

А. Й. Дерев'яничук, М. М. Ляпа

АРТИЛЕРІЙСЬКІ ГАРМАТИ

Навчальний посібник

У п'яти частинах

Частина 3

ЛАФЕТИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ГАРМАТ



Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

А. Й. Дерев'янчук, М. М. Ляпа

АРТИЛЕРІЙСЬКІ ГАРМАТИ

Навчальний посібник

У п'яти частинах

Частина 3

ЛАФЕТИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ГАРМАТ

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2015

УДК 623.43(075.8)

ББК 68.514.12я73

Д36

Рецензенти:

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

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

*Рекомендовано до видання вченою радою
Сумського державного університету як навчальний посібник
(протокол № 8 від 19 лютого 2015 року)*

Дерев'янчук А. Й.

Д36 Артилерійські гармати : навч. посіб. : у 5 ч. Ч. 3. Лафети артилерійських гармат / А. Й. Дерев'янчук, М. М. Ляпа. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 205 с.
ISBN 978-966-657-459-9
ISBN 978-966-657-580-0 (частина 3)

У навчальному посібнику розглянуто будову лафетів причіпних та самохідних артилерійських гармат, наведено поняття про артилерійський комплекс та його елементи, систематизовано відомості про сучасні лафети артилерійських гармат, розглянуто типові схеми будови механізмів лафетів артилерійських гармат та їх розрахунок. Окремими параграфами подається експлуатація складових частин лафета як причіпних, так і самохідних гармат. Наведені основні відомості про ЗІП та його елементи, що використовуються під час обслуговування механізмів лафета.

Навчальний посібник може бути використаний як викладачами, слухачами й студентами ВНЗ, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, так і курсантами ВВНЗ, командирами артилерійських підрозділів.

УДК 623.43(075.8)

ББК 68.514.12я73

© Дерев'янчук А. Й.,
Ляпа М. М., 2015

© Сумський державний
університет, 2015

ISBN 978-966-657-459-9

ISBN 978-966-657-580-0 (частина 3)

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ПОНЯТТЯ ПРО АРТИЛЕРІЙСЬКИЙ КОМПЛЕКС	9
1.1 Поняття про артилерійський комплекс та його елементи.....	9
1.2 Призначення і характеристики гармат.....	13
1.3 Загальна будова гармати. Типові схеми будови артилерійських гармат.....	17
1.4 Класифікація гармат і вимоги до них.....	28
1.5 Історія розвитку артилерії.....	34
РОЗДІЛ 2 ЛАФЕТИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ГАРМАТ	39
2.1 Лафети артилерійських гармат.....	39
2.1.1 Призначення і типи лафетів, вимоги до них як до бойових станків гармат.....	39
2.1.2 Люлька	42
2.1.3 Верхній станок гармати.....	44
2.1.4 Нижній станок гармати	49
2.1.5 Зрівноважувальні механізми.....	54
2.1.5.1 Призначення, типи зрівноважувальних механізмів та вимоги до їх конструкції.....	54
2.1.5.2 Принцип будови та дії пружинних гарматних зрівноважувальних механізмів	62
2.1.5.3 Принцип будови та дії пневматичних пневмопружних зрівноважувальних механізмів.....	67
2.1.5.4 Контроль параметрів зрівноважувальних механізмів при підготовці гармати до бойового застосування	72
2.1.6 Вимоги до лафета як до засобу транспортування. Типи ходових частин гармат.....	74

2.1.7	Призначення та склад механізмів і пристроїв ходової частини гармати	78
2.1.7.1	Рушій та підвіска.....	78
2.1.7.2	Механізм вимкнення підресорювання.....	81
2.1.7.3	Принцип будови і дії механізмів підресорювання.....	83
2.1.7.4	Принцип будови і дії механізму самоустановлення нижнього станка.....	88
2.1.8	Приводи наведення артилерійських гармат.....	92
2.1.8.1	Призначення приводів наведення гармат і вимоги до них	92
2.1.8.2	Склад механізмів наведення, їх типи	100
2.1.8.3	Принцип будови і дії основних типів механізмів наведення	109
2.1.8.3.1	Підймальний механізм	109
2.1.8.3.2	Поворотний механізм	113
2.1.8.4	Контроль основних параметрів механізмів наведення перед бойовим застосуванням.....	116
	РОЗДІЛ 3 ДІЯ ПОСТРІЛУ НА ЛАФЕТ ГАРМАТИ.....	119
3.1	Дія пострілу на лафет гармати: відкіт.....	119
3.1.1	Умови стійкості та нерухомості гармати з пружним лафетом під час пострілу.....	119
3.1.2	Особливості стійкості та нерухомості САУ	132
3.2	Вільний відкіт.....	134
3.2.1	Періоди вільного відкоту	134
3.2.2	Шлях та швидкість вільного відкоту.....	136
3.3	Загальмований відкіт	143
3.3.1	Періоди загальмованого відкоту	143
3.3.2	Вплив дульного гальма на параметри вільного відкоту.....	145
3.3.3	Закон зміни сили опору відкоту	151
3.3.4	Швидкість та шлях загальмованого відкоту	154
3.4	Накат.....	163
3.4.1	Явище накату та його динаміка	163

3.4.2 Умови стійкості та нерухомості гармати з пружним лафетом при накаті	166
3.4.3 П'ятиперіодна схема накату та її аналіз	171
РОЗДІЛ 4 ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ ГАРМАТ	177
РОЗДІЛ 5 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ	
СКЛАДОВИХ ЛАФЕТА	183
5.1 Загальні положення.....	183
5.2 Огляд та перевірка механізмів лафета 100-мм гаубиці МТ-12	184
5.2.1 Огляд та перевірка роботи механізмів наведення.	184
5.2.2 Огляд та перевірка ходової частини.....	185
5.2.3 Огляд щитового прикриття	186
5.3 Огляд та перевірка механізмів лафета 122-мм ГД-30	187
5.3.1 Огляд та перевірка механізмів наведення та перевірка зрівноважувального механізму.....	187
5.4 Огляд та перевірка механізмів лафета 152-мм СГ 2С3М	191
5.4.1 Огляд та перевірка зрівноважувального механізму	191
5.4.2 Огляд та перевірка роботи механізмів наведення	193
РОЗДІЛ 6 ЗАПАСНІ ЧАСТИНИ, ІНСТРУМЕНТ ТА ПРИЛАДДЯ.....	196
6.1 Призначення і класифікація комплектів запасних частин, інструментів та приладдя. Норми витрат запасних частин, інструментів та приладдя, порядок їх поповнення	196
6.2 Елементи запасних частин, інструментів та приладдя, що використовуються при перевірці складових лафета	199
Список літератури	202
Додаток А Основні одиниці системи СІ.....	204

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АО – артилерійське озброєння
БМ РСЗВ – бойова машина залпового вогню
ВВ – вільний відкіт
ВЧ – відкотна частина
ДГ – дульне гальмо
ЕД – електродвигун
ЕМП – електромашинний підсилювач
ЗВ – загальмований відкіт
ККД – коефіцієнт корисної дії
ПАЗ – протиатомний захист
ППЗ – протипожежний захист
ПТГ – протитанкова гармата
ПУ – пускова установка
РС – реактивна система
САУ – самохідна артилерійська установка
СГ – самохідна гармата
СП – самохідна пушка
ТГ – танкова гармата
ТО – технічне обслуговування
ТТВ – тактико-технічні вимоги

Вступ

Лафет будь-якої артилерійської гармати є однією з основних її складових. Упродовж останніх десятиріч артилерійських гармат постійно удосконалювалися тактико-технічні характеристики. Це, у свою чергу, призвело до удосконалення їх будови та експлуатації.

Із вищезазначеного випливає нагальна необхідність підготовки фахівців на рівні, що забезпечує грамотне освоєння нових зразків та їх експлуатацію.

Відповідно до цього одними із стратегічних напрямків реформування системи військової освіти є постійне удосконалення форм і методів навчання та виховання, широке впровадження у навчальний процес літератури, яка б відповідала сучасним вимогам. Особливо це важливо в галузях, де на сьогоднішній день у нашій державі немає жодного видання.

Цей посібник охоплює широке коло питань, починаючи від історії розвитку артилерії, поняття про артилерійський комплекс і відомостей про типи лафетів до теоретичних розрахунків основних елементів і експлуатації лафетів.

Посібник складається із шести розділів.

Перший розділ присвячений тлумаченню такого поняття, як «артилерійський комплекс», подається його структурно-функціональна схема, пояснюються його складові, що полегшує сприйняття матеріалу. У ньому стисло наведено історію розвитку артилерії і розкривається загальна будова гармат, подані основні схеми їх будови.

Другий розділ дає визначення лафета артилерійської гармати, а також кожної його складової частини.

У третьому розділі подано відомості про дію пострілу на лафет гармати, а також описано процеси, що забезпечують стійкість як самохідної, так і причіпної гармати під час пострілу. Структурні схеми і математичний опис допомагають краще зрозуміти дію сил під час пострілу на

лафет і пояснюють теоретичні й практичні засади забезпечення стійкості гармати.

Четвертий розділ присвячений додатковому обладнанню гармат. У ньому висвітлюються механізми та пристрої, що підвищують мобільність гармати, полегшують роботу обслуги при поводженні з гарматою тощо.

П'ятий розділ висвітлює основні відомості з експлуатації складових лафета конкретних артилерійських гармат, а саме: 100-мм протитанкової гармати МТ-12, 122-мм гаубиці Д-30, 152-мм гаубиці 2С3М. У розділі наводяться відомості про порядок огляду, перевірки та підготовки гармат до стрільби. Опис виконання робіт супроводжується рисунками, що полегшують засвоєння операцій із перевірки механізмів лафета.

У шостому розділі описуються призначення і класифікація запасних частин, інструментів та обладнання, що використовуються при перевірці механізмів лафета.

Посібник розроблено відповідно до змісту навчальної програми модуля «Будови та експлуатації артилерійського озброєння».

Цей навчальний посібник призначений для слухачів, студентів ВНЗ, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу. Він може бути корисним командирам артилерійських підрозділів, курсантам ВВНЗ, а також викладачам під час підготовки до занять.

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 неможливе без застосування артилерії.

Артилерія призначена для знищення і подавлення засобів ядерного та хімічного нападів, 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 та доставки в розташування противника агітаційного матеріалу.

За способом надання снаряду поступального руху артилерію поділяють на ствольну та реактивну. Ствольна артилерія – це сукупність гармат (засобів для ураження противника), призначених для досягнення певного практичного результату внаслідок дії снаряда, якому енергія надається у 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 та основою, на якій ствол закріплений, ствольна артилерія буває нарізною, гладкоствольною, безвідкотною та універсальною.

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

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

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

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

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

На сучасному етапі розвитку артилерійського озброєння розрізняють поняття *артилерійського комплексу*

(АК) у широкому і вузькому розуміннях. 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, оцінювання різних комплексів та 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 та вивчення артилерійського озброєння, вимог до складових частин комплексу.

Залежно від призначення, характеру завдань, що вирішуються, умов бойового застосування гармати пускові установки реактивних систем і боєприпаси до них мають різну будову та 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 та шляхи їх подальшого розвитку.

До складу артилерійського комплексу входять засоби вогневого ураження, засоби забезпечення стрільби і рухомі засоби.

Засоби вогневого ураження вміщують засоби доставки (артилерійські системи) та боєприпаси.

Засоби забезпечення стрільби у своєму складі мають: засоби зв'язку та керування, засоби балістичного забезпечення, засоби розвідки, засоби метеозабезпечення, засоби топозабезпечення.

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

Структурно-функціональна схема АК показана на рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Структурно-функціональна схема АК:

ΔV_0 – початкова швидкість снаряда; t_s – температура заряду;

W_e – швидкість вітру; t_{II} – 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 на теплову енергію порохових газів. Теплова енергія, у свою чергу, перетворюється на 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 поділяють на абсолютні та узагальнені.

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

Абсолютні характеристики поділяють на балістичні, конструктивні та 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* $D_{n.n}$ (м) – це максимальна відстань польоту снаряда, уздовж 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, що створює найбільшу силу дії на снаряд під час його руху по каналу ствола і на відкотні частини гармати. Він також визначає максимальне напруження, що виникає у стволі гармати під час пострілу. Числові 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 потужність гармати. Зі збільшенням калібру підвищується потужність гармати.

2 *Кути вертикальної φ і горизонтальної ψ наводок* 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_b , кг, положеннях. Значення цих розмірів та величин використовуються під час проектування при порівнянні різних конструкцій гармат, враховуються під час експлуатації та ремонту. Вони характеризують також маневреність та 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 та виконання інших робіт із забезпечення стрільби (виправлення наводки, охолодження ствола і та ін.) Найбільша швидкострільність із 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 переведення з бойового положення у похідне характеризує можливість зі швидкої зміни вогневої позиції.

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

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

1 *Дульна енергія* E_o , кДж. Вона визначає потужність 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 потужності* C_E , кДж/дм³. Для конкретного зразка гармати він свідчить про те, яка кількість енергії E_o припадає на умовну одиницю об'єму його каналу ствола:

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

де d – калібр каналу ствола.

Цей коефіцієнт є важливою характеристикою потужності 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

$$\eta = \frac{E_o}{M_o} = \frac{q V_o^2}{2 M_o}, \quad (1.3)$$

де M_o – 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 швидкостями.

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 та 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 та нерухомість гармати. Забезпечення стійкості і нерухомості гармати під час пострілу є дуже важливою умовою підвищення ефективності стрільби, оскільки при порушенні стійкості та нерухомості виникає необхідність у відновленні початкового положення гармати і наводки, її закріплення.

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

Під час пострілу на гармату діє сила відбою, спрямована у бік, протилежний напрямку руху снаряда.

Сила відбою безпосередньо передається на деталі й механізми лафета. Саме цю силу зменшують ПВП. Таким чином, ПВП відіграють роль пружного зв'язку між стволом і лафетом.

Лафет складається із: люльки, верхнього станка, підйимального механізму, поворотного механізму, зрівноважувального механізму, нижнього станка зі станинами, ходової 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 підйимального 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.

Підйимальний механізм призначений для повороту хитної частини гармати у вертикальній площині. Таким чином, завдяки підйимального механізму ствола гармати можна задавати кути схилення або підвищення. Хитна частина гармати за допомогою привода і кінематичних ланок повертається у вертикальній площині відносно 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 підйимальною частиною в горизонтальній площині відносно нижнього станка забезпечується приводом і кінематичними ланками.

Зрівноважувальний механізм призначений для зрівноважування хитної частини гармати відносно цапф

люльки і полегшення роботи підйимального механізму. Силу, яка врівноважує хитну частину гармати, створює пружина або стиснене повітря.

Нижній станок зі станинами – це нерухома під час наводки частина лафета, призначена для опори обертової частини та 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 та призначені для забезпечення наведення гармати. За їх допомогою будуються прицільні кути і забезпечується наводка гармати на ціль. Як правило, сучасні гармати мають механічні та оптичні приціли, а протитанкові гармати, крім того, – нічні, радіолокаційні для прицілювання вночі або за умов поганої видимості.

Верхній станок із підйимального частиною гармати, механізмами і приладами наводки, зрівноважувальним механізмом і бойовим щитом становлять обертову частину гармати, обертанням якої відносно 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 та механізми гармат можуть бути відсутніми або замінюватися іншими.

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

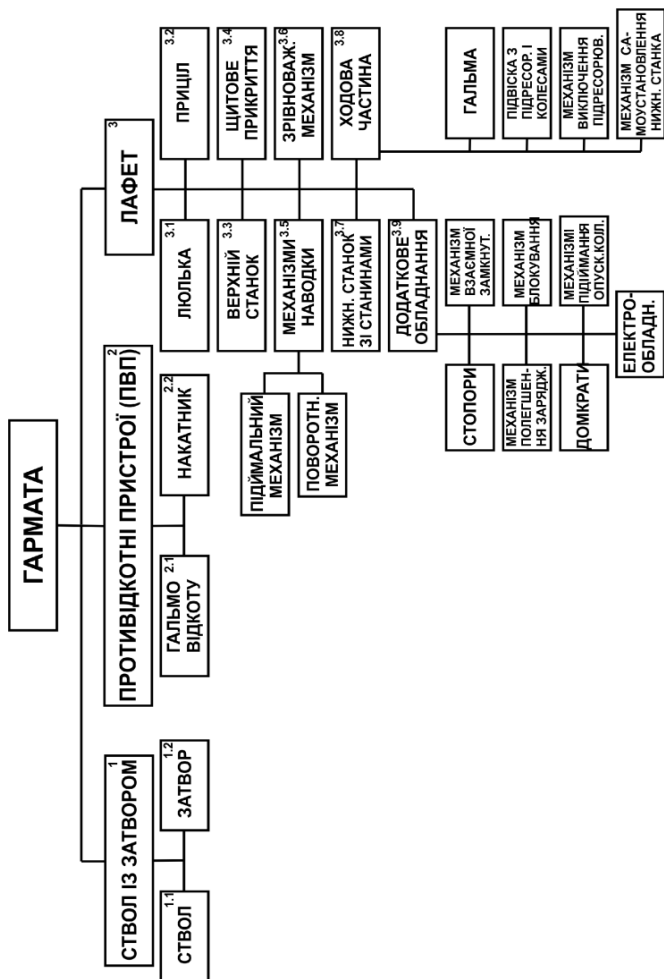


Рисунок 1.2 – Типова схема будови причіпних гармат

- 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 спрямованого пострілу.
- ПВП* – Пружний зв'язок ствола з лафетом.
- Лафет* – під час стрільби – функції бойового станка;
– під час транспортування – функції візка.

Ствол (перетворення енергії бойового заряду у кінетичну енергію снаряда, надання снаряду спрямованого польоту з певною початковою лінійною і кутовою швидкостями).

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 (спрямування руху ствола під час відкоту і накату, дія на ствол при наведенні, розміщення елементів ПЧ).

Приціли (забезпечення наведення гармати).

Верхній станок (основа поворотної частини, розміщення підйомної частини та елементів поворотної частини гармати).

Щитове прикриття (захист обслуги від куль, осколків, дульної хвилі).

Механізми наводки (зміна положення ствола у просторі).

Зрівноважувальний механізм (зменшення моменту незрівноважування відносно осі цапф для полегшення роботи навідника).

Нижній станок зі станинами (опора поворотної частини, розміщення ходової частини, зв'язок із ґрунтом, забезпечення стійкості та нерухомості).

Ходова частина (виконує функції візка під час транспортування, може служити лобовою (передньою) опорою гармати).

Підресорювання (зменшення руйнівної дії дороги на лафет).

Механізм вимикання підресорювання (підвищення жорсткості лафета в бойовому положенні гармати).

Механізм самоустановлення нижнього станка (вирівнювання площини вогню в бойовому положенні гармати).

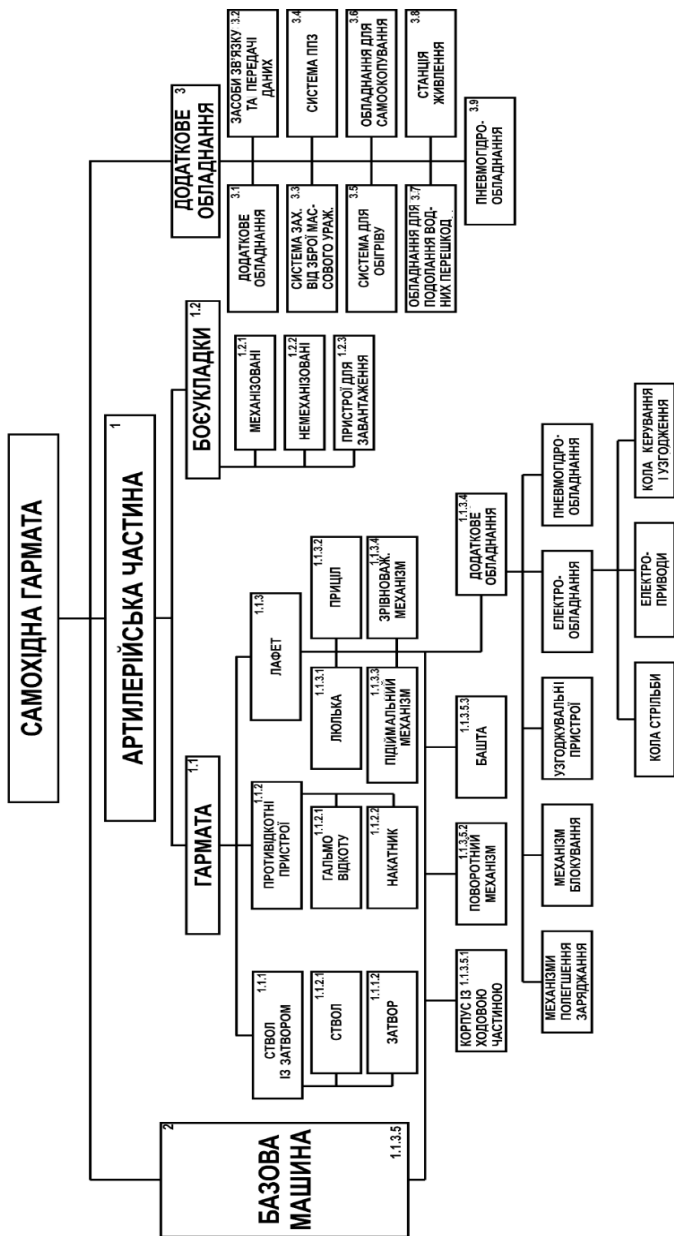


Рисунок 1.3 – Типова схема будови самохідних гармат

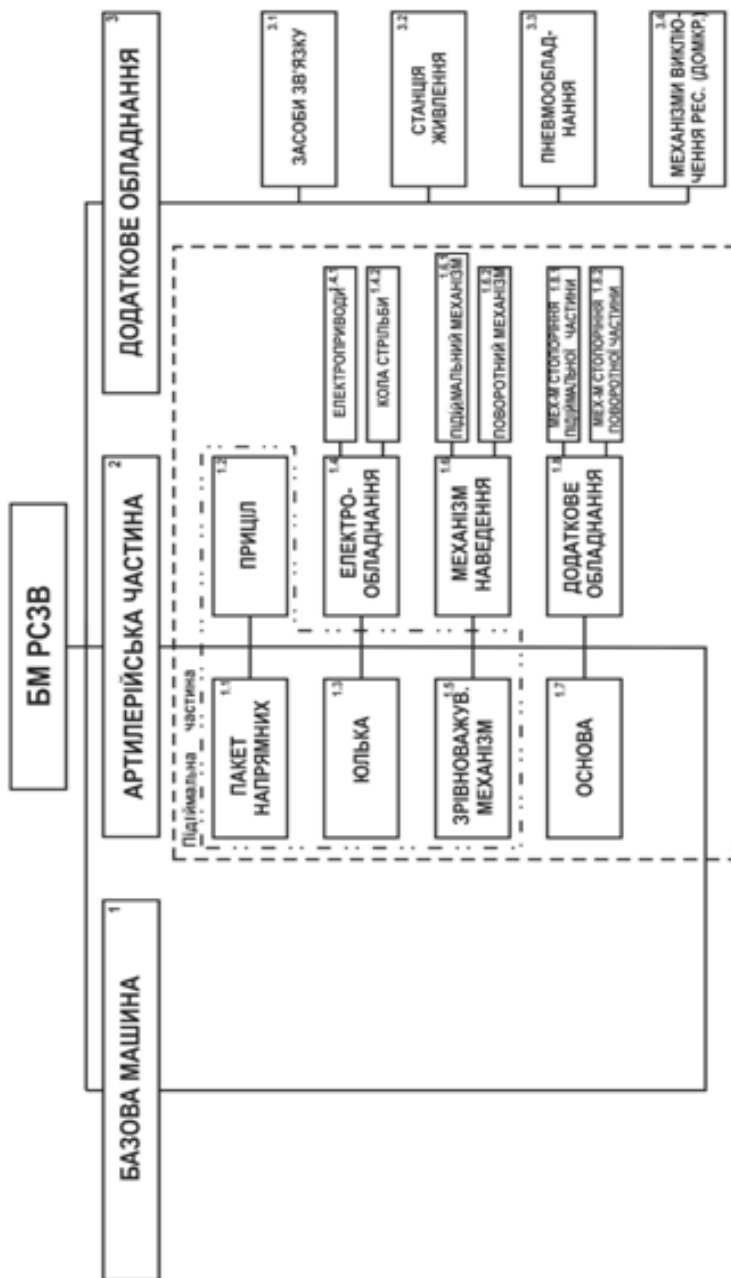


Рисунок 1.4 – Типова схема будови реактивної системи запового вогню

Складові частини самохідної гармати

- 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. – 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 частини 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 вміщує:
 - 1.4.1 – Електроприводи, що 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 піднімальної частини відносно 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, вміщує механізми стопоріння піднімальної і поворотної частин, призначене для стопоріння піднімальної і поворотної частин похідному.
- 2 – *Базова машина*, призначена для розміщення і транспортування артилерійської частини; виконує функції нижнього станка.
- 3 – *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.

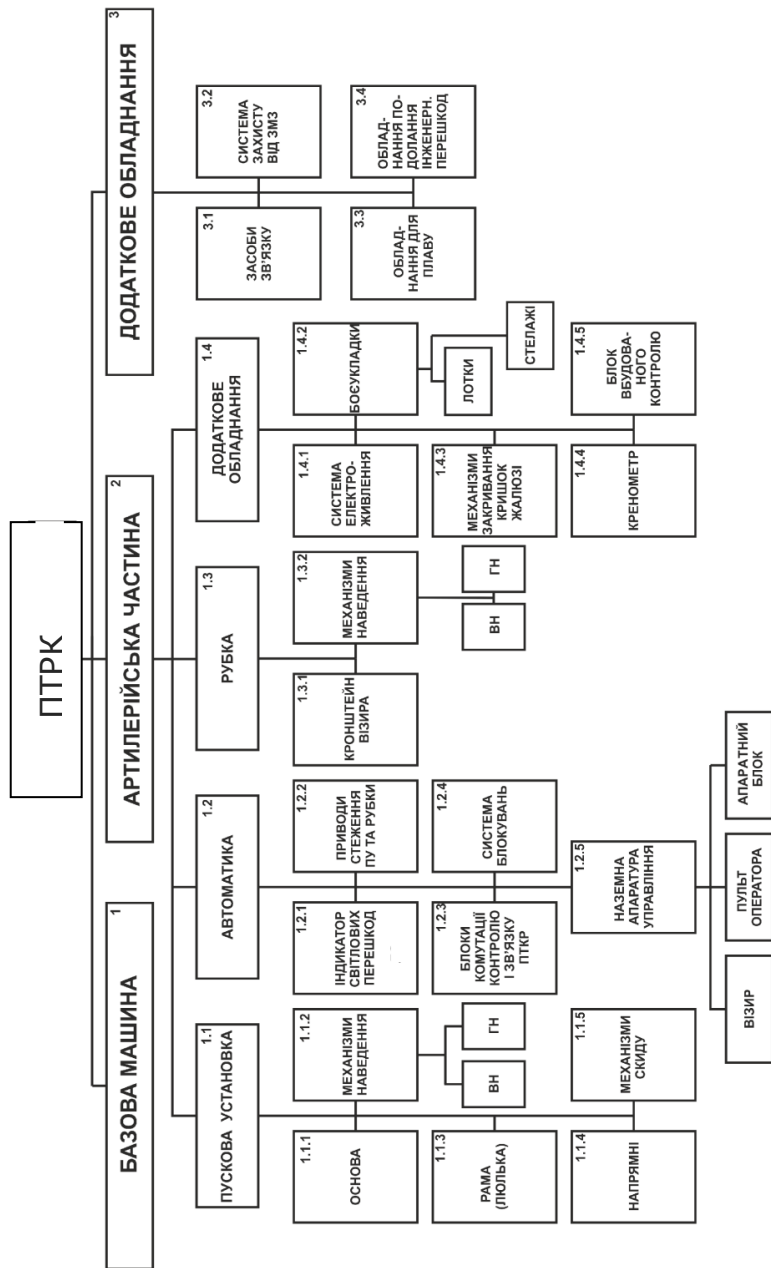


Рисунок 1.5 – Типова схема будови протитанкового комплексу

- 1–3 – Основні частини БМ ПТРК.
- 1.1–1.4 – Основні складові 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.

- Слідкуючі 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 ($V \pm 24$ В та $- 36$ В 400 Гц).
- Боеукладки* – призначення для розміщення бойового комплекту БМ.

1.4 Класифікація гармат і вимоги до них

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

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

Пушки – це гармати, що надають снаряду початкової швидкості 700–1500 м/с, мають настільну траєкторію польоту снаряда і довжину каналу ствола порядку 60–100 калібрів. Кути підвищення стволів гармат, 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 використовують гаубиці калібру 122-мм і більше.

Гаубиці-гармати і гармати-гаубиці – це гармати проміжного типу між гаубицями та гарматами. Початкова назва гармати визначається тим, які ознаки у неї переважають – гаубиці чи гармати.

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 у казенній частині мають сопла для виходу порохових газів у бік, протилежний руху снаряда. При цьому сила відбою 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, призначені для дій у горах (гірські гармати).

Залежно від калібру розрізняють 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 та 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 та експлуатації.

Кожна гармата призначена для виконання тих чи інших завдань і має певні властивості, які характеризують удосконаленість та можливості гармати. Перелік усіх властивостей, які повинна мати гармата, становить 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 воєн.

ТТВ до гармат бувають загальні та спеціальні. У свою чергу, загальні вимоги поділяються на бойові, службові та 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 та від кута підвищення ствола. Максимальна 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 напрямком V_B . Кучність стрільби залежить від стану конкретної гармати, величин можливих відхилень основних параметрів її складових (ствола, прицільних пристроїв, снарядів і т. ін.) та умов стрільби.

Влучність стрільби залежить від досконалості й технічного стану гармати, боеприпасів, 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 злагодженості 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 та безпеки стрільби. Ця характеристика визначається розрахунково-експериментальним шляхом і наводиться в «Правилах стрільби й 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. Відповідно до цього розрізняють оперативну і тактичну маневреність (рухомість), а також вогневу маневреність.

Оперативна маневреність характеризує здатність гармати до пересування на велику відстань самостійно або 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 із підресорюванням, зменшенням ваги гармати. Маневреність сучасних гармат повинна бути не нижчою від маневреності військ, з якими вони будуть взаємодіяти.

Вогнева маневреність гармати складається із швидкості відкриття вогню та 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 та тих самих дальностях. Висока вогнева маневреність гармат дозволяє раптово для противника завдати потужного вогневого удару.

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 та ін.

Службові вимоги

1 *Безвідмовність дії* усіх 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 огорож.

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 усіх операцій обслугою без фізичного й психологічного перевантаження. Ці вимоги виконуються за рахунок поліпшення конструкції гармати, компактного і зручного розміщення на ній механізмів, механізації операцій із заряджання та 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 приводять 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 та економічного виробництва й ремонту гармат. До цих вимог належать:

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

- взаємозамінність і стандартизація деталей, які забезпечують економічність та 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 й 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 із них 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 вона 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 із 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 вирішення питань організації, будови та бойового застосування артилерії.

У 1741 році талановитий винахідник Д. К. Карпов створив швидкострільну батарею із 44 мортир, 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 більше 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. З введенням машинного виробництва почала вдосконалюватись 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. Із 70-х років XIX століття вводиться гільзове заряджання, а дерев'яні лафети замінюються сталевими.

Проблему збільшення швидкострільності вирішив талановитий конструктор В. С. Барановський, який створив у 1872 році першу в світі швидкострільну 2,5 дюймову гармату на пружному лафеті. Для своєї гармати він розробив: гідравлічне гальмо відкоту, пружинний накатник, підймальний 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. Гармата 76-мм 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 для навісної стрільби надкаліберними мінами 47-мм на жердинах морську гармату, а лейтенант Подкурський переконструював морський металний апарат для стрільби каліберними мінами. Так, уперше 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 в 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 5 000 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 зрівноважувальні 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 взята 37-мм, а в 1932 році – 45-мм протитанкові гармати.

У передвоєнні роки з 1933 до 1940 р. було здійснено повне переозброєння артилерії новими зразками гармат та боєприпасів. За цей короткий час були створені та взяті 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 уперше 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 й отримали назву «звіробій». Були взяті 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 й 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, торсійне підресорювання, колеса з гумовими шинами. Для боротьби з танками були розроблені підкаліберні і кумулятивні снаряди.

Усього за період війни артилеристи влучним вогнем знищили десятки тисяч танків і САУ. Більше ніж 1800 воїнам-артилеристам було присвоєно звання Героя Радянського Союзу. За період війни 1 600 000 артилеристів були нагороджені орденами й медалями.

Великий внесок у створення першокласного артилерійського озброєння зробили конструкторські колективи, якими керували вчені Грабін В. Г. (гармати малих калібрів і САУ), Іванов І. І. (гармати великих 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 й артилерія. На озброєння армії надійшли нові зразки гарматної, реактивної і самохідної артилерії, а також комплекси ПТКР із підвищеною бойовою потужністю та високою точністю стрільби. Для артилерійських комплексів були розроблені більш ефективні боеприпаси, нові засоби пересування та прилади для стрільби. У цей період війська отримали такі потужні гармати, як 85-мм дивізійна протитанкова гармата, 122-мм гармата і гаубиця, 130-мм гармата, 152-мм гармата-гаубиця, 203-мм гаубиця, 160-мм і 240-мм міномети та інші артилерійські системи. Польова реактивна артилерія озброюється сучасними комплексами залпового вогню типів БМ-14, БМ-21, БМ-24. Беруться на озброєння й нові типи самохідної артилерії, які мають більш високі бойові можливості. Це такі самохідні артилерійські установки, як 122-мм самохідна гаубиця 2С1, 152-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 завданням.

РОЗДІЛ 2

ЛАФЕТИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ГАРМАТ

2.1 Лафети артилерійських гармат

2.1.1 Призначення і типи лафетів, вимоги до них як до бойових станків гармат

Лафет – це складова частина гармати, що 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 в каналі ствола під час пострілу, і надає гарматі такі якості, як стійкість і нерухомість. Механізм та будова лафета складають бойовий станок гармати.

До конструкції лафета як до бойового станка ставлять такі основні *вимоги*:

- стійкість і нерухомість гармати при стрільбі;
- наведення гармати в заданих межах без її перестановки;
- зручність та 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, правильним установленням 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 колового (360°), наприклад у Д-30.

Зручність та простота бойової роботи з гарматою повинні забезпечувати зручне й легке переведення її з похідного положення в бойове і навпаки, перезарядження, наведення, розбирання, складання, чищення і змащення, особливо уночі.

Надійність і безпека стрільби з гармати забезпечуються раціональною конструкцією її елементів, підбором матеріалів відповідної міцності для виготовлення деталей лафета, захистом обслуги та 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.

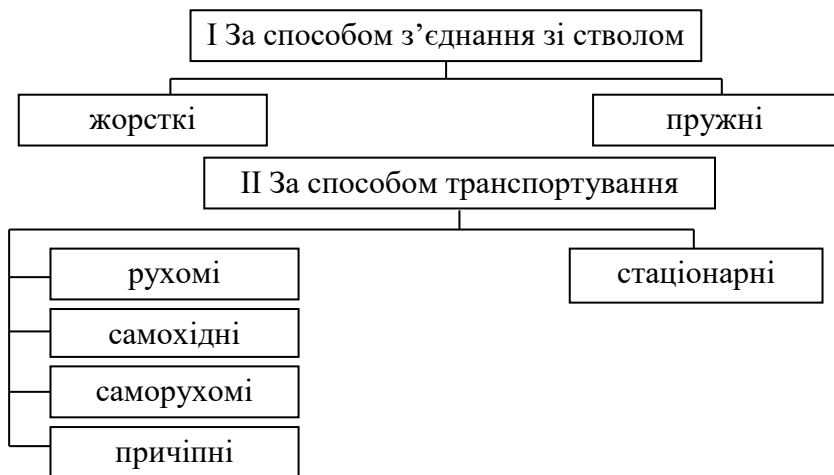


Рисунок 2.1 – Класифікація лафетів

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 (противідкотні 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 лафети, пристосовані рухатися самостійно, бо на них установлений двигун. Гармати із самохідними лафетами називаються самохідними гарматами.

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 лише за допомогою спеціального тягача.

Стационарні лафети використовуються в конструкціях берегових артилерійських установок та артилерії укріпрайонів.

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 та 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.

2.1.2 Люлька

Люлька – це частина лафета, призначена для опори ствола і спрямування його руху під час відкоту та накату, 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 накату з мінімальним тертям, а також бути достатньо міцною та 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 накату він повинен мати довжину напрямної частини не меншу ніж величина максимального відкоту відкотних частин, а для міцності та жорсткості його висота повинна

дорівнювати 1/8–1/10 довжини. З цією 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, призначена для спрямування руху ствола під час відкоту і накату. Напрямні мають вигляд вкладиша люльки, виготовленого із бронзи або латуні для зменшення коефіцієнта тертя.

Люлька цапфи з'єднується з підцапфовими гніздами верхнього станка гармати і за допомогою підйимального механізму може повертатися у вертикальній площині.

Ствол, ПВП, люлька із закріпленими на ній частинами і деталями складають хитну частину гармати, що може повертатися відносно осі вертикального наведення.

У 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:

– коритоподібна 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 коритоподібною – більш міцна, жорстка і компактна, але вона погіршує умови охолодження, вимагає ретельного оброблення поверхні ствола і змащення.

2.1.3 Верхній станок гармати

Верхній станок – це частина лафета, яка призначена для опори хитної частини гармати і забезпечення повороту її у вертикальній та горизонтальній площинах за допомогою механізмів наведення.

Конструкція верхнього станка забезпечує надійне закріплення хитної частини і можливість її повороту відносно цапф у вертикальній площині у 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 щок), кронштейнів, бойового штиря або гнізда під нього.

Основа верхнього станка жорстко зв'язує між собою лодиги та 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 позначками (мітками) 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 роликами або голчастими підшипниками – це основний вид з'єднання підцапфеників верхнього станка з цапфами люльки.

Бойовий штир або *гніздо* під нього, якщо він зв'язаний із нижнім станком, забезпечує з'єднання верхнього станка з нижнім. Для 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 сталевих виливків 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 й 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 при наведенні 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 горизонтальну наводку гармати. Величина зазору встановлюється за допомогою спеціальної пружини. Під час пострілу гармати верхній станок стискує пружини і «сідає» на нижній, цим забезпечуються надійне сприйняття і передача на ґрунт зусиль, що 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 чи короткого бойового штиря або за допомогою цапф нижнього станка.

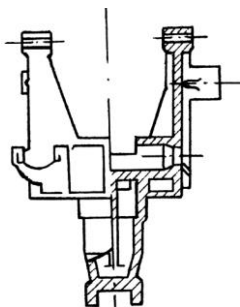


Рисунок 2.2 – З'єднання довгим бойовим штирем

З'єднання довгим бойовим штирем центрується за допомогою двох підшипників ковзання нижнього станка, а

штир спирається 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 котків, закріплених в основі верхнього станка. Цим забезпечуються зазор та одностороннє підтиснення бойового штиря до підшипників ковзання нижнього станка під час відкоту і накату. Це усуває хитання станка і тим самим збільшується кучність бою. Крім того, верхній станок може мати підхват, який зменшує хитання та оберігає верхній станок від перекидання щодо нижнього під час пострілу. Такий верхній станок з трьома підпружиненими катками і переднім підхватом має гармата Д-30.

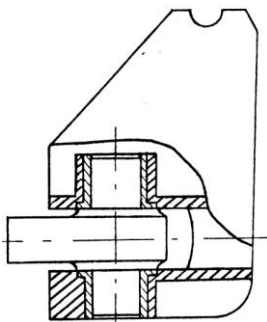


Рисунок 2.3 – З'єднання коротким бойовим штирем або цапфою нижнього станка

З'єднання коротким бойовим штирем або цапфою нижнього станка збільшує момент тертя між станинами і утруднює наводку. Не виключена й 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 істотно 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, що 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 із 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 є 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 та в зенітних гарматах.

2.1.4 Нижній станок гармати

Нижній станок – це нерухома під час наведення частина лафета, призначена для опори обертової частини і для з'єднання гармати з ґрунтом або основою, на якій вона встановлена. Конструкція нижнього станка і спосіб його з'єднання з ґрунтом залежать від призначення даної гармати, умов її експлуатації та 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 та 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 кріпляться бойова вісь, підресорювання, механізм вимикання підресорювання, механізм самовстановлення та інші механізми і пристрої лафета.

Станина причіпної гармати спирається на ґрунт у бойовому положенні гармати.

Станина є опорою гармати та забезпечує її зв'язок із 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 із метою запобігання зариванню станини.

Сошник – частина нижнього станка, що заглиблюється у бойовому положенні в ґрунт для 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, призначена для з'єднання з тягачем.

За способом зв'язку станин із 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, 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, що мають лобову коробку з двома відкидними станинами, чим і збільшується сектор горизонтального обстрілу до 30–60°.

Необхідність колового 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 кількістю станин поділяють на такі типи: одностанинні, двостанинні, тристанинні.

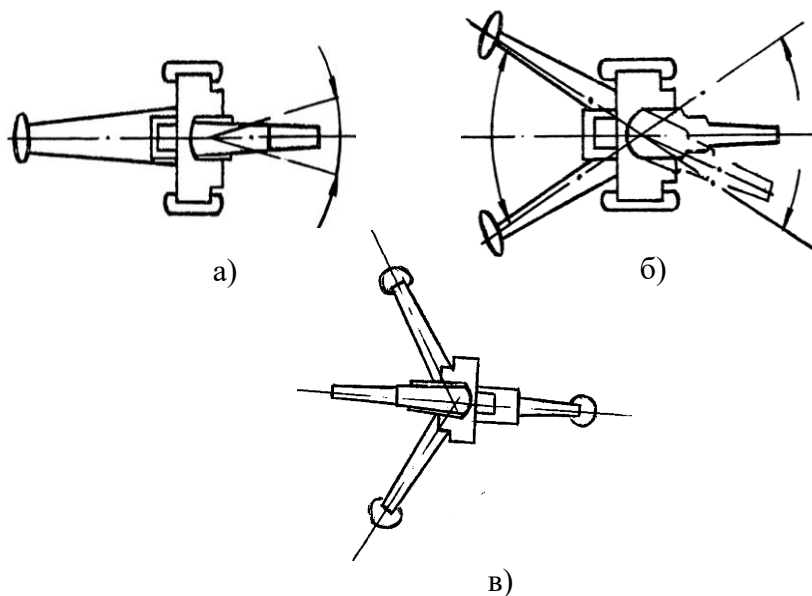


Рисунок 2.4 – Конструкції нижніх станків:
 а) одностанинний; б) двостанинний; в) тристанинний

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 із двома відкидними станинами. Вони найбільш поширені в причіпній артилерії, наприклад у гарматах Д-48, М-30, Д-1, Д-20 та інших.

Тристанинний нижній станок – це нижній станок із ходовою частиною, що вимикається одноконсольною хребтовою балкою і двома відкидними станинами. Він використовується в гарматі Д-30.

Існує й 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 зусиль 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 із 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 привода.

Бойовий щит – це щит на гарматі, призначений для захисту частин гармати та 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° до вертикалі та виготовленням 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 густина металу.

За кулестійкістю щити поділяють на I, II і III класи.

Найбільшу кулестійкість має І клас. Кулестійкість може бути підвищена використанням екранованих щитів.

2.1.5 Зрівноважувальні механізми

2.1.5.1 Призначення, типи зрівноважувальних механізмів та вимоги до їх конструкції

Використання зрівноважувальних механізмів дозволяє розвантажувати привід 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 обметання 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 та обертової частини в межах заданого діапазону кутів підвищення без перешкод із боку ґрунту або іншої поверхні, на якій установлена 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:

$$M_n = Q_n l_n \cos \gamma, \quad (2.1)$$

де Q_n – сила ваги хитної частини;
 l_n – відстань центра ваги хитної частини від осі цапф;

γ – кут нахилу до горизонту радіуса R_0 .

Для часткового або повного усунення впливу моменту сили ваги на роботу підйимального механізму намагаються зрівноважити хитну частину гармати.

Зменшити зусилля на рукоятці маховика підйомного механізму можна шляхом зрівноважування хитної частини.

Існують два способи зрівноважування: вантажне (природне) і штучне.

Вантажне зрівноважування полягає в тому, що вісь цапф проходить через центр хитної частини гармати. Хитна частина зрівноважується вантажем, що закріплюється на казенній частині люльки, або збільшенням ваги казенника (використовують вантажні казенники).

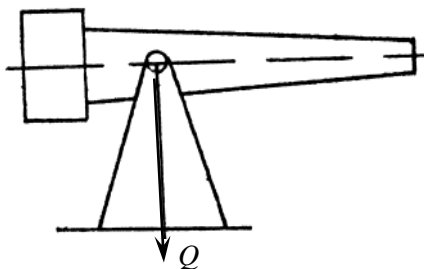


Рисунок 2.5 – Природне зрівноважування

Цей спосіб використовують для артилерійських гармат, які ведуть стрільбу з ходу – танкових та корабельних. У польових артилерійських системах цей спосіб не набув великого поширення (Б-4М, 2С9).

Перевага вантажного зрівноваження – повне зрівноважування 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 %; в танкових – 35 % від маси ствола.

У пересувних наземних гарматах, до яких ставляться жорсткі вимоги щодо маси і маневрування, використовують зрівноважувальні механізми, що 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 зрівноважування хитної частини гармати з метою розвантаження підйомного механізму, називається *зрівноважувальним механізмом*.

Істотним *недоліком* штучного зрівноваження є залежність зрівноваження від нахилу гармати та інерційних навантажень, що виникають під час руху гармати.

Найбільшого поширення набули механізми з пружним елементом, розміщеним у колонці між верхнім станком і хитною частиною. Пружним елементом у таких механізмах є попередньо підтиснена пружина або стиснений газ (повітря чи азот).

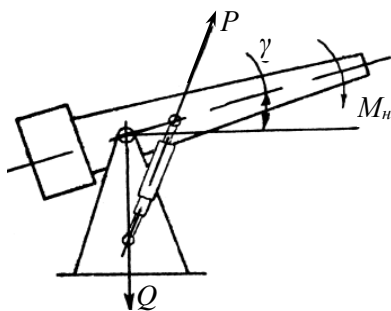


Рисунок 2.6 – Штучне зрівноваження

Гарматні зрівноважувальні механізми поділяють на такі типи: за характером дії сили на хитну частину, за видом акумулятора енергії, за зв'язком із гарматою.

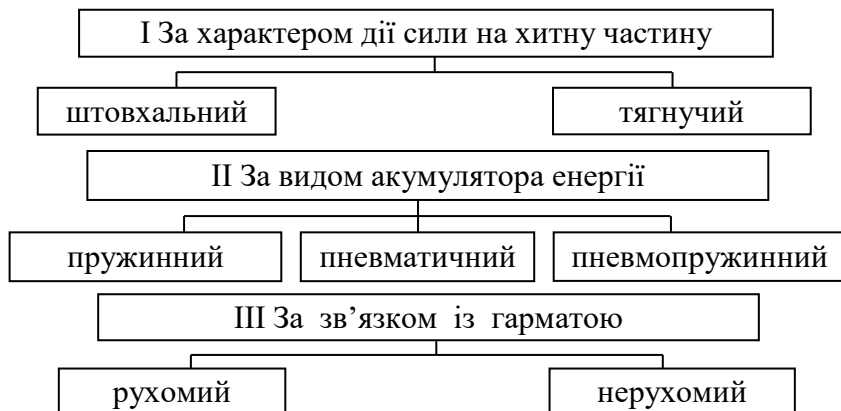


Рисунок 2.7 – Класифікація зрівноважувальних механізмів

Штовхальний 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 $M_e = P_e h$, що зрівноважує хитну частину відносно осі цапф.

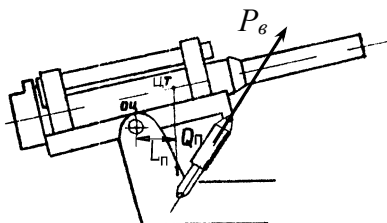


Рисунок 2.8 – Штовхальний зрівноважувальний механізм

Переваги штовхального зрівноважувального механізму: зручність розміщення на лафеті, зменшення тертя в цапфах під час наведення.

Недолік – неможливість досягнення повної компенсації великих моментів.

Тягнучий зрівноважувальний механізм – це такий механізм, точка прикладення сили якого знаходиться позаду або попереду осі цапф, але зверху хитної частини гармати. Внаслідок дії сили P_e на плече h виникає зрівноважувальний момент $M_e = P_e h$, що діє у напрямку, протилежному моменту $M_n = Q_n l_n$.

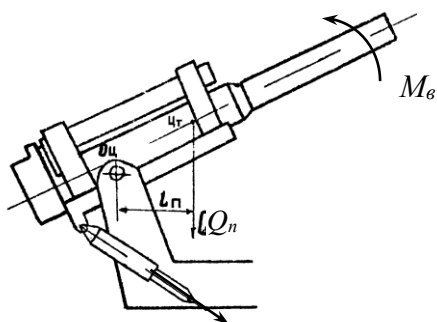


Рисунок 2.9 – Тягнучий зрівноважувальний механізм

Перевага – можливість повного зрівноважування.

Недолік – збільшення тертя у цапфах (ЗІС-2, ЗІС-3, 2А29).

Пружинний зрівноважувальний механізм – механізм, у якому за акумулятор енергії, що створює силу зрівноважування хитної частини, використовують стиснену пружину. Ці механізми можуть бути штовхального або тягнучого типу.

Переваги: простота конструкції, невибагливість в експлуатації, нечутливість до бойових пошкоджень, робота не залежить від температури навколишнього середовища.

Недоліки: гармати великих калібрів мають велику масу; у них знижена бойова готовність унаслідок необхідності зберігання з максимальним кутом підвищення.

Пневматичний зрівноважувальний механізм – механізм, у якому акумулятором енергії, що створює силу зрівноважування хитної частини, використовують стиснений газ (повітря або азот). Ці механізми, як правило, є механізмами штовхального типу, але у важкій артилерії можливе застосування й механізмів тягнучого типу.

Перевага – малі габарити через малу масу колонок.

Недоліки: трудність створення компенсувального моменту при всіх кутах підвищення, складність конструкції, вразливість щодо бойових пошкоджень, залежність від температури навколишнього середовища, складність в експлуатації.

Пневмопружинні зрівноважувальні механізми – механізми, в яких за акумулятор енергії використовують стиснений газ та пружину, що діє 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, в 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 зрівноважування 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, що використовується для зрівноважування 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 істотно зменшуються розміри і маса колонки, а потрібна точність зрівноважування досягається за допомогою кулачка або копіра, охоплених гнучким зв'язком. Профіль кулачка або копіра вибирається таким, щоб закон зміни M_6 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

$$M_n = M_6, \quad (2.2)$$

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.

$$\begin{aligned} M_{n \max} &\text{ при } \varphi = 0 \text{ (} \cos 0^0 = 1 \text{);} \\ M_{n \min} &\text{ при } \varphi = 90^0 \text{ (} \cos 90^0 = 0 \text{).} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Отже, величина зрівноважувального моменту M_e дорівнює добутку сили пружного елемента P_{np} на плече h ($M_e = P_{np} \cdot h$) 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 зрівноважування: повного, часткового, неповного.

Схема повного зрівноважування – 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:

$$(M_n) = (M_e) \text{ при } \varphi_{min} \leq \varphi \leq \varphi_{max} . \quad (2.4)$$

Вона використовується в корабельних і танкових гарматах.

Схема часткового зрівноважування – це схема, у якій при всіх кутах підвищення ствола, передбачених конструкцією гармати, момент сили ваги більший або менший за абсолютною величиною від моменту зрівноважувального механізму:

$$M_e - M_n = \Delta M , \quad (2.5)$$

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 підйомного механізму гармати.

Схема з неповним зрівноважуванням – 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:

$$(M_n) = (M_e) \text{ при } \varphi = \varphi_e \text{ і } (M_n) \neq (M_e) \text{ при } \varphi \neq \varphi_e. \quad (2.6)$$

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, зрівноважування хитної частини у всьому діапазоні кутів підвищення, нечутливість до коливань температури навколишнього середовища, простота обслуговування й ремонту, тривалість терміну служби.

2.1.5.2 Принцип будови та дії пружинних гарматних зрівноважувальних механізмів

Пружинні зрівноважувальні механізми можуть бути як штовхального, так і тягнучого типу з однорядним і телескопічним розміщенням пружин круглого або прямокутного перерізу. Частіше за все 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, що з'являються на опорних торцевих поверхнях. Поперечне переміщення витків пружин обмежується циліндром або штоком. Щоб уникнути можливості створення моменту від сили зрівноважувального механізму в площі 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 штовхального типу

Пружинний зрівноважувальний механізм штовхального типу являє собою колонку, в якій між внутрішнім і зовнішнім циліндрами розміщена циліндрична гвинтова пружина.

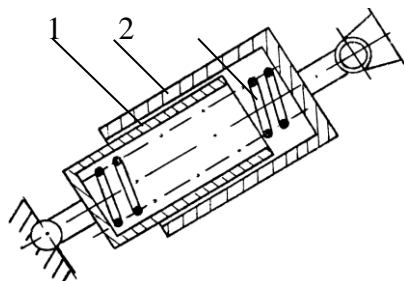


Рисунок 2.10 – Пружинний зрівноважувальний механізм:
1 – внутрішній циліндр; 2 – зовнішній циліндр; 3 – пружина

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.

Бажано, щоб на всіх кутах підвищення здійснювалося повне зрівноважування хитної частини. Але механізми штовхального типу, що діють на частину люльки, розміщену попереду осі цапф, не забезпечують повного зрівноважування у заданому діапазоні кутів підвищення з причин складності виготовлення пружин із потрібними характеристиками, осадки пружин, наявності тертя в

шарнірах. Саме тому на практиці розрахунок зрівноваження в двох точках, проводять таким чином, щоб повне зрівноважування було при двох значеннях кута підвищення φ_{min} і φ_{max} .

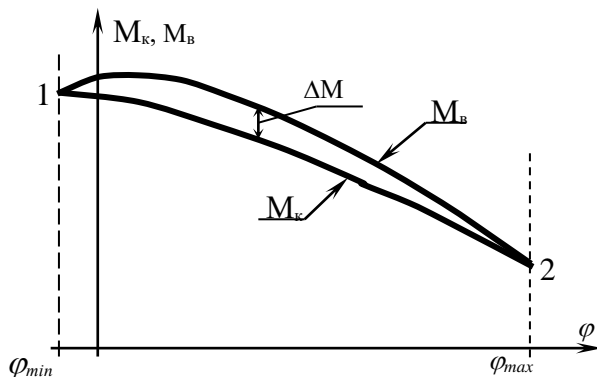


Рисунок 2.11 – Графік залежності M_k і M_b від кута підйому ствола

У проміжних точках для механізмів штовхального типу повне зрівноважування не досягається – є деякий момент незрівноваженості (див. графік рис. 2.11).

$$M_b - M_k = \Delta M. \quad (2.7)$$

Пружинний механізм штовхального типу застосовується в гарматах Д-1, М-30, МЛ-20.

Вимоги до моменту незрівноваженості

Величина ΔM не повинна бути занадто великою, щоб зусилля на маховику підйомального механізму не перевищувало допустимої величини (< 4 кг під час руху).

Момент незрівноваженості ΔM повинен забезпечувати переваження хитної частини на казенну частину ствола, щоб забезпечити менше збивання наведення під час пострілу, а також зменшити ударні навантаження на підймальний механізм.

Пружинний механізм тягнучого типу

Цей механізм являє собою колонку, до складу якої входить циліндр із цапфами, шток із 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 із кронштейном люльки. В існуючих конструкціях таких механізмів (гармата МТ-12) використовують гвинтові телескопічні пружини з круглим поперечним перерізом, але можливе використання пружин із чотирикутним поперечним перерізом витків.

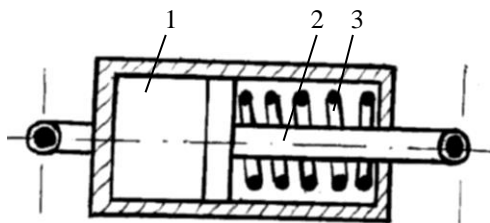


Рисунок 2.12 – Схема тягнучого пружинного зрівноважувального механізму:

1 – циліндр; 2 – шток із 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 із 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 попереднього 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 зрівноважування.

За необхідності використання важких зрівноважувальних механізмів, що мають великі розміри, колонка кріпиться нерухомо на верхньому станку. Зусилля пружини передається хитній частині через ланцюг, що огинає напрямний блок.

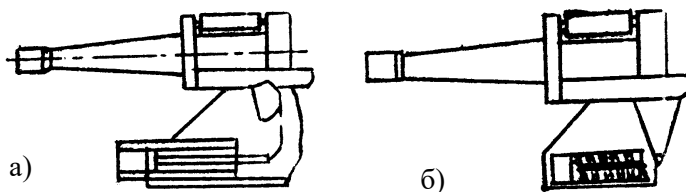


Рисунок 2.13 – Схеми розміщення зрівноважувальних механізмів:

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: гармати великих калібрів мають великі вагу і розміри, під час зберігання з метою розвантаження пружин ствола надають максимальних кутів підвищення, для чого розводяться станини і розстопорюється хитна частина, що призводить до зниження готовності виходу гармати з парку.

2.1.5.3 Принцип будови та дії пневматичних пневмопружних зрівноважувальних механізмів

Пневматичний зрівноважувальний механізм штовхального типу так само, як і пружинний, має вигляд колонки, кінці якої шарнірно з'єднані з верхнім станком і люлькою.

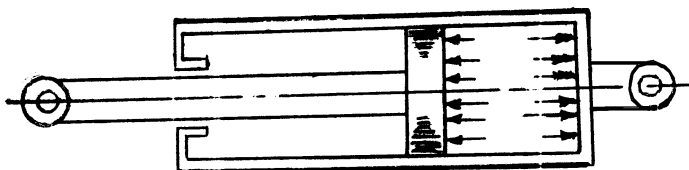


Рисунок 2.14 – Пневматичний зрівноважувальний механізм

Між поршнем і дном циліндра знаходиться стиснене повітря або азот.

Під час обертання хитної частини відбувається політропічна зміна стану повітря у колонці.

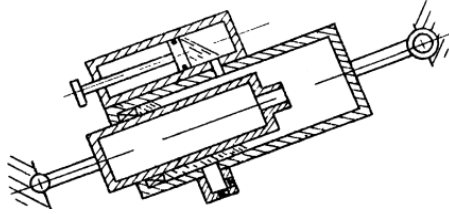


Рисунок 2.15 – Пневматичний зрівноважувальний механізм із компенсатором

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, що заливається у циліндр (СТЕОЛ, ПОЖ-70, веретенне мастило). Для наповнення колонки газом або рідиною передбачається вентиляний пристрій.

Об'єм і тиск газу при найбільшому або найменшому куті підвищення розраховують виходячи з вимоги повного зрівноважування 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, експлуатації, залежність роботи від температури навколишнього середовища (необхідність регулювання), чутливість до бойових пошкоджень, великі сили тертя в ущільненнях.

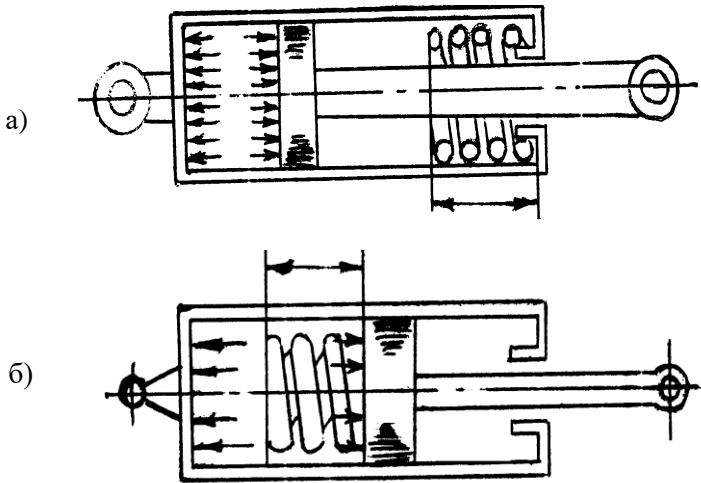


Рисунок – 2.16. Схеми пневмопружинних зрівноважувальних механізмів:

а) пружина, насаджена на шток; б) пружина під поршнем

Іноді до складу пневматичного механізму входять одна або дві пружини, що вступають у дію саме при тих кутах підвищення, при яких незрівноваженість дуже велика. Такі механізми називають пневмопружинними.

Здебільшого задовільний результат досягається за допомогою однієї контрпружини, яка стискується лише в інтервалі великих кутів підвищення. Контрпружина розміщується у циліндрі на порожнистому штоку.

Можливе й 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.

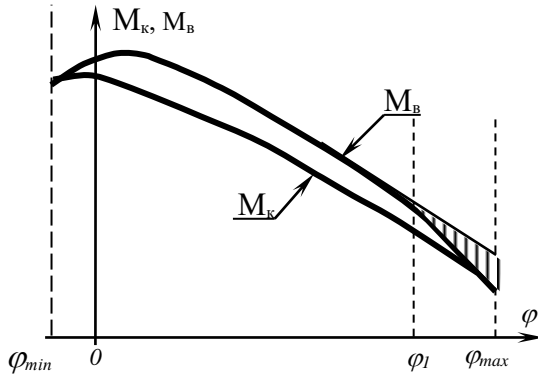


Рисунок 2.17 – Графік залежності M_K і M_B пневмопружинного зрівноважувального механізму

Аналізуючи графік (рис. 2.17), можна зробити висновок, що, починаючи з деякого кута φ_1 , вступає в дію пружина, яка створює негативний момент зрівноважування, що зменшує переваження казенної частини. Спочатку за допомогою пружини зусилля, яке створює газ, збільшується, а потім – зменшується.

Зрівноважувальні механізми штовхального 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 із поршнем, пружина вільно

піднімається і ніякого впливу на силу зрівноважувального механізму, а також на момент M_e не надає.

При досягненні певного кута підвищення φ_l пружина упирається у кришку циліндра і під дією стисненого повітря і зусиль навідника починає стискуватися.

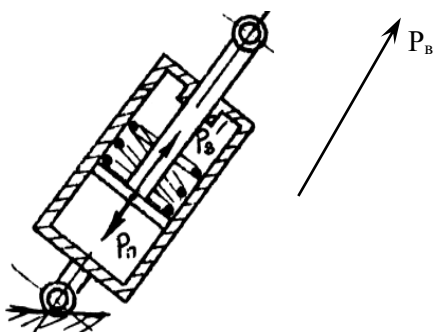


Рисунок 2.18 – Схема дії пневмопружинного зрівноважувального механізму

При цьому вектор сили (реакція пружини) P_n , прикладений до штока, а отже, й до хитної частини, спрямований у зворотному напрямку від сили газу $P_e = pS$. Таким чином, на шток діють дві сили, рівнодійна яких є сила зрівноважувального механізму:

$$P_e = P_e - P_n. \quad (2.6)$$

Чим більше φ , тим більше буде P_n . Саме тому величина ΔM буде підтримуватися в необхідних межах у всьому секторі вертикального наведення.

2.1.5.4 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: неточністю виготовлення деталей гармати, осадкою пружин у процесі експлуатації у пружинних механізмів, впливом температури навколишнього середовища на тиск повітря в пневматичних механізмах і можливістю витікання повітря.

Таким чином, під час підготовки гармати до бойового застосування необхідно впевнитися у тому, що зрівноважувальний механізм відрегульований.

Ознакою відрегульованості механізму є можливість проводити роботу підймальним механізмом у всьому секторі вертикального наведення з установленим зусиллям на маховику механізму.

Перед регулюванням зрівноважувального механізму необхідно виявити причини, що порушили нормальну роботу підймального і зрівноважувального механізмів, та усунути їх.

Засоби регулювання зрівноважувальних механізмів

Регулювання пружинних зрівноважувальних механізмів виконується шляхом зміни сили попереднього стиснення пружин за допомогою регулювальної гайки на штоці.

Регулювання пневматичних зрівноважувальних механізмів виконується шляхом зміни тиску та об'єму газу в колонці у такій послідовності: спочатку механізм

регулюється при найбільшому куті підвищення, а потім при куті підвищення, що дорівнює нулю ($\varphi = 0$).

Засоби регулювання пневматичних механізмів

Регульована опора (Д-30, Д-20).

Під час регулювання змінюються об'єм повітря та плече сили.

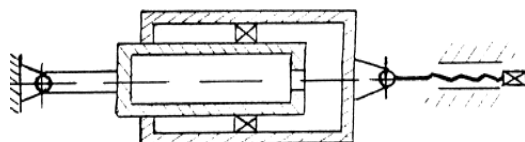


Рисунок 2.19 – Схема регулювання тиску за допомогою регульованої опори

Поршневий компенсатор (Т-12, Д-48, 2А31).

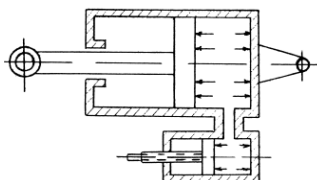


Рисунок 2.20 – Схема регулювання поршневим компенсатором

Змінюється об'єм повітря в механізмі. Компенсатор дозволяє у більш широкому діапазоні температур підтримувати необхідний тиск, але ускладнює конструкцію механізму.

Додатковий балон (М-46).

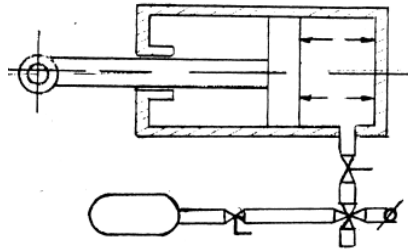


Рисунок 2.21 – Схема регулювання за допомогою додаткового балона

2.1.6 Вимоги до лафета як до засобу транспортування.

Типи ходових частин гармат

Лафет як спосіб транспортування призначений для забезпечення пересування гармати різними дорогами, бездоріжжям та на полі бою за допомогою механізмів і пристроїв, що складають ходову частину гармати.

До конструкції лафета як до засобу транспортування ставляться такі основні *вимоги*: висока прохідність дорогами всіх типів, висока рухомість і плавність ходу, міцність та достатня живучість, простота, надійність і зручність зчеплення з тягачем.

1 *Висока прохідність дорогами всіх типів*, по нерівній місцевості і убрід 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°, а

величина коефіцієнта тертя знаходиться в 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 такі:

кліренс (дорожній просвіт) – відстань між нижньою точкою лафета і ґрунтом, величина якого для сучасних гармат повинна бути не меншою 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, що дорівнює $\pm 45^\circ$;

зменшення *питомого тиску* гарматного ходу на ґрунт – характеризує можливості гармат долати в'язкі й слабкі ґрунти і досягається за рахунок використання широких 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, що 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 удвічі. Саме тому для сучасних гармат кут крену становить не більше 30°. Для підвищення стійкості гармати у поході необхідно, щоб гарматний хід був якомога ширшим, а у важких гармат – якомога нижчим.

Узгодження ширини ходів лафета і тягача оцінюється коефіцієнтом незбігу k , що дорівнює відношенню ширини колії гармати до ширини колії тягача і перебуває в межах $k = 0,95-1,05$.

2 *Висока рухомість і плавність ходу* забезпечуються використанням підвіски та безударного тягово-зчіпного пристрою, надійним кріпленням механізмів гармати попохідному, 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 урахування величини тиску хоботової опори та кількості номерів обслуги, залучених до операції зчеплення гармати з тягачем. У цьому випадку вважають, що одна людина піднімає 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 й живучості лафета гармати мають ходову частину, яка дозволяє транспортувати гармату зі швидкістю 50–70 км/год та більше.

Ходова частина – це сукупність механізмів і пристроїв, які складають транспортний пристрій, призначений для пересування гармати.

У сучасних гарматах використовують 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 рисунка 2.22.



Рисунок 2.22 – Класифікація ходових частин

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.

Бойова ходова частина відрізняється від вимикальної тим, що вона є лобовою опорою гармати на ґрунт під час пострілу. Вона найбільш широко використовується в причіпній артилерії (наприклад, у лафетах гармат Д-48, М-30, М-46, Д-1 та інших).

Вимикальна ходова частина не спирається 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 вбік (ПМ-120). Вимикальну ходову частину можуть мати й самохідні гармати.

2.1.7 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 вміщувати у конструкції такі механізми: рушій (гусеничний або колісний), підвіску (підресорювання і амортизатори), механізм вимкнення підресорювання, механізм самовстановлення нижнього станка, механізм піднімання коліс.

2.1.7.1 Рушій та підвіска

Рушій може бути колісним або гусеничним.

Колісний рушій складається із коліс з півосями 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 (втулкою), на ободі якого кріпиться гумова шина.

До коліс ставляться такі *вимоги*: висока живучість і надійність під час стрільби та на марші, здатність до часткового підресорювання, простота виготовлення й поводження з ними.

Використання коліс типу ГК забезпечує надійну амортизацію під час руху і зберігає експлуатаційні якості у випадку проколу або пострілу. Але такі колеса не дозволяють пересуватися з високою швидкістю з причини можливості samozапалювання губчастої гуми (каучуку) від дії сильно розігрітих газів, які входять до складу каучуку.

Швидкість пересування гармат із 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 півосі (Д-48, Д-30, М-46, ЗІС-2, ЗІС-3 та інші), розміщені в лобових коробках нижнього станка.

Гусеничний рушій складається з гусеничних ланок, напрямних коліс із механізмом натягування, опорних і підтримувальних катків, а самохідні лафети мають ще й ведучі колеса.

Підвіска з'єднує рушій із лафетом і передає лафету навантаження від нерівностей дороги. Під час швидкого руху по нерівній дорозі рушій сприймає сильні удари і поштовхи, які можуть призвести до пошкодження деталей гармати. Сила удару залежить від маси і будови підвіски, швидкості руху гармати, висоти та форми перешкод. Найбільш небезпечні виступи і западини, що повторюються. Вони призводять до резонансного коливання гармати. Внаслідок цього руйнуються слабкі ланки механізмів, які сприймають навантаження.

Навантаження від перешкод сприймаються колесами, що послаблюють їх і передають на підвіску ходової частини.

Залежності від виду зв'язку з лафетом підвіски поділяють на два типи: пружні та жорсткі.

Пружна підвіска використовується в сучасних гарматах і досягається завдяки підресорюванню та амортизаторам, що забезпечують гасіння ударів і коливань за допомогою пружних елементів. При цьому послаблена енергія удару плавно передається на лафет. Гармата робить коливання, які не спричиняють пошкодження механізмів. Інтенсивність і характер коливань залежать від дорожнього покриття та якості підресорювання.

Жорстка підвіска в сучасних гарматах не використовується.

Пружна підвіска дозволяє значно підвищити швидкість пересування гармати, зменшити навантаження на неї під час маршу та 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 призводить до зміни положення іншого. Такий вид підвіски використовується у гармат ранніх випусків (М-30, Д-1, МЛ-20).

При одиночній підвісці колеса (опорні котки) правого і лівого боків підвішуються на півосях 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.

2.1.7.2 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 та навпаки.

Стрільба з гармати повинна проводитися лише з вимкненим підресорюванням із 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, що блокують пружний елемент і забезпечують жорсткий зв'язок між лафетом і колесами. Такі механізми наявні в конструкціях усіх причіпних гармат із бойовою ходовою частиною (М-30, Д-1, Д-48, 2А19, МЛ-20 та інші) і відсутні у гармат із 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 із

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 та опускання гармати або станин при переведенні гармати з похідного положення у бойове і навпаки.

У сучасних гарматах використовують гвинтові та гідравлічні домкрати. Наприклад, у гарматах Д-30 гвинтовий домкрат використовується для піднімання гармати з метою піднімання та опускання коліс, а також зведення і розведення відкидних станин. Під час стрільби така гармата спирається на ґрунт хоботовими листами станин, що закріплюються сошниками. Сошники вбиваються у ґрунт. У гарматі Д-20 гідравлічний домкрат використовується для піднімання передньої частини гармати з колесами та під час стрільби, він і є її лобовою опорою. У гарматі Д-30 гідравлічний домкрат використовується для піднімання та опускання станин під час переведення гармати із похідного положення в бойове та навпаки.

Механізм самовстановлення нижнього станка гармати

Механізм двостанинного нижнього станка призначений для опори на ґрунт двома хоботовими листами і двома колесами з метою забезпечення стійкості та нерухомості гармати під час стрільби з нерівної вогневої позиції. Це може бути можливим унаслідок відповідного з'єднання лобової коробки нижнього станка з бойовим ходом гармати.

2.1.7.3 Принцип будови і дії механізмів підресорювання

Підресорювання забезпечує пружний зв'язок між рушієм і лафетом (корпусом машини) і призначене для зменшення руйнівної дії на гармату поштовхів та ударів, що виникають унаслідок руху гармати нерівною дорогою.

Підресорювання зменшує величину сили ударів, змінює характер дії цієї сили та забезпечує її плавні зростання і 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, що 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 хорошу перспективу, але не поширені внаслідок складності та ненадійності).

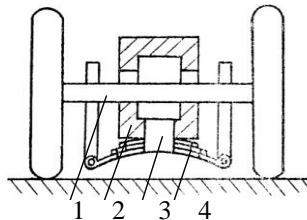


Рисунок 2.23 – Підресорювання пластинчастою ресорою:
1 – вісь; 2 – лобова коробка нижнього станка; 3 – хомут; 4 – ресора

Ресори складаються з вигнутих по дузі кола прямокутних пластин, що називаються листами. Листи щільно притиснуті 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 поздовжньому, так і в 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 компонованні при незалежній підвісці рушія, збільшення висоти лінії вогню, зменшення кліренсу.

Підресорювання гвинтовою пружиною використовують в гарматах малого калібру.

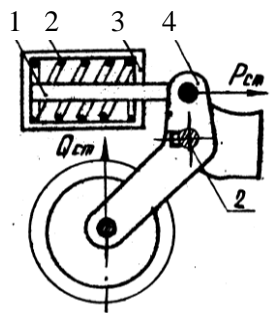


Рисунок 2.24 – Підресорювання гвинтовою пружиною:
1 – шток; 2 – вісь кривошипа; 3 – пружина; 4 – циліндр; 5 – кривошип

Підресорювання такого типу має вигляд двоплечного важеля, закріпленого на бойовій осі і з'єднаного одним кінцем із колесом, а іншим – із підпружиненою тягою. При наїзді на перешкоду колесо піднімається і повертає піввісь із важелем, який другим плечем тягне тягу і стискає пружину. Тим самим енергія удару витрачається в основному на стиснення пружини.

Енергомісткість гвинтових пружин більша, 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 щодо швидкості загасання 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 використовують у гарматах ЗІС-2, ЗІС-3, мінометах М-120.

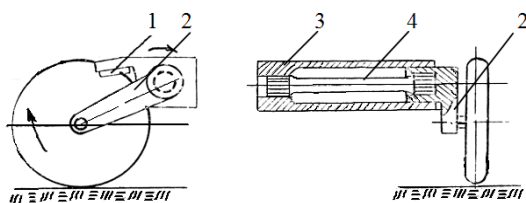


Рисунок 2.25 – Підресорювання торсіоном:
1 – буфер; 2 – кривошип; 3 – нижній станок; 4 – торсіон

Підресорювання торсіоном широко використовують у сучасних гарматах, воно має такі *переваги*: легкість

створення незалежної підвіски рушія, вдале компоновання в гарматах усіх типів, малі габарити.

Підресорювання торсіоном – це торсійний валик, 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 це витрачається основна частина енергії удару. На гармату удар передається значно послабленим. Кут повороту кривошипа обмежується спеціальними пристроями (гумовими буферами, важелями з вилками, лобовою коробкою і т. ін.), чим запобігають пошкодженню (зламу) торсіонів. Кут закручування торсіонів при статичному навантаженні становить $7-8^\circ$, а при динамічному – $15-17^\circ$. У деяких гарматах із торсійним підресорюванням використовують пристрої для попереднього закручування торсіонів, цим спрощується регулювання висоти нижнього станка відносно кінців півосей та установа кривошипа на однаковій відстані від нижнього і верхнього буферів.

У цьому разі торсіон з кривошипом з'єднують не безпосередньо, а через важіль, положення якого може змінюватися за допомогою гайки болта важеля. Цим змінюють кут закручування торсіона.

Торсіон виготовляють із високоякісної пружинної сталі, обробленої термічно. Поверхня торсіона обробляється дробоструминним апаратом для поліпшення механічних характеристик тих місць, де виникає найбільший опір при закручуванні.

Торсійне підресорювання компактно розміщується в лафеті, нескладне у виробництві і має більш високу міцність на втомленість, ніж пружні елементи інших типів підресорювання. Але воно має мале внутрішнє тертя в матеріалі пружних елементів, унаслідок чого загасання

коливань гармати відбувається значно повільніше, ніж у гарматах із пластинчастими ресорами. Саме тому торсійне підресорювання часто доповнюється гідравлічними амортизаторами.

Гідравлічний амортизатор

Гідравлічний амортизатор призначений для інтенсивного гасіння коливань ходової частини, що виникають під час руху гармати нерівними дорогами і при подоланні перешкод, чим підвищується плавність ходу гармати.

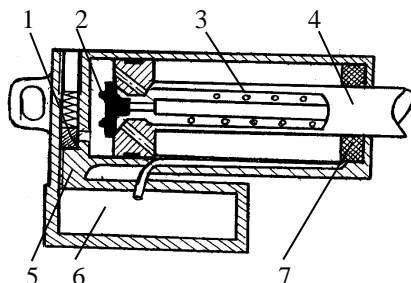


Рисунок 2.26 – Схема гідравлічного амортизатора:

1, 2 – клапан; 3 – пружина; 4 – шток із поршнем; 5 – циліндр;
6 – компенсатор; 7 – ущільнювальний пристрій

При наїзді колеса на перешкоду циліндр із компенсатором переміщуються вгору відносно нерухомого поршня, і трансформаторне мастило перетікає через отвір у поршні до запоршневого простору і компенсатора.

При різких поштовхах унаслідок значного підвищення тиску мастило перетікає у запоршневий простір і через клапан поршня, відкривши його. На зворотному ходу 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 й перетворюється на теплову енергію мастила. Теплова енергія через стінки циліндра розсіюється в атмосферу.

Гідравлічні амортизатори має підвіска гармат 2А29, 2С1, 2С3.

2.1.7.4 Принцип будови і дії механізму самоустановлення нижнього станка

Виконання вимог стійкості та нерухомості гармати на ґрунті під час пострілу істотно 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 із двостанинним нижнім станком на ґрунті нерівної ВП у бойовому положенні з опорою на два колеса лобової опори і на два хоботових листа 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.

Конструкція цього механізму використовується відповідно до загальної будови нижнього станка і способу його опори на ґрунт.

Типи механізмів самоустановлення нижнього станка: шарнірний механізм, зубчастий механізм, паралелограмний механізм.

Шарнірний механізм використовують в гарматах М-30, Д-1, МЛ-20 або в гарматах із залежною підвіскою коліс.

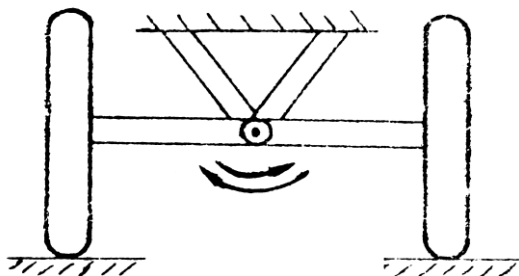


Рисунок 2.27 – Схема шарнірного механізму самоустановлення нижнього станка

При нерухомому з'єднанні бойової осі або півосі бойової ходової частини з лобовою коробкою під час переведення гармати у бойове положення найбільш імовірним буде випадок, коли одна з чотирьох опор гармати не буде прилягати до ґрунту. Щоб уникнути такого положення, в гарматах із 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.

Зубчастий механізм використовують в гарматах із незалежною підвіскою коліс, рухомих у поздовжній площині. Схема такої ходової частини подана на рисунку 10.28. Вона використовується в гарматах Т-12, Д-48.

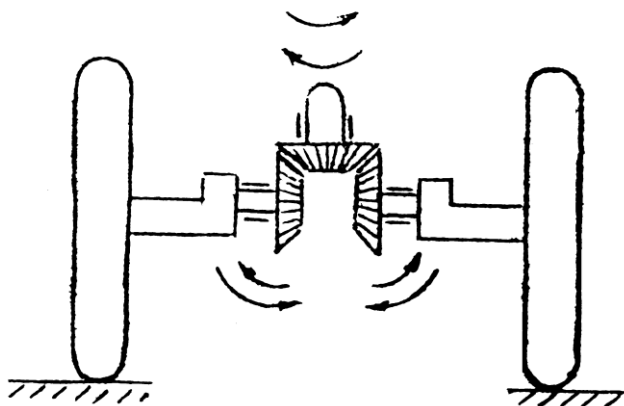


Рисунок 2.28 – Схема зубчастого механізму самоустановлення нижнього станка

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 приводить до повороту й іншої півосі, але у протилежному напрямку. Якщо перше з коліс піднімається, то друге 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.

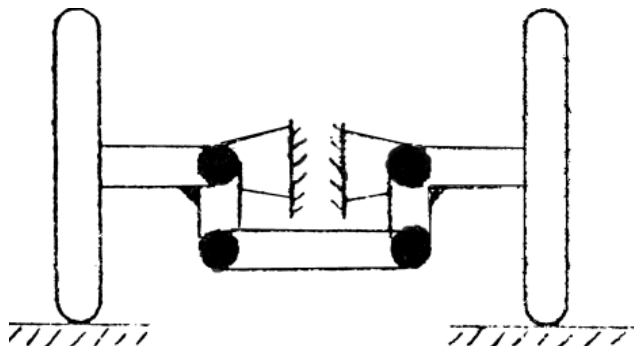


Рисунок 2.29 – Схема паралелограмного механізму самоустановлення нижнього станка

Такий механізм використовують у гарматах із незалежною підвіскою коліс, що 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 приводить до опускання іншого за рахунок дії на нього горизонтальної тяги паралелограма. Лобова коробка його установлюється паралельно площині опори хоботових листів, що також використовується для горизонтування гармати.

Установка тристанинних лафетів з опорою на всі три точки на ґрунт досягається вирівнюванням вогневої позиції.

2.1.8 Приводи наведення артилерійських гармат

2.1.8.1 Призначення приводів наведення гармат і вимоги до них

Для влучення снаряда в ціль необхідно надати осі каналу ствола певного положення у просторі за висотою і напрямком, тобто виконати наведення гармати.

Наведення гармати – надання осі каналу ствола певного положення відносно цілі або репера у відповідно до даних прицілювання. Наведення гармати забезпечується поворотом її ствола у вертикальній і горизонтальній площинах. Отже, розрізняють вертикальне та горизонтальне наведення гармати.

Вертикальне наведення здійснюється обертанням хитної частини гармати відносно осі цапф люльки (осі вертикального наведення), а горизонтальне – обертанням обертової 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 надаються кути прицілювання, встановлені на приладах прицілювання. Наведення гармати здійснюється за допомогою приводів наведення та приладів прицілювання.

Привод наведення – це пристрій лафета, призначений для обертання хитної або обертової частини гармати відносно осі наведення.

Привод 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 режим 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 вразливість від вогню противника.

Легкість наведення визначається величиною зусилля на маховику або на ведучій ланці механізму P_m , яке необхідно для виконання наведення із заданою швидкістю. У приводах наведення з ручною рухомою частиною, величини зусилля встановлюються за умов невтомності навідника при тривалій роботі та незбивності наведення внаслідок випадкових обставин.

Нормально фізично розвинена людина може виконувати 100–120 одноманітних рухів за 1 хвилину і розвивати при цьому потужність 75–150 Вт. Це означає, що зусилля на маховику наведення не повинно перевищувати $P_{mc} = 3\text{--}4$ кг при тривалій роботі та сталому русі і $P_{mr} = 7\text{--}8$ кг – при нетривалій роботі, зрушенні з місця і розгоні, упродовж якої потрібно долати не лише сили тертя і моменти незрівноваженості, а й інерцію мас, яким надається руху. Встановлено, що в період розгону зусилля на маховику у 1,5–2 рази більше, ніж при сталому русі, або $P_{mr} = (1,5\text{--}2) P_{mc}$.

Для виключення збивання наведення від дії незначних випадкових сил зусилля на маховику повинно

бути не меншим ніж 2 кг і $P_{Mmin} \geq 2$ 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 та надійно фіксувати наведення після його виконання і під час пострілу. Незбивність наведення забезпечується використанням у кінематичних схемах приводів наведення самогальмівних передач, гальмівних пристроїв та елементів достатньої жорсткості, що передають зусилля під час пострілу. У приводах із ручною рухомою частиною найбільшого поширення набули гвинтові та черв'ячні передачі, а з машинною частиною – фрикційні гальмівні пристрої.

Якщо виготовити черв'як або гвинт із кутом підйому гвинтової лінії в межах 3–5°, то така передача буде працювати лише при обертанні гвинта або черв'яка і передавати обертання лише 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 прагне 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 наведення. З метою забезпечення легкості наведення один з елементів виготовляють із бронзи, яка має антифрикційні властивості при роботі 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 із постійним передаточним числом (зубчастих, черв'ячних) або передач із 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 ствола кутів схилення 3–8°. Кут підвищення ствола встановлюють залежно від типу і призначення гармати.

Для ПТГ і ТГ, які ведуть стрільбу прямою наводкою на малу дальність, кут підвищення $\varphi = 20\text{--}25^\circ$, а для решти гармат – $\varphi_{max} = 43\text{--}56^\circ$, що дозволяє отримати максимальну дальність стрільби. Для гаубиць $\varphi = 60\text{--}70^\circ$, а для мінометів – $\varphi_{max} = 85^\circ$, що забезпечує отримання крутих траєкторій польоту снарядів (мін) при порівняно невеликих дальностях стрільби. Виходячи з ефективності бойового застосування гармат, бажано мати коловий сектор обстрілу у горизонтальній площині – $\psi_{max} = 360^\circ$, але при цьому ускладнюється конструкція лафета, збільшується його маса, оскільки він повинен бути три- або чотиристанинним. 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 упродовж 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 підвищений знос деталей та утруднення роботи навідника або порушення нормальної роботи привода.

Зручність експлуатації забезпечується, якщо навідник при роботі на приводах і приладах наведення займає зручне й 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 потрібно розміщувати компактно та захищати їх від пошкоджень.

Крім того, до приводів наведення ставлять виробничо-економічні вимоги з метою забезпечення масового виробництва.

Приводи наведення за найбільш важливими ознаками поділяються на такі типи: за призначенням, за виглядом рухомої частини привода.



Рисунок 2.30 – Класифікації приводів наведення

Привод вертикального наведення – частина лафета, призначена для повертання хитної частини гармати відносно осі вертикального наведення.

Привод горизонтального наведення – частина лафета, призначена для повертання 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 та 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, зазвичай, входить і планетарна передача. Це зумовлено великим передаточним числом механізму при використанні електродвигуна (приводи поворотних механізмів 2С1, 2С3, БМ-21).

Часто між приводним електродвигуном і механізмом наведення встановлюються дві електромашини: ЕМП (генератор) і виконавчий ЕД із багатоступеневим редуктором (наприклад, привод наведення БМ-21).

Недоліками електромашинного привода є істотне збільшення габаритів та маси зі зростанням потужності й погіршенням регульованості, а також труднощі обмеження потужності.

Електрогідравлічний привод (гідропривод) – це привод наведення гармати з електродвигуном і гідронасосом, який приводить у дію гідромотор. Гідромотор – це гідроциліндр, в якому розміщений шток із поршнем, кінематично зв'язаний із хитною або обертовою

частиною гармати (наприклад, підіймально-зрівноважувальний механізм 2С4).

У таких механізмах ведуча ланка поступально рухається від гідромотора під тиском рідини.

Електрогідрравлічний привод наведення має такі *переваги*: жорсткість механічних характеристик, незначне збільшення габаритів, а також маси зі зростанням потужності, простота захисту від перевантажень, мала стала часу, а отже, мала інерційність.

Недоліки: нестабільність роботи при зміні температури навколишнього середовища, складність і порівняно велика вартість виготовлення.

Електрогідрравлічні приводи поширені в середніх і великокаліберних САУ та 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 та збільшення його маси.

Ручний привод наведення гармати – це механізм наведення, ведуча ланка якого має маховик із 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 зупинення під час пострілу, а отже, й можливість використання ручних приводів наведення.

Отже, ручні приводи наведення гармати відрізняються відсутністю машинної рухомої частини з пристроєм керування. 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 приводи наведення. Ручний привод у цьому випадку використовується як резервний або для точного наведення. Такі механізми мають два кінетичних ланцюги, що передають рух на спільну, як правило, черв'ячну самогальмівну передачу. В таких механізмах є вимикальний пристрій, який відключає один ланцюг від іншого.

2.1.8.2 Склад механізмів наведення, їх типи

Механізми наведення гармати здійснюють силову передачу руху від рухомої частини привода до хитної або обертової частини гармати. Вони поділяються 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 є рідина (наприклад, мастило АМГ у гідроциліндрах підйимально-зрівноважувального механізму 2С4).

Найбільш поширена механічна силова передача, яка складається з ведучих, передавальних і виконавчих ланок. За допомогою таких передач важким частинам гармати надається обертальний рух із заданою швидкістю при невеликому зусиллі з боку навідника. Цей вигравш у силі досягається за рахунок програшу у шляху (у швидкості) і характеризується передатним відношенням усього 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 використовуються 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 виконуються з прямокутною або трапецієподібною різью. Використання прямокутної різі дозволяє отримати більшу силу, а отже – більш високий ККД порівняно з різью трапецієподібної форми. При цьому трапецієподібна різь має перевагу над прямокутною, тому що вона дозволяє виконувати регулювання мертвого ходу при зносі різі і є більш міцною.

Переваги гвинтової передачі: простота конструкції, виготовлення та експлуатації, виграш у силі, можливість забезпечення високої точності переміщення, самогальмування.

Недолік гвинтової передачі – малий ККД через великі втрати на тертя. Для усунення цього недоліку замість тертя ковзання використовується тертя кочення (наприклад, домкрат Д-30).

Зубчасті передачі, як правило, служать для передачі обертального руху, але є механізми, в яких ці передачі використовуються для перетворення обертального руху в поступальний (наприклад, зубчаста передача – «шестерня-рейка»).

Зубчасті передачі бувають: циліндричні, конічні, рейкові.

Циліндричні зубчасті передачі використовуються для передачі обертального руху між двома паралельними валами, а *конічні* – між двома взаємно перпендикулярними

валами для 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 двосторонніми, 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 передатних 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 різь, а черв'ячне колесо – косі зубці спеціальної форми для збільшення площі контакту з різьми 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 з бронзи.

Ланцюгові передачі забезпечують передачу руху при значній міжосьовій відстані (до 8 м), мають малі габарити, постійне передатне число і високий ККД.

Недоліки ланцюгових передач: витягування ланцюга внаслідок зносу 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 зупинення.

Ланцюгова передача використовується 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 в осьовому або поперечному напрямках при зміні кута між валами.

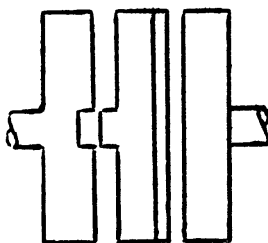


Рисунок 2.31 – Схема рухомої муфти

У механізмах наведення гармат часто використовуються рухомі муфти у вигляді хрестовин (наприклад, поворотний механізм Д-30, 2С1). Хрестовина забезпечує неспівосне з'єднання довгих тонких багатоопорних валиків, чим спрощується технологія виготовлення механізмів, збільшується жорсткість валів і забезпечується взаємозамінність деталей під час ремонту механізмів.

Муфти-шарніри в основному використовуються у вигляді карданних передач у тих випадках, коли ділянка валів розміщується під деяким кутом один до одного, а кут може змінюватися або залишатися постійним. Шарнірні передачі використовуються для забезпечення зручності розміщення маховиків механізмів наведення.

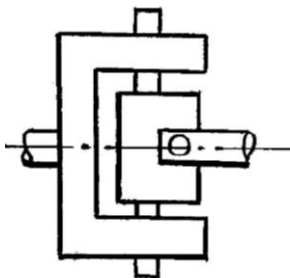


Рисунок 2.32 – Схема шарнірної муфти

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), вимикати машинну рухому частину і вмикати ручну частину привода наведення (наприклад, поворотний механізм 2С1) або змінювати швидкість наведення (наприклад, підймальний механізм М-46 та інші).

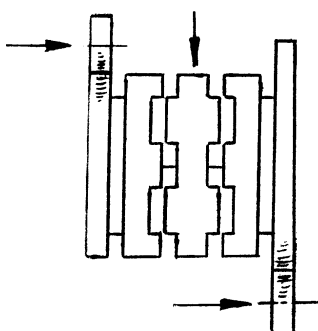


Рисунок 2.33 – Схема зчіпної муфти

Фрикційні муфти використовуються 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 частини гармати, яка повертається, можуть відчувати значні інерційні перевантаження, особливо за умови великої маси хитної та 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 із 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 лише тих сил, які виникають під час наведення гармати. Саме тому 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.

Дисковий фрикційний здавальний пристрій має вигляд фрикційних дисків, частина з яких шліцами зв'язана з валом, а частина – з черв'ячним колесом. Підтискуються диски один до одного тарілчастими пружинами. Ступінь підтиснення регулюється регулювальною гайкою.

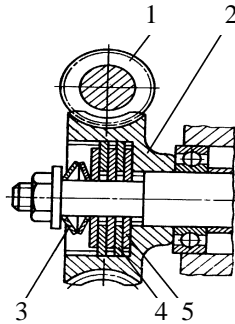


Рисунок 2.34 – Схема дискової фрикційної муфти:

1 – черв'як; 2 – черв'ячне колесо; 3 – тарілчаста пружина;
4 – ведений фрикційний диск; 5 – ведучий фрикційний диск

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.

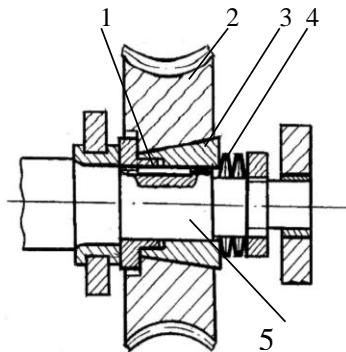


Рисунок 2.35 – Схема конусної фрикційної муфти:

1 – шпонка; 2 – колесо; 3 – конус; 4 – пружина; 5 – вал

При перевантаженнях відбувається взаємне буксування конуса вала і черв'ячного колеса.

Підпружинений черв'як також є здавальною ланкою.

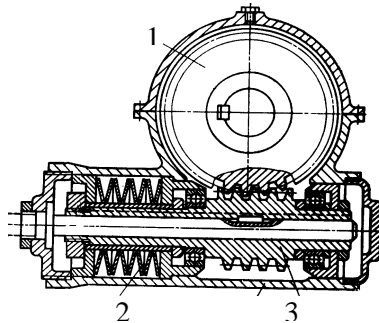


Рисунок 2.36 – Схема здавального пристрою за допомогою підпружиненого черв'яка:

1 – черв'ячне колесо; 2 – пружина; 3 – корпус; 4 – черв'як

Він встановлюється в корпусі механізму так, щоб мати можливість переміщуватися вздовж осі в обидві боки і стискувати тарілчасті пружини при обертанні і при різкому припиненні наведення.

Корінна пара (передача) механізму наведення – це кінематична пара, завдяки якій взаємодіють нерухома при наведенні частина гармати і частина, яка обертається. 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 поділяються 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. Використовується 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 зубчатої шестерні із зовнішнім або внутрішнім зачепленням. Він використовується 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. Він використовується для горизонтального наведення гармати Д-30.

Рейковий механізм наведення гармати – механізм наведення, до складу якого входить корінна пара із зубчатої рейки і циліндричної зубчатої шестерні. Він використовується для горизонтального наведення ПУ комплексів ПТКРС. У гарматах ствольної артилерії не використовується.

Гідролічний механізм наведення гармати – механізм наведення, до складу якого входить гідродвигун поступальної або обертової дії. Він використовується в підйнятно-зрівноважувальних 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 лише в межах 50–60°.

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 механізмах збільшення швидкості наведення може привести до втрати самогальмування.

Черв'ячні і гвинтові механізми наведення мають здатність до самогальмування, а секторні – ні, отже, вони вимагають введення самогальмівних пар або установалення спеціальних гальмівних пристроїв для забезпечення незбивності наведення гармати.

Гвинтові механізми наведення – більш компактні і прості за конструкцією, мають менші габарити і вагу, невибагливі в експлуатації.

2.1.8.3 Принцип будови і дії основних типів механізмів наведення

2.1.8.3.1 Підіймальний механізм

У сучасній артилерії найбільшого поширення набули 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.

Сектор в основному встановлюється у площині стрільби, чим досягається рівномірне навантаження цапф. Іноді, виконуючи вимоги зручності розміщення або скорочення висоти лінії вогню, сектор кріпиться збоку люльки.

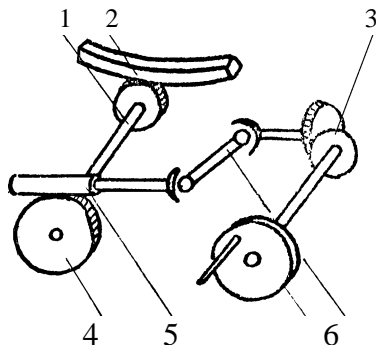


Рисунок 2.37 – Схема секторного механізму із зовнішнім зчепленням корінної шестерні:

1 – циліндрична шестерня; 2 – сектор; 3 – конічна пара;
4 – черв'ячне колесо; 5 – черв'як; 6 – маховик; 7 – шарнірний валик

До складу такого механізму входять: конічна пара, циліндрична пара, черв'ячна пара, циліндрична пара (корінна шестерня і зубчастий сектор).

Механізми такого типу використовується в гарматах Д-30, М-46, Д-20.

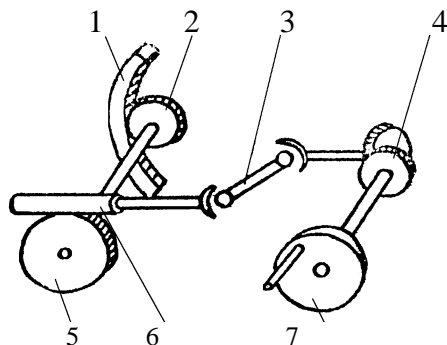


Рисунок 2.38 – Схема секторного механізму із внутрішнім зчепленням корінної шестерні:

1 – сектор; 2 – циліндрична шестерня; 3 – шарнірний валик;
4 – конічна пара; 5, 6 – черв'ячна пара; 7 – маховик

Для уникнення великих навантажень на зубці корінного зчеплення використовується двосекторний механізм.

Механізм такого типу використовується 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 із тим зменшуються зусилля, які сприймають у процесі наведення сектор і корінна шестерня. Сектор меншого радіуса легше розмістити на гарматі. При використанні сектора такого типу створюються сприятливі умови для зниження висоти лінії вогню. Число зубців на секторі вибирається залежно від його радіуса, модуля зачеплення і діапазону кутів вертикального наведення.

У ролі самогальмівної пари, як правило, використовується черв'ячна пара, яка розміщується по можливості ближче до корінної. Це робиться для виключення дії навантажень від пострілу та інерційних моментів із 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.

Використовується гвинтовий механізм у мінометах (82-мм, 120-мм). Кут підйому гвинтової лінії для забезпечення самогальмування знаходиться в межах 4–6°.

Гвинтові механізми: мають просту конструкцію, не забезпечують високих швидкостей наведення, не забезпечують великих кутів наведення, невибагливість в експлуатації.

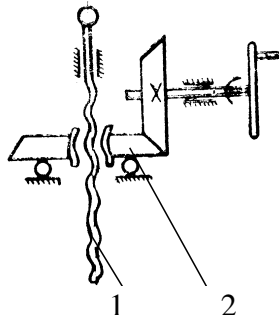


Рисунок 2.39 – Схема гвинтового механізму:

1 – гвинтова пара; 2 – конічна пара

Гідравлічні підймальні механізми використовуються в ПУ ПТКР.

Недоліком механізмів є складність конструкції і 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.

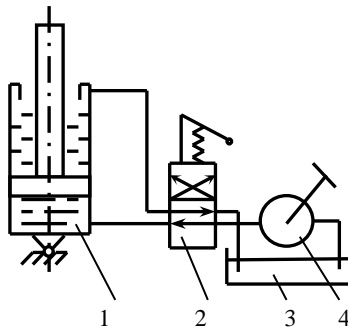


Рисунок 2.40 – Схема гідравлічного механізму:

1 – гідроциліндр; 2 – розподільний клапан; 3 – бак; 4 – гідронасос

2.1.8.3.2 Поворотний механізм

Секторний механізм із внутрішнім зчепленням складається з: конічної пари, черв'ячної пари, циліндричної пари (корінна шестерня і зубчастий сектор). Він використовується в гарматі МЛ-20.

В основному у секторних механізмів зубчастий сектор зв'язаний з нижнім станком, а отже – нерухомий. А корінна шестерня під час роботи механізму обкочується по сектору. У такому механізмі передатне число вище, ніж у механізмі, сектор якого зв'язаний з верхнім станком (обертовою частиною).

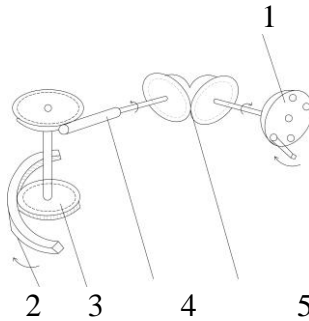


Рисунок 2.41 – Схема секторного механізму з внутрішнім зчепленням корінної шестерні:

1 – маховик; 2 – зубчастий сектор; 3 – корінна шестерня; 4 – черв'ячна пара; 5 – конічна пара

Секторний механізм із зовнішнім зчепленням: порівняно зі схемою з внутрішнім зчепленням механізм має великі габарити. Він використовується в гарматах М-46.

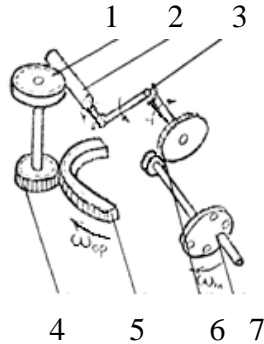


Рисунок 2.42 – Схема секторного механізму із зовнішнім зчепленням:

- 1, 2 – черв'ячна пара; 3 – шарнірний валик; 4 – корінна шестерня;
5 – зубчастий сектор; 6 – циліндрична пара; 7 – маховик

Секторний механізм із 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 для незбивності наведення. Ця черв'ячна пара може бути як проміжною ланкою, так і кінцевою.

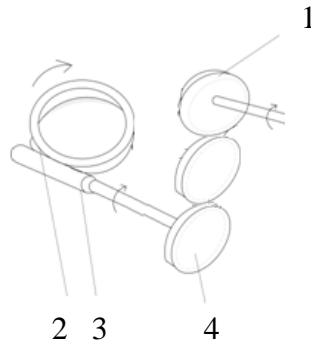


Рисунок 2.43– Схема секторного механізму з корінною черв'ячною парою:

- 1, 4 – циліндричний редуктор; 2 – черв'ячне колесо; 3 – черв'як;
5 – маховик

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 залежить від кута наведення.

Механізм такого типу використовується в 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 використовується в гарматах Т-12, Д-48, Д-1.

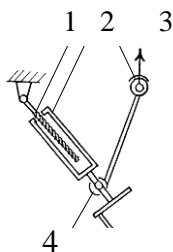


Рисунок 2.44 – Схема гвинтового механізму:

1 – гвинт; 2 – маточина; 3 – упор верхнього станка; 4 – шарнірна опора

Гвинтовий механізм має просту конструкцію, має велике передатне число при малому числі кінематичних пар, швидкість наведення і зусилля на маховику, що залежать від кута наведення, а також має обмежені кути наведення.

Рейковий поворотний механізм. Він використовується в механізмах повороту напрямних пускових установок ПТКР і у вертлюгах деяких мінометів.

У таких механізмах замість гвинтової пари використовується зубчаста рейка і зчеплена з нею циліндрична шестерня, 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.

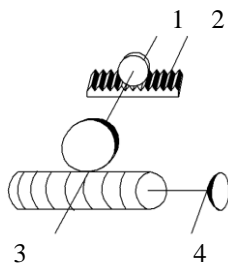


Рисунок 2.45 – Схема рейкового поворотного механізму:
1 – циліндрична шестерня; 2 – рейка; 3 – черв'ячна пара; 4 – маховик

У лафетах ствольної артилерії рейкові поворотні механізми не використовуються.

2.1.8.4 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 поворотному 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 затруднює 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 у 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 у сталому режимі не повинно перевищувати $P_{ст} = 3\text{--}4$ кг, а при зрушенні (в режимі розгону) – $P_{роз} = 7\text{--}8$ 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 бульб поздовжнього рівня на середину. Повільно повертати маховик у зворотному напрямку до того моменту, поки бульб 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.

РОЗДІЛ 3

ДІЯ ПОСТРІЛУ НА ЛАФЕТ ГАРМАТИ

3.1 Дія пострілу на лафет гармати: відкіт

3.1.1 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 відносно лафета не переміщується. Такі артилерійські гармати застосовувалися приблизно до середини XIX століття, поки їх не витиснули створені в ті самі часи гармати з пружним лафетом внаслідок їх безперечних переваг. Проте необхідно відмітити, що системи з жорстким лафетом застосовуються і сьогодні. До них належать, зокрема, міномети.

У гармат із пружним лафетом ствол з'єднується з лафетом через противідкотні пристрої (ПВП), які дають можливість стволу переміщуватися під час пострілу. Переважна більшість сучасних гармат є гарматами з пружним лафетом.

Ствол під час пострілу переміщується під дією сили відбою $P_{кн}$ (рис. 3.1) за напрямними люльки. Величина і швидкість переміщення обмежуються гальмом відкотних частин. Це переміщення називається *відкотом*. Після відкоту ствол повертається у початкове положення за допомогою накатника.

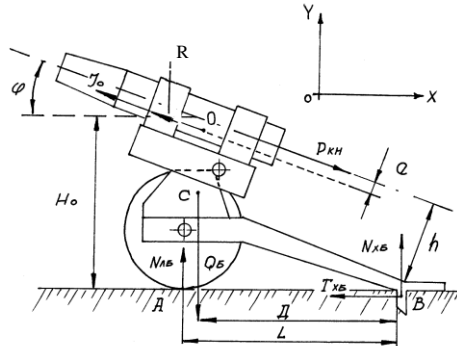


Рисунок 3.1 – Схема сил, що діють на гармату з пружним лафетом під час пострілу

При розгляді сил, що діють на гармату з пружним лафетом під час пострілу, припускають, що:

- ґрунт абсолютно жорсткий;
- усі сили діють у площині осі каналу ствола;
- лінія дії сили відбою збігається з геометричною віссю каналу ствола;
- центр мас O відкотних частин в загальному випадку не лежить на осі каналу ствола (наявний ексцентриситет мас e);
- стволу надається деякий кут підвищення φ , при цьому лінія дії сили відбою проходить на деякій відстані h від опорної точки B сошника.

На рисунку 3.1 величина H_o – висота лінії вогню.

На гармату з пружним лафетом діють такі сили (рис. 3.1):

- сила відбою $P_{кн}$, 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:

$$M_o \frac{dV}{dt} = P_{\dot{\varphi}} - R, \quad (3.1)$$

де $I_o = M_o \frac{dV}{dt}$ – сила інерції;

M_o – маса відкотних частин;

V – швидкість загальмованого відкоту.

Таким чином,

$$I_o = P_{\kappa n} - R. \quad (3.2)$$

Стійкість і нерухомість гармати є складовими стану її спокою під час пострілу. Гармата з пружним лафетом перебуває у стані спокою, якщо система сил і моментів, що діють на гармату під час пострілу, перебуває у рівновазі. Позначивши суму проєкцій сил на горизонтальну вісь ΣF_x , на вертикальну вісь – ΣF_y , а суму моментів обертання щодо точки B сошника – ΣM_B , отримаємо загальну умову рівноваги:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_x &= 0, \\ \sum F_y &= 0, \\ \sum M_B &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

Умова нерухомості гармати

Під нерухомістю гармати розуміють відсутність її переміщення в горизонтальній площині:

$$\Sigma F_x = 0. \quad (3.4)$$

Із (3.4) знаходимо алгебраїчну суму проєкцій сил на вісь X і записуємо умову (3.4) у розгорнутому вигляді:

$$P_{кн} \cos \varphi - I_o \cos \varphi - T_{XB} = 0.$$

З урахуванням (3.2) отримуємо:

$$P_{кн} \cos \varphi - (P_{кн} - R) \cos \varphi - T_{XB} = 0,$$

$$R \cos \varphi - T_{XB} = 0.$$

Остаточно отримуємо:

$$T_{XB} = R \cos \varphi. \quad (3.5)$$

Із (3.5) 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 (3.5) може бути записана як

$$T_{XB} = R. \quad (3.6)$$

Отже, для забезпечення нерухомості гармати при всіх φ (у тому числі і при найбільш несприятливому для нерухомості $\varphi = 0$) необхідно, щоб на сошники діяла горизонтальна реакція, що дорівнює силі опору відкоту.

Із формули (3.6) випливає, що у будь-якому разі вигідно і доцільно для забезпечення нерухомості збільшувати величину T_{XB} . Очевидно, 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 задовільнення умов (3.5) і (3.6) доцільно штучно збільшити опорну поверхню сошника для 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

$$\Sigma M_B = 0. \quad (3.7)$$

2 Передня опора гармати не втрачає зв'язку з ґрунтом за умови

$$\Sigma F_y = 0. \quad (3.7a)$$

З рисунка випливає, що умова рівноваги моментів (3.7) набирає вигляду

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KH} h + I_o (h - e) = 0.$$

З урахуванням формули отримуємо:

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KH} h + (P_{KH} - R)(h - e) = 0,$$

або

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KH} h + P_{KH} h - Rh - P_{KHe} + Re = 0.$$

Нехтуючи величиною Re внаслідок її малості ($Re \rightarrow 0$), після спрощень отримуємо:

$$Q_B D - N_{LB} L - P_{KHe} - Rh = 0. \quad (3.8)$$

Із другої умови стійкості випливає, що під час відкоту повинна постійно існувати нормальна реакція N_{LB} , тобто

$$N_{LB} \geq 0. \quad (3.9)$$

Знайдемо N_{LB} з рівняння (3.8):

$$N_{LB} = \frac{Q_B D - P_{KH} e - Rh}{L}. \quad (3.10)$$

Із порівняння (3.9) і (3.10) випливає:

$$Q_B D - P_{KHe} - Rh \geq 0$$

і остаточно

$$Q_B D \geq P_{KHe} + Rh. \quad (3.11)$$

Нерівність (3.11) – це комплексна умова стійкості гармати з пружним лафетом під час пострілу і під час відкоту.

Ліва частина (3.11): $Q_B D = M_{CT}$ – це стабілізуючий момент, який спрямований на зберігання стану спокою гармати і запобігання від її перекидання.

Права частина (3.11): $P_{KHe} + Rh = M_{пер}$ – це перекидний момент, який спрямований 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:

$$M_{CT} \geq M_{пер} . \quad (3.12)$$

Аналіз умов стійкості і нерухомості гармати з пружним лафетом:

Умови нерухомості та стійкості під час пострілу гармати з *жорстким лафетом* мають такий вигляд:

$$T_{ХБ} = P_{КН} , \quad (3.13)$$

$$Q_{БD} \geq P_{КН}h , \quad (3.14)$$

де величини, які входять до цих формул, мають такий самий зміст, як і для гармати з пружним лафетом.

Для гармати з *пружним лафетом* ці умови задаються формулами (3.6) і (3.11).

Порівнюючи між собою умови нерухомості і стійкості цих видів гармат, зробимо висновки.

По-перше, на стійкість гармати з пружним лафетом впливає момент динамічної пари $P_{Кне}$, 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 відбою) знаходиться центр мас O відкотних частин, гармата може бути відповідно менш, або більш стійкою під час пострілу. Проте величина моменту $P_{Кне}$ 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:

$$Q_{BD} \geq Rh. \quad (3.15)$$

По-друге, на нерухомість і стійкість гармати з пружним лафетом впливає не сила відбою P_{KH} , а сила опору відкоту R . Порівняємо ці сили.

Із рівняння руху відкотних частин (3.2) випливає:

$$M_o dV = P_{KH} dt - R dt.$$

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:

$$M_o \int_{V_o}^{V_T} dV = \int_{t_o}^{t_T} P_{KH} dt, \quad (3.16)$$

де V_o – початкова швидкість відкоту;
 V_T – кінцева швидкість відкоту;
 t_o – час початку відкоту;
 t_T – час кінця дії сили відбою;
 T – час кінця відкоту.

Оскільки $V_o = V_T = 0$, то лівий інтеграл (3.16) 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:

$$\int_{t_o}^{t_T} P_{KH} dt - \int_{t_o}^T R dt = 0.$$

З останнього виразу одержуємо:

$$\int_{t_0}^{t_\tau} P_{KH} dt = \int_{t_0}^T R dt. \quad (3.17)$$

Ліва частина рівності (3.17) – це імпульс сили відбою, права частина – імпульс сили опору відкоту. Таким чином, у гармат із пружним лафетом імпульс сили відбою дорівнює імпульсу сили опору відкоту. Але оскільки час дії сили відбою значно менший від часу дії сили опору відкоту:

$$t_\tau - t_0 \ll T - t_0, \quad (3.18)$$

то для виконання рівності (3.17) необхідно, щоб величина сили опору відкоту була б значно меншою, ніж сила відбою:

$$R \ll P_{KH}. \quad (3.18)$$

Таким чином, введення до конструкції гармати ПВП і надання можливості стволу здійснювати відкіт під час пострілу дозволило замінити руйнівну дію на лафет сили відбою 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 більше виявляється цей ефект. Але при цьому зменшення R викликає необхідність збільшення часу і довжини відкоту, як того вимагає формула (3.17).

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, металоємності 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_0 . У сучасних гарматах середнього калібру $H_0 = 0,8–1,2$ м. Надмірне зниження висоти лінії вогню погіршує експлуатаційні і бойові характеристики гармати, знижує прохідність і сектор обстрілу за кутом підвищення.

Таким чином, зазначеними способами істотно 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 (3.15):

$$R \leq \frac{Q_b D}{h}. \quad (3.20)$$

Із цієї нерівності бачимо, що для збільшення стійкості гармати необхідно зменшувати силу опору відкоту R . Але таке зменшення за (3.17) призводить до збільшення довжини відкоту. З другого боку, мінімальна довжина відкоту, при якій гармата ще зберігає стійкість під час пострілу, забезпечується максимально можливою силою опору відкоту, яку знаходять з умови досягнення гарматою межі стійкості:

$$R = \frac{Q_b D}{h}. \quad (3.21)$$

При зміні кута підвищення φ величина плеча сили відбою 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

$$h = H_o \cos \varphi - D_o \sin \varphi, \quad (3.22)$$

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.

Із формули (3.22) можна зробити висновок, що плече h зменшується при збільшенні кута підвищення практично лінійно:

$$\text{при } \varphi = 0 \quad h = h_{\max} = H_o.$$

Стабілізувальний момент гармати у процесі відкоту також змінюється, а саме зменшується при зростанні X :

$$Q_B D = Q_B D_o - Q_o X \cos \varphi, \quad (3.23)$$

де Q_o – сила ваги відкотних частин;

X – поточний шлях відкоту.

Ця тенденція виявляється тим сильнішою, чим менший кут підвищення φ .

Підставивши формулу (3.23) у рівність (3.21), остаточно отримаємо залежність сили опору відкоту від шляху відкоту і кута підвищення:

$$R = \frac{Q_B D_0 - Q_0 X \cos \varphi}{h}, \quad (3.24)$$

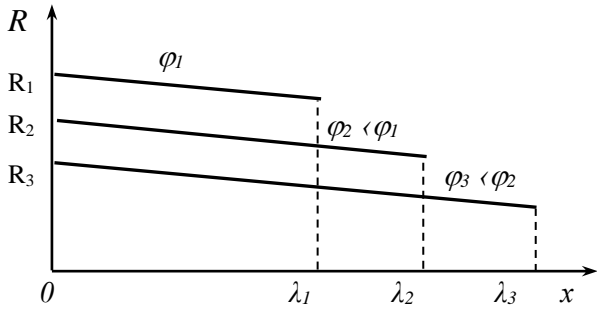


Рисунок 3.2 – Залежність $R = f(X)$ для різних кутів підвищення φ

Згідно з (3.24) сила опору відкоту, яка забезпечує мінімальну довжину відкоту при збереженні стійкості гармати, повинна змінюватися так, як показано на рис. 3.2.

Із графіків випливає, що при зменшенні кута підвищення φ повинна зменшуватися сила опору відкоту R і зростати 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 сектора вертикальних кутів наводки. Тому ця обставина змушує обмежувати значення мінімального кута підвищення, при якому можлива стрільба без втрати гарматою стійкості.

Мінімальний кут підвищення, при якому зберігається стійкість гармати під час пострілу, коли довжина відкоту є раціонально допустимою, називається *межовим кутом відкоту* $\varphi_{\text{гр}}$. Величина сили опору відкоту, що відповідає

цьому куту підвищення, називається *межовим опором відкоту*.

Величина межового опору відкоту може бути визначена за формулою (3.24), при $\varphi = \varphi_{ep}$ і $h = h_{ep}$ дорівнює:

$$R_{ep} = \frac{Q_B D_o - Q_o X \cos \varphi_{ep}}{h_{ep}}. \quad (3.25)$$

Виконати гальмо відкотних частин таким, щоб його гідравлічний опір змінювався залежно 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 установлюється 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 повинен бути близьким до нуля, щоб забезпечити стрільбу без втрати стійкості при малих кутах підвищення. При цьому малі значення φ_{ep} у гармат 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 допускаючи удару казенника об ґрунт при відкоті ствола.

У гаубиць стрільба ведеться здебільшого на великих кутах підвищення. Тому для уникнення удару казенника об ґрунт необхідно скорочувати довжину відкоту, що приводить до необхідності збільшувати силу опору відкоту, а це, в свою чергу, змушує збільшити межовий кут відкоту.

3.1.2 Особливості стійкості та нерухомості САУ

Особливостями самохідної артилерійської гармати, на відміну від причіпних гармат, є таке:

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 русії призводить до помітного переміщення гармати під час пострілу, що вимагає коригування наводки після пострілу.

Тому при установленні САУ у бойове положення доцільно виключати пружну підвіску і споряджати гармату відкидним сошником.

Перелічені обставини значно ускладнюють розв'язання задачі 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 русії 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 відбою $P_{кн}$, 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.

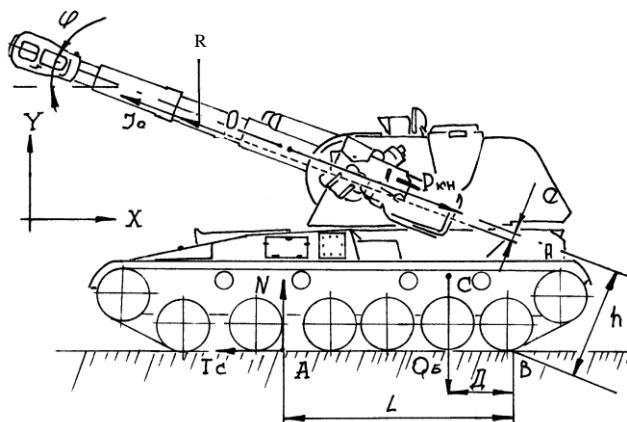


Рисунок 3.3 – Схема сил, що діють на самохідну гармату під час пострілу

Стволу гармати задають 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:

$$T_c = \mu Q_B, \quad (3.26)$$

де $\mu = 0,7-0,8$ – коефіцієнт зчеплення гусениць з ґрунтом.

Визначення умов нерухомості і стійкості САУ під час пострілу аналогічний до виведення цих умов для причіпної гармати.

Умова нерухомості САУ під час пострілу:

$$T_c = R \cos \varphi, \quad (3.27)$$

або

$$T_c = R \quad (\text{при } \varphi = 0). \quad (3.27a)$$

Умова стійкості САУ під час пострілу:

$$Q_B D \geq R h + P_{кн} e. \quad (3.28)$$

Порівнюючи умови нерухомості і стійкості для САУ (3.27 і 3.28) і відповідні умови для причіпної гармати з пружним лафетом (3.5 і 3.1), можна зробити висновок, що між ними формальних відмінностей немає. Але є істотна кількісна різниця. Сила зчеплення гусениць із ґрунтом 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 (3.17) це дозволяє зменшити довжину відкоту. Зменшення довжини відкоту для САУ дозволяє зменшити габарити і масу башти, у якій установлюється гармата.

3.2 Вільний відкіт

3.2.1 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 відбою $P_{кн}$ буде великою ($P_{кн} \gg R$) внаслідок великої сили тиску порохових газів $P_{дн}$, і рух відкотних частин, за рівнянням (3.2), буде *прискореним*. При зменшенні сили $P_{дн}$ величина $P_{кн}$ також зменшується. При $P_{кн} = R$ швидкість відкотних

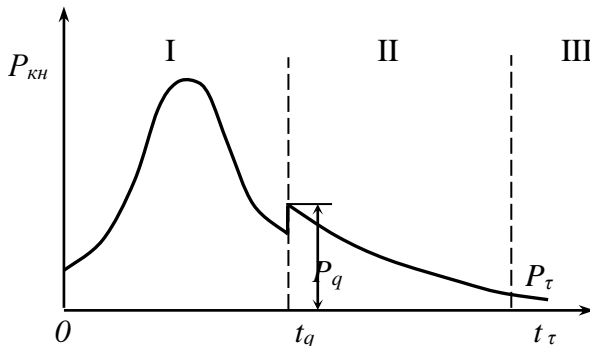
частин – *максимальна*. При $P_{кн} < R$ рух відкотних частин буде *сповільненим* – до повного зупинення.

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 відбою гармати від часу $P_{кн} = f(t)$ показана на рис. 3.4.

Із 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 відкіт* (ВВ), коли на відкотні частини діє лише сила $P_{кн}$. Потім аналізується *загальмований відкіт* (ЗВ), при якому враховується вплив сили R на параметри вільного відкоту.



Рисуюнок 3.4 – Графік залежності сили відбою від часу з періодами відкоту

Таким чином, вільний відкіт (ВВ) – це переміщення ствола під дією лише сили відбою $P_{кн}$ за ідеально гладкою напрямною 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 (3.2) при $R = 0$:

$$M_o \frac{dW}{dt} = P_{кн}, \quad (3.29)$$

де $W = \frac{dL}{dt}$ – швидкість ВВ;

L – шлях ВВ.

3.2.2 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. 3.5).

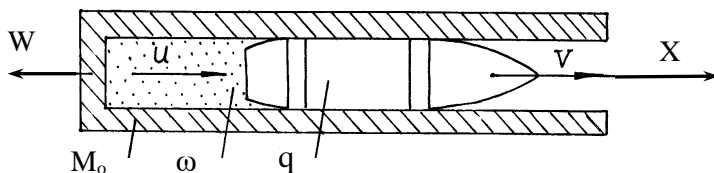


Рисунок 3.5 – До виведення формул швидкості і шляху ВВ у I періоді

Ця система підлягає закону збереження імпульсу (кількості руху): якщо система тіл перебуває під дією лише внутрішніх сил, то зміна імпульсу системи:

$$\sum_i \Delta K_i = 0, \quad (3.30)$$

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

$$\Delta R v_j = V_j(-W - W_o) = -V_j W, \quad (3.31)$$

де M_o – маса відкотних частин;
 W – швидкість відкоту;
 $W_o = 0$ – початкова швидкість відкоту;

- для снаряда

$$\Delta K q = q(v - v'_o) = qv, \quad (3.32)$$

де q – маса снаряда;
 v – швидкість снаряда ($v'_o = 0$);

- для порохових газів (заряду)

$$\Delta K \omega = \omega(u - u_o) = \omega u, \quad (3.33)$$

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

$$u = u_{\text{сер}} = \frac{v - W}{2}$$

$$i \Delta K_{\omega} = \omega \frac{v - W}{2} = 0,5\omega(v - W) \quad (3.34)$$

Підставляючи (3.31), (3.32) і (3.34) в закон збереження імпульсу (3.30), отримуємо:

$$-M_o W + qv + 0,5\omega(v - W) = 0.$$

Після перетворень отримуємо – швидкість ВВ у I періоді:

$$\begin{aligned} -M_o W + qv + 0,5\omega v - 0,5\omega W &= 0, \\ (q + 0,5\omega)v &= (M_o + 0,5\omega) W, \\ W &= \frac{q + 0,5\omega}{M_o + 0,5\omega} v. \end{aligned} \quad (3.35)$$

Шлях ВВ знайдемо інтегруванням (3.35), 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:

$$L = \frac{q + 0,5\omega}{M_o + 0,5\omega} x. \quad (3.36)$$

Із формул (3.35) і (3.36) 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 менше, чим більше 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 використовують наступні формули для шляху і швидкості ВВ наприкінці I періоду (при вильоті снаряда з каналу ствола):

$$L_o = \frac{q + 0,5\omega}{M_o} l_o; \quad (3.37)$$

$$W_o = \frac{q + 0,5\omega}{M_o} v_o, \quad (3.38)$$

де l_o – довжина напрямної частини ствола;
 v_o – початкова швидкість снаряда.

Другий період

У II періоді шлях і швидкість знаходять інтегруванням рівняння (3.29) при відомому законі зміни сили відбою $P_{кн} = (t)$ у цьому періоді.

Професор Бравін запропонував такий закон:

$$P_{кн}(t) = P_o e^{-\frac{t}{b}}, \quad (3.39)$$

де P_{∂} – сила відбою при проходженні снарядом дульного зрізу каналу ствола (дульна сила відбою);

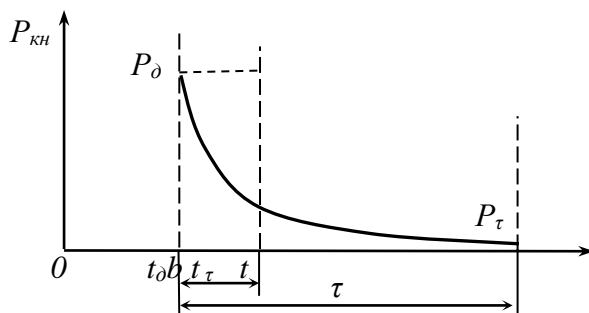
b – стала часу Бравіна – час, упродовж якого сила відбою у II періоді ВВ зменшується в e разів;

t – поточний час у II періоді ВВ.

Графічне зображення закону Бравіна показано на рис. 3.6.

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 $t = \tau$.



Рисунку 3.6 – Графік зміни $P_{кн} = f(t)$ у II періоді ВВ

Тоді в цей момент сила відбою

$$P_{\tau} = P_{\partial} e^{-\frac{\tau}{b}} = P_{\tau} S = 0,2S,$$

де $S = n_s d^2$ – площа поперечного перерізу каналу ствола.

Таким чином,

$$0,2S = P_{\partial} S e^{-\frac{\tau}{b}},$$

або
$$0,2 = P_{\partial} e^{-\frac{\tau}{b}}.$$

Логарифмуючи останній вираз, одержимо формули для розрахунку тривалості II періоду ВВ τ .

$$\tau = b \ln 5 P_{\partial} \quad (3.40)$$

або

$$\tau = 2,3b \ln 5 P_{\partial}, \quad (3.40a)$$

де P_{∂} – дульний тиск.

Розглянемо зміст сталої часу Бравіна.

Величина імпульсу сили відбою у II періоді ВВ

$$I = \int_0^{\tau} P_{\kappa\eta}(t) dt. \quad (3.41)$$

Підставивши (3.39) в (3.41), одержимо:

$$I = \int_0^{\tau} P_{\text{ЛБ}} e^{-\frac{t}{b}} dt = P_{\text{ЛБ}} \int_0^{\tau} e^{-\frac{t}{b}} dt = P_{\text{ЛБ}} b (1 - e^{-\frac{\tau}{b}}). \quad (3.42)$$

Для сучасних гармат $\frac{\tau}{b} = 5 - 6$. Тому $e^{-\frac{\tau}{b}} \ll 1$, і остаточно отримуємо:

$$I = P_{\partial} b. \quad (3.43)$$

З останньої формули випливає, що стала часу Бравіна – це час, упродовж якого відбудеться процес витoku газів зі ствола, якщо тиск газів буде постійним: $P = P_{\partial}$.

Для отримання формул для параметрів ВВ у II періоді підставимо (3.39) в (3.29):

$$M_o \frac{dW}{dt} = P_{\partial} e^{-\frac{t}{b}}, \quad (3.44)$$

і проінтегруємо отриманий вираз у межах:

- за часом: від 0 до t ;

- за швидкістю: від W_∂ до W ;
- за шляхом: від L_∂ до L .

Для швидкості ВВ:

$$dW = \frac{1}{M_o} P_{\text{вв}} e^{-\frac{t}{b}} dt,$$

$$\int_{W_\partial}^W dW = \frac{P_{\text{вв}}}{M_o} \int_0^t e^{-\frac{\theta}{b}} d\theta,$$

$$W - W_\partial = \frac{P_\partial}{M_o} b (1 - e^{-\frac{t}{b}}).$$

Остаточно отримаємо швидкість ВВ у II періоді:

$$W(t) = W_\partial + \frac{P_\partial}{M_o} b (1 - e^{-\frac{t}{b}}). \quad (3.45)$$

Для кінця II періоду $e^{-\frac{\tau}{b}} \ll 1$, тому отримаємо максимальну швидкість ВВ:

$$W_\tau = W_\partial + \frac{P_\partial}{M_o} b. \quad (3.46)$$

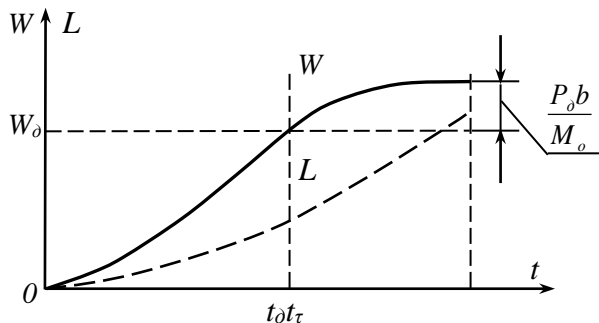


Рисунок 3.7 – Графіки для шляху і швидкості ВВ у II періоді

Для шляху ВВ:

$$W = \frac{dL}{dt} = W_{\text{лб}} + \frac{P_{\text{лб}}}{M_o} b(1 - e^{-\frac{t}{b}}),$$

$$dL = W_{\text{лб}} dt + \frac{P_{\text{лб}}}{M_o} b(1 - e^{-\frac{t}{b}}) dt,$$

$$\int_{L_o}^L dL = W_o \int_o^t d\theta + \frac{P_o}{M_o} b \int_o^t (1 - e^{-\frac{\theta}{b}}) d\theta.$$

Остаточно отримаємо шлях ВВ у II періоді:

$$L = L_o + W_o t + \frac{P_o}{M_o} b[t - b(1 - e^{-\frac{t}{b}})]. \quad (3.47)$$

Повний шлях ВВ для $t = \tau$

$$L_\tau = L_o + W_o \tau + \frac{P_o}{M_o} b(\tau - b). \quad (3.48)$$

Знайдені параметри ВВ подані графіками на рис. 3.7.

3.3 Загальмований відкіт

3.3.1 Періоди загальмованого відкоту

Загальмований відкіт (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 відбою $P_{\text{кн}}$ і сила опору відкоту R .

Рівняння руху відкотних частин матиме вигляд

$$M_o \frac{dV}{dt} = P_{кн} - R, \quad (3.49)$$

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 відбою $P_{кн}$, яка зменшується у процесі витoku газів з каналу ствола.

Рівняння руху відкотних частин зберігає вигляд (3.49). Період II 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 і відкотними частинами, йде на подолання сил опору аж до повного зупинення ствола. У III періоді дія порохових газів на ствол відсутня ($P_{кн} = 0$), і на відкотні частини діє лише сила опору відкоту.

Рівняння руху відкотних частин у цьому періоді описує сповільнений рух ствола під дією сили R :

$$M_o \frac{dV}{dt} = -R. \quad (3.50)$$

ЗВ, на відміну від ВВ, є такою моделлю, яка найбільш наближена до реального відкоту. Аналіз ЗВ, як уже 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:

$$V = V_o + (W - W_o) - \frac{1}{M_o} \int_o^t R(\theta) d\theta,$$

$$X = X_o - (L - X_o) - (W_o - V_o)t - \frac{1}{M_o} \int_o^t \int_o^t R d\tau d\theta,$$

де W_o, V_o – початкові швидкості ВВ і ЗВ відповідно;

W, V – поточні швидкості ВВ і ЗВ;

L_o, X_o – поточні шляхи ВВ і ЗВ;

$R(t)$ – закон зміни сили опору відкоту у часі;

M_o – маса відкотних частин.

Значення формул (3.41) полягає у тому, що вони звільняють від необхідності інтегрувати рівняння (3.39) для визначення параметрів ЗВ. Для розв'язування цієї задачі достатньо використати відомі параметри ВВ і проінтегрувати закон $R(t)$, яким необхідно скористатися.

3.3.2 Вплив дульного гальма на параметри вільного відкоту

Найпростішим видом загальмованого відкоту можна вважати вільний відкіт ствола, спорядженого дульним гальмом (ДГ).

ДГ – це пристрій, що поглинає частину кінетичної енергії відкотних частин під час пострілу за рахунок спеціальним чином 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.

$$\xi = \frac{\Delta E_{\partial z}}{E_o}, \quad (3.52)$$

де $\Delta E_{\partial z}$ – енергія, що її поглинає ДГ;
 E_o – кінетична енергія відкотних частин наприкінці II періоду ВВ.

Характеристика застосовується для загального оцінювання ефективності дії ДГ за поглинанням енергії відкоту.

Наприкінці II періоду ВВ за 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

$$E_{o_{\partial z}} = \frac{M_o W_{\tau_{\partial z}}^2}{2},$$

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 отримаємо формулу для енергетичної характеристики ДГ:

$$\xi = 1 - \frac{W_{\tau_{\partial z}}^2}{W_{\tau}^2}. \quad (3.53)$$

У сучасних гармат $\xi = 0,3-0,7$.

Знаючи ξ і $W_{\tau} = W_{\max}$, із виразу (3.53) можна знайти швидкість відкоту наприкінці II періоду за наявності ДГ:

$$W_{\tau_{\partial z}} = W_{\max} \sqrt{1 - \xi}. \quad (3.54)$$

Імпульсна характеристика ДГ

Імпульсна характеристика ДГ – це величина, що показує, як змінюється імпульс сили відбою внаслідок роботи ДГ:

$$\mathcal{X} = \frac{I_{\partial z}}{I}, \quad (3.55)$$

де $I_{\partial z}$ – імпульс $P_{\text{кн}}$ із ДГ;
 I – імпульс $P_{\text{кн}}$ без ДГ.

Імпульсна характеристика застосовується для оцінювання впливу ДГ на відкит ствола.

Імпульс сили $P_{\text{кн}}$ без ДГ у II періоді

$$I = \int_0^{\tau} P_{\text{кн}}(t) dt. \quad (3.56)$$

Імпульс сили $P'_{\text{кн}}$ із ДГ у II періоді

$$I_{\partial z} = \int_0^{\tau} P'_{\text{кн}}(t) dt, \quad (3.56a)$$

де $P'_{\text{кн}}$ – сила відбою 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 відбою без ДГ і з ДГ у II періоді використовується закон професора Бравіна:

$$P_{кн}(t) = P_{\delta} e^{-\frac{t}{b}}; \quad (3.57)$$

$$P'_{кн}(t) = P'_{\delta} e^{-\frac{t}{b}}. \quad (3.57a)$$

Підставляючи (3.57) і (3.56), а також (3.57a) і (3.56a) в (3.55), одержимо:

$$\chi = \frac{I_{\delta z}}{I} = \frac{\int_0^{\tau} P'_{\delta} e^{-\frac{t}{b}} dt}{\int_0^{\tau} P_{\delta} e^{-\frac{t}{b}} dt} = \frac{P'_{\delta} \int_0^{\tau} e^{-\frac{t}{b}} dt}{P_{\delta} \int_0^{\tau} e^{-\frac{t}{b}} dt}.$$

Остаточно

$$\chi = \frac{P'_{\delta}}{P_{\delta}}, \quad (3.58)$$

де P'_{δ} – дульна сила відбою з ДГ;
 P_{δ} – дульна сила відбою без ДГ.

Таким чином, імпульсна характеристика, по суті, показує, як змінюється сила відбою при застосуванні ДГ.

Різниця дульних сил відбою – це сила дульного гальма:

$$R_{\delta z} = P_{\delta} - P'_{\delta}. \quad (3.59)$$

Із (3.59) випливає, що

$$R_{\delta z} = P_{\delta} - \chi P'_{\delta}.$$

Тобто

$$R_{\delta z} = P_{\delta}(1 - \chi). \quad (3.60)$$

Параметри ВВ при використанні ДГ

Залежно від конструкції (та ефективності) ДГ його імпульсна характеристика може бути різною як за величиною, так і за знаком (рис. 3.8).

Малоефективні ДГ мають $\chi > 0$. У гарматах, що споряджені ДГ із негативною імпульсною характеристикою ($\chi < 0$), швидкість відкоту почне зменшуватись уже на початку II періоду (сповільнений відкіт) – ДГ із $\chi < 0$ є вискоефективними (їх енергетична характеристика $\xi \geq 0,45$). Фізичний зміст негативної імпульсної характеристики ДГ: у II періоді сила відбою для гармат з такими ДГ повинна змінювати свій напрям (як на рис. 3.8 сила $P'_{кн2}$), тобто із сили, що спричиняє відкіт, перетворюється в силу гальмівну. При цьому $R_{о2} > P_{кн}$, і за рівнянням (3.49) з початку II періоду починається сповільнення відкоту.

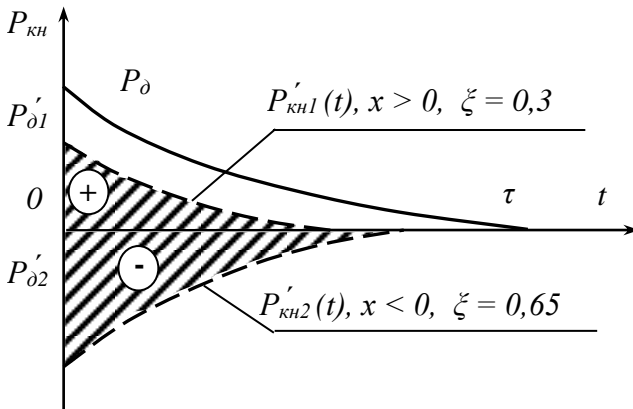


Рисунок 3.8 – Графік сил $P_{кн}$ і $P'_{кн}$ (з ДГ) у II періоді

Для одержання формул для параметрів відкоту з ДГ достатньо у формули (3.45) та (3.47) для швидкості і шляху ВВ замість P_{δ} підставити значення дульної сили відбою з використанням ДГ, тобто $P'_{\delta} = \chi P_{\delta}$.

Таким чином,

$$W_{Jb} = W_{Jb} + \chi \frac{P_{Jb}}{M_o} b(1 - e^{-\frac{t}{b}}); \quad (3.61)$$

$$L_{\partial z} = L_o + W_o t + \chi \frac{P_o}{M_o} b[t - b(1 - e^{-\frac{t}{b}})]. \quad (3.62)$$

До цих формул, власне, і зводиться урахування впливу ДГ на вільний відкіт. Якщо $\chi > 0$, то швидкість відкоту в II періоді продовжує збільшуватися і досягає максимуму наприкінці II періоду. Якщо $\chi < 0$, то максимум швидкості відкоту має місце на початку II періоду (рис. 3.9).

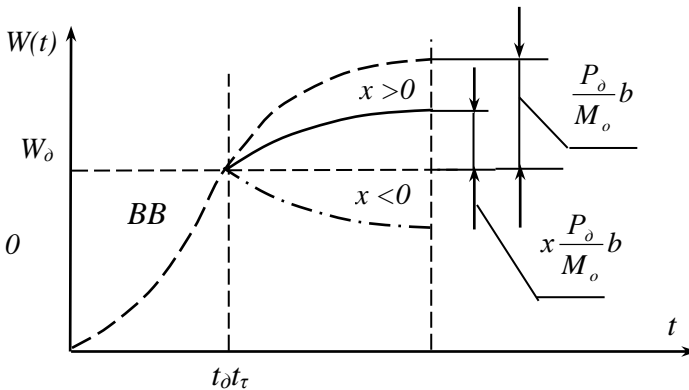


Рисунок 3.9 – До оцінювання впливу ДГ на швидкість відкоту у II періоді

Із рисунка 3.9 добре бачимо, що величину χ можна визначити як відношення прирощень швидкостей відкоту з ДГ і без нього у II періоді:

$$\chi = \frac{\Delta W_{\partial z}}{\Delta W}. \quad (3.63)$$

3.3.3 Закон зміни сили опору відкоту

Для визначення шляху і швидкості ЗВ за формулами (3.51) необхідно знати закон зміни $R(t)$. Цей закон задають при проектуванні ПВП, і він повинен задовольняти такі вимоги:

1. У процесі відкоту силова дія на лафет повинна бути мінімальною.

2. У процесі відкоту сила опору відкоту R не повинна перевищувати певного значення R_{cp} , яке задається формулою (3.25), і при якому гармата втрачає стійкість.

3. Відкіт повинен здійснюватися плавно, безударно, на мінімальній довжині.

4. Функція $R(t)$ повинна бути інтегрованою (див. формули (3.51)).

5. Закон зміни $R(t)$ (закон відкоту) повинен бути таким, щоб його можна було реалізувати в конкретних ПВП (наприклад, гідравлічний опір гальма відкоту повинен забезпечуватися розрахунковим профілем веретена тощо).

Унаслідок того, що причіпна гармата і САУ мають різний рівень стійкості, закони відкоту ствола для них дещо розрізняються.

Розглянемо ці закони окремо (за проф. Бравіним).

Закон відкоту для причіпних гармат

$$\text{I період: } R(t) = R_o + (R_{\max} - R_o) \sin^2 \frac{\pi}{2} \frac{t}{t_o}; \quad (3.64)$$

$$\text{II період: } R(t) = R_{\max} = \text{const}; \quad (3.65)$$

$$\text{III період: } R(t) = mR_{cp}, \quad (3.66)$$

де $m = 0,9-0,95$ – коефіцієнт запасу стійкості.

Схема відкоту для причіпних гармат показана на рис. 3.10.

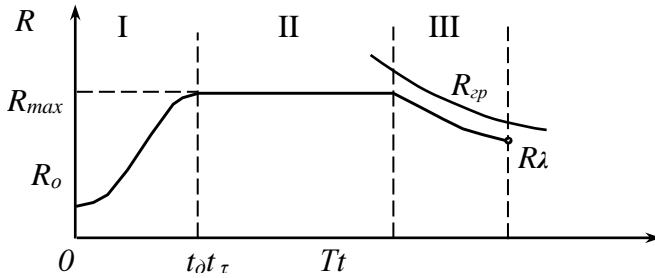


Рисунок 3.10 – Графік $R = f(t)$ для причіпних гармат

Закон відкоту для самохідних гармат

I період: $R(t) = R_o + (R_{\max} - R_o) \sin^2 \frac{\pi t}{2 t_o}$;

II період: $R(t) = R_{\max} = \text{const}$; (3.67)

III період: $R(t) = R_{\max} = \text{const}$.

Схема відкоту для САУ показана на рис. 3.11.

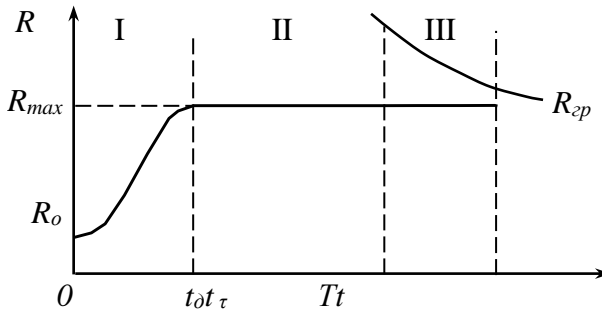


Рисунок 3.11 – Графік $R = f(t)$ для САУ

Відмінність законів відкоту в III періоді у причіпних гармат і САУ зумовлені відмінністю в їх стійкості під час пострілу. У причіпних гармат R_{zp} – малий (внаслідок малої

Q_B), тому стійкість мала, далі в III періоді необхідно зменшувати R поступово, щоб не сталося $R \geq R_{cp}$, і гармата не втратила стійкості. Якщо в III періоді прийняти у причіпних гармат, як у САУ, $R = const$, то тоді потрібно зменшувати R , і при цьому необґрунтовано збільшується довжина відкоту. У САУ R_{cp} – великий, і тому запас стійкості – великий. Якщо ж для САУ застосувати закон $R(t) = mR_{cp}$ (як у причіпних гармат), то навантаження на корпус і елементи-носії конструкції машини будуть надмірно великими. Тому в САУ R_{max} установлюється в 1,5–2,5 рази меншим від R_{cp} , що й дозволяє спростити закон відкоту (закон зміни $R(t)$).

Відомо, що сила опору відкоту є сумою кількох сил:

$$R = \Pi + \Phi_{ze} + R_f \pm Q_o \sin \varphi, \quad (3.68)$$

- де Π – сила накатника;
 Φ_{ze} – гідравлічний опір гальма відкоту;
 R_f – сумарна сила тертя в напрямних люльки та ущільненнях ПВП;
 Q_o – сила ваги відкотних частин;
 φ – кут підвищення ствола.

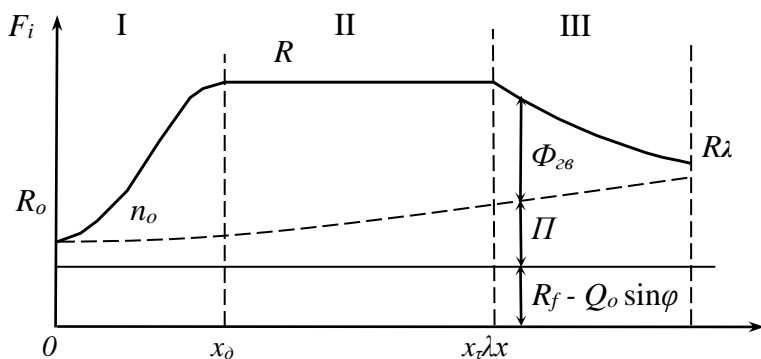


Рисунок 3.12 – До визначення сили Φ_{ze}

Вираз (3.68) дозволяє, знаючи закон $R(t)$, силу тертя R_f і силу накатника Π , визначити, як повинен змінюватися за довжиною гідравлічний опір гальма відкотних частин Φ_{26} (рис. 3.12).

3.3.4 Швидкість та шлях загальмованого відкоту

Для визначення швидкості і шляху ЗВ використовують формули перерахунку (3.51), причому замість підінтегральних виразів беруть формули законів відкоту (3.64) – (3.67).

Перший період

Підінтегральним виразом у цьому періоді є формула проф. Бравіна:

$$R = R_o + (R_{\max} - R_o) \sin^2 \frac{\pi t}{2 t_o}. \quad (3.69)$$

Для зручності інтегрування перетворимо:

$$\sin^2 \frac{\pi t}{2 t_o} = \frac{1}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi t}{t_o} \right).$$

Підставляючи останній вираз в (3.69), отримуємо:

$$\begin{aligned} R &= R_o + \frac{1}{2} (R_{\max} - R_o) \left(1 - \cos \frac{\pi t}{t_o} \right) = \\ &= R_o + \frac{R_{\max} - R_o}{2} - \frac{R_{\max} - R_o}{2} \cos \frac{\pi t}{t_o} = \\ &= \frac{R_{\max} + R_o}{2} - \frac{R_{\max} - R_o}{2} \cos \frac{\pi t}{t_o}. \end{aligned}$$

Ввівши позначення:

$$A = \frac{R_{\max} + R_o}{2}; \quad B = \frac{R_{\max} - R_o}{2}; \quad k = \frac{\pi}{t_o},$$

отримаємо:

$$R = A - B \cos kt. \quad (3.70)$$

Підставляючи значення (3.70) в інтеграли формул (3.51), 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 (3.51), враховуючи, що для I періоду $W_o = 0$; $V_o = 0$; $L_o = 0$; $X_o = 0$, отримаємо:

$$V = W - \frac{1}{M_o} (At - \frac{B}{k} \sin kt), \quad (3.71)$$

$$X = L - \frac{1}{M_o} \left[\frac{At^2}{2} - \frac{B}{k^2} (1 - \cos kt) \right]. \quad (3.72)$$

В обох формулах другий член правої частини відображає вплив сили опору R на відквіт. Використовуючи формули (3.71) і (3.72), можна, підставивши потрібний момент часу t з I періоду, розрахувати для нього швидкість і шлях ЗВ. Наприклад, для моменту t_o вильоту снаряда з каналу ствола маємо

$$\begin{aligned} V_o &= W_o - \frac{1}{M_o} (At_o - \frac{B}{k} \sin kt_o) = \\ &= W_o - \frac{1}{M_o} (At_o - \frac{B}{k} \sin \frac{\pi}{t_o} t_o) = \\ &= W_o - \frac{1}{M_o} (At_o - \frac{B}{k} 0); \end{aligned}$$

остаточно:

$$V_{\delta} = W_{\delta} - \frac{R_{\max} + R_o}{2M_o} t_{\delta}. \quad (3.73)$$

$$\begin{aligned} X_{\delta} &= L_{\delta} - \frac{1}{M_o} \left[\frac{At_{\delta}^2}{2} - \frac{B}{k^2} (1 - \cos \frac{\pi}{t_{\delta}} t_{\delta}) \right] = \\ &= L_{\delta} - \frac{1}{M_o} \left[\frac{At^2}{2} - \frac{B}{k^2} (1 + 1) \right]; \\ X_{\delta} &= L_{\delta} - \frac{1}{M_o} \left(\frac{R_{\max} + R_o}{4} - \frac{R_{\max} - R_o}{\pi^2} \right) t_{\delta}^2. \end{aligned}$$

Після зведення до спільного знаменника отримаємо:

$$X_{\delta} = L_{\delta} - \frac{1}{M_o} (0,35R_o + 0,15R_{\max}) t_{\delta}^2. \quad (3.74)$$

Другий період

У II періоді ЗВ

$$R = R_{\max} = \text{const.}$$

Тоді інтеграли в формулах (3.51) матимуть такі значення:

$$\begin{aligned} \int_0^t R d\theta &= \int_0^t R_{\max} d\theta = R_{\max} t, \\ \int_0^t \int_0^t R d\tau d\theta &= \int_0^t R_{\max} \theta d\theta = \frac{R_{\max} t^2}{2}. \end{aligned}$$

Підставляючи ці значення інтегралів у формули (3.51) і беручи для II періоду: $W_o = W_{\delta}$; $V_o = V_{\delta}$; $L_o = L_{\delta}$; $X_o = X_{\delta}$, отримаємо:

$$V = W - (W_{\delta} - V_{\delta}) - \frac{R_{\max}}{M_o} t; \quad (3.75)$$

$$X = L - (L_0 - X_0) - (W_0 - V_0)t - \frac{R_{\max}}{M_0} t^2. \quad (3.76)$$

У цих формулах час відраховується з початку II періоду – в межах від 0 до τ . У формулі для швидкості (3.75) другий член являє 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 (3.76) 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 (3.49)

$$\frac{dV}{dt} = 0, \text{ тобто}$$

$$M_0 \frac{dV}{dt} = P_{\text{кн}} - R = 0,$$

звідки

$$P_{\text{кн}} = R.$$

Таким чином, максимум швидкості ЗВ досягається в момент, коли сила відбою зменшується до значення, що дорівнює силі опору відкоту (рис. 3.13) – момент t_R .

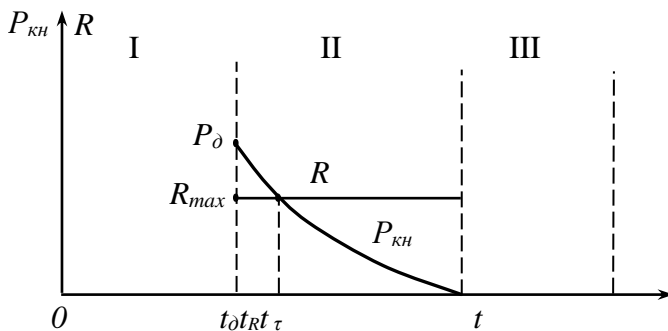


Рисунок 3.13 – До розрахунку моменту досягнення максимальної швидкості відкоту

Розрахуємо момент t_R . Для II періоду ЗВ маємо:

$$R = P_0 e^{-\frac{t}{b}}$$

$$R = R_{\max}$$

Отже, для моменту t_R справедлива рівність

$$P_0 e^{-\frac{t}{b}} = R_{\max}$$

Розв'язуючи отриманий вираз стосовно часу t_R , знаходимо:

$$e^{\frac{t_R}{b}} = \frac{P_0}{R_{\max}};$$

$$\frac{t_R}{b} = \ln \frac{P_0}{R_{\max}}.$$

Остаточно

$$t_R = b \ln \frac{P_0}{R_{\max}}, \quad (3.77)$$

або

$$t_R = 2,3b \lg \frac{P_0}{R_{\max}}. \quad (3.77a)$$

Підставивши величину t_R з формули (3.77а) у формулу для швидкості ЗВ у II періоді (3.75), 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 гармат, 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 повинна збільшуватися R_{max} і може перевантажити елементи конструкції базової машини.

У III періоді ЗВ рівняння руху має вигляд

$$M_o \frac{dV}{dt} = -R. \quad (3.78)$$

У момент кінця відкоту T , коли відкіт здійсниться на повну довжину λ , відбувається повне зупинення відкотних частин (рис. 3.14). Отже, можна вважати, що в III періоді вся кінетична енергія відкотних частин, набута ними наприкінці II періоду, повністю витрачається на роботу сили опору відкоту.

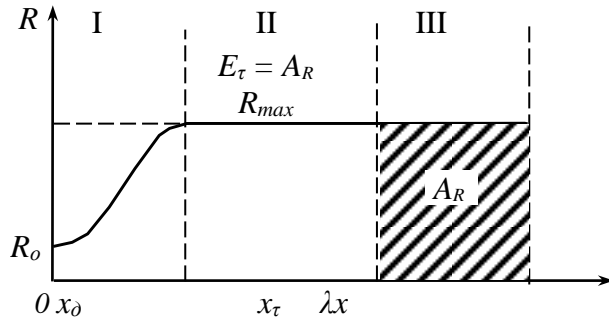


Рисунок 3.14 – До визначення параметрів ЗВ у III періоді для САУ

Із рисунка 3.14 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 отримуємо:

$$R_{\max} = \frac{M_o V_\tau^2}{2(\lambda - X_\tau)}. \quad (3.79)$$

З останнього виразу бачимо, що чим меншою буде вибрана довжина відкоту, тим більшою повинна 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 (3.79). Величини V_τ і X_τ розраховують за формулами (3.75) і (3.76) відповідно для моменту кінця II періоду $t = \tau$.

Розрахунок для причіпних гармат

Для причіпних гармат у III періоді

$$R = mR_{ep}, \quad (3.80)$$

де R_{ep} – граничний опір відкоту, який зменшується, як відомо, при збільшенні шляху відкоту X за формулою

$$R_{gp} = \frac{Q_3 B_v - Q_o X \cos \varphi_{gp}}{h_{gp}}.$$

Сила опору відкоту R повинна також зменшуватись у III періоді пропорційно до R_{ep} (рис. 3.15).

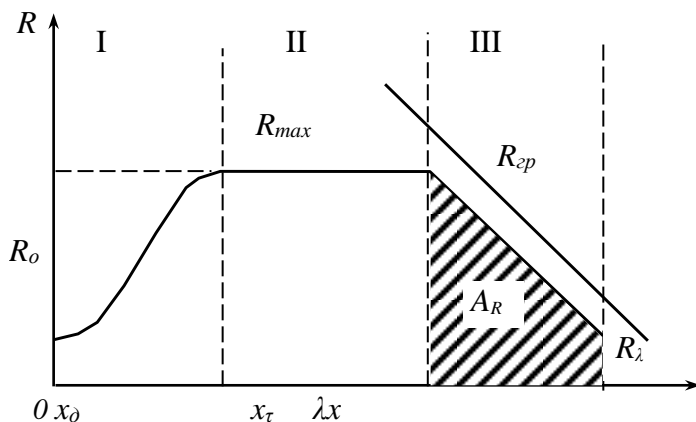


Рисунок 3.15 – До визначення параметрів ЗВ у III періоді для причіпних гармат

З аналогічних до САУ міркувань у III періоді

$$E_{\tau} = A_R,$$

$$\text{де } E_{\tau} = \frac{M_o V_{\tau}^2}{2}, A_R = \frac{R_{\max} + R_{\lambda}}{2} (\lambda - X_{\tau}) \text{ – площа}$$

заштрихованої трапеції (рис. 3.15).

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:

$$\lambda = X_{\tau} + \frac{M_o V_{\tau}^2}{R_{\max} + R_{\lambda}}, \quad (3.81)$$

де V_{τ} , X_{τ} – швидкість і шлях ЗВ наприкінці II періоду;

R_{λ} – кінцева сила опору відкоту.

Із (3.81) бачимо, що чим більша максимальна сила опору відкоту, тим меншою буде довжина відкоту. Величина R_{\max} залежить від межового опору відкоту і вибирається із формули (3.79). 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.

3.4 Накат

3.4.1 Явище накату та його динаміка

Накатом називається рух відкотних частин по напрямних люлькам після відкоту до початкового положення.

Накат здійснюється внаслідок дії таких сил (рис. 3.16):

- сила накатника – Π ;
- сила тертя в напрямних люльки – F_L ;
- 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:

$$r = \Pi - F_L - F_Y - Q_o \sin \varphi - \Phi_H - S_H. \quad (3.82)$$

Сила Π є єдиною рушійною силою накату. Як відомо, вона монотонно зростає у процесі відкоту від початкової сили накатника Π_o до максимального значення наприкінці III періоду ЗВ Π_λ , яке дорівнює:

$$\Pi_\lambda = m \Pi_o,$$

де m – ступінь стиску накатника.

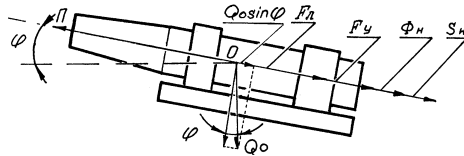


Рисунок 3.16 – Схема сил, що діють на відкотні частини гармати при накаті

Потім у процесі накату сила накатника Π поступово зменшується.

Решта перелічених сил є силами опору накату. Сили F_x , F_y та $Q_o \sin \varphi$ у процесі накату не змінюються, отже, їх суму зручно записати у вигляді однієї сили:

$$R_n = F_x + F_y + Q_o \sin \varphi. \quad (3.83)$$

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 зплутувати з силою збоку накатника Π):

$$\Pi' = \Pi - R_n. \quad (3.84)$$

Сила Φ_n опору гальма відкотних частин при накаті змінюється за певним законом, який задається вибраною схемою накату, що, у свою чергу, визначається конструкцією гальма відкату і гальма накату.

Таким чином, нехтуючи несистематичними іншими силами ($S_n \rightarrow 0$), рівнодійну накату остаточно можна записати як

$$r = \Pi' - \Phi_n, \quad (3.85)$$

де $\Pi' = \Pi - R_n$ – сила накату;
 Φ_n – сила опору гальма при накаті.

Рух відкотних частин при накаті описується основним рівнянням руху накату:

$$M_o \frac{dU}{dt} = r, \quad (3.86)$$

або з урахуванням значення рівнодійної накату:

$$M_o \frac{dU}{dt} = \Pi' - \Phi_n. \quad (3.86 \text{ а})$$

У рівняннях (3.86) і (3.86а) U – швидкість накату, M_o – маса відкотних частин.

Накат починається у момент, коли закінчується відкіт. Тому початкова швидкість накату $U_o = 0$. У процесі накату, як і при відкоті, рух відкотних частин буде спочатку прискореним. На етапі прискорення

$$\frac{dU}{dt} > 0,$$

тому

$$r = \Pi' - \Phi_n > 0.$$

Отже, при розгоні відкотних частин під час накату сила накату повинна 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 повинна дорівнювати гідравлічному опору ПВП при накаті:

$$\Pi' = \Phi_n.$$

Оскільки кінцева швидкість накату також повинна дорівнювати нулю, то накату властивий етап сповільнення, для якого

$$\frac{dU}{dt} < 0; \quad r < 0,$$

і тому сила накату на цьому етапі повинна бути меншою від гідравлічного опору ПВП при накаті:

$$P' < \Phi_n.$$

Із 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:

$$\Phi_n = \Phi'_{zv} + \Phi_{zn}, \quad (3.87)$$

де Φ'_{zv} – сила гальма відкоту при накаті;
 Φ_{zn} – сила гальма накату.

Гальмо відкоту розраховується на гальмування відкоту. Тому впливати на величину і знак рівнодійної r можна лише шляхом зміни у процесі накату сили гальма накату Φ_{zn} . Конструктивно останнє може бути досягнуте, зокрема, зміною профілю канавок у гальмі накату.

3.4.2 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. 3.17):

- сила інерції відкотних частин при накаті I_o ;
- вага гармати у бойовому положенні Q_B ;
- нормальна реакція у точці опори колеса на ґрунт N_{LB} ;
- дотична реакція у точці опори колеса на ґрунт T_{LB} ;

- нормальна реакція у точці опори сошника N_{XB} ;
- дотична реакція у точці опори сошника T_{XB} .

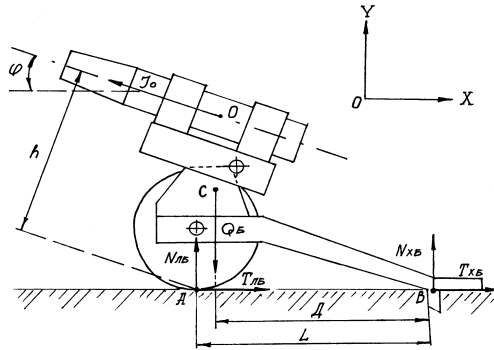


Рисунок 3.17 – Схема сил, що діють на гармату при накаті

Сила інерції I_o у процесі накату змінюється за величиною і напрямком.

При розгоні 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.

При гальмуванні 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 нерухомою і стійкою, якщо система сил і моментів сил перебуває в рівновазі:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_x &= 0, \\ \sum F_y &= 0, \\ \sum M_A &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (3.88)$$

Умова нерухомості

Гармата при накаті нерухома, якщо

$$\sum F_x = 0.$$

Розкриваючи значення суми проекцій сил на вісь X (рис. 3.17), отримуємо:

$$T_{ЛБ} + T_{ХБ} - I_o \cos \varphi = 0. \quad (3.89)$$

Із рівняння руху накату сила інерції матиме вигляд

$$I_o = M_o \frac{dU}{dt} = r. \quad (3.90)$$

Підставляючи значення сили I_o з рівняння (3.90) в рівність (3.89), 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 $\varphi = 0$. Проекція рівнодійної накату при цьому буде максимальною і дорівнюватиме межовому значенню рівнодійної накату.

Умова нерухомості при цьому набере вигляду

$$T_{ЛБ} + T_{ХБ} = r_{сп}. \quad (3.91)$$

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 $I_o = r$, 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

$$Q_B(L-D) \geq rh. \quad (3.92)$$

Ліва частина нерівності являє собою стабілізувальний момент, а права – перекидний момент:

$$M_{cm} \geq M_{пер}.$$

Висновки

Із формули (3.92) 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 та обмеження максимальних кутів підвищення.

3. Збільшити величину $L - D$, тобто відстань між центром мас гармати і передньою опорою. Це може досягатись шляхом перенесення 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 відкату r , що сповільнює накат. Величина r не повинна перевищувати межового для стійкості гармати значення, яке може бути визначене з формули (3.92) при $\varphi = 0$ і, отже, $h = H_0$ (H_0 – висота лінії вогню):

$$r_{gp} = \frac{Q_3(L-D)}{H_0}. \quad (3.93)$$

Таким чином, для забезпечення нерухомості гармати при накаті граничне значення рівнодійної визначається за рівністю (3.91), а для забезпечення стійкості – за формулою (3.93). Тому для забезпечення обох вимог потрібно було б вибирати менше значення (тобто значення r_{gp} 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 сповільнення накату. Тому, звичайно, для рівнодійної накату r вибирають її більше значення, отримане з умови стійкості (3.93). При цьому, природно, не забезпечується умова нерухомості гармати, і не

ураховується в тактико-технічному завданні на гармату, де допустиме викочування гармати дозволяється в межах 300–550 мм.

Зрештою, на практиці таке викочування не спостерігається, оскільки колеса гармати на бойовій позиції закріплюються обкопуванням.

3.4.3 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 іншого – одержанням занадто повільного накату. Тому завдання організації накату полягає саме в тому, щоб здійснити його з достатньою швидкістю, в найкоротший час, не порушуючи при цьому нерухомості і стійкості гармати. Це забезпечується правильним вибором *схеми накату*. Ця схема повинна відповідати таким *вимогам*: накат повинен здійснюватися 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 вміщує в себе п'ять таких періодів (рис. 3.18):

- I – період розгону;
- II – I період рівномірного руху;
- III – період попереднього гальмування;
- IV – II період рівномірного руху;
- V – період остаточного гальмування.

Тривалість перших двох періодів відповідає вибору вакууму у гальмі відкоту, коли воно не буде чинити опору

накатному руху. Решта три періоди гальмо відкату працюватиме, створюючи разом із гальмом накату опір відкотним частинам при поверненні їх у початкове положення.

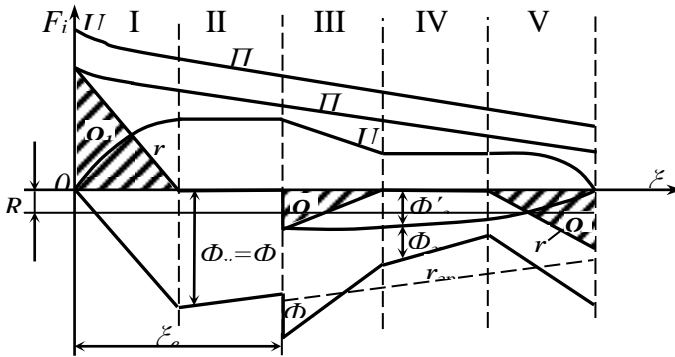


Рисунок 3.18 – П’ятиперіодна схема накату

Швидкість накату U змінюється у періодах накату так. У першому періоді – періоді розгону – швидкість збільшується 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 протягом 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. 3.18) рушійних і гальмувальних сил.

Сума усіх 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 повинні змінюватися так.

На початку першого періоду, коли $U = 0$, гідравлічні опори гальм відкоту і накату також дорівнюють нулю: $\Phi'_{zg} = 0$ і $\Phi_{zn} = 0$, тобто $\Phi_n = 0$.

В цей момент рівнодійна накату дорівнює силі накату:

$$r = P' .$$

У міру розгону відкотних частин їх швидкість збільшується до максимальної і підтримується такою упродовж усього 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 усього другого періоду (рис. 3.18).

У першому періоді рівнодійна виконує роботу розгону відкотних частин до максимальної швидкості, і чисельне значення роботи дорівнює площі заштрихованої фігури Ω_1 під кривою рівнодійної. Природно, що у другому періоді робота рівнодійної дорівнює нулю (рис. 3.18).

У третьому періоді розпочинає роботу після вибору вакууму гальмо відкоту у режимі гальмування накату. Його гідравлічний опір змінює величину рівнодійної накату, і вона на початку періоду дорівнює:

$$r = -\Phi'_{zg} .$$

Внаслідок негативного значення рівнодійної, швидкість U накату починає зменшуватися. До кінця третього періоду величина рівнодійної повинна знизитися 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. 3.18). 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 збільшується 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_{gp} , 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 накату у першому періоді, тобто зменшити розгін.

Відповідно до зміни рівнодійної r повинна змінюватись і сила опору гальма відкотних частин:

$$\Phi_n = \Pi' - r.$$

У першому періоді гідравлічний опір гальма Φ_n повинен збільшуватись від нуля до величини, що дорівнює силі накату:

$$\Phi_n = \Pi'.$$

Ця рівність сил зберігається упродовж усього другого періоду:

$$r = \Pi' - \Phi_n = 0.$$

У третьому періоді на його початку величина Φ_n збільшується на величину гідравлічного опору гальма відкоту Φ'_{zv} , яке щойно розпочало роботу. Але наприкінці третього періоду відкотні частини знову входять до режиму рівномірного руху, тому величина Φ_n зменшується до величини сили накату Π' . Рівність $\Phi_n = \Pi'$ зберігається упродовж всього четвертого періоду ($r = 0$). У п'ятому періоді рівнодійна накату за величиною збільшується від нуля до певного значення в кінці накату. Відповідно і гідравлічний опір Φ_n гальма відкотних частин збільшується 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 відкоту при накаті Φ_{zv} (заданий конструкцією останнього, розрахованою для забезпечення відкоту), можна знайти потрібний закон зміни гідравлічного 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 нахату, 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 нахату значно більшою рівнодійною r . Збільшення r у САУ не призводить до втрати стійкості внаслідок великого значення межової рівнодійної $r_{гп}$. Тому чотириперіодна схема нахату зумовлює більш швидкий накат, що і застосовується у гарматах із високим запасом стійкості – самохідних і танкових гармат.

РОЗДІЛ 4

ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ ГАРМАТ

Додаткове обладнання (рис. 4.1) призначене для зменшення як часу заряджання, так і часу переведення гармати із похідного положення в бойове, а також для поліпшення експлуатації гармати в зимову пору року. Як допоміжне обладнання в артилерії застосовуються лебідки, домкрати, крани, підхоботові котки, лижні установки тощо.

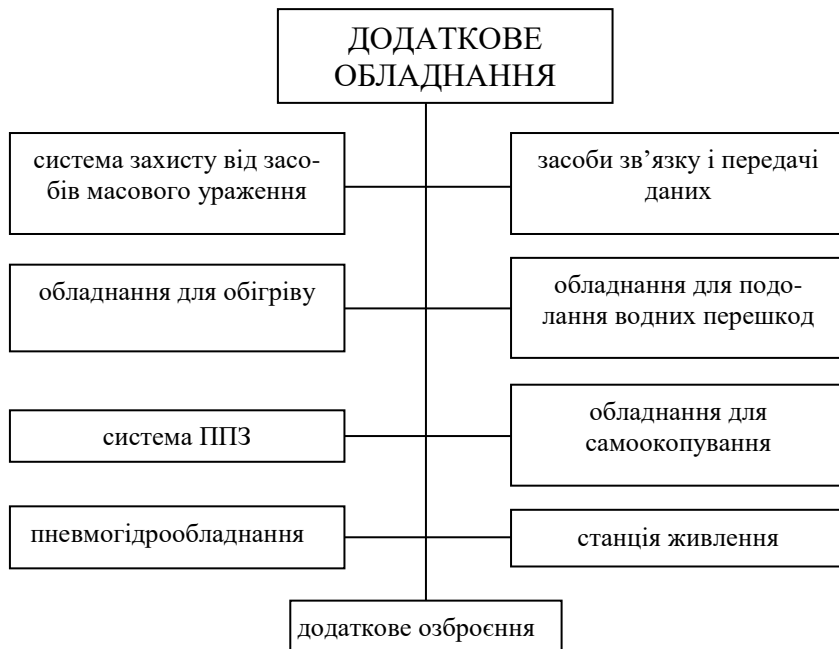


Рисунок 4.1 – Типова схема додаткового обладнання артилерійських гармат

Додаткове обладнання самохідних гармат призначене для забезпечення виконання завдань за призначенням, полегшення експлуатації зразка озброєння.

Система протиатомного захисту (ПАЗ) призначена для захисту екіпажу і внутрішнього обладнання від уражуючих факторів атомної, хімічної і бактеріологічної зброї за рахунок ущільнення корпусу машини та створення надлишкового тиску (більше атмосферного).

Система здійснює світлову та звукову сигналізацію.

Засоби зв'язку і передачі даних призначені для забезпечення підтримання безперервного радіозв'язку зі старшим артилерійським начальником (штабом), з підлеглими підрозділами та з командирами (штабами) загальновійськових частин і підрозділів.

Опалювально-вентиляційна установка ОВ-65Г призначена для обігрівання бойового відділення в зимовий час (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Опалювально-вентиляційна установка самохідних гармат

Установка розміщена на правому підкрілку в ущільненому відсіку і функціонує незалежно від роботи двигуна машини, тому може працювати як під час руху, так і при зупиненні.

Обладнання для подолання водних перешкод мають такі гармати, як 120-мм САГ 2С9, 122-мм СГ2С1, БТР, БМП та інші.



Рисунок 4.3 – Водовідштовхувальний щиток 120-мм САГ 2С9

Система протипожежного обладнання призначена для гасіння пожежі, яка може виникнути в машині.

Гасіння пожежі забезпечується заповненням вогнегасною сумішшю (хладон) вільного простору того відділення, де виникла пожежа.

Режим роботи автоматичний або напівавтоматичний.

Обладнання для самообкопування призначене для риття індивідуальних окопів або укриттів у бойовій обстановці (рис. 4.4, 4.5).

Тип обладнання – бульдозерне.

Обладнання монтується для роботи в носовій частині машини між гусеницями і складається з відвалу та деталей кріплення.



Рисунки 4.4, 4.5 – Обладнання для самообкопування

У гармат крупного калібру обладнання для самокопування одночасно є опорним сошником під час стрільби.

Пневмообладнання 152-мм самохідної гаубиці 2С3М призначене для запуску двигуна базової машини, зарядки балонів стисненим повітрям, відкривання і закривання плити щільникової боєукладки, поповнення стисненим повітрям накатника та зрівноважувального механізму, очищення приладів спостереження механіка-водія, а також для технічних потреб (продування касет повітроочисника, фільтрів тощо).

Основною складовою пневмообладнання самохідної гаубиці є система повітряного запуску двигуна (рис. 4.5), яка входить до складу силової установки і служить для запуску двигуна базової машини та зарядки балонів стисненим повітрям.

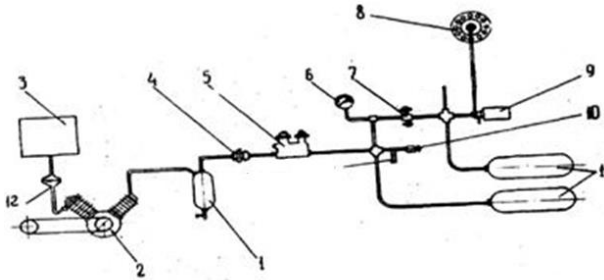


Рисунок 4.6 – Схема системи повітряного запуску:

- 1 – масляний відстійник; 2 – компресор із приводом; 3 – очисник повітря; 4 – повітряний фільтр на виході повітря з компресора;
 5 – автомат тиску; 6 – манометр; 7 – редуктор тиску;
 8 – повітророзподільник (на двигуні); 9 – електропневматичний клапан; 10 – кран відбору повітря; 11 – балони; 12 – повітряний фільтр на вході повітря в компресор

Станція живлення призначена для живлення споживачів електричної енергії, а також зарядки акумуляторних батарей при працюючому двигуні базової машини і є основним джерелом електричної енергії. Як правило, в електрообладнанні САУ застосовуються генератори постійного струму паралельно з включеною обмоткою збудження (самозбудження).

Додаткове озброєння призначене для захисту самохідної гаубиці від живої сили противника, ураження його легкоброньованих засобів, для подачі сигналів управління та сповіщення.

Лебідки служать для переведення ствола із похідного положення в бойове і встановлюються на гарматах, у яких ствол з окремими вузлами відкотних частин від'єднується від люльки і відтягується назад на станини для розвантаження механізмів наведення від дії сил інерції під час транспортування гармати.

Домкрати призначені для піднімання і спуску гармати або станин при переведенні гармати із похідного

положення в бойове і навпаки. В артилерійській гарматі застосовуються гідравлічні і механічні домкрати.



Рисунок 4.7 – Домкрат 152-мм гармати 2А36

Підхоботові котки застосовуються для перекочування і повертання гармати на домкраті силами обслуги.

Лижні установки призначаються для транспортування гармати по снігу. При цьому гармата встановлюється колесами на лижі, а останні відповідно прикріплюються до коліс. Деякі конструкції лижних установок дозволяють вести стрільбу із гармати, установленої і закріпленої на них.

До додаткового обладнання висувають такі вимоги:

- простота пристрою та експлуатації;
- незначна маса;
- надійність роботи.

РОЗДІЛ 5

ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ

З ЕКСПЛУАТАЦІЇ СКЛАДОВИХ

ЛАФЕТА

5.1 Загальні положення

Артилерійські гармати, які стоять на озброєнні у військах, повинні утримуватися у повній справності і готовності до бойового використання. З цією метою проводиться огляд та підготовка гармат до стрільби під керівництвом командирів вогневих взводів, що передбачає із загальний огляд гармат, перевірку роботи механізмів, противідкотних і прицільних пристроїв.

Такі огляди повинні систематично проводитися офіцерами, які відповідають за матеріальну частину, в дні огляду техніки, що затверджуються командиром частини відповідно до з вимог Статуту внутрішньої служби.

Огляди доцільно проводити в паркові дні, що призначені для підтримання матеріальної частини у бойовій готовності.

Варто пам'ятати, що навіть невеликі несправності, що не усунені своєчасно, можуть спричинити серйозні пошкодження.

У цьому підрозділі розкривається огляд та перевірка основних складових частин лафета артилерійських гармат: 100-мм протитанкової гармати МТ-12, 122-мм гаубиці Д-30, 152-мм гаубиці 2С3М.

5.2 Огляд та перевірка механізмів лафета 100-мм гаубиці МТ-12

5.2.1 Огляд та перевірка роботи механізмів наведення

Повертаючи маховик поворотного механізму перевірити його роботу (рис. 5.1).

Повертаючи маховик підйимального механізму перевірити його роботу та роботу зрівноважувального механізму (рис. 5.2).



Рисунок 5.1

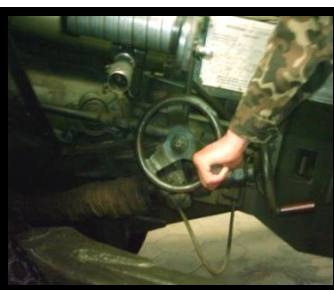


Рисунок 5.2

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

Механізми повинні працювати плавно, без ривків на всьому діапазоні кутів неведення. Оглянути, за необхідності вичистити та змастити зубці корінних шестерень, секторів підйимального та поворотного механізмів.

Якщо зусилля на маховику підйимального механізму неоднакове, на кутах підвищення підйимальної частини при збільшенні або зменшенні кута підвищення, то необхідно відрегулювати зрівноважувальний механізм.

Оглянути і перевірити роботу покажчика відкату (перемістити його по лінійці вперед та назад). Покажчик повинен рухатися вільно, без інерції (рис. 5.3).



Рисунок 5.3

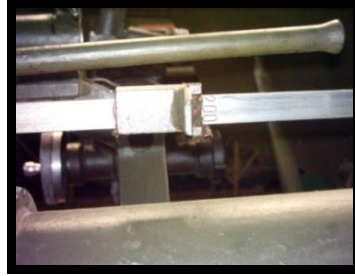


Рисунок 5.4

5.2.2 Огляд та перевірка ходової частини

Під час огляду ходової частини впевнитися в цілісності резинових покришок коліс, надійного кріплення на ободах бортовими кільцями; надійного кріплення кришок коліс, а також перевірити чи не погнуті диски коліс та не ослаблені гайки чи шпильки кріплення коліс до маточин (рис. 5.5, 5.6).



Рисунок 5.5



Рисунок 5.6

Перевірити, чи добре зводяться та розводяться станини та надійно вони закріплені по-бойовому та по-похідному. Перевірити справність механізму вимкнення підресорювання (рис. 5.7, 5.8).

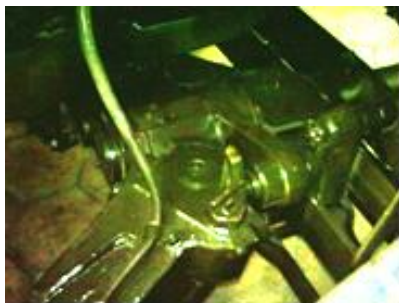


Рисунок 5.7



Рисунок 5.8

Перевірити цілісність гідроамортизаторів, відсутність підтікання рідини.

5.2.3 Огляд щитового прикриття

Оглянути щитове прикриття. Під час огляду звернути увагу на кріплення верхнього і нижнього рухомих щитків і нижнього відкидного щитка. Перевірити кріплення дверцят у відкритому положенні (рис. 5.9, 5.10).



Рисунок 5.9



Рисунок 5.10

Перевірити, чи надійно кріпляться відкидний щит і дверцята в похідному положенні (рис. 5.11, 5.12).



Рисунок 5.11



Рисунок 5.12

5.3 Огляд та перевірка механізмів лафета 122-мм ГД-30

5.3.1 Огляд та перевірка механізмів наведення та перевірка зрівноважувального механізму

1 Оглянути механізми.

За необхідності вичистити та змастити зубці корінних шестерень, секторів підйимального та поворотного механізмів.

Повертаючи маховик поворотного механізму перевірити роботу поворотного механізму (рис. 5.13). Механізм повинен працювати плавно, без ривків на всьому діапазоні кутів неведення.

Повертаючи маховик підйимального механізму перевірити роботу підйимального та зрівноважувального механізмів (рис. 5.14). Підйимальний механізм повинен працювати плавно, без ривків на всьому діапазоні кутів неведення.



Рисунок 5.13



Рисунок 5.14

Якщо піднімати чи опускати ствол важко (зусилля на маховику не однакове), необхідно відрегулювати тиск у зрівноважувальному механізмі:

- встановити на квадратний хвостовик гвинта компенсатора зрівноважувального механізму ключ Сб. 42-14 (рис. 5.15);

- викручуючи, чи вкручуючи гвинт компенсатора відрегулювати зусилля на маховику підіймального механізму (рис. 5.16).



Рисунок 5.15



Рисунок 5.16

У випадку, коли хід гвинта компенсатора не забезпечує нормальної роботи зрівноважувального механізму, необхідно перевірити тиск повітря зрівноважувального механізму та провести його регулювання.

2 Перевірити зрівноважувальний механізм:

- надати стволу максимального кута підвищення (70°);
- із корпусу вентиля вигвинтити пробку;
- угвинтити в гніздо корпусу вентиля трійник Сб. 42-25; вигвинтити з трійника заглушку та на місце встановити манометр (рис. 5.17, 5.18);



Рисунок 5.17



Рисунок 5.18

- обережно вигвинтити ключем на один оберт вентиль і за відхиленням стрілки прочитати за шкалою манометра тиск (рис. 5.20). Нормальний тиск у зрівноважувальному механізмі повинен бути $62\text{--}65 \text{ кг/см}^2$.

Якщо тиск більший чи менший за норму, необхідно його відрегулювати.

Якщо тиск більший за норму, необхідно стравити надлишкове повітря:

- відкрити вентиль (вигвинтити вентиль ключем на один оберт);
- вигвинчуючи пробку трійника та водночас спостерігаючи за зниженням тиску за відхиленням стрілки манометра, стравити надлишкове повітря;
- після доведення тиску до норми $62\text{--}65 \text{ кг/см}^2$, вентиль закрити.

Якщо тиск менший за норму, необхідно:

- гвинт компенсатора викрутити повністю з

кронштейна люльки (рис. 5.21);



Рисунок 5.20



Рисунок 5.21

– установити повітряно-гідравлічний насос на правій рухомій станині (рис. 5.22);

– установити кран повітряно-гідравлічного насоса в положення «повітря» (вгору) (рис. 5.23);



Рисунок 5.22



Рисунок 5.23

– до трійника під'єднати шланг від насоса (рис. 5.24).

– працювати повітряно-гідравлічним насосом із частотою 120 качків за 1 хвилину (рис. 5.25);



Рисунок 5.24



Рисунок 5.25

– при досягненні тиску в схемі близько 65 кг/см^2 відкрити вентиль та довести тиск у зрівноважувальному механізмі до норми. Після доведення тиску до норми $62\text{--}65 \text{ кг/см}^2$ вентиль закрити, схему розібрати.

5.4 Огляд та перевірка механізмів лафета 152-мм СГ 2С3М

5.4.1 Огляд та перевірка зрівноважувального механізму

Технічні умови: кріплення зрівноважувального механізму повинно бути надійним, заправний клапан повинен бути опломбований, підтікання рідини з ущільнюваних пристроїв відсутнє, ходу гвинта компенсатора достатньо для вирівнювання зусилля на маховику підйимального механізму. Якщо ходу гвинта недостатньо для повного регулювання зусилля на маховику, то необхідно перевірити тиск у зрівноважувальному механізмі і довести його до норми.

Виконавець: зарядник, навідник.

Інструмент: тріскачковий ключ, манометр, трійник, шланг повітряний; пломби; контровочний дріт; гайкові ключі.

Перевірка тиску повітря у зрівноважувальному механізмі

- 1 Задати стволу максимального кута підвищення. Викрутити гвинт компенсатора на 130 мм.
- 2 Зняти пломбу з заправочного клапана.
- 3 Вигвинтити голку і під'єднати трійник до заправного клапана зрівноважувального механізму.



Рисунок 5.26



Рисунок 5.27

- 4 Викрутити заглушку і під'єднати манометр до трійника.
- 5 Відкрити клапан зрівноважувального механізму (угвинтити голку трійника) та заміряти тиск повітря у зрівноважувальному механізмі. Тиск повинен бути в межах 59–69 кГс/см². При відмінності значень тиску необхідно відрегулювати тиск повітря у зрівноважувальному механізмі.

Регулювання тиску у зрівноважувальному механізмі

- 1 Закрити заправний клапан (вигвинтити голку).
- 2 Зняти заглушку з трійника.
- 3 Під'єднати до трійника повітряний шланг, а другий різьбовий кінець шланга під'єднати до штуцера крана відбору повітря пневмосистеми 2С3М (спереду під погоном башти).



Рисунок 5.28



Рисунок 5.29

4 Відкрити вентиль крана відбору повітря пневмосистеми 2С3М.

5 Відкрити заправний клапан зрівноважувального механізму (вкрутити голку трійника), та довести тиск у зрівноважувальному механізмі до норми.

6 Закрити заправний клапан (вигвинтити голку), закрити вентиль крана відбору повітря пневмосистеми 2С3М.

7 Розібрати схему.

8 Опломбувати клапан зрівноважувального механізму.

5.4.2 Огляд та перевірка роботи механізмів наведення

1 Перевірка роботи поворотного механізму башти від ручного привода.

Опустити стопор поворотного механізму башти вниз, та обертаючи за рукоятку, перевірити дію механізму. Башта повинна повертатися плавно, без заїдань на всьому діапазоні кутів наведення. Зусилля на маховику повинно бути не більше 9 кг. Якщо механізм працює з підвищеним зусиллям, оглянути та зробити чищення зубів корінної шестерні і вінця башти; при виявленні на зубцях бруду,

видалити його чистим віхтем і змастити зубці тонким шаром мастила.



Рисунок 5.29



Рисунок 5.30

2 Перевірка роботи механізму вертикального наведення від ручного привода.

– Витягнути кнопку на маховику підйимального механізму 2А33.

Обертаючи за рукоятку, перевірити дію механізму в секторі наведення (зусилля повинно бути не більше 13,5 кг і однаковими при підйманні й опусканні ствола).



Рисунок 5.31



Рисунок 5.32

Якщо механізм діє з підвищеним зусиллям, оглянути та зробити чищення зубів корінної шестерні і сектора люльки. При виявленні на зубцях бруду забоїн, видалити їх і поверхню зубців змастити тонким шаром мастила.

Якщо зусилля при підніманні та опусканні ствола буде різним, необхідно вирівняти його угвинтивши (вигвинтивши) гвинт поршня компенсатора зрівноважувального механізму.

– Надіти на хвостовик гвинта компенсатора тріскачковий ключ, зафіксувати його стопором. Обертаючи ключ за ходом (проти ходу) годинникової стрілки й одночасно піднімаючи та опускаючи ствол, вирівняти зусилля на маховику підіймального механізму.



Рисунок 5.33



Рисунок 5.34

Якщо ходу гвинта не достатньо для повного регулювання зусилля на маховику, то необхідно перевірити зрівноважувальний механізм.

РОЗДІЛ 6

ЗАПАСНІ ЧАСТИНИ, ІНСТРУМЕНТ ТА ПРИЛАДДЯ

6.1 Призначення і класифікація комплектів запасних частин, інструментів та приладдя. Норми витрат запасних частин, інструментів та приладдя, порядок їх поповнення

В організації експлуатації озброєння важливе місце займає забезпечення його запасними частинами, інструментом та експлуатаційними матеріалами.

Запасні частини, інструмент та приладдя (ЗІП) призначені для:

- постійного підтримання матеріальної частини озброєння у бойовій готовності;
- догляду за озброєнням;
- проведення технічного обслуговування та ремонту озброєння.

До запасних частин відносять деталі, збірні одиниці, блоки, агрегати, необхідні для підтримання та відновлення працездатності, справності озброєння при його технічному обслуговуванні і ремонті.

Запасні частини, інструменти та приладдя об'єднуються в комплекти:

- одиничні;
- групові;
- ремонтні.

Крім того, для поповнення групових й ремонтних комплектів постачається ЗІП у роздріб. Одиничний комплект ЗІП призначається для забезпечення експлуатації зразка озброєння, підтримання його в працездатному стані шляхом проведення технічного обслуговування і поточного ремонту силами обслуги обсягом вимог

експлуатаційної документації. Одиничний комплект розробляється на кожний зразок озброєння і постачається з ним один раз на весь період експлуатації. Витрачені із складу одиничного комплекту ЗП речі повинні своєчасно поповнюватись однойменними речами із групового комплекту.

Груповий комплект ЗП розробляється на групу однойменних зразків озброєння. Він призначений для забезпечення технічного обслуговування і ремонту озброєння із закінченими гарантійними термінами експлуатації силами ремонтного органу військової частини (з'єднання) обсягом вимог експлуатаційної документації. Крім того, груповий комплект ЗП використовується для поповнення одиничного комплекту ЗП. Груповий комплект ЗП постачається промисловістю разом із групою виробів один раз на весь період їх експлуатації і повинен знаходитися, як правило, на складі військової частини. Склад групового комплекту ЗП розробляється із розрахунку забезпечення гарантованої експлуатації групи зразків озброєння упродовж двох років. Із групового комплекту ЗП дозволяється витратити не більше 50 % однойменних запасних частин.

Ремонтний комплект ЗП розробляється промисловістю на групу однойменних зразків озброєння для їх ремонту в стаціонарних ремонтних майстернях центрального окружного підпорядкування, в армійських і фронтових ремонтних майстернях, а також для поповнення групових комплектів ЗП.

Розрахунок складу комплектів ЗП проводиться розробниками за методиками, обговореними із замовником. У період експлуатації озброєння склад комплектів ЗП коректується.

Запасні частини в роздріб призначені для поповнення групових і ремонтних комплектів ЗП при експлуатації та

капітальному ремонту озброєння. Планування виготовлення та постачання ЗП у роздріб здійснюється виходячи із щорічного донесення про витрату ЗП.

Спрощена схема комплектів ЗП та їх призначення подана на рис. 6.1.

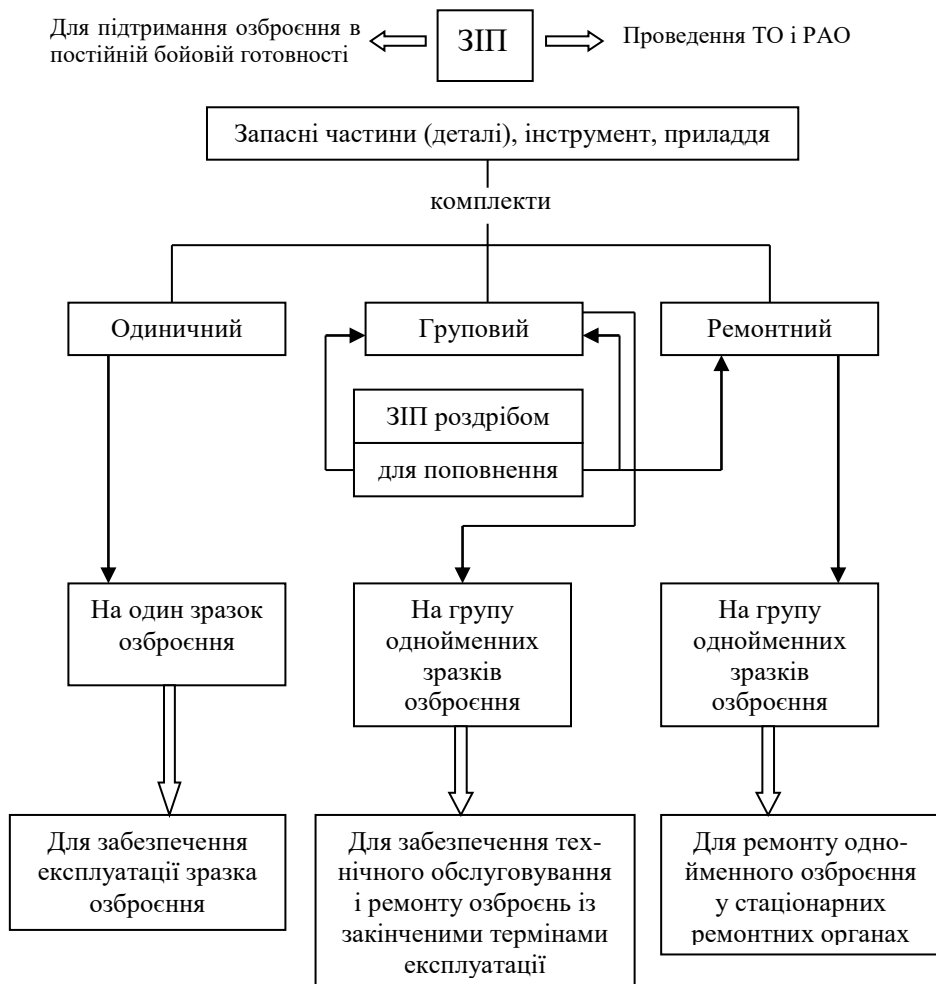
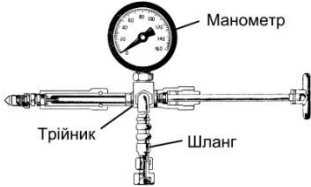
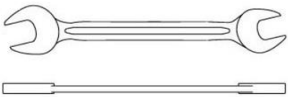


Рисунок 6.1 – Спрощена схема комплектів ЗП

6.2 Елементи запасних частин, інструментів та приладдя, що використовуються при перевірці складових лафета

№ пор.	Загальний вигляд	Назва	Призначення
1	2	3	4
1		<p>Пневмо-гідролічний насос (Д30, МТ-12)</p>	<p>Для заповнення зрівноважувального механізму стисненим повітрям та рідиною (СТЕОЛ-М, ПОЖ-70)</p>
2		<p>Тріскачковий ключ (Д30, МТ-12, 2С3М)</p>	<p>Для регулювання тиску повітря у зрівноважувальному механізмі</p>
3		<p>Манометр (Д-30, МТ-12 2С3М)</p>	<p>Для визначення тиску у зрівноважувальному механізмі</p>

1	2	3	4
4		<p>Трійник, манометр і заглушка у зібраному вигляді (Д30, МТ-12)</p>	<p>Для визначення тиску у зрівноважувальному механізмі</p>
5		<p>Трійник (Д30, МТ-12)</p>	<p>Використовуються при визначенні тиску повітря у зрівноважувальному механізмі; його поповнення стисненим повітрям та рідиною</p>
6		<p>Посудина з мастилом (Д30, МТ-12)</p>	<p>Для змащування деталей тертя</p>
7		<p>Трійник (2С3М)</p>	<p>Для відкривання клапана вентиля зрівноважувального механізму та заповнення його стисненим повітрям і рідиною</p>

1	2	3	4
8		<p>Трійник у збірці з манометром та шлангом (2С3М)</p>	<p>Для заповнення зрівноважувального механізму стисненим повітрям</p>
9		<p>Ключі ріжкові (Д30, МТ-12, 2С3М)</p>	<p>Для установлення трійників, манометра та регулювання зрівноважувального механізму МТ-12</p>

Список літератури

1. Дерев'янчук А. Й. Основи будови артилерійських гармат і боєприпасів / А. Й. Дерев'янчук. – Суми : Видавництво СумДУ, 2011. – 716 с.
2. Жуков И. И. Артиллерийское вооружение. Основы устройства и проектирования / И. И. Жуков. – М. : Машиностроение, 1975. – 420 с.
3. Изделие 2С3М. Механическое описание и инструкция по эксплуатации 2С3М. ТОЧ. Книга 4. Базовое шасси. Альбом рисунков 1980. – 110 с.
4. Клочков А. С. Основания устройства и конструкций орудий и боеприпасов наземной артиллерии / А. С. Клочков. – М. : Воениздат, 1976. – 459 с.
5. Латухин А. Н. Современная артиллерия / А. Н. Латухин. – М. : Воениздат, 1970. – 318 с.
6. Самусенко М. Ф. Основания проектирования артиллерийского вооружения танков и САУ / М. Ф. Самусенко, М. И. Емелин. – М. : ВАИА им. Ф. Э. Дзержинского, 1958. – 682 с.
7. Самусенко М. Ф. Основания проектирования вооружения самоходно-артиллерийских установок и танков / М. Ф. Самусенко. – М. : ВАИА им. Ф. Э. Дзержинского, 1951.
8. Чуев Ю. В. Проектирование ствольных комплексов / Ю. В. Чуев. – М. : Машиностроение, 1976. – 216 с.
9. 100-мм противотанковая пушка МТ-12. Руководство службы. – М. : ВИ, 1973. – 324 с.
10. 122-мм гаубица Д-30. Части I и II. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М. : Машиностроение, 1968. – 246 с.
11. 152-мм самоходная гаубица 2С3М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М. : ВИ, 1988. – Кн. II, Ч. 1, 2. –192 с.
12. 152-мм самоходная гаубица 2С3М. Техническое

описание и инструкция по эксплуатации. Книга II. Части I и II. 152-мм гаубица 2А33. Альбом рисунков. – М. : ВИ, 1980. – 64 с.

13. Дерев'янчук А. Й. Основи будови артилерійських гармат. Лафети артилерійських гармат : навч. посіб. / А. Й. Дерев'янчук. – Суми : Видавництво ВІА, 2001. – 74 с.

Додаток А

Основні одиниці системи СІ

Величина	Назва	Розмірність	Позначення		Містить одиниць систем СГС	
			українською	латинською	СГСЕ	СГСМ
1. Основні одиниці						
Довжина	метр	м	м	m	10^2 см	10^2 см
Маса	кілограм	кг	кг	kg	10^3 г	10^3 г
Час	секунда	с	с	sec	1 с	1 с
Температура	градус Кельвіна	К	К	grad	—	—
2. Механічні одиниці						
Швидкість	метр за секунду	м/с	м/с	м/с	$10^2 \cdot$ м/с	$10^2 \cdot$ м/с
Прискорення	метр за секунду	м/с ²	м/с ²	m/sek ²	$10^2 \cdot$ см/с ²	$10^2 \cdot$ см/с ²
Енергія і робота	джоуль	кг · м ² /с ² = = Дж	Дж	j	10^7 ерг	10^7 ерг
Сила	ньютон	кг · м/с ² = = Дж/м	Н	N	10^5 дин	10^7 дин

Навчальне видання

Дерев'янчук Анатолій Йосипович,
Ляпа Микола Миколайович

АРТИЛЕРІЙСЬКІ ГАРМАТИ

Навчальний посібник

У п'яти частинах

Частина 3

ЛАФЕТИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ГАРМАТ

Художнє оформлення обкладинки В. О. Стрижа
Редактори: С. М. Симоненко, Н. З. Клочко
Комп'ютерне верстання: В. О. Стриж, І. І. Шпак

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 11,86. Обл.-вид. арк. 10,92. 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.