

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Војна академија Универзитета одбране у Београду



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Предмет: Интеграција наоружања на мобилне платформе

Број индекса: 314/2017

Марко Д. Симоновић

Симулациони модел тенковске борбе

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доцент др Александар Кари, дипл. инж. – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер рада кандидат треба да:

1. Опише проблем гађања из тенка, основне задатке и функције тенка као мобилне борбене платформе и систем за управљање ватром.
2. Опише проблем гађања у непосредној борби тенкова, дефинише основне проблеме гађања из тенка кроз компарацију са гађањем из артиљеријских оруђа,
3. Постави основне проблеме гађања у хоризонталној и вертикалној равни, односно, математичко – кинематске моделе у овим равнима,
4. Опише утицај закошености рамена колевке и стабилизацију линије гађања у хоризонталној и вертикалној равни,
5. На основу постављених модела изради алгоритам тенковске борбе и опише исти.

Препоручена литература:

[1] М. Милиновић, Б. Ђедовић, скрипта „Системи за управљање ватром“, Машински факултет, Београд, 2018.

[2] А. Кари, предавања из предмета „Интеграција наоружања на мобилне платформе“, ФИН, Крагујевац, 2017.

[3] Р. Јанковић „Симулациони модел сукоба две наоружане мобилне платформе“, YUINFO 2001, зборник радова, Копаоник, 2001.

Крагујевац, јул, 2018.

Ментор:

доцент др Александар Кари, дипл. инж.

Резиме

У овом раду описан је модел изненадне тенковске борбе. Пре свега, описан је развој тенкова кроз четири генерације. Почев од Првог светског рата, до данас, кроз ове четири генерације, могу се видети разна побољшања у производњи овог средства. Много модификација је извршено, не би ли се добила адекватна решења, која ће доминирати на бојним пољима.

Описан је и систем за управљање ватром код тенкова, компоненте овог система, његово функционисање и одржавање. Постављени су математички модели решавања проблема гађања у хоризонталној и вертикалној равни гађања. Такође, приказан је проблем гађања из тенка приликом његовог кретања по косом терену. На основу постављених математичких модела, одрађен је алгоритам тенковске борбе, који је такође приказан у раду и детаљно објашњен.

Abstract

This work is about the model of surprise tank fight. First of all, it describes the development of tanks through four generations. Since the World War I, till today, various improvements about production of this instrumentality can be seen. Many modifications were done to gain adequate solutions, which will dominate battlefields.

It describes system for controlling fire in tanks, components of this system, its functioning and its servicing.

Mathematical models for solving problems of firing in horizontal and vertical flat-out shooting. The problem of firing from tanks moving on sloping terrain is also shown. Considering given mathematical models, algorithm of tank fight has been done, which is also shown in the work, and explained in detail.

САДРЖАЈ

1. Увод	1
1.1. Развој тенка	3
1.1.1. Прва генерација тенкова	5
1.1.2. Друга генерација тенкова	10
1.1.3. Трећа генерација тенкова	15
1.1.4. Четврта генерација тенкова	21
1.2. Систем за управљање ватром – СУВ.....	27
1.2.1. Одржавање СУВ – а.....	30
2. Гађање у непосредној борби тенкова.....	32
2.1. Грешке при непосредном гађању	33
2.2. Проблеми гађања у непосредној борби тенкова	34
2.2.1. Гађање у хоризонталној равни	35
2.2.2. Гађање у вертикалној равни.....	42
3. Утицај закошености рамена колевке тенковског топа.....	46
3.1. Стабилизација линије гађања.....	48
4. Алгоритам тенковске борбе.....	50
5. Закључак	58
Списак слика	59
Списак табела	60
6. Литература	61

1. Увод

Тенк (слика 1.1) представља средство, намењено за уништавање непријатељске живе силе, оклопних средстава и различитих типова утврђења. То је тешко оклопљено и добро наоружано борбено возило, које се креће помоћу гусеница. Може самостално да дејствује по непријатељским положајима, или 'пак, може представљати подршку пешадији.

У односу на бројне типове и моделе оруђа за потребе копнене војске, тенк представља најмоћније и најсложеније борбено средство. Поред тога, он је и најскупље средство, јер његов развој повлачи за собом изузетно сложена конструкцијска решења, сложене системе за управљање, итд.

Сматра се да је за развој најбоље концепције тенка неопходно да се посвети иста пажња и ватреној моћи и оклопној заштити и покретљивости. Другим речима, сва три наведена фактора морају да буду стављена под исти приоритет. [1]



Слика 1.1. Тенк – мобилна борбена платформа [2]

Основни делови тенка су: наоружање, купола, гусенице, тело и мотор.

Посаду тенка чине три или четири члана. Посаду од три члана чине: командир, возач и нишанџија. Док није почео да се примењује аутоматски пуњач топа, тенк је имао четворочлану посаду и као четврти члан, био је послужилац топа.

С обзиром на то, да је основна намена тенка уништавање оклопних, противоклопних и других борбених средстава, живе силе и разних објеката, за успешну реализацију поменутих намена, тенк се служи двају типа наоружања: основним и додатним (слика 1.2).

Намена основног наоружања је уништавање циљева велике ватрене моћи и добре заштите, односно, других тенкова, самоходних оруђа и томе слично. [1]

Када су се појавили први примерци тенкова, основно наоружање им је био одређени број митраљеза, да би убрзо након тога почела интеграција топова на њима. Од тада топ постаје основно наоружање на тенку. Калибар првих тенковских топова износио је 57 mm, да би се временом тај број повећавао. Данашњи тенковски топови су калибра преко 100 mm и имају изузетну ватрену моћ. Ватрену моћ карактеришу три основна елемента:

- прецизност гађања,
- брзина реаговања,
- дејство на циљу.

Што се тиче додатног наоружања, то су углавном различити типови митраљеза. Намена додатног наоружања је уништавање и неутралисање противоклопних средстава, намењених за блиску борбу (разни ручни бацачи граната на пример), затим, за уништавање лако оклопљених ваздушних циљева и уништавање непријатељске живе силе. Постоји један изузетак, где је као додатно наоружање примењен аутоматски топ 20 mm. Овај топ је био интегрисан на француском тенку **AMX 30**. Такође, постоји случај, где је као додатно наоружање интегрисан минобацач калибра 60 mm. Оваква ситуација је везана за израелски тенк **Merkava Mk1**.

Најчешћи калибри митраљеза су 7,62 mm и 12,7 mm.



Слика 1.2. Наоружања на тенку [3]

1.1. Развој тенка

Од појаве тенка у Првом светском рату, до данас, доста се радило на његовом развоју, те је интересовање стручњака у тој области било велико. Све велике светске силе су желеле да постигну доминацију. Након светских ратова, сагледани су резултати коришћења тенкова, увидео се њихов велики значај на бојном пољу, те се доста земаља одлучило да начини корак у смеру покретања њихове израде. [1]

Током Другог светског рата дефинисана је подела тенкова на лаке, средње и тешке.

Ова подела је извршена на бази ватрене моћи, а не на основу тежине тенкова. Лаки тенкови су служили као подршка пешадији. Средњи тенкови су били намењени за све што намена тенка заправо обухвата и они су се највише производили. Тешки тенкови су били намењени првенствено за уништавање непријатељских тенкова и, у принципу, служили су и као подршка средњим тенковима.

Тенк, који је обележио овај рат је руски **Т – 34** (слика 1.3). Припадао је групи средњих тенкова. Представљао је најутицајнији тенк Другог светског рата, без обзира што су тада развијани тенкови од стране других земаља са бољим оклопом и наоружањем. Произвођен је од 1940. до 1958. године. Чинио је основу руских оклопних снага. Касније је уведен у оперативну употребу и у многим земљама. Занимљиво је то да се примењивао у 27 земаља чак до 1996. године. [4]

Његова комбинација оклопне заштите, покретљивости и снажног наоружања била је изузетно уравнотежена.

Оклоп је садржао плоче, постављене под одговарајућим углом, које су омогућиле већу ефикасност оклопа, а такође је повећана и могућност рикошетирања гранате, ако дође до поготка од стране непријатеља.

Покретао се помоћу дизел мотора снаге 480 КС. Широке гусенице су му олакшавале кретање по блату и снегу. Основно наоружање чинио је топ калибра 76,2 mm, који је био довољно јак, да онеспособи или уништи било који тенк из тог времена. Додатно наоружање представљала су два интегрисана митраљеза калибра 7,9 mm. [4]



Слика 1.3. Руски тенк Т-34 [5]

Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 34 приказане су у табели 1.1.

Карактеристике тенка Т – 34	
Дужина	6,75 m
Ширина	2,45 m
Висина	3 m
Маса	27,9 t
Основно наоружање	Топ 76,2 mm
Додатно наоружање	Митраљез 2 x 7,9 mm
Оклоп	45/45/45 mm
Брзина	53 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	84 070

Табела 1.1. Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 34

Тенк Т – 34 је први пут изашао на бојно поље у бици за Смоленск 1941. године, где је шокирао немачке снаге својом брзином и ватреном моћи свог топа.

Ипак, његова слаба страна је био мотор и уопште цео погонски систем, јер се доста кварио и то је био разлог због ког су Руси изгубили око 50% од укупног броја тенка који су дејствовали у бици за Смоленск. Било је ту још разлога, због којих су Руси имали толике губитке, као на пример: лоша увежбаност посаде, недостатак способних официра, итд.

На тенку Т–34 су често вршене модификације, ради побољшања његових карактеристика. Друга верзија је имала назив **Т–34-85**, који је, као основно наоружање, имао топ калибра 85 mm. Оклоп је био бољи, у односу на претходну верзију и износио је 20 – 90 mm.

Тенк је тежио 32 тоне. Од 1944. до 1945. године, произведено је око 23 000 тенка овог модела.

Развој тенкова се огледа кроз четири генерације. Генерације тенкова обухватају период од 1950. године, до данас. Свака деценија донела је неки новитет код тенкова. Побољшавано је његово наоружање, развијани су бољи оклопи, радило се доста на његовој покретљивости по разним срединама, итд. Другим речима, трка за развој доминантног тенка између светских сила траје већ дуги низ година, а крај јој се неће скоро назрети. [6]

1.1.1. Прва генерација тенкова

Прва генерација датира у периоду након завршетка Другог светског рата, до 1960. године. На основу искустава из рата, светске силе су биле решене да развију тенк, који ће бити значајно напреднији, у односу на претходне моделе. Бациле су се на размишљање о томе како да, за што краће време, развију модерније средство, како би у сваком евентуалном сукобу биле у предности, у односу на противника.

Овај период је такође карактеристичан по томе што су се модификацијама отклањали недостаци, уочени током рата, а завршавао се и развој средстава, која нису била завршена током истог. И даље је актуелна подела на лаке, средње и тешке, али су и даље предњачили средњи. Више се пажња посвећивала ватреној моћи оруђа. Тенкови, који су обележили овај период су: амерички тенк **M103**, руски **Т – 55**, британски **Centurion**, итд. [6]

1.1.1.1. Тенк M103

Представља средство америчке производње. Спада у групу тешких тенкова и до појаве америчког тенка **M1A1** средином осамдесетих година, важио је за најтежи тенк, који је америчка војска имала у својој оперативној употреби.

Иначе, почео је да се примењује у америчкој војсци 1954. године. Развијен је од стране фирме **Chrysler**.

Развијен је са намером да Американци имају средство, довољно добро да парира руским тешким тенковима **T – 10** и **Josif Staljin**. Као основно наоружање, на њему је био интегрисан топ калибра 120 mm. Топ је био довољне ватрене моћи да уништава противничке тенкове на великим удаљеностима, међутим, никада није имао прилику да се опроба у некој бици. Додатно наоружање чинили су митраљез калибра 7,62 mm и митраљез калибра 12,7 mm.

Тенк M103 има много делова који се садрже и на тенковима **M47**, **M48** и **M60 Patton**. Ипак, пошто овај тенк има далеко већу тежину од осталих набројаних средстава, већина делова је претрпела одређене модификације, ради обезбеђивања могућности да поднесу велику масу тенка. [4]

Тенк M103 приказан је на слици 1.4.



Слика 1.4. Амерички тенк M103 [7]

Тежина је представљала проблем и погонском делу тенка. Американци никада нису успели да ускладе мотор и пренос снаге, чиме би осигурали добру покретљивост тенка, па управо слаба покретљивост представља највећу ману овог средства.

Купола је већих размера, како би могао да се интегрише топ калибра 120 mm. Тенк је имао добар оклоп, задовољавајуће дебљине са свих његових страна.

На предњем делу, кретао се од 100 до 130 mm, на боковима 76. Предњи део куполе је имао оклоп дебљине 180 mm, а бочне стране куполе 76 mm.

Развијено је неколико верзија овог средства: **М103, М103А1, М103А2**. Тенк М103 је 1974. године повучен из оперативне употребе у америчкој војсци.

Тактичко – техничке карактеристике тенка М103 приказане су у табели 1.2. [4]

Карактеристике тенка М103	
Дужина	11,32 m
Висина	3,76 m
Ширина	2,88 m
Маса	58 t
Основно наоружање	Топ 120 mm М58
Додатно наоружање	Митраљез 7,62 mm М1919А4Е1
	Митраљез 12,7 mm М2 Browning
Оклоп	76 – 180 mm
Брзина	34 km/h
Посада	5 чланова
Број израђених примерака	300

Табела 1.2. Тактичко – техничке карактеристике тенка М103

1.1.1.2. Тенк Т – 54/Т – 55

Током рата Руси су желели да развију средство, по карактеристикама, напредније од тенка **Т – 34**. Увођењем у оперативну употребу, тенк **Т – 54** (слика 1.5) је заменио свог претходника. Спада у групу средњих тенкова. Серијска производња тенка Т – 54 је почела 1950. године и трајала је до 1960. када је развијен тенк **Т – 62**. По неким проценама, произведено је 60 000 – 70 000 тенкова **Т – 54/Т – 55**.

Вршене су бројне модификације, тако да је развијено неколико верзија овог средства: **Т – 54, Т – 54А, Т – 54Б, Т – 54Ц и Т – 55**.

Са спољашње стране, разлике између ових верзија готово да и не постоје. Модификације су углавном вршене са аспекта снаге мотора, борбеног комплета, облика куполе.

Основно наоружање му је топ калибра 100 mm. Уградњом овог топа, ког карактеришу веома добре особине, Руси су постигли да њихово средство, са аспекта ватрене моћи, буде десет година испред тенкова, које је производио запад.

Као додатно наоружање, на њему је интегрисан митраљез калибра 12,7 mm.

Борбени комплет топа чини 56 граната. [4]



Слика 1.5. Руски тенк Т – 54 [8]

Радило се доста на његовом дизајнирању, те је постигнуто да буде релативно мале висине и масе. Имао је одличан панцирни оклоп и то, напред дебљине 200 mm, на боковима 80 mm. Имао је добру покретљивост и без проблема је дејствовао у свим климатским условима. Све ове одличне карактеристике чиниле су Т – 54 једним изванредним средством, веома лаким за руковање и одржавање. У то време, није постојао тенк, који би могао да се носи са овим средством. Иако је био знатно напреднији од тенкова на западу, његова цена је била доста мања, у односу на њих.

У табели 1.3 приказане су тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 54.

Карактеристике тенка Т – 54	
Дужина	6,45 m
Ширина	3,27 m
Висина	2,40 m
Маса	36,6 t
Основно наоружање	Топ 100 mm D – 10Т
Додатно наоружање	Митраљез 12,7 mm DŠK
Оклоп	200/80/45 mm
Брзина	48 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	60 000 – 70 000

Табела 1.3. Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 54

1.1.1.3. Тенк Centurion

Тенк Centurion (слика 1.6) представља средство британске производње. Почео је да се примењује релативно брзо након завршетка Другог светског рата. Био је главни тенк британске армије. Његов развој започиње током рата, тачније 1943. године. Прототип је већ наредне године био завршен, да би 1945. године отпочела прва тестирања. Спада у групу средњих тенкова. Његова намена је обухватала уништавање различитих непријатељских објеката, оклопних возила и живе силе. Производњу су обележиле три верзије овог средства: **Centurion I**, **Centurion II** и **Centurion III**.

Прва верзија тенка је била наоружана топом калибра 76 mm, који је представљао његово основно наоружање. Као додатно наоружање, на њему је био интегрисан митраљез калибра 7,92 mm. Посаду је чинило 4 члана. [4]



Слика 1.6. Британски тенк Centurion [9]

Овај тенк је имао жирокоп у свом саставу, што му је омогућило да гађа циљеве у покрету. То је иначе први британски тенк са оваквом могућношћу. Као што је поменуто, развијено је неколико верзија, с обзиром да је често трпео модификације. Модификација, која, у принципу, представља највећу промену на овом тенку, је замена главног наоружања. Уместо првобитног топа, уграђен је топ калибра 105 mm, са ожлебљеном цеви. Овом променом, добијена је трећа верзија **Centurion III**.

Доста армија у свету, је увело овај тенк у оперативну употребу. Први пут је на бојишту употребљен током Корејског рата. У табели 1.4 приказане су тактичко – техничке карактеристике овог средства.

Карактеристике тенка Centurion	
Дужина	7,47 m
Ширина	3,4 m
Висина	3,02 m
Маса	43,2 t
Основно наоружање	Топ 76 mm QF 17
Додатно наоружање	Митраљез 7,92 mm Besa
Оклоп	51 – 152 mm
Брзина	35 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	4423

Табела 1.4. Тактичко – техничке карактеристике тенка Centurion

1.1.2. Друга генерација тенкова

Друга генерација тенкова обухвата период од 1960. до 1970. године. Код средњих тенкова је побољшана ватрена моћ, те они прелазе у категорију тешких. Нови тенкови добијају назив ОБТ – основни борбени тенк.

Новитети, који су обележили другу генерацију тенкова су:

- примена стабилизације основног наоружања,
- примена система за ноћно осматрање,
- примена механичке балистичке заштите,
- заштита од оружја масовног уништења,
- повећање калибра топа на 105 – 115 mm.

Средства, која су се добро показала, а припадају овој генерацији, су: руски тенк **Т – 62**, немачки **Leopard 1**, амерички **M60 Patton**, итд. Повећао се и број произвођача тенкова. Неке од земаља, које су се ухватиле у коштац са проблематиком развоја тенка су: Шведска, Јапан, Кина, Израел, Италија, итд. [6]

1.1.2.1. Руски тенк Т – 62

Тенк **Т – 62** представља руски тенк друге генерације (слика 1.7). Производио се у периоду од 1961. до 1975. године. У принципу, представља побољшани тенк **Т – 55**. Због топа већег калибра, захтевао је и већу куполу, те је она замењена новом. Могао је да дејствује ноћу, јер је имао уређај за ноћно осматрање. Добра карактеристика је и та, да је имао могућност стварања димне завесе, што је помагало у сопственој одбрани. [4]



Слика 1.7. Руски тенк Т – 62 [10]

Основно наоружање овог средства је топ калибра 115 mm. Руси су желели овај калибар из разлога што су произвели јаче гранате, тако да им је требао и јачи топ. Топ је имао глатку цев. Гађањем из овог топа поткалибарним пројектилом, на даљини од 1000 метара од циља, оклоп од хомогеног челика дебљине 228 mm, је могао без проблема бити пробијен. Кумулативни пројектил је, при истом растојању пробијао знатно дебљи оклоп и то од 495 mm. Што се тиче сопственог оклопа, није био баш на добром гласу. Био је нешто дебљи од оклопа на тенку Т – 55, али није могао да буде отпоран на пројектиле које је производио запад, а који су у то време сејали страх на бојним пољима. Крај његове оперативне употребе у руској војсци је дошао, након развоја тенкова **Т – 64** и **Т – 72**. [4]

Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 62 приказане су у табели 1.5

Карактеристике тенка Т – 62	
Дужина	9,33 m
Ширина	3,3 m
Висина	2,4m
Маса	40 t
Основно наоружање	Топ 145 mm 2A20
Додатно наоружање	Митраљез 7,62 mm РКМТ
Оклоп	Макс. 245 mm
Брзина	50 km/h
Посада	4
Број израђених примерака	22 700

Табела 1.5. Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 62

1.1.2.2. Тенк Leopard 1

Тенк **Leopard 1** (слика 1.8) представља средство, произведено од стране Немачке. Припада другој генерацији тенкова и налази се у светском врху тенкова из тог доба, са аспекта квалитета. Серијска производња започиње 1963. године. Већ 1965. године улази у оперативну употребу немачке војске.

Развој тенка је започео немачко – француским договором о стварању заједничког средства. Међутим, убрзо по почетку пројекта, две државе су имале различита мишљења, те је дошло до неслагања, тако да је сарадња завршена. Тада Немци почињу да развијају свој тенк **Leopard 1**, а Французи започињу развој тенка **AMX – 30**. Производио се до 1979. године. Међутим, две године касније, Немци добијају поруџбину од стране Грчке и Турске, те почињу поново са производњом. [4]

Основно наоружање му је топ калибра 105 mm, док додатно представљају 2 митраљеза калибра 7,62 mm. Такође, као додатно наоружање, ово средство има 8 бацача димних кутија. Борбени комплет чине 13 метака у куполи и још 42 унутар тела тенка.

Имао је могућност ноћног осматрања и нишањења, јер је имао у себи уграђене ИС уређаје. Занимљива ствар је његова могућност прелажења водене препреке и то, до дубине од 2,25 метара без припреме, или са минималном припремом и до дубине од 4 метара у одређеним околностима и уз добру припрему. [4]



Слика 1.8. Немачки тенк *Leopard I* [11]

Више земаља је ово средство имало у својим редовима. Тактичко – техничке карактеристике овог тенка, приказане су у табели 1.6.

Карактеристике тенка Leopard 1	
Дужина	9,54 m
Ширина	3,25 m
Висина	2,64 m
Маса	42,4 t
Основно наоружање	топ 105 mm L7A3
Додатно наоружање	2 митраљеза 7,62 mm MG3 8 бацача димних кутија
Оклоп	10 – 70 mm
Брзина	65 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	6 325

Табела 1.6. Тактичко – техничке карактеристике тенка *Leopard 1*

1.1.2.3. Тенк M60 Patton

Тенк **M60 Patton** (слика 1.9) представља амерички главни борбени тенк друге генерације. Уведен је у оперативну употребу 1960. године. Доста је примењиван од стране НАТО – а током Хладног рата.

Његов развој је покренут са намером да Америка добије средство које ће моћи у сваком тренутку да се супротстави руским тенковима тог доба. База овог средства је тенк **M48**, који је био упрегнут многим модификацијама, не би ли се добило жељено средство.

Док су трајале припреме за производњу прототипа, овај тенк је носио назив **M68**, да би касније, након завршетка производње променио назив у M60. [4]

Жеља Американаца је да се изради тенк одличне покретљивости и великог домета, са што мање сервисирања. Труп овог тенка је сачињен из два дела. У првом се налазила посада, док је други био намењен за мотор.

Основно наоружање био му је топ калибра 105 mm. Додатно наоружање карактерисали су митраљез калибра 7,62mm и митраљез калибра 12,7 mm. [4]



Слика 1.9. Амерички тенк M60 Patton [12]

Вршене су модификације куполе, оклопа и амортизера, тако да је 1963. године настао тенк **M60A1**. Ова верзија је имала систем за стабилизацију топа, али без могућности гађања у покрету, јер је овај систем задржавао цев топа у једном правцу приликом кретања тенка.

Након ове верзије, одрађене су и верзије **M60A2** и **M60A3**. Верзија **M60A3** је садржала доста технолошких побољшања. Додат је бацач димних кутија, промењено је осветљење, монтиран је ласерски даљиномер, систем за стабилизацију куполе, итд. [4]

Тактичко – техничке карактеристике тенка M60 Patton приказане су у табели 1.7.

Карактеристике тенка M60 Patton	
Дужина	6,95 m
Ширина	3,63 m
Висина	3,21 m
Маса	46,3 t
Основно наоружање	Топ 105 mm M68
Додатно наоружање	Митраљез 7,62 mm M73 Митраљез 12,7 mm M85
Оклоп	120 mm
Брзина	48 km/h
Посада	4
Број израђених примерака	15 000

Табела 1.7. Тактичко – техничке карактеристике тенка M60 Patton

1997. године, америчка војска га повлачи из оперативне употребе. Данас га највише примењује Египат, који у својим редовима има 1716 примерака тенка M60. Друга земља по реду је Турска са 866 примерака овог средства, док је трећи Израел са 700.

1.1.3. Трећа генерација тенкова

Трећа генерација тенкова представља период од 1970. до 1980. године. Мишљења су подељена по питању категоризације овог периода. Поједини мисле да овај период представља неки прелазни период, а не нову генерацију тенкова, док други мисле да је ово сасвим нова генерација. Било како било, ову деценију карактерише усавршавање постојећих средстава, увођење адекватних система за управљање ватром, итд. Неки од представника ове генерације тенкова су: руски **T – 72**, израелски **Merkava Mk1**, јапански **Tip – 74**, итд. [6]

1.1.3.1. Тенк Т – 72

Тенк Т – 72 (слика 1.10) представља руски основни борбени тенк. Његова производња почиње 1973. године. Производио се у великим количинама, те, поред тенка Т – 55, представља најраспрострањенији тенк, произведен у Русији.

Имао је велику ватрену моћ. Труп овог средства је урађен на готово исти начин као и код претходних руских производа. Тенк Т – 72 је имао могућност коришћења опреме за постављање мина.

Основно наоружање му је био топ 125 mm 2А46М. Борбени комплет у тенку чине 39 граната. Могу се користити високо експлозивне противтенковске гранате, високо експлозивне распрскавајуће гранате или кинетичка противоклопна зрна. Из овог топа се могло гађати и вођеном противтенковском ракетом.

Додатно наоружање чинио је интегрисан митраљез калибра 12,7 mm. Служио је за дејствовање по непријатељским нисколетећим објектима и лакше оклопљеним објектима. Такође, као додатно наоружање, био је интегрисан и митраљез калибра 7,62 mm.

На боковима тенка монтирано је по 6 бацача димних кутија. [4]



Слика 1.10. Руски тенк Т – 72 [13]

Много земаља је имало ово средство у својим редовима. Југославија је купила лиценцу за производњу, да би 1982. године изашли први примерци из фабрике. Производња у серијама је текла споро, јер се развијао нови систем за управљање ватром.

Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 72 приказане су у табели 1.8.

Карактеристике тенка Т - 72	
Дужина	6,9 m
Ширина	3,6 m
Висина	2,2 m
Маса	41 t
Основно наоружање	Топ 125 mm 2A46M
Додатно наоружање	Митраљез 12,7 mm NSV Митраљез 7,62 mm PKMT
Оклоп	Композитни оклоп
Брзина	60 km/h
Посада	3 члана
Број израђених примерака	25 000

Табела 1.8. Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 72

1.1.3.2. Тенк Merkava Mk1

Овај тенк представља средство израелске производње (слика 1.11). Развој је започео 1965. године и обухвата сва претходно стечена искуства оклопног ратовања. Израел је желео своје средство да прилагоди пустињским условима. Делови тенка су светске производње. Примењивани су делови произведени у Америци, Великој Британији и Француској.

Развијен је са намером да потпомаже одбрани, али је било прилика да учествује у офанзивним акцијама, где се јако добро показао. Првобитно је Израел са Великом Британијом склопио договор о заједничком развоју британског тенка **Cheftain**.

Прва два прототипа си допремљена у Израел ради тестирања 1967. године. 1969. године Британија захтева од Израела да врати тенкове назад, чиме је завршена њихова сарадња.

Израел је жалио за неколико изгубљених година, те је одлучио да поново покрене свој пројекат. 1974. године завршени су први прототипови. Након годину дана, Израел је већ имао 30 примерака, спремних за обучавања јединица. [4]



Слика 1.11. Израелски тенк Merkava Mk1 [14]

За разлику од других средстава овог типа у свету, Merkava Mk1 је садржао мотор у свом предњем делу, што је представљало чудан дизајн, јер је на тенковима увек мотор био позади из разлога, што они углавном бивају погођени спреда. Ипак, конструктори су наишли на одлично решење, које се огледа у премештању куполе више позади. Самим тим и посада је повучена више позади, што ју је чинило добро заштићеном од погодака спреда.

Због своје енормне тежине, није имао добру покретљивост, али Израел у томе није видео проблем, јер су га свакако произвели за дефанзивне акције. Основно наоружање му је топ калибра 105 mm.

Као додатно наоружање, имао је два митраљеза калибра 7,62 mm и минобацач калибра 60 mm, што није баш била учестала појава на средствима оваквог типа.

Развијено је више верзија овог тенка и то: **Merkava 1**, **Merkava 2** са своје две подверзије, **Merkava 3** и **Merkava 4**. [4]

Тактичко – техничке карактеристике овог средства, приказане су у табели 1.9.

Карактеристике тенка Merkava Mk 1	
Дужина	8,63 m
Ширина	3,7 m
Висина	2,64 m
Маса	60 t
Основно наоружање	Тор 105 mm L7
Додатно наоружање	2 митраљеза 7,62 mm 1 минобацач 60 mm
Оклоп	Композитни оклоп
Брзина	46 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	-

Табела 1.9. Тактичко – техничке карактеристике тенка Merkava Mk1

1.1.3.3. Тенк Type – 74

Тенк Type – 74 (слика 1.12) представља јапански производ који припада трећој генерацији тенкова. Произведен је од стране фирме **Mitsubishi Heavy Industries**. Наследио је претходно примењивано средство **Type – 61**. Развој тенка започиње 1962. године.

Јапанци су увидели да тенк **Type – 61** није достојан противник совјетским средствима тог доба, те су морали предузети нешто по питању тога. Неки први предлози су обухватили делове са неколико светских тенкова. Оригиналне идеје карактеришу нови аутоматски пуњач топа и ротирајућу куполу за командира. Прототип је био готов 1964. године, када су извршена и прва тестирања. До 1969. године, на њему је извршено доста измена. На пример, аутоматски пуњач је био изузетно сложене конструкције, што повлачи за собом и више новца за улагање, те су конструктори били принуђени да га замене. Куполу су продужили. Такође, интегрисан митраљез, даљински управљан, је морао бити уклоњен.

Све ово је резултирало новим прототипом, под називом STB – 6, који је завршен 1973. године.

Серијска производња започиње 1975. године, а тенк тада добија нови назив **Type – 74**. [4]



Слика 1.12. *Јапански тенк Туре – 74 [15]*

Основно наоружање му је топ калибра 105 mm, док му додатно чине митраљез 12,7 mm и митраљез 7,62 mm. Дебљина оклопа се креће од 189 до 195 mm. Тактичко – техничке карактеристике су приказане у табели 1.10.

Карактеристике тенка Туре – 74	
Дужина	9,41 m
Ширина	3,18 m
Висина	2,25 m
Маса	38 t
Основно наоружање	Топ 105 mm
Додатно наоружање	Митраљез 12,7 mm M2HB Митраљез 7,62 mm
Оклоп	189 – 195 mm
Брзина	53 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	893

Табела 1.10. *Тактичко – техничке карактеристике тенка Туре – 74*

1.1.4. Четврта генерација тенкова

Период од 1980. до 1990. године карактеристичан је по новој генерацији тенкова. У питању је четврта по реду. Развијају се напреднији тенкови, изузетних могућности, у односу на претходне генерације. Пажња се придавала модификацији многих елемената тенка.

Тежило се ка томе да се модификују следеће перформансе тенка:

- побољшање система за управљање ватром – извршена је интеграција овог система у тенку (рачунар, ласерски даљиномер, разни сензори, итд.),
- калибар оруђа је повећан на 120 – 125 mm,
- смањен је број чланова посаде,
- уведено је хидропнеуматско ослањање, итд.

Ову генерацију су обележили следећи модели тенкова: амерички **M1A1 Abrams**, италијански **Ariete – C1**, немачки **Leopard 2**, југословенски **M – 84**, итд. [6]

1.1.4.1. Тенк Ariete – C1

Као што је раније напоменуто, поред других светских сила и Италија је имала намеру да започне мозгање око развоја свог тенка. Развили су средство треће генерације под називом **Ariete – C1** (слика 1.13). Сudeћи по својим карактеристикама, не успева да се наметне у свету. Заостајао је доста за својим вршњацима, немачким **Leopardom 2**, америчким **M1 Abramsom**, јапанским тенком **Tip – 90**.

Највећа предност му је релативно ниска цена, која износи око 3 милиона америчких долара.

Развој тенка започиње 1984. године. Први прототип је завршен 1986. а серија од 5 примерака за пробу до 1988. године. Серијска производња за оперативну употребу је започета 1995. године, а увођење у редове италијанске војске је кренуло 1997. године. [4]

Основно наоружање овог тенка је топ калибра 120 mm. Може испаљивати све гранате, предвиђене за **Leoparda 2** и **M1 Abramsa**. Дакле, могу се испаљивати поткалибарни, кумулативни, димни и осветљавајући пројектил. Борбени комплет се састоји од 15 граната у куполи и додатних 27 у телу тенка.

Стабилизација топа врши се помоћу електро – хидрауличног система, што представља застарелу методу.

Као додатно наоружање тенка, интегрисана су два митраљеза калибра 7,62 mm. На свакој страни куполе постављена су по четири бацача калибра 80 mm, из којих се могу испаљивати осветљавајући и димни пројектили. [4]



Слика 1.13. *Италијански тенк Ariete – C1* [16]

Што се тиче оклопа, ово средство користи комбинацију вишеслојног (сендвич) оклопа и хомогеног челика. Сендвич оклопом тенк је ојачан на предњој страни тела и куполе тенка, јер оне представљају најугроженија места. Под тенка садржи отвор за напуштање тенка, услед неких неприлика.

Тактичко – техничке карактеристике овог средства приказане су у табели 1.11.

Карактеристике тенка Ariete – C1	
Дужина	9,67 m
Ширина	3,60 m
Висина	2,5 m
Маса	54 t
Основно наоружање	Топ 120 mm L44
Додатно наоружање	2 митраљеза 7,62 mm MG3
Оклоп	Вишеслојни са хомогеним челичним плочама
Брзина	65 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	200

Табела 1.11. *Тактичко – техничке карактеристике тенка Ariete – C1*

1.1.4.2. Тенк Leopard 2

Leopard 2 (слика 1.14) представља средство немачке производње и спада у групу најбољих савремених тенкова. Развој тенка започиње 1963. године. Развијен је са намером да замени прву верзију Leoparda, односно, Leoparda 1, што коначно чини 1979. године. Габаритне мере тенка су нешто веће у односу на друге типове овог средства. Конструкција тенка је подељена на три сектора. Предњи сектор је сектор за возача, средњи за наоружање, а задњи представља моторни простор. [4]



Слика 1.14. Немачки тенк Leopard 2 [17]

Возачев сектор садржи три осматрачка перископа. Возач има могућност осматрања простора иза тенка, што му пружа камера на задњој страни тенка.

Основно наоружање му је глаткоцевни топ калибра 120 mm. Цев топа има дужину од 55 калибара, што резултира већом прецизношћу при гађању и већим дометом пројектила.

Топ се ручно пуни. Борбени комплет му се састоји од 15 метака у куполи и додатних 27 метака, смештених у предњем делу тенка.

Као додатно наоружање, интегрисана су два митраљеза калибра 7,62 mm. Један је спрегнут заједно са топом, док је други независан од њих и служи за гађање циљева у ваздуху.

У борбеним условима, овај тенк може, током кретања на бојишту, учити противнички тенк у покрету на даљинама до 5000 метара. Leopard 2 има одличну заштиту за посаду, јер користи композитни вишеслојни оклоп, али такође и допунску заштиту на предњем делу куполе и тела тенка и на бочним деловима тенка. Под тенка садржи одличну заштиту од противтенковских мина. [4]

Тактичко – техничке карактеристике тенка Leopard 2 су приказане у табели 1.12.

Карактеристике тенка Leopard 2	
Дужина	10,97 m
Ширина	3,7 m
Висина	3 m
Маса	61 t
Основно наоружање	глаткоцевни топ 120 mm Rheinmetall L55
Додатно наоружање	2 митраљеза 7,62 mm MG3A1
Оклоп	Композитни вишеслојни оклоп
Брзина	68 km/h
Посада	4 члана
Број израђених примерака	6 000

Табела 1.12. *Тактичко – техничке карактеристике тенка Leopard 2*

1.1.4.3. Тенк М – 84

Представља тенк четврте генерације, произведен на просторима бивше SFRJ. Купљена је лиценца за руски тенк Т – 72М.

Током седамдесетих година прошлог века донета је одлука о започињању развоја првог тенка на овим просторима. Стручњаци нису имали никаквих искустава у пројектовању и производњи средстава оваквог типа, те су одлучили да као базу тенка узму неки већ постојећи модел треће генерације. Од Руса је добијена само конструкциона документација, али не за комплетан тенк. Југословени нису имали податке о неопходној оклопној заштити и коришћењу специјалних материјала за њу. Војнотехнички институт је био приморан да се ухвати у коштац са разноразним модификацијама и изменама неких од подсистема.

У процесу развоја тенка, дошло је до развоја нових панцирних челика и неметала за оклопну заштиту. Развијено је око четрдесет специјалних челика за јако оптерећене делове тенка.

Тело тенка је састављено од вишеслојних оклопних плоча (сендвич оклоп). У сендвич оклопу је уграђен један керамички слој, који смањује ефекте дејства кумулативних пројектила, а такође и други неметали, који оклоп чине еластичнијим. [4]

На предњој страни тенка оклоп је дебљине 231 mm, на бочним странама се креће од 70 до 80 mm.

Примењени су системи домаће производње и то, средства везе, оптичке справе, нове гусенице, систем за управљање ватром, итд. Након обављених измена, тенк М – 84 се разликовао од тенка Т – 72 за око 60 %.

По својој ватреној моћи, покретљивости и оклопној заштити, тенк М – 84 је представљао најбољи тенк у свету тог доба. [4]

Основно наоружање овог тенка је топ калибра 125 mm, док су страни тенкови имали топове калибра 115 – 120 mm. Овај тенк је имао аутоматски пуњач, док други тенкови то нису имали.

Борбени комплет је сачињен од 42 пројектила. 22 су смештена у кружном транспортеру, а осталих 20 је распоређено у телу тенка. Топ може да испаљује поткалибарне, тренутно – фугасне и кумулативне пројектиле.

Што се тиче додатног наоружања, има интегрисан митраљез калибра 7,62 mm РКТ и један противавионски митраљез калибра 12,7 mm. Такође, на њему се налази 12 бацача димних кутија.

Маса тенка је била знатно мања од немачких и америчких средстава.

Имао је, у односу на њих, за 50 % већу покретљивост. Брзина поткалибарног пројектила је износила 1800 m/s и он је могао да пробије било који савремени оклоп на удаљености од 2000 m. [4]

Систем за управљање ватром је био савременији од сви осталих.

На слици 1.15. приказан је тенк М – 84.



Слика 1.15. Југословенски тенк М – 84 [18]

Прототип тенка М – 84 је произведен 1983. године, а већ 1984. креће серијска производња. Први пут је јавности представљен 1985. године на паради у Београду.

Тенк је за врло кратко време пројектован и произведен. Целокупна ова проблематика је решена у року од 5 година.

Развијено је неколико верзија тенка М – 84 и то: **М – 84А**, **М – 84К** (командни тенк), **М – 84АВ** (варијанта за извоз), **М – 84АВК** (командни тенк за извоз), **М – 84АВН** (извозни тенк са навигационим системом Teldiks) и тенкови за извлачење **М – 84АІ** и **М – 84АВІ**.

Тенк је врло мале висине. У свету је од њега нижи само шведски тенк типа S, који нема куполу.

У табели 1.13 приказане су тактичко – техничке карактеристике тенка М – 84.

Карактеристике тенка М – 84	
Дужина	6, 86 m
Ширина	3,57 m
Висина	2,19 m
Маса	42 t
Основно наоружање	Топ 125 mm 2A46
Додатно наоружање	Митраљез 7,62 mm РКТ ПАМ 12,7 mm
Оклоп	Композитни оклоп
Брзина	65 km/h
Посада	3 члана
Број израђених примерака	650

Табела 1.13. *Тактичко – техничке карактеристике тенка М – 84*

1.2. Систем за управљање ватром – СУВ

Убрзани развој оптичких нишанских справа, серво – механизма, рачунара, ласерских даљиномера, сензора, итд. омогућио је да се развије, у релативно кратком времену, систем за управљање ватром. Настанком овог система, омогућено је растерећење посаде тенка, повећање вероватноће погађања, било да се гађа из покрета, или из места циљ у покрету или у мировању.

Систем за управљање ватром представља један сложен систем помоћу ког оруђа откривају циљ, заузимају потребне елементе за гађање и погађају исти. Сложен је из разлога што садржи многе уређаје, разне активности на бази математичких модела и бројну неопходну мерну опрему. Састоји се од:

- интегрисане дневно – ноћне пасивне нишанске справе и ласерског даљиномера,
- система за управљање и стабилизацију оруђа и оптичког девијатора у нишанској справи,
- рачунара и интерфејса,
- метео сензора, сензора температуре муниције и уређаја за мерење нагиба тенка. [19]

Сав овај скуп елемената, који чине СУВ, има задатак да благовремено открије циљ и његов положај и одреди елементе за гађање, како би исто било извршено на најбољи могући начин. Постоје неколико варијанти гађања и у зависности од њих, СУВ ће лакше или теже да обезбеди све потребно за погодак.

Те варијанте заправо представљају одређена питања, која се свODE на то:

- да ли се жељени циљ креће, или је 'пак, у стању мировања,
- да ли оруђе које гађа, гађа вођеним или невођеним пројектилом,
- да ли оруђе које гађа, гађа из покрета, или мирује.

Свако оруђе има СУВ. У зависности од оруђа, постоје различити типови СУВ – а, али све њих карактеришу три основне групе уређаја: сензори, рачунари и извршни органи.

Сензори представљају уређаје за прикупљање неопходних параметара и информација, неопходних за гађање. Овде могу да се сврстају параметри, везани за положај циља, климатске услове у тренутној ситуацији, итд. Постоје две групе сензора.

Сензори за благовремено откривање циља. По откривању, они региструју координате циља и прате га, где год се кретао, наравно, у складу са дометом који покривају. Све те податке памте у рачунару. Ову групу сензора карактерише подела на активне и пасивне.

Активни сензори представљају радаре и ласерске даљинометре. Принцип рада им се своди на рефлектовање енергије објекта који зрачи, те на тај начин обезбеђује потребне информације о положају циља и његовој удаљености од тенка који гађа. Карактеристика, која представља њихову ману, је та, што и они зраче, па могу бити лако откривени од стране непријатеља или 'пак ометани. [19]

Пасивни сензори откривају циљ на основу детектовања енергије која се емитује од стране циља. Овде спадају инструменти за дневна и ноћна осматрања, нишанске справе, пасивни радари, итд.

Сензори за мерење параметара. Ова група сензора служи за мерење оних параметара, који имају утицај на одређивање потребних елемената за гађање. Мере параметре ветра (брзина, правац и смер), температуру и притисак ваздуха, почетну брзину пројектила, нагиб терена по коме се креће циљ, такође и брзину циља, односно, његову угаону брзину, итд.

Рачунари представљају другу групу уређаја СУВ – а. Имају задатак да обраде све информације, које сензори прикупе. Поред тога, они прорачунавају све елементе за гађање циља. Када рачунар одради све што се од њега очекује, односно, одреди параметре за гађање, исти се преносе на извршне органе. [19]

Извршни органи, на основу ових параметара, усмеравају цев, или одређену лансирну рампу и томе слично, према циљу. Након тога, врши се гађање. У извршне органе се могу убројити:

- уређаји за нишањење,
- уређаји за стабилизацију,
- уређаји за осматрање,
- метеоролошки мерни уређаји,
- средства за везу и командовање, итд.

С обзиром на то, да циљ може бити и покретан и непокретан, параметри за одређивање координата положаја циља ће бити променљиви или непроменљиви. Координате положаја циља се константно мере, све док се не обезбеде сви потребни елементи за гађање и не нареди исто.

Битна ствар СУВ – а је да време, које искористи у припреми елемената за гађање, буде што мање, тако да се том услову придаје велика пажња при развоју напреднијих система за управљање ватром.

Комплетна проблематика система за управљање ватром може се представити у виду алгорита, који сликовито објашњава сва дешавања, везана од момента откривања циља, до наредбе за гађање. [19]



Све ставке, у горњем алгоритму, су важне, односно, међусобно су повезане и представљају тзв. процедуру СУВ – а.

Све почиње од откривања циља. Осматра се цео терен и положај циља помоћу специјалних осматрачких инструмената. Могу се користити и осматрачке платформе, што опет зависи од тога које се борбено средство примењује, одакле се врши осматрање, односно, да ли се циљ налази у домету који покрива систем за осматрање, итд.

Након што се утврдило да постоји одређени објекат, неопходно је обезбедити информацију о томе да ли се ради о непријатељском средству, или о средству које припада властитој земљи. Врло важна ставка, јер без ње, постоји могућност да се гађа и погоди циљ, који заправо није непријатељски. Све у свему, препознавањем циља се утврђује степен његове заштићености, покретљивост, врста, припадност, итд.

Одређивањем параметара циља добијају се координате циља, удаљеност од средства које гађа, брзина кретања, ако циљ не мирује, чак и положај у ком би требало да дође до сусрета циља са пројектилом, итд. Све ово се постиже применом сензора, који све прикупљене параметре шаљу у рачунар, где се детаљно обрађују. [19]

Следећа важна ставка је доношење одлуке о вршењу гађања. Ова одлука припада човеку, али је чак и СУВ може аутоматски донети.

Одређивање елемената за гађање представља сложену ставку.

Потребно је прво одредити све параметре из околине, видети какви су спољашњи услови за гађање, затим, треба одредити параметре које карактеришу циљ, да би се, након свега овог, коначно одредили неопходни елементи за гађање.

Добијени елементи за гађање се преносе на извршне органе, како би се цев оруђа усмерила према циљу.

Након усмеравања цеви оруђа следи гађање, које може да се изврши аутоматски, или ручном командом. Ако су елементи за гађање тачно одређени, исход гађања би требало да буде успешан.

1.2.1. Одржавање СУВ – а.

Систем управљања ватром треба редовно одржавати, јер се на тај начин, обезбеђује његова функција на највишем нивоу. Потребни је извршити проверу са више аспеката:

- провера мртвих ходова механизма куполе и оруђа, употребом одређених мерних инструмената,
- провера навођења од стране командира,
- провера хидрокочења топа,
- провера квалитета хидрокочења,
- провера кола окидања топа и митраљеза,
- провера брзине куполе (највеће и најмање),
- провера брзине топа (највеће и најмање),
- провера динамичког одзива куполе,
- провера динамичког одзива топа,
- провера паралелности топа и нишанске справе. [20]

Командир и посада тенка су одговорни за исправност СУВ – а. Сви уређаји морају да буду чисти и спремни за сваки задатак. Чишћење оптике и других осетљивих делова се врши одговарајућим средствима за чишћење оптоелектронских, електронских и хидрауличних делова.

Потребно је извршити и проверу нивоа хидрауличне течности у резервоарима за хоризонтално и вертикално навођење, функционисање уређаја за хидропнеуматско чишћење заштитног стакла нишанске справе. Ова провера се обавезно врши пре употребе система за управљање ватром.

Функционисање система се свакако прати и приликом његовог коришћења. Након завршетка коришћења, неопходно је детаљно проверити систем и припремити га за наредно коришћење. Том приликом, врше се следеће активности:

- отклањање недостатака, ако је дошло до њих приликом коришћења,
- замена делова система, ако је дошло до лома појединих, провера исправности каблова, чишћење,
- ако је дошло до смањења нивоа течности у уређају за хидропнеуматско чишћење стакла нишанске справе, потребно је довести ниво течности у нормалу додатним доливањем.
- припремање система за поновно коришћење и провера појединих режима рада система.

Све активности одржавања, које су до сада поменуте, представљају **основно одржавање** система за управљање ватром.

Поред њега, постоји и **техничко одржавање**. Њега карактеришу сви технички прегледи система и активности везане за ремонт. Ремонт, ако је потребно, врше стручна лица и органи техничке службе.

Технички преглед система за управљање ватром се може изводити самостално, или у склопу техничког прегледа целог тенка. Изводе их стручна лица и органи радионице, сами, или уз помоћ посаде тенка. На техничким прегледима је неопходно проверити:

- функционалну исправност система за управљање ватром,
- параметре, који карактеришу рад система.

На основу добијених информација са прегледа, врши се подешавање елемената, који су током експлоатације система изгубили почетне перформансе. Користи се алат и прибор, специјално прописан за овакве прегледе.

Ремонт система за управљање ватром се врши у ремонтним радионицама. Њега карактерише највиши степен одржавања. Врши се провера перформанси сваког дела који се састоји у систему за управљање ватром и уопште система као целине. [20]

2. Гађање у непосредној борби тенкова

Циљ, који је потребно неутралисати погађањем, неће увек бити лако доступан оруђу које треба да изврши гађање. У зависности од положаја оруђа које гађа и положаја циља, може се десити да циљ буде невидљив, тако да оруђе које гађа, не може директно да га гађа, применом разантне путање пројектила, већ ће бити принуђено да гађа убацном путањом. Дакле, гађање пројектилом који се креће разантном путањом представља непосредно гађање, док примена убацне путање пројектила представља посредно гађање. Постоји случај тзв. полупосредног гађања, где се нишањење врши непосредно са ватреног положаја, а гађање убацном путањом пројектила посредно.

Све разлике између посредног и непосредног гађања се сведене на основу:

- захтеваног времена припреме за извршење гађања,
- захтеваног балистичког модела за одређивање података за гађање,
- захтеваних уређаја за покретање и управљање оруђем.

Непосредним гађањем дејствују углавном тенкови, док различите топ – хаубице, минобацачи, лансери ракета, итд. дејствују на циљ посредним гађањем. Тенк мора да има циљ на својој нишанској справи да би извршио гађање, док ,нпр. самоходна топ – хаубица не мора. Она дејствује на циљ из неког прикривеног простора, у односу на циљ, познајући при томе координате положаја циља и његов месни угао.

Ако не погоди циљ из првог покушаја, самоходна топ – хаубица има простора за нови покушај, јер се налази на положају где је циљ не види директно. Међутим, ако се ради о неком циљу типа возила, може се десити да оно промени свој положај након сазнања да је под ватром, тако да је потребно заузети нове елементе за гађање.

Непосредно гађање из тенка употребљава се у ситуацијама, где је потребно извршити задатак барем једним директним поготком у циљ, или, где је потребно извршити задатак са што мањом количином утрошене муниције у што краћем временском периоду. Ово је основни начин дејства тенка по непријатељским објектима. Посада тенка углавном сама проналази циљ и дејствује по њему. Ако је циљ непријатељски тенк, тенк који гађа га мора погодити и онеспособити из првог покушаја, јер у противном, он постаје мета.

Карактеристични задаци непосредног гађања су неутралисање непријатељских тенкова и других оклопних борбених возила, рушење различитих објеката, уништавање непријатељске живе силе, итд. На основу тога, непосредно гађање се може поделити на:

- гађање покретних циљева,
- гађање непокретних циљева.

Приликом непосредног гађања циљева мале површине, као што су непријатељски тенкови, оклопна возила, бункери и томе слично, потребно је остварити бар један директан погодак.

Најлакше је ово остварити ако се непосредно гађање врши на малим даљинама, односно, на даљинама величине брисаног домета, јер на већим даљинама нагло расту растурање погодака и грешке при одређивању даљине до циља. Такође, опада и брзина пројектила и смањује се његова пробојност оклопа циља. На основу оваквих констатација и практичних испитивања, дошло се до закључка да је непосредно гађање покретних циљева ефикасно на даљинама од 1,5 до 2 брисана домета.

Брисани дOMET представља даљину на којој се дуж целе путање реализује брисани простор. Брисани простор представља простор мерен дуж линије нишањења, где се путања пројектила не издиже изнад висине циља.

Код непосредног гађања јавља се појам непосредна ватра, која представља гађање циљева који се налазе у оптичкој видљивости од оруђа до циља. Ово значи да се непосредном ватром гађају искључиво циљеви, који се могу директно нанишанити, након чега је такође могуће осматрити резултат гађања.

При непосредном гађању, путања пројектила, која је карактеристична за овај начин дејствовања, је **разантна** путања. Разантна путања представља врсту положене путање, код које полазни угао није мањи од 5° , а теме путање се не издиже изнад висине циља.

Непосредно гађање из тенка састоји се од три чинилаца:

- припреме гађања,
- гађања,
- коректуре.

Припрема гађања обухвата све радње које треба спровести ради обезбеђивања адекватних услова за успешно гађање. Овде се могу убројити: осматрање бојишта, благовремено откривање циља, одређивање елемената за гађање, припрема муниције. Припрема може бити претходна и непосредна.

Претходна обухвата припрему пре одређивања циља, док непосредна подразумева одређивање елемената за гађање након одређивања циља. Након свега овога следи гађање циља.

Коректура представља поступак отклањања грешака, насталих током припреме елемената за гађање и одређивање нових за поновно гађање. [19]

2.1. Грешке при непосредном гађању

Да би се извршило гађање (у овом случају непосредно), неопходно је обезбедити све потребне елементе за гађање. Током гађања увек постоји одређена вероватноћа да се јаве грешке и да гађање не буде успешно реализовано.

Многобројни узроци подстичу настанак грешака. Ови узроци се могу поделити у три групе:

- случајни,
- системски,
- груби.

Случајних узрока има много. Настају иако се доста води рачуна да све буде коректно. Добра ствар је што појединачни случајни узрок не утиче много на тачност гађања, али, група таквих узрока може и те како да поремети гађање настанком одређене грешке. Ови узроци настају као последица несавршености наших чула, умора посаде, и томе слично. Неки од најпознатијих случајних узрока су мерење даљине до циља, мерење потребне количине барутног пуњења у лабораторији, где се то обавља, утд.

Системске узроке настајања грешака представљају они фактори, који константно утичу лоше на прецизност гађања и који се уопште не мењају при истим условима гађања. Један од примера овакве ситуације је прорачун елемената за гађање за нову цев топа, а примена истих на за гађање из трошене цеви.

Грубе грешке настају као последица, на пример, великих одступања погодака, у односу на средњи погодак. Њих углавном изазива људски фактор, на пример, приликом нишањења. Овакав тип грешака се може избећи, или знатно умањити адекватном обуком посаде, затим, добром организацијом гађања, итд. [20]

2.2. Проблеми гађања у непосредној борби тенкова

Гађање из тенка представља задатак који захтева потпуну концентрацију посаде, исправност мерне опреме, увежбаност посаде и друге параметре који обезбеђују успешну реализацију гађања, при свим условима борбе. Проблематика припреме елемената за гађање се своди на решавање два проблема:

- проблем везан за раван азимута, односно, хоризонталну раван гађања,
- проблем везан за раван гађања, односно, вертикалну раван гађања.

Да би се целокупна ова проблематика око припреме елемената за гађање свела на решење, које одговара поготку циља из првог покушаја, неопходно је решити четири задатка, односно, кључних проблема, који морају бити сведени на одговарајуће решење при кретању тенка у различитим условима околине:

- стабилизација месног угла циља, односно, стабилизација линије нишањења приликом кретања по неравном терену у току праћења циља и аутоматског заузимања и стабилизације линије гађања,
- одређивање почетне брзине пројектила при различитим температурама,
- балистички прорачун за различите услове са аспекта притиска,
- балистички прорачун при утицају закошености рамена колевке. [20]

2.2.1. Гађање у хоризонталној равни

Угао, који је карактеристичан за ову раван, је **угао азимута**, односно, правца гађања.

Угао азимута, или једноставно **азимут** представља угао који се мери, у односу на правац севера, у правцу кретања казаљке на сату.

Ако се врши непосредно гађање, а притом су и тенк који гађа и циљ непокретни, овај угао је једнак табличном углу деривације. Деривација је скретање пројектила у хоризонталној равни.

$$\psi = \psi_{der} = Der \quad (2.1)$$

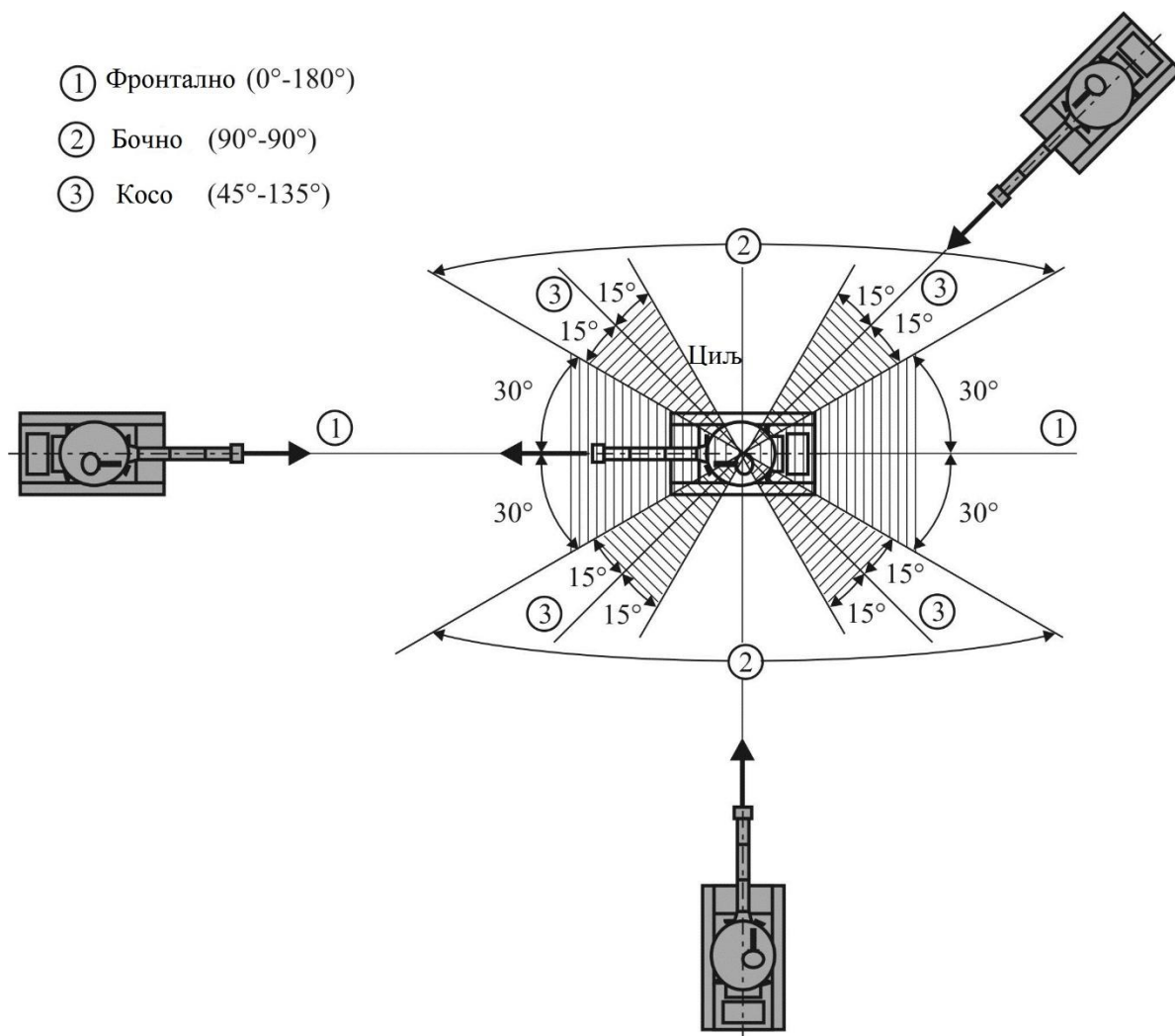
Да би се одредио азимут гађања циља при непосредном гађању, неопходно је да се познају две ставке. Прва је да ли се гађа са или без претицања. Логично је да ће непокретан тенк да гађа непокретни циљ без претицања, а други случајеви гађања подразумевају да се гађа са претицањем.

Друга битна ставка је како се циљ креће у односу на тенк који гађа. Постоји подела на три основна типа кретања циља:

- фронтално кретање,
- бочно кретање,
- косо кретање.

На основу ове поделе и гађање се може разврстати на фронтално, бочно и косо. На слици 2.1 могу се видети типови гађања из тенка, на основу претходне поделе.

Сваки тип гађања карактерише одређена група углова у хоризонталној равни. Фронтално гађање је при угловима 0° и 180° . Бочно гађање је карактеристично по томе што тенк који гађа дејствује под углом од 90° у односу на циљ. Косо гађање је под угловима 45° и 135° . [20]



Слика 2.1. Типови међусобног положаја тенкова [20]

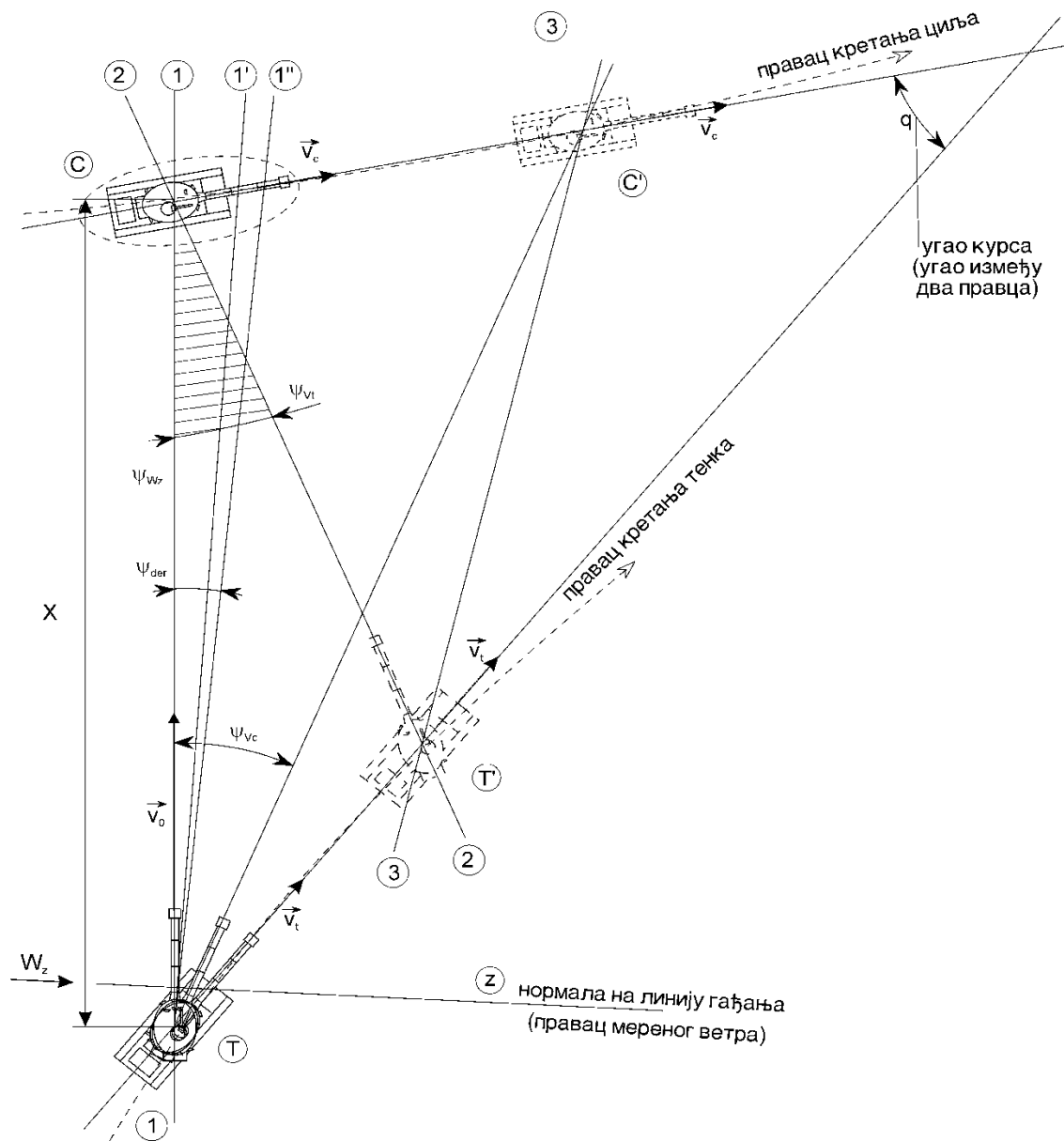
На наредној слици могу се видети три случаја односа тенка који гађа и тенка који представља циљ, у хоризонталној равни. Ови случајеви су заправо апроксимације у току гађања.

Први случај је када се тенкови крећу праволинијским путањама у хоризонталној равни, у току нишањења и гађања.

Други случај представља мировање тенкова. Дакле, они су заузели неки положај у хоризонталној равни.

Трећи случај представља мерење даљине до циља и гађање, где притом, могу настати четири подслучаја:

- непокретан тенк и непокретан циљ – овај случај одговара гађању разантним путањама при непосредном гађању (1-1),
- покретан тенк и непокретан циљ – овде је присутно заостајање циља за тенком (2-2),
- непокретан тенк и покретан циљ – случај где се циљ може гађати из мировања или кратког застоја (1-3),
- покретан тенк и покретан циљ – исти случај како и гађање из мировања (2-3). [20]



Слика 2.2. Гађање тенка у хоризонталној равни [20]

Сваки од ових случајева на слици обухвата одговарајући угао претицања или заостајања. Заостајање циља се јавља када он мирује, а тенк који гађа се креће према њему. Дакле, углови су следећи:

- ψ_{vt} – представља угао претицања при кретању тенка док циљ мирује,
- ψ_{vc} – представља угао претицања када тенк мирује, а циљ се креће,
- ψ_{vtvc} – ово је тзв. збирни угао када се и тенк и циљ крећу,
- ψ_{der} – представља угао деривације пројектила – ово је таблична вредност очекиваног скретања пројектила на циљу у хоризонталној равни,
- ψ_{Wz} – представља угао скретања пројектила, услед утицаја бочног ветра који за последицу има промену релативне брзине пројектила. [20]

Ако је утицај бочног ветра изражен нормално на линију гађања, а тенк који гађа притом мирује, почетна брзина пројектила ће тада бити:

$$\vec{V}_{0S} = \vec{V}_0 + \vec{W}_z \quad (2.2)$$

$$|\vec{V}_{0S}| = \sqrt{V_0^2 + W_z^2} \quad (2.3)$$

Резултујући правац ове брзине, који је заокренут у односу на осу цеви за одређен угао, износи:

$$\operatorname{tg} \psi_{wz} = \frac{W_z}{V_0} \quad (2.4)$$

Правца кретања пројектила на горњој слици окарактерисан је равнима 1 – 1, 2 – 2 и 1 – 3. Свака ова раван представља случај који садржи одговарајући угао скретања пројектила у хоризонталној равни и његова вредност зависи од тога да ли је присутан утицај ветра или не. Угао деривације зависи, поред ветра и од величине табличног угла скретања, па различите типове пројектила. [20]

Ако је присутан утицај ветра на кретање пројектила у хоризонталној равни, тада ће угао претицања бити одређен из израза:

$$\psi_{Wz} = W_z \left(\frac{T}{X} - \frac{1}{V_{0M}} \right) \quad (2.5)$$

W_z – брзина ветра

T – време лета пројектила

X – домет

V_{0M} – стварна почетна брзина пројектила

Вредност овог угла се добија у хиљадитим.

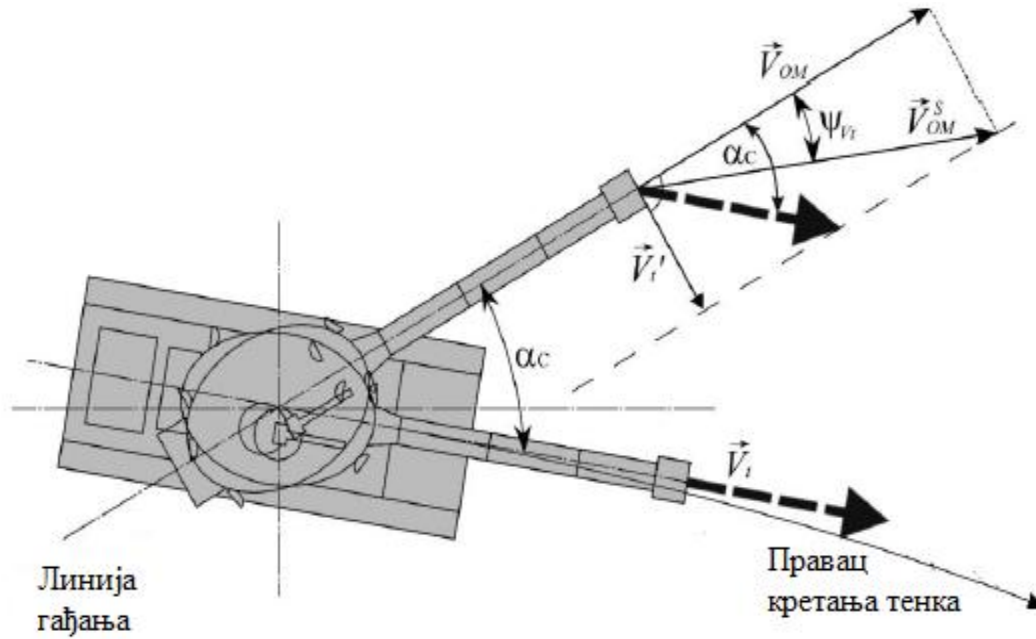
Ако се узме у обзир да циљ мирује, притом је угао курса између циља и тенка означен са α_c , а угао између осе цеви топа и правца кретања тенка у хоризонталној равни означен са α_s , тада се угао претицања може добити изразом:

$$\sin \psi_{V_t} \approx \psi_{V_t} = \frac{V_t \sin(\alpha_c - \psi_{V_t})}{V_{0M}} \approx \frac{V'_t}{V_{0M}} \quad (2.6)$$

V_t – брзина кретања тенка

V'_t – пројекција брзине тенка на нормалу линије гађања у тренутку поласка пројектила из цеви при почетној брзини V_{0M}

Пројекција ове брзине се може видети на следећој слици.



Слика 2.3. Пројекција брзине тенка на нормалу линије гађања [20]

С обзиром на то да је угао скретања при кретању тенка релативно мали у односу на угао под којим се окреће купола заједно са цеви топа, следе да је:

$$\sin(\alpha_c - \psi_{vt}) \cong \sin \alpha_c \quad (2.7)$$

Угао претицања, при кретању тенка се може одредити сада изразом:

$$\psi_{vt} = \frac{6000(6400)}{2\pi} \frac{V'_t}{V_{om}} \quad (2.8)$$

Вредност 6000 представља руску поделу угломера, док 6400 представља америчку поделу.

Ако тенк мирује, а циљ се креће под углом курса у односу на тенк, тада ће пројекција брзине циља бити изражена преко једначине:

$$V_c \sin(\alpha_c + q) = V'_c \quad (2.9)$$

Релативни угао претицања, ако се узме у обзир време лета пројектила, биће израчунат из израза:

$$\sin \psi_{vc} = \frac{V'_c}{X} T \quad (2.10)$$

Следећи израз карактерише коначну вредност угла претицања у хиљадитима:

$$\psi_{V_C} = \frac{6000(6400)}{2\pi} \frac{V_C \sin(\alpha_C + q)}{X} T \quad (2.11)$$

Следи случај где се крећу и тенк и циљ. У овом случају резултујући угао претицања представља разлику између углова који се добијени за случај кретања циља а мировања тенка и углова који су добијени за случај непокретног циља, а покретног тенка.

Релативни угао претицања се сада израчунава преко релације:

$$\psi_{V_C V_t} = \psi_{V_C} - \psi_{V_t} = \frac{6000(6400)}{2\pi} \left(\frac{V_C \sin(\alpha_C + q)}{X} T - \frac{V_t \sin \alpha_C}{V_{0M}} \right) \quad (2.12)$$

Ако је компонента брзине циља нормална на осу цеви тенка који се креће:

$$V'_C = V_C (\alpha_C + q), \quad (2.13)$$

А компонента брзине тенка у истом том правцу,

$$V'_t = V_t \sin \alpha_C, \quad (2.14)$$

Следи да ће релативна брзина кретања циља у правцу нормалне на осу цеви топа тенка бити:

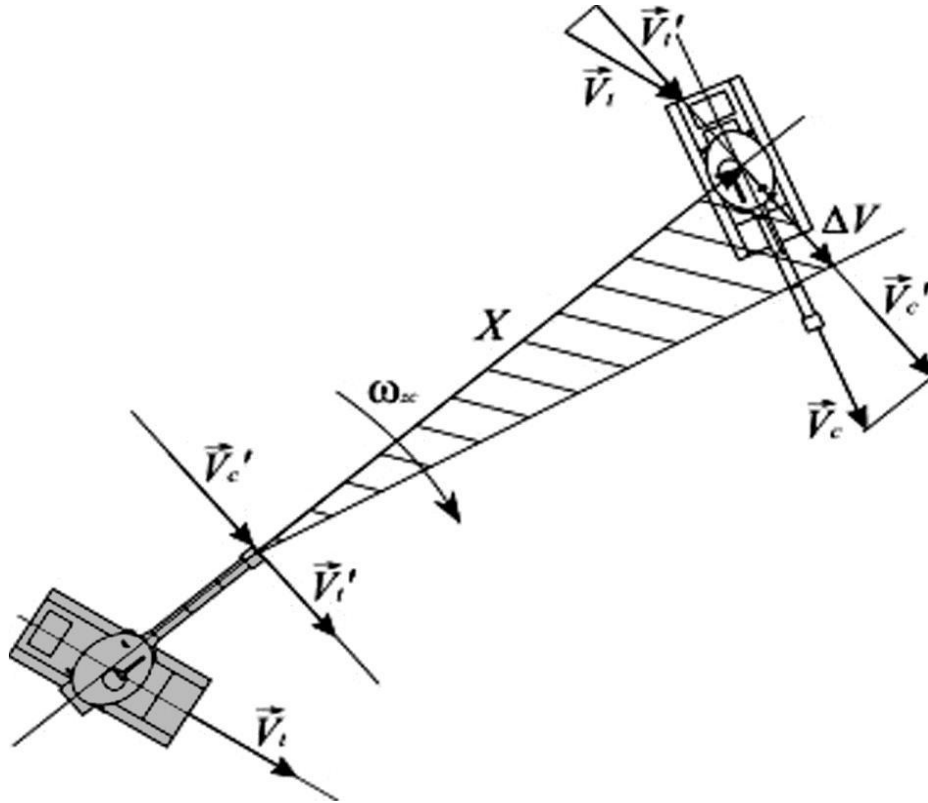
$$\Delta V' = V'_C - V'_t = \omega_{zc} X \quad (2.15)$$

ω_{zc} — угаона брзина циља

Релативна брзина кретања је последица угаоне брзине кретања циља. Она је присутна због угла курса циља. Када би овај угао био једнак нули, уследило би да би компоненте релативних брзина кретања циља и тенка биле једнаке, тако да би релативна брзина кретања циља у правцу нормале на осу цеви топа тенка била једнака нули.

Одавде следи да ће се тенк и циљ кретати дуж исте трајекторије, небитно да ли се приближавају или удаљавају један од другог. У овом случају, одређивање угла претицања не мора да се врши. [20]

Следећа слика приказује релативну брзину циља и тенка на правац нормале на линију гађања.



Слика 2.4. Приказ релативне брзине циља и тенка на правац нормале на линију гађања [20]

Укупни угао претицања се одређује из следећег израза, на основу брзине тенка који гађа циљ:

$$\psi_{V_c V_t} = \frac{6000(6400)}{2\pi} V_t \sin \alpha_c \left(\frac{1}{\dot{X}} - \frac{1}{V_{0M}} \right) + \frac{6000(6400)}{2\pi} \frac{\Delta V'}{X} T \quad (2.16)$$

односно,

$$\psi_{V_c V_t} = \frac{6000(6400)}{2\pi} (\Delta \psi_p + \omega_{cz} T) \quad (2.17)$$

$$\dot{X} = \frac{X}{T} = \text{const} \quad (2.18)$$

Једначина казује да се укупан угао претицања, када се ради о случају да се и тенк и циљ крећу, своди на корекцију. Ова корекција се одређује помоћу компоненте брзине ветра у правцу нормале на пројекцију осе цеви топа у хоризонталној равни и брзине циља, која се одређује на нишанској прави. [20]

Једначином $\dot{X} = \frac{X}{T} = \text{const}$ одређује се време лета пројектила.

Угао претицања без утицаја бочног ветра, одређује се изразом:

$$\Delta\psi_p = (-W_{zt}) \left(\frac{T}{X} - \frac{1}{V_{0M}} \right) \quad (2.19)$$

2.2.2. Гађање у вертикалној равни

Након решавања проблема гађања у хоризонталној равни, неопходно је и проблем гађања у вертикалној равни свести на решење, које одговара обезбеђивању сусрета пројектила са циљем.

Овде је потребно успоставити адекватан угао елевације цеви. Ако се циљ креће, треба имати у виду да мора постојати све време поправка угла елевације, јер ако се креће према тенку који гађа, а притом се не промени угао, пројектил ће прелетети преко циља и пасти иза њега. Исто тако, ако се циљ удаљава од тенка који гађа, при истом углу елевације, тенк неће моћи да добаци пројектил до циља, самим тим, поготка неће ни бити.

Навођење у вертикалној равни нишанција извршава закретањем ручица командног блока нишанције око хоризонталне осе, која је нормална на осу оруђа. Угаона брзина подизања или спуштања цеви топа је пропорционална величини заокрета ручица командног блока нишанције. [20]

Таблични угао елевације цеви може се одредити преко израза:

$$Y = -\frac{gt^2}{2} + \dot{x}_0 t \sin\theta_0 \quad (2.20)$$

Ако се узму у обзир следећи почетни услови:

$Y = Y_C = 0$ – важи за кретање циља у вертикалној равни, где је угао курса једнак нули, а пуњања пројектила хоризонтално – разантна,

$t = T$ – време лета пројектила до сусрета са циљем

$V_0 = V_{0M} = V_{0T} + \Delta V_0$ – почетна брзина пројектила са одговарајућом балистичком поправком

$\sin\theta'_0 \cong \theta_0$ – важи за мале углове елевације цеви,

Таблични угао елевације цеви се може одредити новим изразом и то:

$$\theta_0 = \frac{g}{2V_{0M}} T \quad (2.21)$$

Таблични угао се може изразити и на други начин, помоћу коефицијента A_{03} :

$$\theta_0 = A_{03} T \frac{V_{OT}}{V_{OM}} \quad (2.22)$$

Таблични коефицијент се одређује из релације:

$$A_{03} = \frac{6000(6400)}{2\pi} \left(\frac{g}{2V_{OT}} \right) \quad (2.23)$$

Вредности 6000 и 6400 представљају руску, односно, америчку поделу даљинара у хиљадитим.

Кориговани таблични угао се, на основу упрошћене параболичне теорије, третира као полином другог реда по времену, те се може изразити преко следећег израза:

$$\theta_0 = (A_{04} + A_4 T) T \frac{V_{OT}}{V_{OM}} \quad (2.24)$$

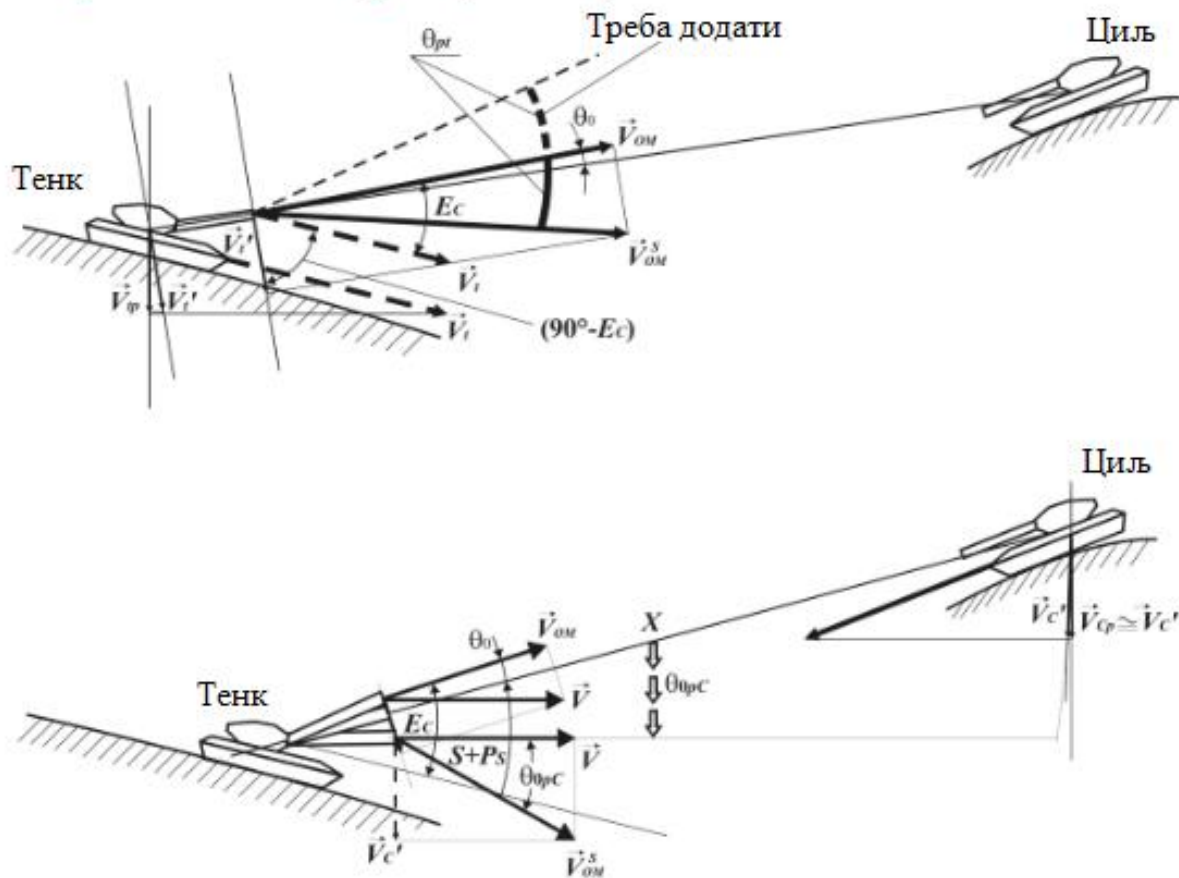
A_4 – представља таблични коефицијент угла елевације за параболично решење координате висине Y трајекторије лета и зове се јединични таблични коефицијент

$$A_4 = \frac{C}{B} = \frac{A_{04}}{A_2} \quad (2.25)$$

На основу упрошћеног модела параболичне теорије, обезбеђује се заузимање угла елевације за непокретне циљеве, када тенк гађа из кратког застоја.

Уколико је присутно претицање у вертикалној равни, угао елевације цеви мора да се одреди преко брзине кретања циља и тенка који гађа. Све ово знатно компликује чињеница да се и циљ и тенк крећу на терену са произвољним неравнинама. [20]

Ово повлачи за собом пројектовање брзине кретања циља на нормалу осе цеви и свођење углова вектора почетне брзине пројектила на корекцију почетног угла гађања дуж упрошћене балистичке трајекторије.



Слика 2.5. Претицање при кретању тенкова у вертикалној равни [20]

Угао елевације цеви E_c представља основну величину за динамичку корекцију гађања покретних циљева. Он садржи таблични угао θ_0 и месни угао циља S . Претицање обухвата два питања.

Прво питање се своди на претицање услед кретања тенка. Ово претицање је приближно једнако углу θ_{pt} .

$$\theta_{pt} = \frac{v'_t}{V_0} = \frac{V_t \sin E_c}{V_0} \approx 0 \quad (2.26)$$

Овај израз може да се употреби за израчунавање претицања, јер је брзина пројектила знатно већа од брзине пропадања тенка у току кретања низбрдо или узбрдо. Тенк се по оваквом терену креће релативно малом брзином, па корекција вектора почетне брзине у стационарном режиму може да се занемари. Ако су неравнине на терену озбиљније, долази до импулсног одскока цеви, тако да се у том случају мора извршити корекција. Ова корекција се врши помоћу вертикалног стабилизатора оруђа и док се не изврши корекција, гађање се не започиње. [20]

Друго питање обухвата претицање услед кретања циља. Тада се допунски угао претицања одређује изразом:

$$\theta_{0pc} \cong \frac{V'_C T}{X} \left(\frac{6000(6400)}{2\pi} \right) \quad (2.27)$$

Ако се угаона брзина заокретања цеви у вертикалној равни изрази релацијом:

$$\omega_{cy} = \frac{V'_C}{X} \quad (2.28)$$

Одавде се може добити релација за брзину промене положаја циља у равни гађања, у односу на тенк који гађа у вертикалној равни:

$$V'_C = X \omega_{cy} \quad (2.29)$$

Приликом праћења циља у покрету, тачка циља, која се види на визиру, се помера вертикално сразмерно брзини промене положаја циља.

Укупни угао елевације цеви са претицањем се одређује релацијом:

$$\theta_0 = (A_{03} + A_4 T) T \frac{V_{0T}}{V_{OM}} \pm \theta_{0pc} \quad (2.30)$$

$$\theta_{0pc} = \omega_{cy} T \quad (2.31)$$

Месни угао циља се коригује стабилизацијом и допунским нишањењем и помоћу њега је одређен домет X .

Постоји додатни проблем који отежава целокупну припрему гађања, а то је закошеност рамена колевке тенковског топа. Закошеност рамена колевке се јавља када је тенк нагнут под неким углом, при тренутном положају на терену. [20]

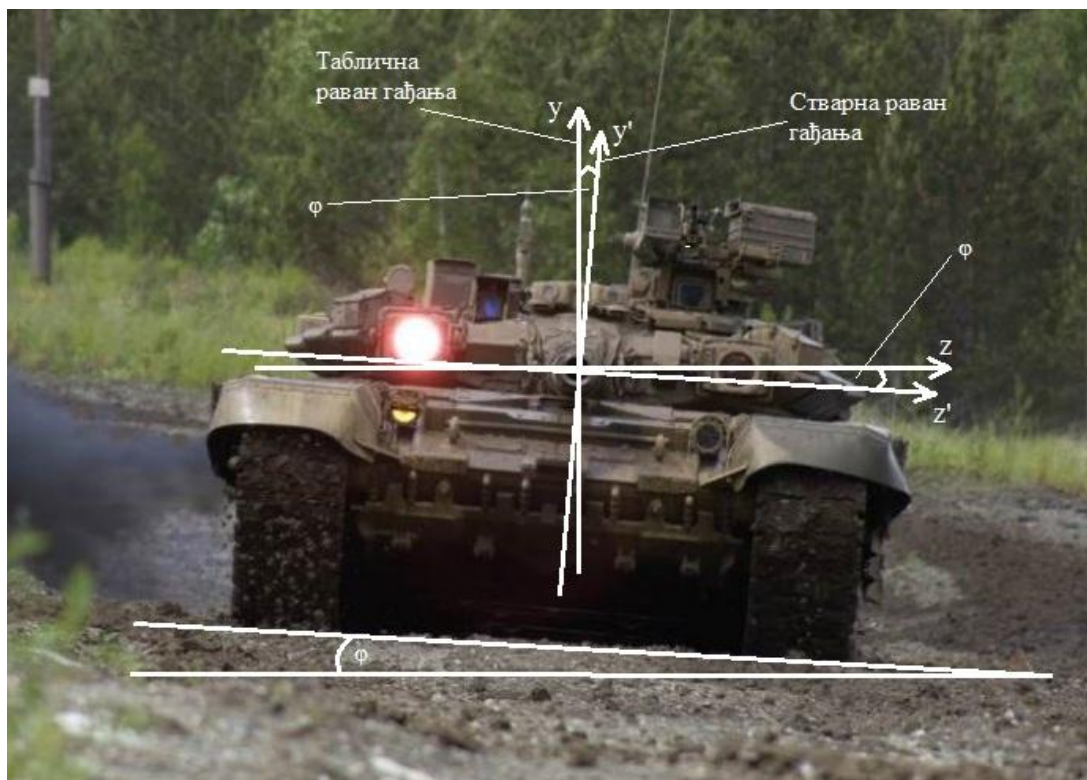
3. Утицај закошености рамена колевке тенковског топа

Најједноставнији начин гађања из тенка, са аспекта његовог положаја на терену, је када он стоји на равном, односно, када се његова колевка налази у водоравном положају.

Дешава се 'пак, да је тенк принуђен да гађа са неког косог терена, што представља додатну отежавајућу околност. На слици 3.1 се може приметити да се тенк налази на терену, који је под углом ϕ у односу на водораван положај. У питању је бочни нагиб тенка.

Оса рамена колевке тенковског топа представља осу вертикалне стабилизације цеви. Задатак вертикалног стабилизатора је да, кад год се тенк креће, па стане, па опет креће, па опет стане, итд. обезбеди допунски угао, који је потребан да би се добио коначан угао елевације цеви. Све ово тенк обезбеђује аутоматским путем, тако што заокреће цев одговарајућом угаоном брзином вертикалној равни, да би се након тога извршило опаљење метка. Оваква ситуација резултира утицајем угаоне брзине цеви и на избор угла елевације и на динамичку компоненту брзине, која се на овај начин преноси на пројектил.

Ово прави разлику између обичног и тенковског топа. Најбоље је да се гађање врши приликом застоја, а не из мировања тенка, јер сам тај застој неутралише утицај угаоне брзине на стабилизацију цеви у вертикалној равни. [19]



Слика 3.1. Положај тенка у нагнутој равни [19]

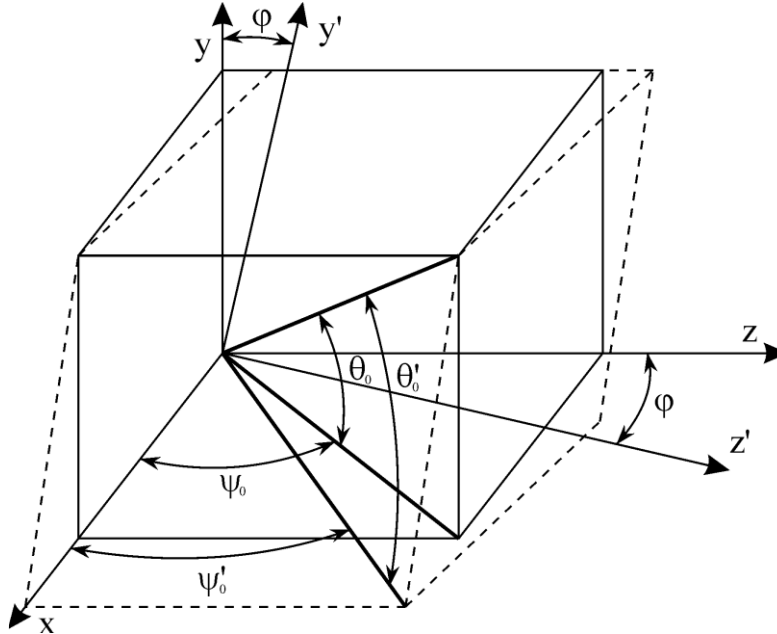
Раван $z - y$ представља водораван положај тенка, док раван $z' - y'$ представља стварни његов положај. Закошеност рамена колевке утиче на углове правца и елевације. Њих је релативно лако одредити када је тенк у водоравном положају.

Међутим, када је тенк у косој равни, одређивање ових углова повлачи за собом услове косине терена, односно, пројекције косине терена, које се морају испоштовати. У тенку се налази клатно, које представља сензор нагиба тенка.

На слици 3.2 приказани су углови правца и елевације цеви у закошеној равни. Може се приметити **оса** – **x**, која се на претходној слици не види, јер се налази уздуж цеви.

Угао елевације цеви θ_0 се одређује у равни **x – y**, али након закошења, та раван нестаје, те се угао елевације онда одређује у новој насталој равни **x – y'**.

У нормалним условима, угао скретања цеви ψ се одређује у равни **z – x**, али након закошења, долази до губитка те равни и стварања равни **z' – x**, која ће послужити за одређивање тог угла.



Слика 3.2. Углови правца и елевације цеви у закошеној равни [19]

Следе изрази који приказују корекцију углова елевације и правца, пројектованих у новој насталим равнима.

$$\text{За раван } x - y': \sin\theta'_0 = \sin\theta_0 \cos\varphi + \sin\psi_0 \sin\varphi \quad (3.1)$$

$$\text{За раван } z' - x: \sin\psi'_0 = -\sin\theta_0 \sin\varphi + \sin\psi_0 \cos\varphi \quad (3.2)$$

Може се усвојити да су синуси углова једнаки својим вредностима за све мале углове, сем угла за косину терена, те се могу добити кориговани укупни углови, у следећем облику:

$$\theta'_0 = \theta_0 \cos\varphi + \psi_0 \sin\varphi \quad (3.3)$$

$$\psi'_0 = \psi_0 \cos\varphi - \theta_0 \sin\varphi \quad (3.4)$$

3.1. Стабилизација линије гађања

Да би се повећала тачност гађања из покрета на савременим системима је примењена стабилизација линије нишанске справе у две равни. Овакав систем је првобитно примењен на тенковима **Leopard 1A4** и **Leopard 2**, да би се касније његова примена проширила и на осталим тенковима. Механичко одвајање оруђа од нишанске справе је учињено да би се оруђе, након опаљења, аутоматски вратило у положај за пуњење, а да, при томе, нишанска справа буде непрекидно усмерена према циљу.

У тенковским борбама савремених тенкова, тежи се ка томе да се дејствује из покрета. Промена положаја тенка који гађа је пожељна у случају да тенк промаши, јер би у стању мировања био лака мета за супротну страну. Међутим, како се тенк креће, прати неравнине на терену и долази до осциловања цеви топа, што повлачи за собом слабију прецизност и веће растурање погодака. Да би се спречио овај проблем, или 'пак, у највећој мери умањено, неопходно је применити уређај који ће обезбеђивати стабилност цеви топа. Тај уређај се назива стабилизатор тенковског наоружања. Он омогућава равномерно навођење и одржавање потребног правца осе цеви током присутних осцилација, створених кретањем тенка. Стабилизатор представља један део система за управљање ватром. [20]

При кретању тенка по неравном терену, долази до осциловања тенка, чиме се ствара момент који негативно утиче на стабилност осе цеви топа. Интензитет и смер момента се стално мењају, јер неравнине нису исте дуж целог пута који тенк прелази. Промена момента повлачи за собом и промену угла елевације цеви топа. Да би се неутралисао овај момент, потребно је створити компензациони момент, који ће деловати супротно од смера дејства негативног момента, неутралисати га и тиме довести цев у стабилан положај.

Разлика између компензационог и негативног момента делује на цев топа, што резултира враћањем цеви у задати положај. Компензациони момент се добија применом одговарајућег електричног или електро – хидрауличног уређаја, помоћу ког се ствара веза између цеви топа која се окреће око рамена колевке и куполе.

Овим уређајем управља сигнал. Он се може добити на два начина:

- непосредним мерењем поремећајног момента,
- посредном методом – тако што се одреди угао одступања од задатог правца.

Други начин се углавном примењује, јер га не прате неки већи проблеми приликом одређивања угла одступања.

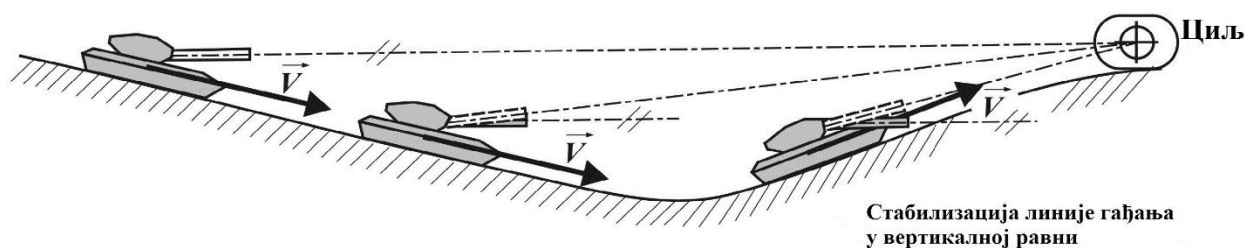
Сигнал се обрађује аутоматски када је активан режим стабилизације. У режиму навођења, задаје га оператор. Стабилизатори не могу никада потпуно да одрже линију гађања на циљу. Разлог овоме је што они стабилизују цев у простору паралелно са њеним претходним положајем. Као решење овог проблема, потребно је додатно нишањење циља.

Додатно нишањење се може избећи коришћењем аутоматског система стабилизације. Применом оваквог система нишанција треба само да нанишани циљ, а сва праћења, потребне поправке и све што иде уз то решава аутоматски систем. [20]

Постоје два типа стабилизатора:

- за стабилизацију линије гађања у хоризонталној равни, односно хоризонтални стабилизатори,
- за стабилизацију линије гађања у вертикалној равни, односно вертикални стабилизатори.

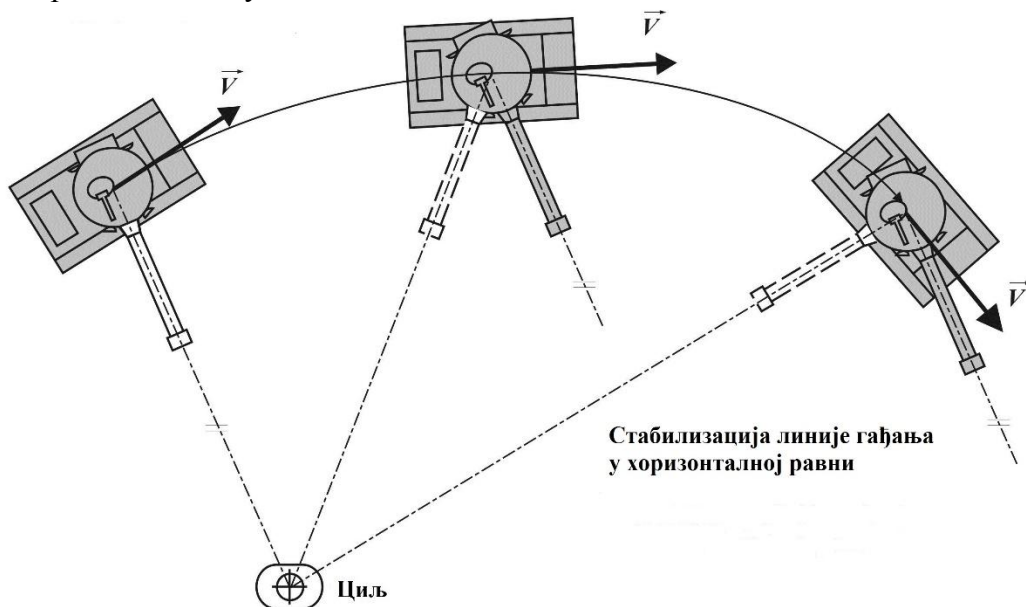
Вертикални стабилизатори служе за стабилизацију цеви топа, додатно наоружања и оптичког нишана у вертикалној равни. На слици 3.3 види се одржавање положаја цеви у вертикалној равни, односно, константно нишањење циља. Ови стабилизатори имају независну нишанску линију, јер обезбеђују навођење и стабилност потребног правца нишанске линије, независно од осциловања оруђа, куполе и тела тенка.



Слика 3.3. Одржавање положаја цеви усмерене према циљу у вертикалној равни [20]

Хоризонтални стабилизатори служе за стабилизацију куполе тенка, заједно са топом, додатним наоружањем и посадом у куполи тенка.

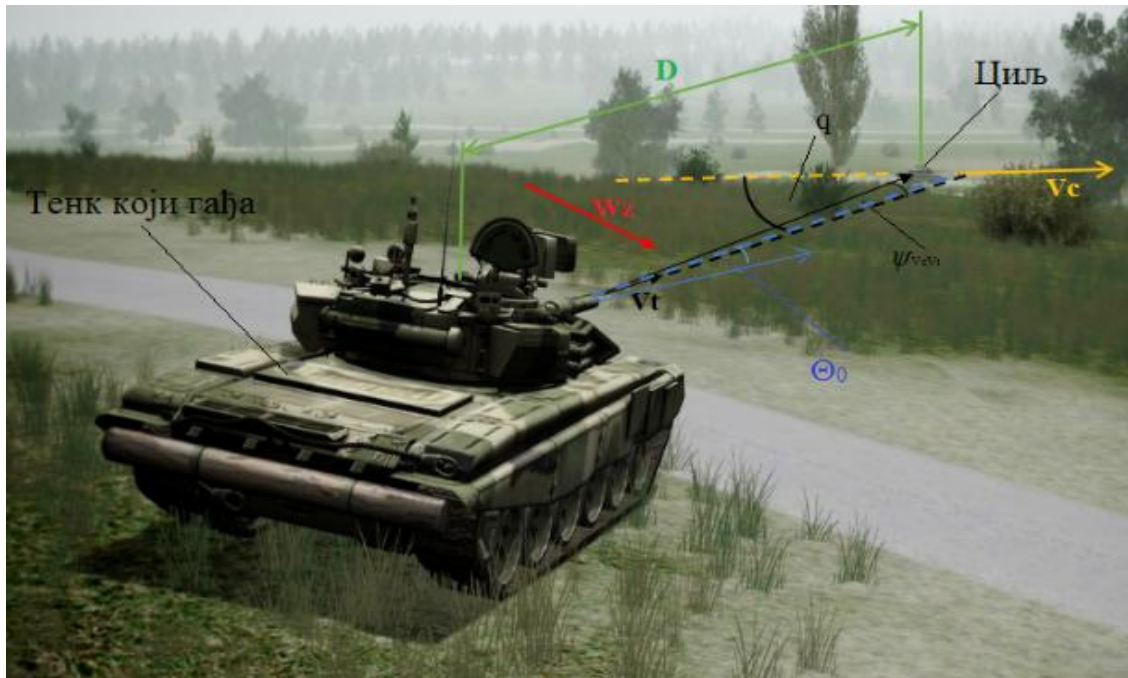
Код овог типа стабилизатора, топ има зависну нишанску линију, јер је она везана са цеви топа, те се оне заједно стабилизују. Слика 3.4. приказује константно одржавање положаја цеви усмерене према циљу у хоризонталној равни. Тенк који гађа, кружи око циља, али га све време држи на нишану.



Слика 3.4. Одржавање положаја цеви усмерене према циљу у хоризонталној равни [20]

4. Алгоритам тенковске борбе

Након постављених математичких модела решавања проблема гађања у хоризонталној и вертикалној равни и након приказа утицаја закошености рамена колевке тенковског топа, уследиће алгоритам тенковске борбе. Њиме је сликовито објашњена цела проблематика од откривања циља, преко обезбеђивања елемената за гађање до самог гађања циља. На слици 4.1 се може видети све што наредни алгоритам обухвата, а што ће бити даље објашњено.

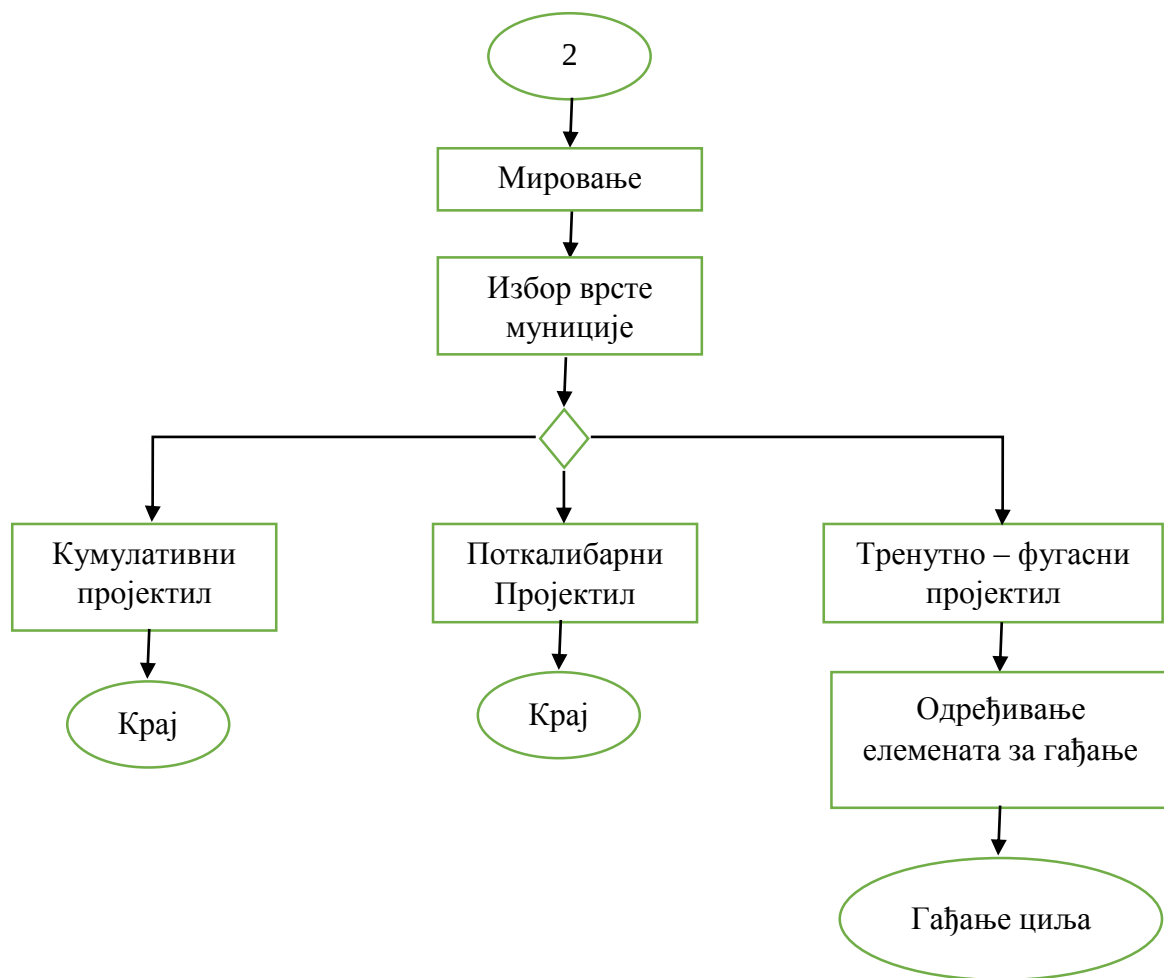


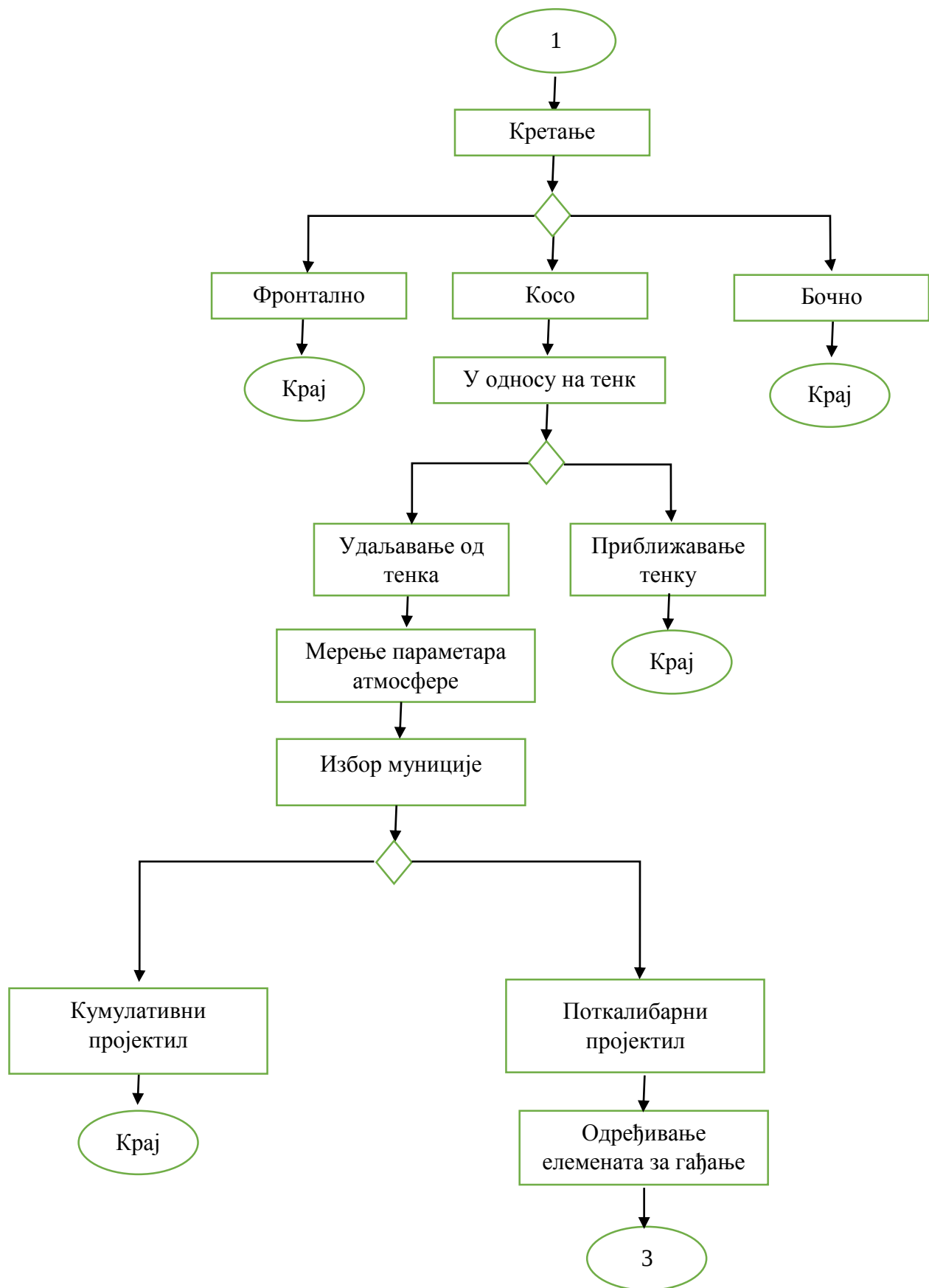
4.1. Тенковска борба са параметрима за одређивање елемената за гађање

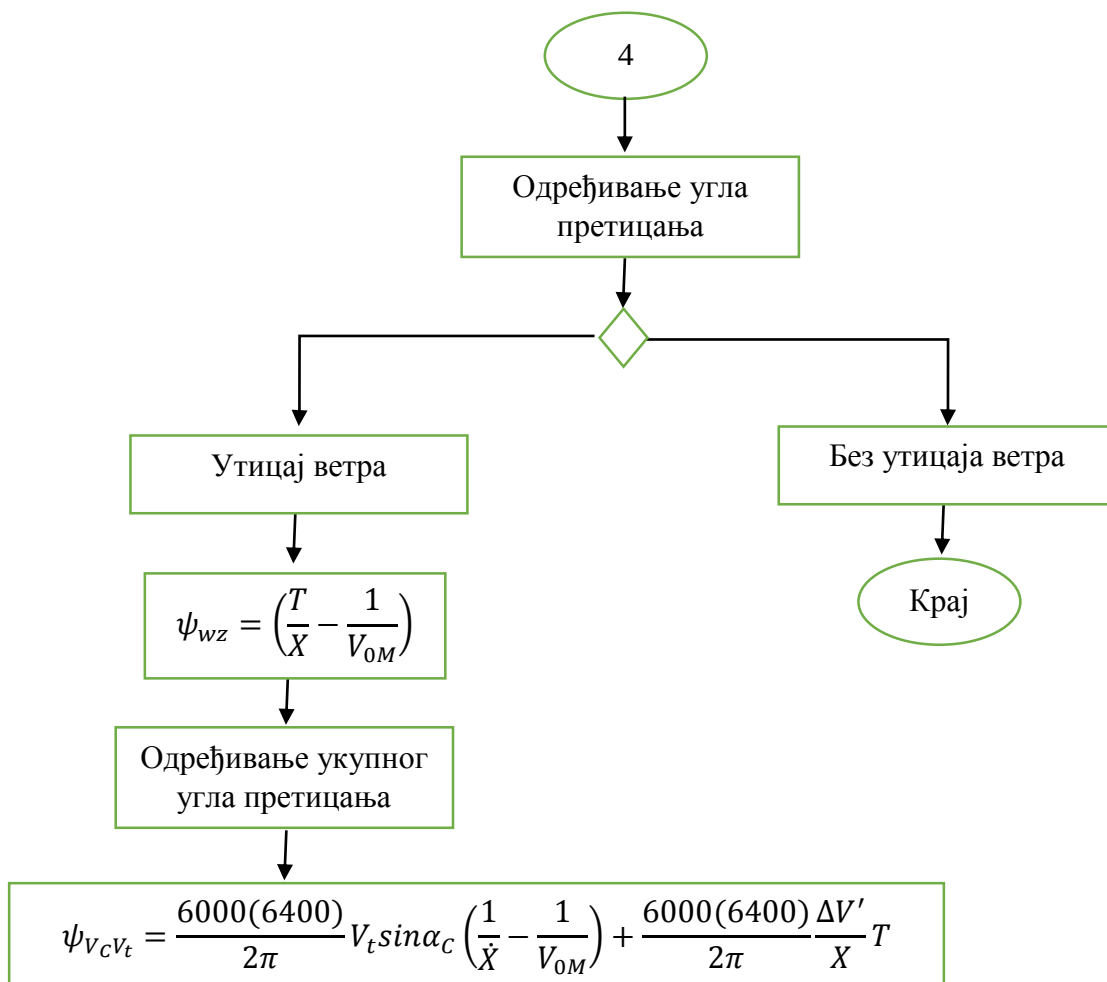
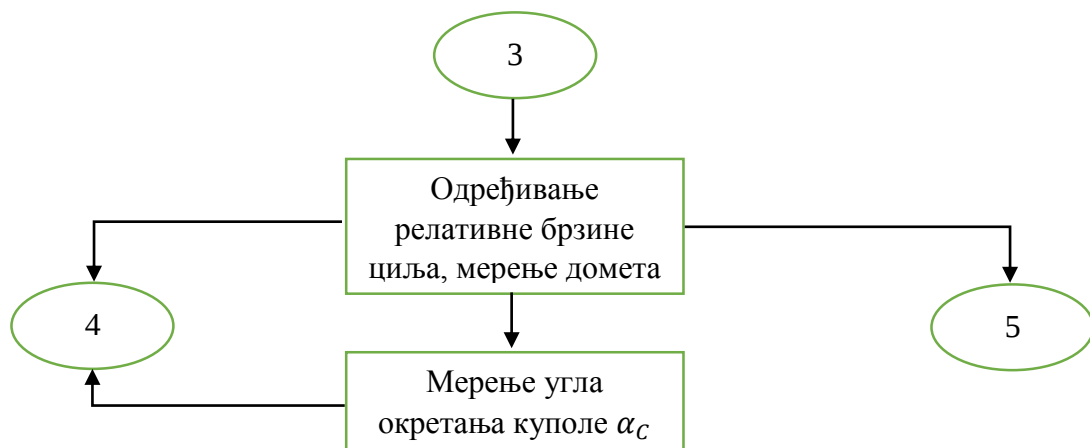
Тенковска борба започиње оног тренутка кад један од тенкова открије другог, својом осматрачко – нишанском справом. Тада више нема одустајања и започиње припрема елемената за гађање са жељом да се што пре неутралише противничко средство. Борба тенкова траје до оног тренутка када један тенк другог погоди, а да при том погодак буде са критичним исходом по противнички тенк. Постоји још један начин престанка борбе, а то је када оба тенка остану без муниције. Следи приказ алгоритма.

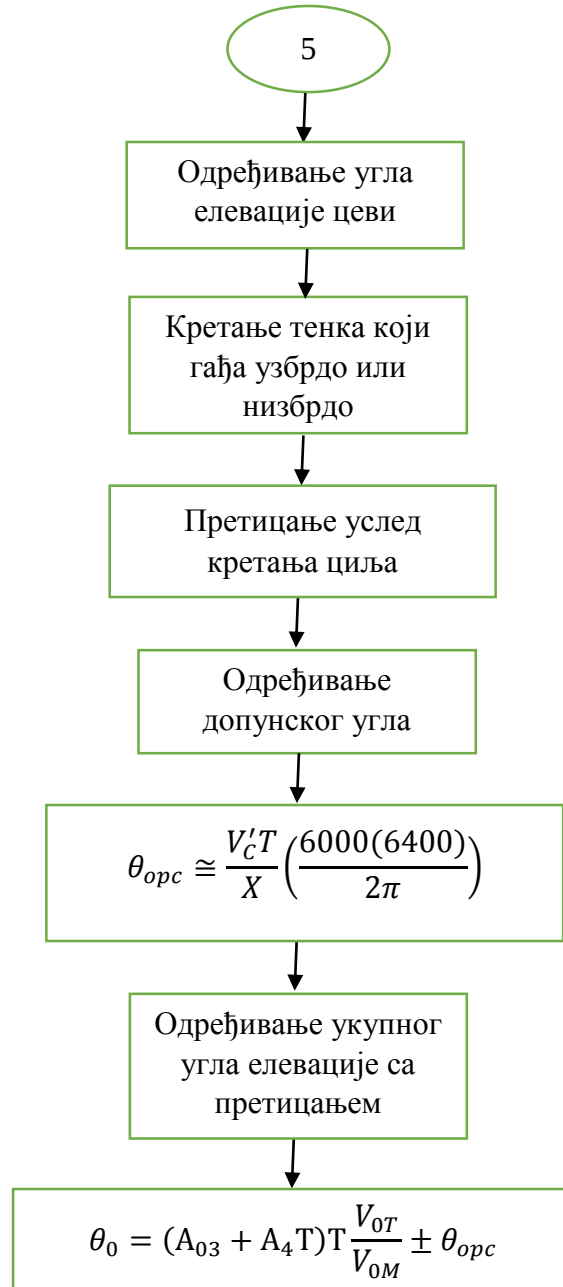


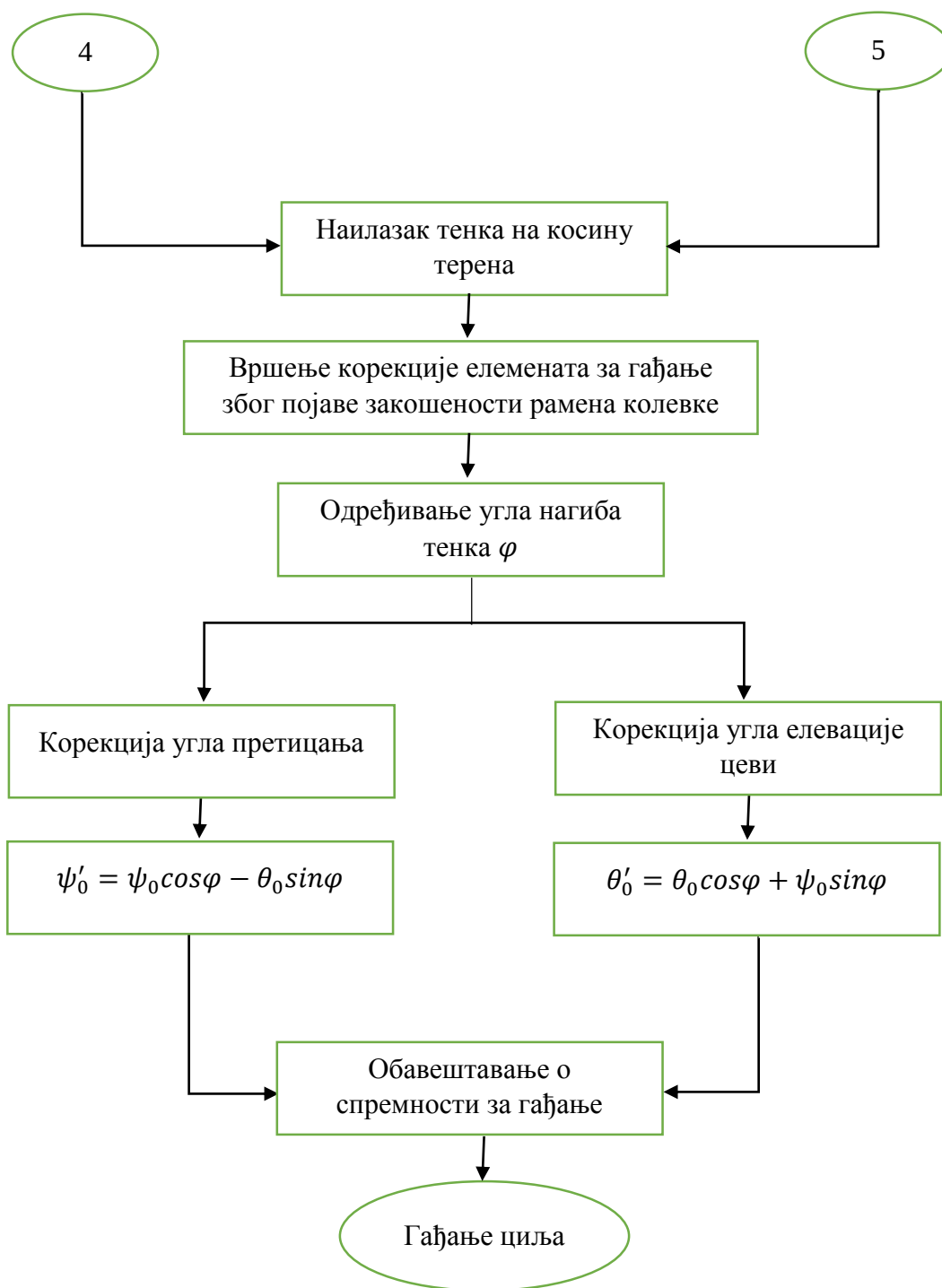
Напомена: Прво ће бити представљен други случај, јер је знатно краћи од првог. Такође, приказан је информативно, тако да неће бити већег задржавања на њему.











Алгоритам почиње уочавањем средства (тенка). Врло битна ствар је препознавање средства, јер се мора увидети да ли се ради о сопственом или непријатељском. Ако је сопствено, тенк наставља своје кретање по свом, унапред дефинисаном плану. У случају да је тенк непријатељски, следи ванредни режим активности тенка. Осматрањем циља, тенк прво прикупља информације о томе да ли се циљ креће или мирује. Најједноставнији начин тенковске борбе је гађање циља у мировању (случај 2). Знатно тежа ситуација је када се оба средства налазе у покрету, што је приказано случајем 1.

При кретању циља, тенк мора да увиди на који начин се циљ креће према њему, фронтално, косо или бочно. Тенк схвата да се циљ креће косо и да се такође, удаљава од њега. Након тога, следи мерење параметара атмосфере, сензорима, намењеним за то. Борбени комплет тенка се састоји од три врсте пројектила: поткалибарног, тренутно – фугасног и кумулативног. Тенк је изабрао да гађа поткалибарним пројектилом, јер најчешће овом врстом пројектила гађа у покрету.

Потребно је измерити релативну брзину кретања циља и домет, који су неопходни за одређивање елемената за гађање. По одређивању ових параметара, следи одређивање азимута гађања. Узет је у обзир утицај бочног ветра, који додатно отежава целу ситуацију. Пошто се циљ креће, потребно је одредити угао претицања, под којим ће бити постављена цев оруђа у хоризонталној равни. Формула за одређивање овог угла је дата у алгоритму.

Следи одређивање угла елевације цеви топа. Тенк који гађа, у зависности од терена, може да се креће узбрдо или низбрдо, што је приказано у алгоритму. Овакви начини кретања резултирају сталним додавањем угла елевације, односно, стално се угао елевације допуњава одређеном вредношћу тзв. допунског угла. За одређивање овог угла, дата је релација у алгоритму.

Одређен је и угао скретања и угао елевације, али нова ситуација отежава додатно процес гађања. Тенк који гађа, наилази на стрму раван, која га приморава да се креће под одређеним бочним нагибом. Оваква ситуација резултира закошењем рамена колевке за одређени угао. Потребно је одредити угао по којим се сада тенк налази у односу на хоризонталу, а потом, коришћењем истог, извршити корекцију угла скретања и угла елевације.

По одређивању потребних елемената за гађање, следи обавештење од спремности за гађање, а потом и вршење истог. Тенк мора да погоди из првог покушаја циљ, јер у противном, он постаје мета.

5. Закључак

У овом раду је приказан начин функционисања тенка у једној борби. Пре свега, дат је кратак историјат о развоју тенкова, који се огледа кроз четири генерације. Свака генерација је са собом донела неке новитете, модификације и томе слично.

Систем за управљање ватром код тенкова представља веома неопходну целину, чијим убрзаним развојем и уградњом у тенкове долази до знатно лакшег и прецизнијег гађања у борби. Овај систем је такође описан у раду.

Тенк гађа непосредно, док се класична артиљерија служи посредним гађањем, те је приказана разлика између ова два типа.

Тенк, приликом свог дејства према циљу, суочава се са проблемима, везаним за гађање у хоризонталној и вертикалној равни гађања, где је потребно прорачунати углове азимута и елевације. Математичким моделима, датим у раду, долази се до неопходних параметара. Циљ се према тенку који гађа може кретати на три начина: фронтално, косо и бочно. Тенк који гађа, може се кретати узбрдо, низбрдо, по неком бочном нагибу (све ово важи и за циљ), те се углови азимута и елевације морају стално допуњавати одређеним допунским угловима, не би ли се добила адекватна вредност истих. Време целокупног дешавања овде игра велику улогу, јер и поред оволиког сложеног процеса, посада ипак мора што брже да одради све што припрема елемената за гађање обухвата, да би борбу свела у своју корист.

На основу свих постављених математичких модела у раду, одрађен је алгоритам једне тенковске борбе. Алгоритам обухвата период од уочавања циља, преко одређивања потребних параметара, до гађања истог.

Проблематика гађања из тенка при изненадној тенковској борби, где се и тенк и циљ крећу у одређеним правцима и смеровима, је, по свему судећи, врло комплексна и крајње неисцрпна тема за истраживање и анализу. Не постоје две исте борбе тенкова, јер свака носи са собом неку другачију ситуацију: положај циља, положај тенка који гађа, дOMET, климатске услове, терен на коме се то одиграва и све што иде уз то. Улога система за управљање ватром се баш огледа у томе да он реши све зачкољице, које сналазе посаду у току борбе и да своја решења сведе на успешно гађање из тенка. Велику улогу у свему томе игра увежбаност посаде, јер ништа не значи ако је систем за управљање ватром функционалан и спреман за употребу, ако посада није спремна да примени исти на најбољи начин.

Списак слика

1.1	<i>Тенк – мобилна борбена платформа</i>	1
1.2	<i>Наоружања на тенку</i>	3
1.3	<i>Руски тенк Т – 34</i>	4
1.4	<i>Амерички тенк М 103</i>	6
1.5	<i>Руски тенк Т – 54</i>	8
1.6	<i>Британски тенк Centurion</i>	9
1.7	<i>Руски тенк Т – 62</i>	11
1.8	<i>Немачки тенк Leopard 1</i>	13
1.9	<i>Амерички тенк М60 Patton</i>	14
1.10	<i>Руски тенк Т – 72</i>	16
1.11	<i>Израелски тенк Merkava Mk1</i>	18
1.12	<i>Јапански тенк Type – 74</i>	20
1.13	<i>Италијански тенк Ariete – C1</i>	22
1.14	<i>Немачки тенк Leopard 2</i>	23
1.15	<i>Југословенски тенк М – 84</i>	25
2.1	<i>Типови међусобног положаја тенкова</i>	36
2.2	<i>Гађање тенка у хоризонталној равни</i>	37
2.3	<i>Пројекција брзине тенка на нормалу линије гађања</i>	39
2.4	<i>Приказ релативне брзине циља и тенка на правац нормале на линију гађања</i>	41
2.5	<i>Претицање при кретању тенкова у вертикалној равни</i>	44
3.1	<i>Положај тенка у нагнутој равни</i>	46
3.2	<i>Углови правца и елевације цеви у закошеној равни</i>	47
3.3	<i>Одржавање положаја цеви усмерене према циљу у вертикалној равни</i>	49
3.4	<i>Одржавање положаја цеви усмерене према циљу у хоризонталној равни</i>	49
4.1	<i>Тенковска борба са параметрима за одређивање елемената за гађање</i>	50

Списак табела

1.1	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 34</i>	4
1.2	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка М 103</i>	7
1.3	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 54</i>	8
1.4	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Centurion</i>	10
1.5	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 62</i>	12
1.6	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Leopard I</i>	13
1.7	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка M60 Patton</i>	15
1.8	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Т – 72</i>	17
1.9	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Merkava MkI</i>	19
1.10	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Type – 74</i>	20
1.11	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Ariete – C1</i>	22
1.12	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка Leopard 2</i>	24
1.13	<i>Тактичко – техничке карактеристике тенка М – 84</i>	26

6. Литература

- [1] М. Драгојевић, Борбена возила, Војноистраживачки и новински центар, Београд 1990.
- [2] https://wall.alphacoders.com/by_sub_category.php?, 17. 05. 2018.
- [3] <http://srpskioklop-forum.niceboard.com/t71-m-84ab1>, 22. 05. 2018.
- [4] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Wikipedija>
- [5] <http://weaponsystems.net/weaponssystem/CC05%20-%20T-34.html>, 07. 05. 2018.
- [6] С. Муждека, С. Ракић, Конструкција борбених возила, Војна академија, Београд, 2008.
- [7] http://www.primeportal.net/tanks/greg_smith/m103/, 29. 05. 2018.
- [8] <https://www.flickr.com/photos/buzzer999/6175120026>, 21. 05. 2018.
- [9] [https://en.wikipedia.org/wiki/Centurion_\(tank\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Centurion_(tank)), 22. 05. 2018.
- [10] <http://www.papercraftsquare.com/t-62-main-battle-tank>, 23. 05. 2018.
- [11] <http://www.documentarytube.com/articles/leopard-1-germany-s-post-ww>, 23. 05. 2018.
- [12] <https://www.deviantart.com/davidkrigbaum/art/San-Juan>, 29. 05. 2018.
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/T-72_operators_and_variants, 24. 05. 2018.
- [14] http://www.military-today.com/tanks/merkava_mk1.htm, 25. 05. 2018.
- [15] http://www.military-today.com/tanks/type_74.htm, 25. 05. 2018.
- [16] <https://www.snafu-solomon.com/2017/05/c1-ariete-main-battle-tank>, 30. 05. 2018.
- [17] <https://www.aydinlik.com.tr/rheinmetall-leopard-2>, 26. 05. 2018.
- [18] <https://specijalne-jedinice.com/Vesti/Namenska-industrija/>, 30. 05. 2018.
- [19] А. Кари, предавања из предмета“ Интеграција наоружања на мобилне платформе“, ФИН, Крагујевац, 2017.
- [20] М. Милиновић, Б. Ђедовић, скрипта „Системи за управљање ватром“, Машински факултет, Београд, 2018.