо, що величину χ можна визначити як відношення приростів швидкостей відкоту з ДГ і без нього у II періоді:

$$\chi = \frac{\Delta W_{\partial z}}{\Delta W}. \quad (7.103)$$

7.4.3. Закон зміни сили опору відкоту

Для визначення шляху і швидкості ЗВ за формулами (7.91) необхідно знати закон зміни $R(t)$. Цей закон задають при проектуванні ПВП, і він має задовольняти такі вимогам:

1. У процесі відкоту силова дія на лафет має бути мінімальною.

2. У процесі відкоту сила опору відкоту R не повинна перевищувати певного значення R_{zp} , яке дається формулою (7.65), і при якому гармата втрачає стійкість.

3. Відкот має здійснюватися плавно, безударно, на мінімальній довжині.

4. Функція $R(t)$ має бути інтегрованою (див. формули (7.91)).

5. Закон зміни $R(t)$ (закон відкоту) має бути таким, щоб його можна було реалізувати в конкретних ПВП (наприклад гідравлічний опір гальма відкоту повинен забезпечуватися розрахунковим профілем веретена тощо).

Внаслідок того, що причіпна гармата і САУ мають різний рівень стійкості, закони відкоту ствола для них дещо розрізняються.

Розглянемо ці закони окремо (за проф. Бравінім).

Закон відкоту для причіпних гармат

$$\text{I період:} \quad R(t) = R_o + (R_{\max} - R_o) \sin^2 \frac{\pi t}{2 t_o} ;$$

$$(7.104)$$

$$\text{II період:} \quad R(t) = R_{\max} = \text{const} ; \quad (7.105)$$

$$\text{III період:} \quad R(t) = mR_{cp} , \quad (7.106)$$

де $m = 0,9-0,95$ – коефіцієнт запасу стійкості.

Схема відкоту для причіпних гармат показана на рис. 7.22.

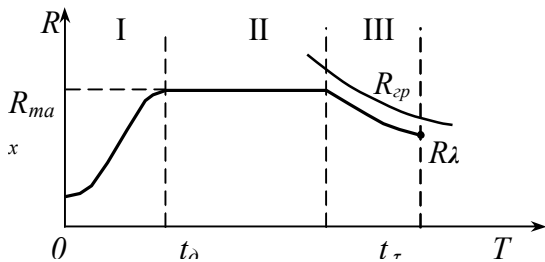


Рисунок 7.22 - Графік $R = f(t)$ для причіпних гармат

Закон відкоту для самохідних гармат

I період:
$$R(t) = R_o + (R_{\max} - R_o) \sin^2 \frac{\pi t}{2 t_\delta};$$

II період:
$$R(t) = R_{\max} = \text{const}; \quad (7.107)$$

III період:
$$R(t) = R_{\max} = \text{const}.$$

Схема відкоту для САУ показана на рис. 7.23.

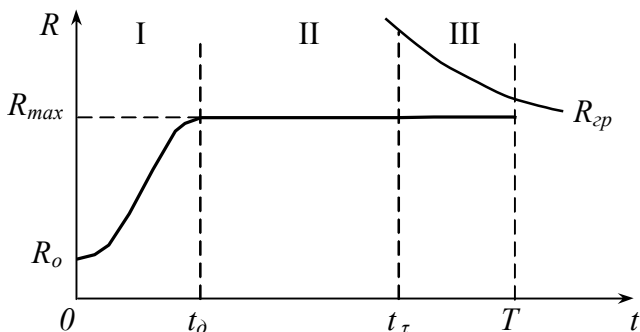


Рисунок 7.23 - Графік $R = f(t)$ для САУ

Відмінність законів відкоту в III періоді у причіпних гармат і САУ зумовлені відмінністю в їх стійкості під час пострілу. У причіпних гармат $R_{\epsilon p}$ – малий (внаслідок малої Q_B), тому стійкість мала, і тому в III періоді необхідно зменшувати R поступово, щоб не сталося $R \geq R_{\epsilon p}$, і гармата не втратила стійкості. Якщо в III періоді прийняти у причіп-

них гармат, як у САУ, $R=const$, то тоді потрібно зменшувати R , і при цьому необґрунтовано зростає довжина відкоту. У САУ $R_{сп}$ – великий і тому запас стійкості – великий. Якщо ж для САУ прийняти закон $R(t)=mR_{сп}$ (як у причіпних гармат), то навантаження на корпус і несучі елементи конструкції машини будуть надмірно великі. Тому в САУ R_{max} установлюється в 1,5-2,5 раза меншим від $R_{сп}$, що й дозволяє спростити закон відкоту (закон зміни $R(t)$).

Відомо, що сила опору відкоту є сумою кількох сил:

$$R = \Pi + \Phi_{зв} + R_f \pm Q_o \sin \varphi, \quad (7.108)$$

де Π - сила накатника;

$\Phi_{зв}$ - гідравлічний опір гальма відкоту;

R_f - сумарна сила тертя в напрямних люльки і ущільненнях ПВП;

Q_o - сила ваги відкотних частин;

φ - кут підвищення ствола.

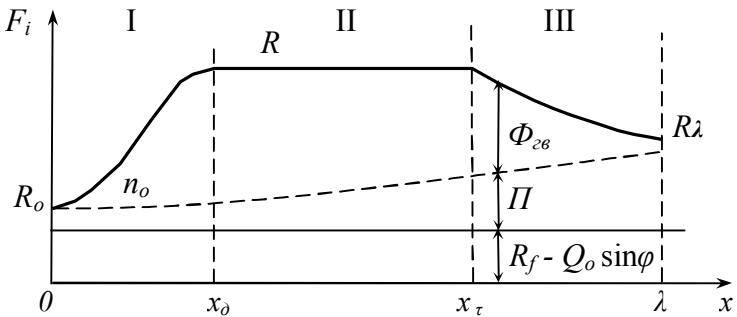


Рисунок 7.24 - До визначення сили $\Phi_{зв}$

Вираз (7.108) дозволяє, знаючи закон $R(t)$, силу тертя R_f і силу накатника Π визначити, як має змінюватися за довжиною гідравлічний опір гальма відкотних частин $\Phi_{зв}$ (рис. 7.24).

7.4.4. Швидкість та шлях загальмованого відкоту

Для визначення швидкості і шляху ЗВ використовують формули перерахунку (7.91), причому замість підінтегральних виразів беруться формули законів відкоту (7.104) - (7.107).

Перший період

Підінтегральним виразом у цьому періоді є формула професора Бравіна:

$$R = R_o + (R_{\max} - R_o) \sin^2 \frac{\pi t}{2 t_\delta}. \quad (7.109)$$

Для зручності інтегрування перетворимо:

$$\sin^2 \frac{\pi t}{2 t_\delta} = \frac{1}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi t}{t_\delta} \right).$$

Підставляючи останній вираз в (7.109), отримуємо

$$\begin{aligned} R &= R_o + \frac{1}{2} (R_{\max} - R_o) (1 - \cos \frac{\pi t}{t_\delta}) = \\ &= R_o + \frac{R_{\max} - R_o}{2} - \frac{R_{\max} - R_o}{2} \cos \frac{\pi t}{t_\delta} = \\ &= \frac{R_{\max} + R_o}{2} - \frac{R_{\max} - R_o}{2} \cos \frac{\pi t}{t_\delta}. \end{aligned}$$

Ввівши позначення

$$A = \frac{R_{\max} + R_o}{2}, \quad B = \frac{R_{\max} - R_o}{2}, \quad k = \frac{\pi}{t_\delta},$$

отримаємо

$$R = A - B \cos kt. \quad (7.110)$$

Підставляючи значення (7.110) в інтеграли формул (7.91), отримуємо

$$\int_0^t R d\theta = \int_0^t (A - B \cos k\theta) d\theta = At - \frac{B}{k} \sin kt ,$$

$$\int_0^t \int_0^t R d\tau d\theta = \int_0^t (A\theta - \frac{B}{k} \sin k\theta) d\theta = \frac{At^2}{2} - \frac{B}{k^2} (1 - \cos kt) .$$

Підставимо отримані значення інтегралів у формули переходу (7.91), враховуючи, що для I періоду $W_o = 0$; $V_o = 0$; $L_o = 0$; $X_o = 0$, отримаємо

$$V = W - \frac{1}{M_o} (At - \frac{B}{k} \sin kt) , \quad (7.111)$$

$$X = L - \frac{1}{M_o} \left[\frac{At^2}{2} - \frac{B}{k^2} (1 - \cos kt) \right] . \quad (7.112)$$

В обох формулах другий член правої частини відображає вплив сили опору R на відкот. Використовуючи формули (7.4.23) і (7.4.24), можна, підставивши потрібний момент часу t з I періоду, розрахувати для нього швидкість і шлях ЗВ. Наприклад, для моменту t_δ вильоту снаряда з каналу ствола маємо

$$\begin{aligned} V_\delta &= W_\delta - \frac{1}{M_o} (At_\delta - \frac{B}{k} \sin kt_\delta) = \\ &= W_\delta - \frac{1}{M_o} (At_\delta - \frac{B}{k} \sin \frac{\pi}{t_\delta} t_\delta) = \\ &= W_\delta - \frac{1}{M_o} (At_\delta - \frac{B}{k} 0), \end{aligned}$$

остаточно

$$V_\delta = W_\delta - \frac{R_{\max} + R_o}{2M_o} t_\delta . \quad (7.113)$$

$$X_\delta = L_\delta - \frac{1}{M_o} \left[\frac{At_\delta^2}{2} - \frac{B}{k^2} (1 - \cos \frac{\pi}{t_\delta} t_\delta) \right] =$$

$$= L_{\delta} - \frac{1}{M_o} \left[\frac{A t^2}{2} - \frac{B}{k^2} (1 + 1) \right],$$

$$X_{\delta} = L_{\delta} - \frac{1}{M_o} \left(\frac{R_{\max} + R_o}{4} - \frac{R_{\max} - R_o}{\pi^2} \right) t_{\delta}^2.$$

Після зведення до спільного знаменника дістанемо

$$X_{\delta} = L_{\delta} - \frac{1}{M_o} (0,35 R_o + 0,15 R_{\max}) t_{\delta}^2. \quad (7.114)$$

Другий період

У II періоді ЗВ

$$R = R_{\max} = \text{const}.$$

Тоді інтеграли в формулах (7.91) матимуть значення

$$\int_0^t R d\theta = \int_0^t R_{\max} d\theta = R_{\max} t,$$

$$\int_0^t \int_0^t R d\tau d\theta = \int_0^t R_{\max} \theta d\theta = \frac{R_{\max} t^2}{2}.$$

Підставляючи ці значення інтегралів у формули (7.91) і приймаючи для II періоду: $W_o = W_{\delta}$, $V_o = V_{\delta}$, $L_o = L_{\delta}$, $X_o = X_{\delta}$, отримаємо

$$V = W - (W_{\delta} - V_{\delta}) - \frac{R_{\max}}{M_o} t, \quad (7.115)$$

$$X = L - (L_{\delta} - X_{\delta}) - (W_{\delta} - V_{\delta}) t - \frac{R_{\max}}{M_o} t^2. \quad (7.116)$$

У цих формулах час відраховується з початку II періоду – в межах від θ до τ . У формулі для швидкості (7.115)

другий член виражає собою втрату швидкості за рахунок дії сили R у I періоді, а третій член – втрату швидкості з цієї самої причини у II періоді. У формулі для швидкості (7.116) вплив сили R на шлях відкоту в I періоді виражають другий і третій члени, а четвертий член показує вплив сили R на втрату в шляху відкоту у II періоді.

Максимальна швидкість відкоту

Для ЗВ момент досягнення максимальної швидкості не збігається з кінцем II періоду, як у ВВ без дульного гальма. Для розрахунку ПВП дуже важливо знати величину і момент досягнення V_{max} , оскільки ці параметри визначають конструктивні характеристики гальма відкоту (наприклад, найвужчий переріз веретена тощо).

Аналогічно $V = V_{max}$, коли в рівнянні відкоту (7.89)

$$\frac{dV}{dt} = 0, \text{ тобто}$$

$$M_o \frac{dV}{dt} = P_{кн} - R = 0,$$

звідки

$$P_{кн} = R.$$

Таким чином, максимум швидкості ЗВ досягається в момент, коли сила віддачі зменшується до значення, що дорівнює силі опору відкоту (рис. 7.25) – момент t_R .

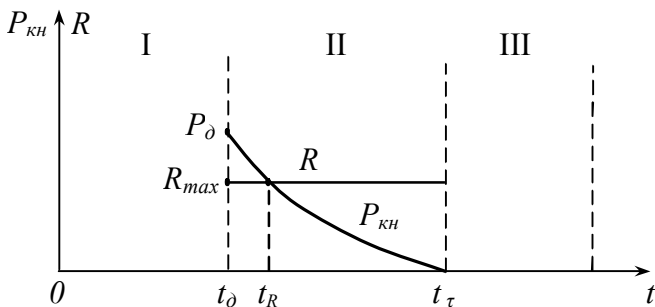


Рисунок 7.25 - До розрахунку моменту досягнення максимальної швидкості відкоту

Розрахуємо момент t_R . Для II періоду ЗВ маємо

$$R = P_{\phi} e^{-\frac{t}{b}}$$

$$R = R_{\max}.$$

Отже, для моменту t_R справедлива рівність

$$P_{\phi} e^{-\frac{t}{b}} = R_{\max}.$$

Розв'язуючи отриманий вираз відносно часу t_R , знаходимо

$$e^{\frac{t_R}{b}} = \frac{P_{\phi}}{R_{\max}},$$

$$\frac{t_R}{b} = \ln \frac{P_{\phi}}{R_{\max}}.$$

Остаточно

$$t_R = b \ln \frac{P_{\phi}}{R_{\max}}, \quad (7.117)$$

або

$$t_R = 2,3b \lg \frac{P_{\phi}}{R_{\max}}. \quad (7.117')$$

Підставивши величину t_R з формули (7.4.29) у формулу для швидкості ЗВ у II періоді (7.4.27), можна знайти максимальну швидкість загальмованого відкоту V_{max} . У гарматах середнього калібру ця величина становить $V_{max} = 8-15$ м/с.

Третій період

Розглянемо розрахунок параметрів ЗВ у III періоді окремо для самохідної і причіпної гармати, оскільки для них у цьому періоді різними будуть закони відкоту.

Розрахунок для САУ

Для самохідної гармати у III періоді

$$R = R_{max} = const.$$

Це дозволяє задавати довжину відкоту з огляду на розміщення гармати у башті базової машини. Звичайно, для гармати середнього калібру у самохідному варіанті довжина відкоту $\lambda = 0,5-0,8$ м.

Оскільки величини R_{max} і λ – взаємозв'язані, то при зменшенні довжини відкоту має збільшуватися R_{max} і може перевантажити елементи конструкції базової машини.

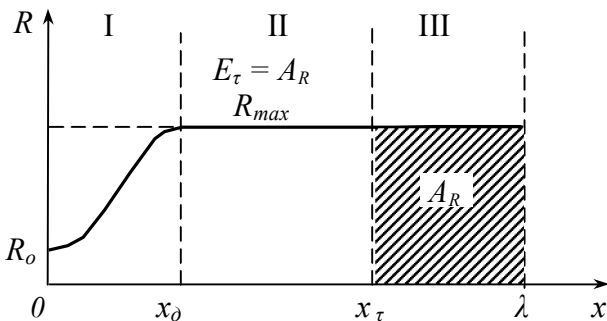


Рисунок 7.26 - До визначення параметрів ЗВ в III періоді для САУ

У III періоді ЗВ рівняння руху має вигляд

$$M_o \frac{dV}{dt} = -R. \quad (7.118)$$

У момент кінця відкоту T , коли відкот здійсниться на повну довжину λ , відбувається повне зупинення відкотних частин (рис. 7.26). Отже, можна вважати, що в III періоді вся кінетична енергія відкотних частин, набута ними наприкінці II періоду, повністю витрачається на роботу сили опору відкоту.

З рис. 7.26 випливає, що робота сили R у III періоді дорівнює

$$A_R = R_{\max} (\lambda - X_\tau).$$

Кінетична енергія відкотних частин у кінці II періоду

$$E_\tau = \frac{M_o V_\tau^2}{2}.$$

Тому

$$\frac{M_o V_\tau^2}{2} = R_{\max} (\lambda - X_\tau),$$

звідки отримаємо

$$R_{\max} = \frac{M_o V_\tau^2}{2(\lambda - X_\tau)}. \quad (7.119)$$

З останнього виразу бачимо, що чим меншою буде вибрана довжина відкоту, тим більшою має бути максимальна сила опору відкоту R_{\max} . Для самохідних гармат середнього калібру рекомендовано вибирати

$$R_{\max} = (150-250) \text{ кН}.$$

Задаючись R_{\max} у цих межах, визначають доцільну довжину відкоту λ за формулою (7.119). Величини V_τ і X_τ розраховують за формулами (7.115) і (7.116) відповідно для моменту кінця II періоду $t = \tau$.

Розрахунок для причіпних гармат
 Для причіпних гармат у III періоді

$$R = m R_{zp}, \quad (7.120)$$

де R_{zp} - граничний опір відкоту, який зменшується, як відомо, при збільшенні шляху відкоту X за формулою

$$R_{zp} = \frac{Q_3 B_0 - Q_0 X \cos \varphi_{cp}}{h_{cp}}.$$

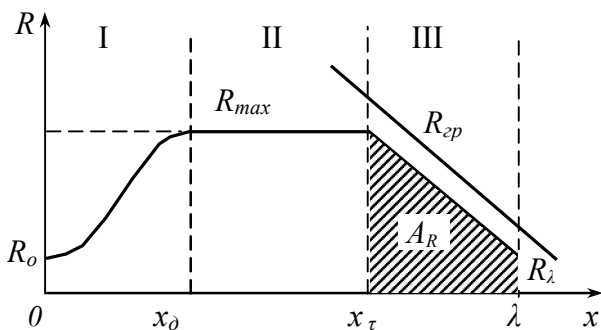


Рисунок 7.27 - До визначення параметрів ЗВ у III періоді для причіпних гармат

Сила опору відкоту R має також зменшуватися у III періоді пропорційно до R_{zp} (рис. 7.27).

З аналогічних до САУ міркувань у III періоді

$$E_\tau = A_R,$$

де
$$E_\tau = \frac{M_0 V_\tau^2}{2},$$

$$A_R = \frac{R_{\max} + R_\lambda}{2} (\lambda - X_\tau) - \text{площа заштрихованої}$$

трапеції (рис. 7.27).

Таким чином,

$$\frac{M_o V_\tau^2}{2} = \frac{R_{\max} + R_\lambda}{2} (\lambda - X_\tau).$$

Розв'язуючи останнє рівняння відносно довжини відкоту λ , отримуємо

$$\lambda = X_\tau + \frac{M_o V_\tau^2}{R_{\max} + R_\lambda}, \quad (7.121)$$

де V_τ, X_τ – швидкість і шлях ЗВ наприкінці II періоду;

R_λ - кінцева сила опору відкоту.

З (7.121) бачимо, що чим більша максимальна сила опору відкоту, тим меншою буде довжина відкоту. Величина R_{\max} залежить від межового опору відкоту і вибирається з формули (7.120). Отже, довжина відкоту λ у причіпної гармати визначається її стійкістю під час пострілу.

Для причіпних гармат середнього калібру довжина відкоту знаходиться у межах $\lambda = 0,7-1,1$ м.

Спроба зменшити довжину відкоту приводить до необхідності підвищити стійкість гармати, що не завжди доцільно робити.

7.5. Накат

7.5.1. Явище накату та його динаміка

Накатом називається рух відкотних частин по напрямних люльки після відкоту до початкового положення.

Накат здійснюється внаслідок дії таких сил (рис. 7.28):

- сила накатника – Π ;
- сила тертя в напрямних люльки – F_{λ} ;
- сила тертя в ущільненнях штоків ПВП – F_y ;
- складова сили ваги відкотних частин при накаті – $Q_o \sin \varphi$;
- сила опору гальма відкотних частин при накаті – Φ_H ;
- інші сили – S_H (з боку автоматики затвора, досидача тощо).

Усі ці сили об'єднуються у рівнодійну накату:

$$r = \Pi - F_{\lambda} - F_y - Q_o \sin \varphi - \Phi_H - S_H . \quad (7.122)$$

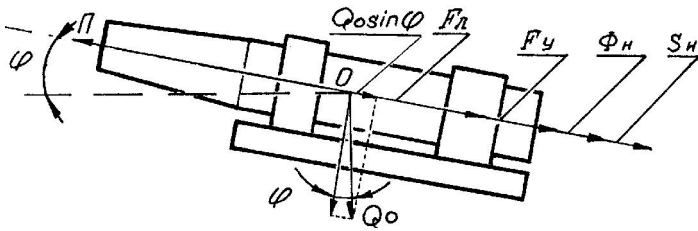


Рисунок 7.28 - Схема сил, що діють на відкотні частини гармати при накаті

Сила Π є єдиною рушійною силою накату. Як відомо, вона монотонно зростає у процесі відкату від початкової сили накатника Π_o до максимального значення наприкінці ІІІ періоду ЗВ Π_{λ} , яке дорівнює

$$\Pi_{\lambda} = m\Pi_o,$$

де m - ступінь стиску накатника.

Потім у процесі накату сила накатника Π поступово зменшується.

Решта перелічених сил є силами опору накату. Сили F_{λ} , F_y та $Q_o \sin \varphi$ у процесі накату не змінюються, отже, їх суму зручно записати у вигляді однієї сили

$$R_n = F_{л,+} + F_y + Q_o \sin \varphi . \quad (7.123)$$

Ця сила називається *силою опору накату*.

Сила R_n у процесі накату систематично зменшує силу накатника, і тому їх алгебраїчна сума розглядається як одна сила, що називається *силою накату* (не зміщувати з силою з боку накатника Π):

$$\Pi' = \Pi - R_n . \quad (7.124)$$

Сила Φ_n опору гальма відкотних частин при накаті змінюється за певним законом, який задається вибраною схемою накату, що, в свою чергу, визначається конструкцією гальма відкоту і гальма накату.

Таким чином, нехтуючи несистематичними іншими силами ($S_n \rightarrow 0$), рівнодійну накату остаточно можна записати як

$$r = \Pi' - \Phi_n , \quad (7.125)$$

де $\Pi' = \Pi - R_n$ – сила накату;
 Φ_n – сила опору гальма при накаті.

Рух відкотних частин при накаті описується основним рівнянням руху накату

$$M_o \frac{dU}{dt} = r , \quad (7.126)$$

або з урахуванням значення рівнодійної накату:

$$M_o \frac{dU}{dt} = \Pi' - \Phi_n . \quad (7.126')$$

У рівняннях (7.126) і (7.126') U – швидкість накату, M_o – маса відкотних частин.

Накат починається у момент, коли закінчується відкот. Тому початкова швидкість накату $U_o = 0$. У процесі

накату, як і при відкоті, рух відкотних частин буде спочатку прискореним. На етапі прискорення

$$\frac{dU}{dt} > 0,$$

і тому

$$r = \Pi' - \Phi_n > 0.$$

Отже, при розгоні відкотних частин під час накату сила накату має перевищувати гідравлічний опір ПВП при накаті:

$$\Pi' > \Phi_n.$$

Під час накату принципово необхідним стає на відміну від відкоту період рівномірного руху, для якого

$$\frac{dU}{dt} = 0, \quad r = \Pi' - \Phi_n = 0,$$

і тому сила накату в цьому періоді має дорівнювати гідравлічному опору ПВП при накаті:

$$\Pi' = \Phi_n.$$

Оскільки кінцева швидкість накату також має дорівнювати нулю, то накату притаманний етап сповільнення, для якого

$$\frac{dU}{dt} < 0, \quad r < 0,$$

і тому сила накату на цьому етапі має бути меншою гідравлічного опору ПВП при накаті:

$$\Pi' < \Phi_n.$$

З вищенаведених міркувань випливає, що рівнодійна накату r у процесі накату змінюється і за величиною, і за знаком. Змінювати r можна лише зміною величини опору накату Φ_n з боку ПВП, оскільки сила накатника змінюється

за певним відомим законом і залишається весь час накату позитивною.

Гідравлічний опір Φ_n ПВП можна подати як суму двох сил:

$$\Phi_n = \Phi'_{\text{зв}} + \Phi_{\text{зп}}, \quad (7.127)$$

де $\Phi'_{\text{зв}}$ - сила гальма відкоту при накаті;
 $\Phi_{\text{зп}}$ - сила гальма накату.

Гальмо відкоту розраховується на гальмування відкоту. Тому впливати на величину і знак рівнодійної r можна тільки шляхом зміни у процесі накату сили гальма накату $\Phi_{\text{зп}}$. Конструктивно останнє може бути досягнуте, зокрема, зміною профілю канавок у гальмі накату.

7.5.2. Умови стійкості та нерухомості гармати з пружним лафетом при накаті

Незважаючи на те, що сили, які діють на гармату при накаті, менші, ніж при відкоті, гармата і при накаті може втратити нерухомість або стійкість.

На гармату при накаті діють такі сили (рис. 7.29):

- сила інерції відкотних частин при накаті I_o ;
- вага гармати у бойовому положенні Q_B ;
- нормальна реакція у точці опори колеса на грунт $N_{ЛБ}$;
- дотична реакція у точці опори колеса на грунт $T_{ЛБ}$;
- нормальна реакція у точці опори сошника $N_{ХБ}$;
- дотична реакція у точці опори сошника $T_{ХБ}$.

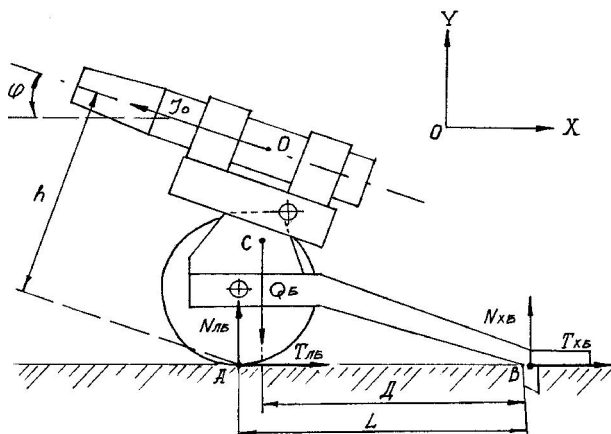


Рисунок 7.29 - Схема сил, що діють на гармату при накаті

Сила інерції I_o у процесі накату змінюється за величиною і напрямком.

Під час розгону сила інерції спрямована проти напрямку накату і намагається перекинути або змістити гармату. Але цього не відбувається, оскільки гармата розрахована на нерухомість і стійкість при відкоті, коли на гармату діють більші сили, ніж сила інерції при накаті.

Під час гальмування відкотних частин у кінці накату напрямок сили інерції збігатиметься з напрямком накату і намагається перекинути або змістити гармату вперед, на що остання не розрахована. Саме цей випадок напрямку дії сили інерції є найнебезпечнішим при накаті ствола.

Гармата при накаті буде нерухоюю і стійкою, якщо система сил і моментів сил перебувають в рівновазі:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ \sum M_A &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (7.128)$$

Умова нерухомості

Гармата при накаті нерухома, якщо

$$\sum F_x = 0.$$

Розкриваючи значення суми проєкцій сил на вісь X (рис. 7.29), отримаємо

$$T_{ЛБ} + T_{ХБ} - I_o \cos \varphi = 0. \quad (7.129)$$

З рівняння руху накату сила інерції матиме вигляд

$$I_o = M_o \frac{dU}{dt} = r. \quad (7.130)$$

Підставляючи значення сили I_o з рівняння (7.130) в рівність (7.129), отримаємо

$$T_{ЛБ} + T_{ХБ} - r \cos \varphi = 0,$$

звідки

$$T_{ЛБ} + T_{ХБ} = r \cos \varphi.$$

Очевидно, що для нерухомості при накаті найбільш несприятливим випадком є $\varphi = 0$. Проєкція рівнодійної накату при цьому буде максимальною і дорівнюватиме межовому значенню рівнодійної накату.

Умова нерухомості при цьому набере вигляду

$$T_{ЛБ} + T_{ХБ} = r_{сп}. \quad (7.131)$$

Величини дотичних реакцій в опорних точках А і В:

$$T_{ЛБ} = f_1 N_{ЛБ},$$

$$T_{ХБ} = f_2 N_{ХБ},$$

де f_1, f_2 - коефіцієнти тертя, які для сучасних гармат становлять

$$f_1 = 0,05-0,15$$

$$f_2 = 0,25-0,35.$$

Умова стійкості

Гармата буде стійкою при накаті, якщо вона не перекидатиметься навколо опорної точки А колеса, тобто, якщо

$$\sum M_A = 0.$$

Підставляючи значення моментів сил відносно точки А в останній вираз, одержимо

$$Q_B(L - D) - I_o h - N_{XB} L = 0.$$

Перетворимо останню формулу:

$$Q_B(L - D) - I_o h = N_{XB} L.$$

Ураховуючи, що $I_o = r$ (див. формулу (7.5.9)), отримаємо

$$N_{XB} = \frac{Q_B(L - D) - rh}{L}.$$

Гармата буде стійкою, поки існуватиме нормальна реакція на сошнику: $N_{XB} \geq 0$. Отже, для стійкості гармати при накаті необхідно

$$Q_B(L - D) - rh \geq 0,$$

або остаточно

$$Q_B(L - D) \geq rh. \quad (7.132)$$

Ліва частина нерівності являє собою стабілізуювальний момент, а права – перекидний момент:

$$M_{cm} \geq M_{nep}.$$

Висновки

З формули (7.132) випливає, що для збільшення стійкості гармати при накаті необхідно:

1. Збільшити масу гармати у бойовому положенні, що далеко не завжди доцільно (збільшення металоємності, погіршення прохідності гармати тощо).

2. Зменшити плече h , тобто зменшити висоту лінії вогню, що також недоцільно, оскільки призводить до погіршення прохідності гармати і обмеження максимальних кутів підвищення.

3. Збільшити величину $L - D$, тобто відстань між центром мас гармати і передньою опорою. Це може досягатись або шляхом переносу коліс вперед (що погіршує умови транспортування гармати), або за допомогою додаткової передньої опори (як у гармати Д-20) чи третьої станини (як у гармати Д-30).

4. Зменшувати величину рівнодійної відкоту r , що уповільнює накат. Величина r не повинна перевищувати межового для стійкості гармати значення, яке може бути визначене з формули (7.132) при $\varphi=0$ і, отже, $h=H_0$ (H_0 – висота лінії вогню):

$$r_{zp} = \frac{Q_3(L - D)}{H_0}. \quad (7.133)$$

Таким чином, для забезпечення нерухомості гармати при накаті граничне значення рівнодійної визначається за рівністю (7.131), а для забезпечення стійкості – за формулою (7.133). Тому для забезпечення обох вимог потрібно було б вибирати менше значення (тобто значення r_{zp} для забезпечення нерухомості). Але при низькому значенні рівнодійної накату r гальмування відкотних частин сповільнюється, що змушує до повільного розгону на початку накату. Це призводить до нераціонального загального уповільнення накату. Тому, звичайно, для рівнодійної накату r вибирають її більше значення, отримане з умови стійкості

(7.133). При цьому, природно, не забезпечується умова нерухомості гармати, і не ураховується в тактико-технічному завданні на гармату, де допустимий викот гармати дозволяється в межах 300-550 мм.

Зрештою на практиці такий викот не спостерігається, оскільки колеса гармати на бойовій позиції закріплюються обкопуванням.

7.5.3. П'ятиперіодна схема накату та її аналіз

Як впливає з попередніх пунктів, вибір величини рівнодійної накату r обмежений, з одного боку, умовами нерухомості і стійкості гармати, а з другого – одержанням занадто повільного накату. Тому завдання організації накату полягає саме в тому, щоб здійснити його з достатньою швидкістю у найкоротший час, не порушуючи при цьому нерухомості і стійкості гармати. Це забезпечується правильним вибором *схеми накату*. Ця схема повинна відповідати таким *вимогам*: накат має здійснюватись плавно, без ударів і струсів; гармата при накаті повинна зберігати нерухомість і стійкість; тривалість накату повинна бути мінімальною.

Для виконання цих суперечливих вимог у причіпних гарматах наземної артилерії здебільшого застосовується п'ятиперіодна схема накату, розроблена професором Толочковим. Схема включає п'ять таких періодів (рис. 7.30):

- I – період розгону;
- II – I період рівномірного руху;
- III – період попереднього гальмування;
- IV – II період рівномірного руху;
- V – період остаточного гальмування.

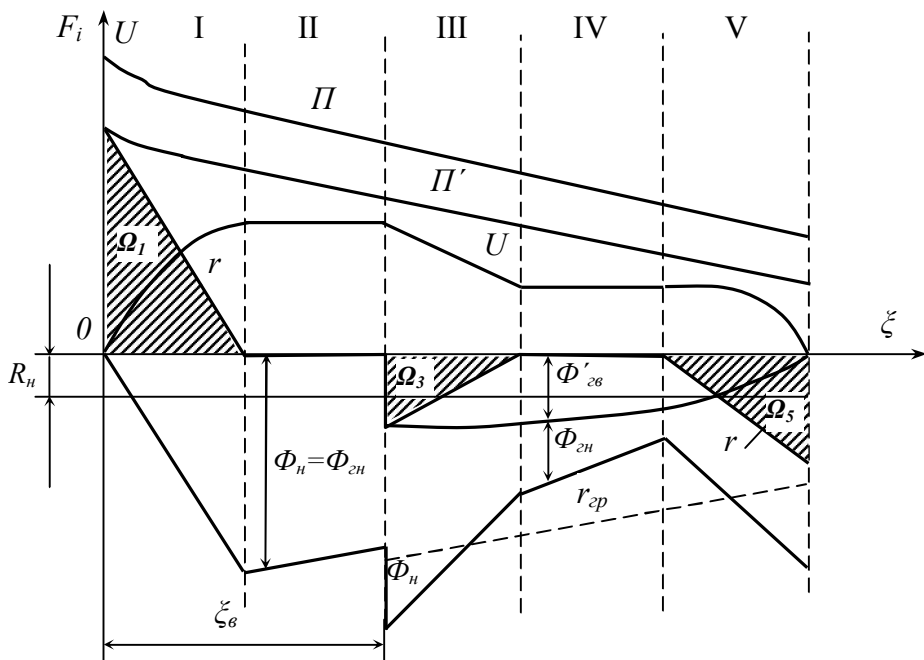


Рисунок 7.30 - П'ятиперіодна схема накату

Тривалість перших двох періодів відповідає вибору вакууму у гальмі відкоту, коли воно не буде чинити опір накатному руху. Решта три періоди гальмо відкоту працюватиме, створюючи разом з гальмом накату опір відкотним частинам при поверненні їх у початкове положення.

Швидкість накату U змінюється у періодах накату таким чином. У першому періоді – періоді розгону – швидкість зростає від нуля до деякої максимальної величини. У другому періоді – періоді рівномірного руху – вона підтримується на постійному рівні, досягнутому в кінці першого періоду. У третьому періоді – періоді попереднього гальмування – швидкість накату дещо зменшується, досягаючи в кінці цього періоду деякого певного значення, яке і підтримується сталим упродовж всього четвертого періоду. У п'ятому періоді – періоді остаточного гальмування

– швидкість накату зменшується до нуля (реально – до 0,1-0,2 м/с).

Така зміна швидкості U накату за періодами відбувається внаслідок дії перелічених у п.7.5.1 і показаних на схемі накату (рис. 7.30) рушійних і гальмуючих сил.

Сума всіх перелічених сил, як зазначалось, є *рівнодійною накату*:

$$r = n' - \Phi_n.$$

Для забезпечення описаного закону зміни швидкості U накату у п'яти періодах величина і знак r мають змінюватись таким чином.

На початку першого періоду, коли $U = 0$, гідравлічні опори гальм відкоту і накату також дорівнюють нулю: $\Phi'_{зв} = 0$ і $\Phi_{zn} = 0$, тобто $\Phi_n = 0$.

У цей момент рівнодійна накату дорівнює силі нака-
ту:

$$r = P'.$$

У міру розгону відкотних частин їх швидкість збільшується до максимальної і підтримується такою упродовж всього другого періоду.

Оскільки в другому періоді відбувається рівномірний рух накату, то одержимо

$$r = 0.$$

Тому у першому періоді рівнодійна, залишаючись позитивною, змінюється від максимуму до нуля і відсутня упродовж всього другого періоду (рис. 7.30).

У першому періоді рівнодійна виконує роботу розгону відкотних частин до максимальної швидкості, і чисельне значення роботи дорівнює площі заштрихованої фігури Ω_I під кривою рівнодійної. Природно, що у другому періоді робота рівнодійної дорівнює нулю (рис. 7.30).

У третьому періоді вступає в роботу після вибору вакууму гальмо відкоту у режимі гальмування накату. Його гідравлічний опір змінює величину рівнодійної накату, і вона на початку періоду дорівнює:

$$r = -\Phi'_{26}.$$

Внаслідок негативного значення рівнодійної, швидкість U накату починає зменшуватись. До кінця третього періоду величина рівнодійної має знизитись до нуля, оскільки після цього починається четвертий період – період рівномірного руху, упродовж якого спостерігається рівновага сил, що діють на відкотні частини.

У третьому періоді рівнодійна виконує роботу гальмування відкотних частин, яка чисельно дорівнює площі фігури Ω_3 (рис. 7.30). У четвертому періоді $r = 0$, і робота рівнодійної також відсутня – відкотні частини рухаються за інерцією. Необхідно зазначити, що внаслідок невеликого значення рівнодійної r у третьому періоді її роботи гальмування недостатньо для повного поглинання кінетичної енергії відкотних частин і повного їх зупинення. Решта цієї кінетичної енергії поглинається роботою рівнодійної в останньому, п'ятому періоді.

У п'ятому періоді рівнодійна накату зростає від нуля на початку періоду до величини, достатньої для повного гальмування відкотних частин наприкінці періоду.

Робота гальмування, яка виконується при цьому рівнодійною r , чисельно дорівнює площі заштрихованої фігури Ω_3 . При цьому необхідне виконання двох таких умов:

- величина рівнодійної накату r не повинна перевищувати у п'ятому періоді межової величини r_{2p} , при якій гармата втрачає нерухомість і стійкість;
- для повного зупинення відкотних частин необхідно, щоб сума робіт гальмування, здійснюваних рівнодійною у третьому та п'ятому періодах, дорівнювала б роботі розгону у першому періоді.

Досягти виконання цих умов можна зміною тривалості третього та п'ятого періодів. Коли ж цього досягти не вдається, то потрібно скоротити час дії рівнодійної нахату у першому періоді, тобто зменшити розгін.

Відповідно до зміни рівнодійної r повинна змінюватись і сила опору гальма відкотних частин:

$$\Phi_n = P' - r.$$

У першому періоді гідравлічний опір гальма Φ_n повинен збільшуватись від нуля до величини, що дорівнює силі нахату:

$$\Phi_n = P'.$$

Ця рівність сил зберігається упродовж усього другого періоду:

$$r = P' - \Phi_n = 0.$$

У третьому періоді на його початку величина Φ_n збільшується на величину гідравлічного опору гальма відкату Φ'_{zv} , яке щойно включилося у роботу. Але наприкінці третього періоду відкотні частини знову входять в режим рівномірного руху, тому величина Φ_n зменшується до величини сили нахату P' . Рівність $\Phi_n = P'$ зберігається упродовж усього четвертого періоду ($r = 0$). У п'ятому періоді рівнодійна нахату за величиною зростає від нуля до певного значення в кінці нахату. Відповідно і гідравлічний опір Φ_n гальма відкотних частин зростає до величини, що дорівнює

$$\Phi_n = n' - (-r) = n' + r.$$

Оскільки, як відомо, $\Phi_n = \Phi'_{zv} + \Phi_{zn}$, то знаючи закон зміни гідравлічного опору Φ_n гальма відкотних частин і закон зміни опору гальма відкату при накаті Φ'_{zv} (заданий конструкцією останнього, розрахованою для забезпечення відкату), можна знайти потрібний закон зміни гідравлічно-

го опору гальма накату Φ_{zn} і розрахувати його конструкцію (наприклад, зміну прохідного перерізу канавок).

Більша стійкість і нерухомість САУ порівняно з причіпними гарматами дозволяє застосовувати в них чотириперіодну схему накату, яка фактично відрізняється від п'ятиперіодної схеми відсутністю другого періоду і більшою величиною розгону відкотних частин, який здійснюється упродовж всього шляху вибору вакууму у гальмі відкоту. Це змушує більш інтенсивно гальмувати відкотні частини наприкінці накату значно більшою рівнодійною r . Збільшення r у САУ не призводить до втрати стійкості внаслідок високого значення межової рівнодійної r_{zp} . Тому чотириперіодна схема накату зумовлює більш швидкий накат, що і застосовується у гарматах з високим запасом стійкості – самохідних і танкових гармат.

7.6. Питання для повторення

1. Назвіть сили, що діють на ствол під час пострілу, та дайте їм характеристику.
2. Назвіть основні риси теплового режиму ствола.
3. Що таке самогальмування клина під час пострілу?
4. Дайте визначення стійкості та нерухомості гармат під час пострілу.
5. Напишіть формули умови нерухомості та стійкості гармати при відкоті і поясніть їх фізичний смисл.
6. Назвіть періоди вільного відкоту ствола.
7. Назвіть періоди загальмованого відкоту ствола.
8. Поясніть вплив дульного гальма на параметри вільного відкоту.
9. Назвіть сили, що діють на відкоті частини гармати при накаті.
10. Напишіть формули умови стійкості і нерухомості гармати при накаті і поясніть їх фізичний смисл.
11. Назвіть періоди п'ятиперіодної схеми накату та дайте їм коротку характеристику.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АК	артилерійський комплекс
АО	артилерійське озброєння
ВТ	військова техніка
ТТВ	тактико-технічні вимоги
ТТЗ	тактико-технічні завдання
ПВП	противідкотні пристрої
ПТКР	комплекс протитанкових керованих ракет
СГ	самохідна гаубиця
СП	самохідна пушка
ВР	вибухові речовини
ІВР	ініціюючі вибухові речовини
БВР	бризантні вибухові речовини
МВР	метальні вибухові речовини
ПТС	піротехнічні склади
КБ	кисневий баланс
ВХ	вибухова хвиля
ТРП	тверде ракетне паливо
ПГП	полум'ягасний порох
МГП	малогіроскопічний піроксиліновий порох
ТМ	тротилове масло
КПП	кольоровий піроксиліновий порох
РДТП	реактивний двигун, що працює на твердому паливі
САУ	самохідна артилерійська установка
<i>кп</i>	капсуль-підпалювач
ПС	пороховий сповільнювач
	капсуль-детонатор
Д	детонатор
ПП	порохова петарда

ЦРАУО	центральне ракетно-артилерійське управління озброєнням
ГВЧ	гальмо відкотних частин
ПТП	протитанкова пушка
БТР	бронетранспортер
ТТХ	тактико-технічні характеристики
ВП	вогнева позиція
ПНС	прилади нічного спостереження
ЕОП	електронно-оптичний перетворювач
ТКПН	танковий командирський прилад нічний
ГВ	вільний відкоту
ДГ	дульне гальмо
ЗГ	загальмований відкот
ПВП	противідкотні пристрої
ПОЗВБ	пряма основна задача внутрішньої балістики
РД	ракетний двигун
ТВБ	таблиці внутрішньої балістики
ТШГ	товщина шару горіння
ЯП	явище пострілу
ДОТ	довготривала оборонна точка
ПЗ	передаточний заряд
КП	командний пункт
КСП	командно-спостережний пункт
НАУ	наземна апаратура управління
КЛБ	калібр
ЛЦД	лазерний цілевказівник-дальномір
БМ	бойова машина
РСЗВ	реактивна система залпового вогню
БЗ	бойовий заряд

ГРЕЦЬКИЙ АЛФАВІТ

Позначення літери	Назва літери
<i>Aα</i>	альфа
<i>Bβ</i>	бета
<i>Γγ</i>	гама
<i>Δδ</i>	дельта
<i>Eε</i>	епсілон
<i>Zζ</i>	дзета
<i>Hη</i>	ета
<i>Θθ</i>	тета
<i>Iι</i>	йота
<i>Kκ</i>	капа
<i>Λλ</i>	лямбда
<i>Mμ</i>	мю
<i>Nν</i>	ню
<i>Ξξ</i>	ксі
<i>Oο</i>	омікрон
<i>Ππ</i>	пі
<i>Ρρ</i>	ро
<i>Σσ</i>	сігма
<i>Tτ</i>	тау
<i>Υυ</i>	іпсілон
<i>Φφ</i>	фі
<i>Χχ</i>	ксі
<i>Ψψ</i>	псі
<i>Ωω</i>	омега

Список літератури

1. Ананьев Н. Н. Основы устройства прицелов/ Н. Н. Ананьев. - М.: Воениздат, 1947. – 440 с.
2. Жуков И. И. Артиллерийское вооружение. Основы устройства и проектирования/ И. И. Жуков. – М.: Машиностроение, 1975. – 420 с.
3. Клочков А. С. Основы устройства и конструкций орудий и боеприпасов наземной артиллерии/ А. С. Клочков. – М.: Воениздат, 1976. – 459 с.
4. Ключев А. И. Боеприпасы артиллерии/ А. И. Ключев. – Л.: ВАКА, 1959. – 436 с.
5. Латухин А. Н. Современная артиллерия/ А. Н. Латухин. – М.: Воениздат, 1970. – 318 с.
6. Орлов Б. В. Проектирование ракетных и ствольных систем/ Б. В. Орлов. – М.: Машиностроение, 1974. – 828 с.
7. Орлов Б. В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий/ Б. В. Орлов. – М.: Машиностроение, 1976. – 430 с.
8. Самусенко М. Ф. Основы проектирования артиллерийского вооружения танков и САУ/ М. Ф. Самусенко, М. И. Емелин. – М.: ВАИА им. Ф. Э. Дзержинского, 1958. – 682 с.
9. Самусенко М. Ф. Основания проектирования вооружения самоходно-артиллерийских установок и

танков/ М. Ф. Самусенко. – М.: ВАИА
им. Ф. Э. Дзержинского, 1951.

10. Слухоцкий В. Е. Баллистическое проектирование/
В. И. Слухоцкий. – М.: МВТУ им. Э. Н. Баумана,
1946. – 93 с.
11. Чуев Ю. В. Проектирование ствольных комплексов/
Ю. В. Чуев. – М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.

Навчальне видання

Дерев'янчук Анатолій Йосипович

**ОСНОВИ БУДОВИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ
ГАРМАТ І БОЄПРИПАСІВ**

Підручник

Художнє оформлення обкладинки С. О. Жирякова
Редактори: Н. В. Лисогуб, Н. А. Гавриленко
Комп'ютерне верстання С. О. Жирякова

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 41,62. Обл.-вид. арк. 34,69. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.