

**Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Војна академија Универзитета одбране у Београду**



Назив студијског програма: Војноиндустријско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Наоружање

Предмет: Интеграција наоружања на мобилне платформе

Број индекса: 336/2016

Мирко Б. Поповић

**Модел система за управљање ватром даљински
управљиве борбене станице 12,7 mm**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. ванр.проф. др Александар Кари - ментор
2. доц. др Дамир Јерковић - члан
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

САДРЖАЈ

Садржај.....	2
Предговор.....	3
Abstract	4
Резиме рада	4
Увод	5
1 Даљински управљиве борбене станице.....	6
1.1 Компоненте даљински управљиве борбене станице.....	6
1.2 Таблице гађања	9
1.3 Постојеће конструкције ДУБС	10
1.3.1 M151 PROTECTOR.....	10
1.3.2 Dual Fewas.....	12
1.3.3 SAMSON Mini	13
1.3.4 Saab Trackfire	14
1.3.5 Универсални боевой модуль ГРОМ.....	15
1.3.6 Rogue LITE.....	16
1.3.7 ДУБС M15 са митраљезом 12,7 mm	16
1.3.8 Упоредна анализа ДУБС	18
1.4 Митраљез M87 - 12.7x108 mm	18
2 Основне кинематске величине за ДУБС 12,7 mm.....	20
2.1 Неопходне величине за правилан рад ДУБС	20
2.2 Математичко-механички модел нишањења.....	21
2.2.1 Елементи за гађање у вертикалној равни.....	21
2.2.2 Елементи за гађање у хоризонталној равни.....	24
3 Алгоритам рада СУВ за ДУБС.....	28
4 Програмско решење СУВ за ДУБС 12,7 mm.....	31
5 Пример рада програмског решења	33
6 Закључак.....	36
Литература	37
Списак слика.....	38
Прилог А – Таблица гађања за Митраљез 12.7 mm M87.....	39
Прилог Б – Програмско решење	40

ПРЕДГОВОР

Основни мотив за писање овог рада је лично интересовање за ову област у току основних академских студија као и помоћ млађим колегама у разумевању проблематике система управљања ватром и даљински управљивих борбених станица. Рад је заснован на објашњењу већ постојећих конструкцијских решења, али са могућношћу усавршавања ради добијања што савременијих борбених система, а самим тим и јачању Војске Србије.

Пријатна ми је дужност захвалити се свима који су на било који начин помогли у изради овог рада и свему што је њему претходило. Овом приликом желим се посебно захвалити:

Ментору пуковнику ванредном професору др Александру Карију, на указаном поверењу, стрпљењу, помоћи коју ми је пружио током студирања и на саветима да успешно завршим мастер рад и решим велики број проблема., професорима и асистентима на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу као и професорима на Војној академији у Београду на сарадњи, разумевању и пруженим теоријским и практичним знањима. Посебну захвалност дугујем својој девојци Аници на стрпљењу и неизмерној подршци приликом израде рада, такође велику захвалност дугујем мојим родитељима Брану и Витомирци на помоћи и моралној подршци током студирања. Најискреније се захваљујем свима.

ABSTRACT

This paper includes calculation and project of fire management system for machine gun 12,7mm M87 built in remote controlled combat platform. There are explained basic parts of Remote Controlled Weapon Station (RCWS), existing construction of combat stations and also characteristic magnitudes necessary for work one of these constructions. Based on known parameters for calculating elements of trajectory mathematical model was designed for fire management system with MATLAB, with the help of which is executed simulation calculation first elements for shooting . At the end it has been given example of whole procedure of calculation elements for shooting.

Key words: **machine gun, Remote Weapon Station (RWS), System firing control, shooting elements**

РЕЗИМЕ РАДА

Овај рад се бави прорачуном и пројектовањем система управљања ватром за митраљез 12,7 mm M87 уграђеног на даљински управљиву борбену платформу. Објашњене су основни делови ДУБС, постојеће конструкције борбених станица, као и карактеристичне величине неопходне за рад једне такве конструкције. На основу познатих параметара за израчунавање елемената путање извршено је пројектовање математичког модела за СУВ путем програмског алата MATLAB, уз помоћ којег је извршена симулација прорачуна почетних елемената за гађање. На крају је дат пример целе процедуре прорачуна елемената за гађање.

Кључне речи: **митраљез, Даљински управљива борбена станица (ДУБС), Систем управљања ватром (СУВ), елементи за гађање.**

УВОД

У времену савременог ратовања у војним индустријама се врши непрестано усавршавање оружја и оруђа, а све ради што боље позиције у свету и бољег војног статуса. Роботи на даљинско управљање су одавно постали свакодневница у животу свих људи а не само у војсци.

У оквиру рада се описује рад такве конструкције познате под називом Даљински управљива борбена станица. Првенствено се базира на калибру 12.7 mm и митраљезима којима је ово основни калибар. Дат је опис већ постојећих конструкција ових система са њиховим основним карактеристикама, изгледом и могућношћу уградње на платформе. У даљем тексту су описане неопходни подаци за рад ДУБС од којих као основни се узимају таблице гађања са својим вредностима без којих рачунар у ДУБС не би могао да функционише. Основне кинематске величине описане су као основ улазних података у процесу прорачуна и израде трајеног а то су угао елевације и правца.

Даљим током овог рада детаљно ће бити дати начини израчунавања елемената за гађање, услови под којима се они примењују као и шематски прикази где се показују узајамни односи циља и ДУБС. Такође биће објашњен и методом алгоритама рад ДУБС у обе равни гађања.

Основни задатак у оквиру овог рада је приказати правилно израчунавање елемената за гађање и то системом аутоматског управљања као системом управљања ватром (СУВ). У најужем смислу речи СУВ одређују најповољнији смер и тренутак испаливања пројектила. На основу свега на крају ће бити дато програмско решење са детаљним описом и начином рада.

Циљ рада је показати рад програма који на основу улазних параметара сам прорачунава излазне величине које даље путем сигнала шаље у управљачке елементе спрегнутог наоружања у ДУБС.

1 ДАЉИНСКИ УПРАВЉИВЕ БОРБЕНЕ СТАНИЦЕ

Даљински управљива борбена станица (ДУБС) или даљински систем наоружања , (ДСН) је даљински управљани оружани систем често опремљен системом за управљање ватром са оружјем малог и средњег калибра, који може бити инсталирани на борбено возило на копну или на морској и ваздушној платформи. Таква се опрема користи на савременим војним возилима, јер омогућава људству да остане заштићено од директног дејства непријатеља. Такође се може накнадно монтирати на постојећа возила ,а зависно од намене обично се наоружавају извиђачка и командна возила.

1.1 Компоненте даљински управљиве борбене станице

Савремене даљински управљиве борбене станице састоје се од низа компонената које су у узајамној вези и као такве чине један комплетан систем. ДУБС (слика ??)се састоји од:

- наоружања са борбеним комплетом,
- стабилизаног носача наоружања,
- система за управљање ватром (СУВ) и
- опто-електронског система за осматрање, нишањење и оријентацију



Слика 1. Компоненте ДУБС

Наоружање и борбени комплет ДУБС у великој мери одређује коју ће основну намену имати као и место тј. платформа на коју ће се уградити сама ДУБС. Углавном ДУБС могу бити наоружане са следећим наоружањем:

- митраљези калибра 5.56 mm, 7.62 mm и 12.7 mm

- аутоматски бацачи граната калибра 30 mm и 40 mm
- аутоматски топови калибра 20 mm, 25 mm и 30 mm

У зависности од наведених категорија наоружања и њихових габарита и масе уградња саме ДУБС се може вршити и на возилима која не спадају у групу борбених возила већ лаких и не оклопљених.

У последње време у процесу развоја система наоружања и аутоматизације уграђују се и ручни ракетни бацачи (РРБ 64mm) ради што боље ватрене моћи и дејства на циљ.

У оквиру овог рада је разматран митраљез М87 калибра 12,7mm уграђен на покретну платформу.

Такође као додатна опрема, а ради заштите саме станице могу се користити:

- бацачи димних кутија;
- бацачи осветљавајућих пројектила;
- бацачи “шок” бомби.

У оквиру борбеног комплета се дефинише количина муниције којом се храни наоружање а обично је то 100-200 метака везаних редеником и смештених у муницијске кутије које су уграђене на станици. [1]

Наоружање се уграђује на колевке које омогућују његово покретање по елевацији као и вођење у процесу трзања и враћања при опалењу пројектила. Обично се користе колевке:

- коритастог (“U”) типа и,
- цилиндричног (“O”) типа.

Стабилисани носач наоружања се користи ради чврстог везивања наоружања за платформу, а уједно у оквиру себе садржи справе за елевацију наоружања и нишанских справа као и справе за давање правца. Справе за елевацију и давање правца су у степ мотори управљани од стране рачунара тј. од система управљања ватром (СУВ).

Од конструкцијских својстава у носача као и поменутих степ мотора у великој мери зависи способност самог наоружања, његова брзина реаговања и одзива на задате команде.

Систем за управљање ватром (СУВ) чини функционални повезан скуп уређаја, мерне опреме везаних зависностима механике математике и метеорологије који обезбеђују успешно гађање циљева из разних оружја и оруђа.

СУВ служи за постављање оружја у положај који ће обезбедити сигурно довођење пројектила на циљ без обзира на кретање ДУБС или циља.

Састав појединог СУВ-а зависи од врсте оружја (оружја), њиховог типа и степена аутоматизације. Компоненте које служе формирању СУВ-а могу се поделити у три основне групе зависно од функција које врше у систему, и то:

- компоненте за прикупљање информација и мерење параметара – сензори,
- компоненте за обраду информација - рачунари и
- компоненте за пренос и извршење обрађених информација на објекту управљања - извршни органи.

У прву групу сврставају се различити сензори за правовремено откривање, аквизицију, идентификацију, праћење циљева и мерење њихових координата. Ова група сензора се врло интензивно развија, усавршава и примењује у свим врстама СУВ-а.

Може се поделити на АКТИВНЕ и ПАСИВНЕ.

Пасивни сензори дискретно прате циљ. Ови сензори раде на принципу детекције енергије коју емитује циљ. Деле се према улози у СУВ-у на: нишанске справе,

инструменте за дневна и ноћна осматрања, ТВ и термалне, односно ИЦ, камере, као и пасивне радаре и акустичке и радарске гониометре.

Активни сензори раде на принципу рефлектоване енергије озраченог објекта, на основу чега се добија информација о положају или удаљености сензора од циља. Активне сензоре чине радаре (осматрачки и нишански) и ласерски даљиномери. Ови сензори представљају изворе зрачења, те могу бити откривени и ометани.

Друга група сензора намењена је за мерење свих параметара који утичу на израчунавање елемената за гађање непокретних и покретних циљева. Ту спадају сензори за мерење:

- угаоних брзина циља,
- брзине и смера ветра,
- температуре ваздуха,
- притиска ваздуха,
- почетне брзине пројектила,
- температуре барутног пуњења и горива,
- нагиба терена, и др.

Рачунар СУВ-а

Врши обраду информација односно израчунавање елемената потребних за гађање циљева. Израчунати подаци се преносе на извршне органе који објекте управљања (лансирана рампa, цев топа, пуњач и др.) усмеравају и позиционирају одређеном брзином реаговања. На тај начин се омогућава извршење гађања уз што већу вероватноћу поготка циља.

Број параметара за прорачун координата положаја циља најчешће је променљива величина, уколико се ради о покретним циљевима. Параметри се континуално уводе из сензора преко процесора у рачунар, помоћу кога се континуално израчунавају елементи гађања и динамички преносе на управљање извршним органима оруђа или оружја.

Тиме се време реаговања система своди на минимум, што је уједно и главни задатак аутоматизације савремених система управљања ватром. [2]

Извршни органи СУВ-а

Главни уређаји који су саставни део оруђа или борбене платформе, или су пак размештени на друге платформе у реону ватреног положаја, а чине саставни део система за управљање ватром, су:

1. Уређаји за покретање и управљање оруђем, односно уређаји за постављање линије гађања у одговарајућу позицију према гађаном циљу,
2. Уређаји за нишањење,
3. Уређаји за одређивање нагиба оруђа,
4. Уређаји за стабилизацију и ослањање,
5. Уређаји за осматрање циља,
6. Уређаји за мерење даљине циља или координата циља,
7. Рачунар,
8. Метеоролошки мерни уређаји,
9. Мерни уређај за мерење температуре барутног пуњења,
10. Мерни уређај за мерење почетне брзине пројектила,
11. Мерни уређај за одређивање правца гађања,
12. Уређај за пренос података,
13. Уређај за приказивање података,
14. Средства за везу и командовање.

Опто-електронски систем за осматрање, нишањење и оријентацију представља скуп сензора (камера) уз помоћ којих оператер има потпуну слику о циљу његови особинама као и положају. Сам систем се састоји се од :

- дневно-ноћна нишанске справа;
- термовизијске камера;
- ласерског даљиномера.

1.2 Таблице гађања

Таблице гађања (ТГ) представљају збирку нумеричких и графичких података одређених прорачуном и усклађених са резултатима испитивања и служе да се за одређено ватрено средство (оружје, оруђе) и муницију познатог стања у познатим метеоролошким условима одреде елементи гађања, тако да се погоди циљ чији је положај у односу на положај ватреног средства познат.

Обично се ТГ израђују се за једно или више ватрених средстава истих балистичких особина, а разликују се према:

- облику,
- садржају,
- начину приказивања података за припрему и извршење гађања,
- врсти средства и
- намени муниције.

При изради ТГ поштују се следећи услови:

- За таблице гађања користе се резултати балистичких испитивања која се изводе у складу са одредбама стандарда;
- Резултати су приказани за стандардну артиљеријску нормалну атмосферу (САНА);
- Подаци у ТГ су подешени за коришћење стандардног метеоролошког билтена;
- За трајне таблице користе се резултати из испитивања муниције и ватрених средстава из серијске производње (на првих 3-5 серија муниције);
- За новоусвојена ватрена средства или новоусвојену муницију раде се привремене таблице гађања.

Таблице гађања се састоје од следећих делова:

- Текстуални део
 - информације о ТГ и ватреном средству
 - основни ТТ подаци за припрему и извршење гађања
 - информације о муницији, нишанским справама и РАП-у
 - упутства о коришћењу ТГ и метео билтена
- Графички део
 - избор и припрема елемената гађања
- Бројни подаци
 - избор и припрема елемената гађања
- Помоћне табеле

Таблице гађања се могу израђивати као посебан документ или у склопу правила за одређено оруђе (Углавном за стрељачко наоружање).

Пример изгледа таблице гађања за митраљез 12,7mm на руском језику приказан је на слици 2.[3]

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
(к ст. 117)

ОСНОВНАЯ ТАБЛИЦА
для 12,7-мм пулемета «Утес» (НСВ-12,7)

Пуля Б-32
Масса пули 48,3 г

Начальная скорость пули 820 м/с
Угол вылета минус 2 мин
Дульная энергия пули 1655 кгм

Дальность	Угол прицеливания		Угол бросания		Угол падения.		Высота траектории	Горизонталь- ная дальность до вершины траектории	Полное время полета пули	Окончатель- ная скорость пули	Энергия пули в точке па- дения	Дальность
	град	мин	тыс.	град	мин	тыс.						
100	0 08	2,2	0 02	0,6	0 03	0,8	0,02	51	0,13	780	1498	100
200	0 09	2,5	0 05	1,4	0 06	1,7	0,09	102	0,26	741	1352	200
300	0 11	3,1	0 08	2,2	0 09	2,5	0,20	154	0,40	703	1217	300
400	0 14	3,9	0 11	3,1	0 13	3,6	0,36	207	0,55	666	1093	400

Приложение
205

Слика 2. Изглед ТГ за митраљез 12,7 mm

1.3 Постојеће конструкције ДУБС

1.3.1 M151 PROTECTOR

Норвешка компанија Kongsberg за потребе норвешких оружаних снага, развила је ДУБС *Protector* ознаке M151.



Слика 3. M151 PROTECTOR

ДУБС се може монтирати на и стационарне платформе. M151 Protector је конструисан за оружја малог и средњег калибра и може да се инсталира на било коју врсту платформе. Омогућава интеграцију три различита типа основног наоружања:

- митраљеза 7.62 mm M260 Protector Lite,
- митраљеза 12.7 mm M2HB или
- аутоматског бацача граната 40 mm Mk19 AGL

Развијено је више верзија ДУБС *Protector* M151 и то:

- *Protector* M151 основна верзија која се уграђују на борбена возиле марке Stryker која се производе у Канади а за потребе Сједињених америчких држава;
- *Protector* M151 E1 верзија ДУБС која има боља и унапређена својства термовизијске камере;
- *Protector* M151 E2 верзија са унапређени стабилизационим својствима.

Систем за управљање ватром (СУВ) опремљен је дневном CCD камером, термовизијском камером и ласерским даљиномером и компатибилан је са свим сензорима на тржишту. Одвојено видно поље омогућава кориснику да се фокусира на циљеве независно од типа оружја/муниције које се користи.[4]

Карактеристике ДУБС:

- Маса 154 kg
- Поље дејства:
 - по азимуту: 360°,
 - по елевацији: -20° до +60°.
- Борбени комплет митраљеза износи од 200 до 1000 метака зависно од корисничких захтева.
- Брзина покретања електричним серво погоном по азимуту износи 1.5 rad/s, а по елевацији 1.2 rad/s.

1.3.2 Dual Fewas

Немачка компанија Dynamit Nobel Defence је априла 2013 је представила своју ДУБС под називом Dual RWS. Овакав назив је добила због могућности употребе две врсте наоружања и то Rheinmetall митраљез 12.7 mm и два бестрзајна бацача граната (RGW 90).



Слика 4. Dual Fewas

Ова ДУБС је осмишљена за уградњу на разним борбеним возилима као основно и помоћно оружје као и на речним и морским пловилима.

Посебно побољшање на овој ДУБС у односу на остале је могућност пуњења митраљеза и аутоматског бацача граната које се врши из оклопа.

Опремљен са дневном и ноћном камером и ласерским даљиномером али има могућности проширења и уградње додатних сензора у оквиру оклопа. [5]

Карактеристике ДУБС:

- Маса 390 kg
- Поље дејства:
 - по азимуту: 360°,
 - по елевацији: -20° до +60°.
- Борбени комплет митраљеза износи од 200 метака 12,7mm.

Два уграђена бестрзајна бацача граната су наоружана различитом врстом муниције и то:

- RGW 90 HH (HEAT/HESH) са једном оклопно-пробојним високо експлозивним пројектилом за уништење оклопа гађаног циља
- RGW 90 HH RGW 90 AS (anti-structure) за уништење инсталација у циљу.

1.3.3 SAMSON Mini

Samson Remote Controlled Weapon Station (RCWS) представља више фамилија ДУБС израелског порекла познате су још под називом Katlanit што у преводу са хебрејског значи „смртоносан“. Постоје 3 основне фамилије ових борбених станица[6]:

- Samson Jr. – за калибре 5.56 mm и 7.62 mm, маса им је 60–75 kg ;
- Mini Samson – за тешке митраљезе калибра 12.7 mm и 14.5 mm , као и за бацаче граната 40 mm, маса им је 140–160 kg ;
- Standard Samson – за топове калибра 20–40 mm , масе 1.5 тоне.



Слика 5. Mini Samson

У нашем случају занимљива за објашњење је фамилија ДУБС Mini Samson која је наоружана са митраљезом 12,7 mm. ДУБС је конструисана тако да ју је лако уградити на разне платформе без извршења преправки на основној конструкцији.[7]

Неке од карактеристика овог ДУБС су:

- велика прецизност,
- могућност рада дању и ноћу,
- стабилизација оружја,
- све операције се изводе из каросерије возила,
- флексибилна архитектура,
- дигитални рачунар,
- уграђени симулатор.

Карактеристике ДУБС:

- Маса 200 kg
- Поље дејства:
 - по азимуту: 360°,
 - по елевацији: $-20^{\circ} \pm 1$ до $+60^{\circ} \pm 1$.
- Борбени комплет митраљеза износи од 400 метака 12,7mm
- Могућност додатне уградње бацача димних бомби.

1.3.4 Saab Trackfire

Ова ДУБС је шведске производње и карактеристично је то што се на основну конструкцију може монтирати било које оружје калибра од 5.56 mm до топа 25 mm и АБГ 40 mm. Поред основног може се бочно поставити секундарно оружје до калибра 7.62mm.



Слика 6. Saab Trackfire

Модул сензора (инсталиран испод колевке) је засебан и садржи CCD TV, IR камеру и ласерски даљиномер, а може бити опремљен и брисачем и прскалицом предњег стакла. Ова ДУБС се одликује стабилном и независном линијом видног поља која дозвољава раздвајање оружја од сензора [8].

Карактеристике ДУБС:

- Маса 140 kg
- Поље дејства:
 - по азимуту: 360°,
 - по елевацији: -20° до +55°.
- Борбени комплет митраљеза износи од 350 метака 12,7mm

1.3.5 Универсальный боевой модуль ГРОМ

Универзални борбени модул ГРОМ је ДУБС украјинске производње намењен за уграђивање на лака борбена оклопна возила. Употребом овог система побољшана је безбедност посаде, смањена је тежина борбеног модула, а ергономски услови посаде у борбеном возилу су побољшани. Велики недостатак овог система је угрожавање посаде барутним гасовима при гађању [9].



Слика 7. Универсальный боевой модуль ГРОМ

Карактеристике ДУБС:

- Маса 1890 kg
- Поље дејства:
 - по азимуту: 360°,
 - по елевацији: -10° до +50°.
- Борбени комплет митраљеза садржи:
 - топ 30mm ЗТМ-2 са 150 граната ;
 - митраљез 7,62 mm са 1200 метака;
 - бацач граната 30mm са 150 граната.

1.3.6 Rogue LITE

Овај оружани систем производи јужноафричка компанија Reutech Rogue International која се бави производњом борбених система дужи временски период. ДУБС Rogue LITE представља жиро-стабилисано оружје за уградњу на лака борбена возила. Поседује могућност праћења циља и поседује ласерски даљиномер велике тачности. Софтвер система је направљен тако да пружа велику прецизност при гађању покретних циљева. Овај систем се може наоружати са митраљезом 7,62 mm, 12,7 mm или бацачем граната 40 mm.[10]



Слика 8. Rogue LITE

1.3.7 ДУБС M15 са митраљезом 12,7 mm

Ова ДУБС представља модерни оружани систем домаће производње произведено у фабрици Југоимпорт – СДПР.

Даљински управљана борбена станица (DUBS) састоји се од:

- Оружне станице које се монтира на возило
- Командно-управљачког блока са ситстемом за управљање ватром (SUV) и
- електроником електромоторног погона, смештени унутар возила

Оклопно постолје на којем се налази колевка митраљеза се покреће по правцу уз помоћ електромоторног погона, а по елевацији се такође уз помоћ електромоторног погона покреће митраљез уграђен у колевку. Сва покретања митраљеза се врше преко редукторског погона смештеног у оклопном телу. Оптико-електронски блок је повезан са осом колевке митраљеза и муницијском кутијом капацитета 180 метака.

Оптико-електронски блок се састоји од:

- Ласерски мерач даљине
- Дневни канал за осматрање и нишањење - CCD камера
- Ноћни канал за осматрање и нишањење – термовизијска камера

Уграђени DUBS драстично повећава укупну ватрену моћ возила, преглед ситуације на бојишту и преживљавање посаде. Осматрање и аквизиција циља може се извршити и дању и ноћу на великим удаљеностима, захваљујући високој резолуцији CCD TV камере, термовизијској камери и ласерском мерачу даљине. На циљеве се може дејствовати брзом и прецизном ватром митраљеза услед напредног система за управљање ватром који има балистички рачунар са аутоматким генерисањем кончанице.[11]



Слика 9. ДУБС М15 са митраљезом 12,7 mm

Технички подаци за ДУБС 12,7 mm М15:

- Маса ДУБС 280 kg
- Поље дејства по правцу: $n \times 360^\circ$
- Поље дејства по елевацији: -7° до $+60^\circ$
- Угаона брзина по правцу: $50^\circ/s$,
- Угаона брзина по елевацији: $37^\circ/s$,

Максимални домет:

- Против ваздушних циљева ~ 1.500 m
- Против земаљских циљева ~ 2.000 m
- Храћење митраљеза: редеником
- Број метака по реденику: 180
- Брзина гађања: више од 600 met/min

1.3.8 Упоредна анализа ДУБС

На основу приказаних постојећих конструкција у следећој табели биће приказана упоредна анализа ДУБС.

Табела 1. Упоредна анализа карактеристика ДУБС

Р.бр.	Назив ДУБС	Наоружање	Борбени комплет (ком)	Поље дејства по елевацији (°)	Поље дејства по азимуту (°)	Маса (kg)
1.	M151 PROTECTOR	Митраљез 12,7 mm	200-1000	-20 ÷ 60	360	154
2.	Dual Fewas	Митраљез 12,7 mm 2 БГ 40 mm	200 2 x 40	-20 ÷ 60	360	390
3.	Mini Samson	Митраљез 12,7 mm	400	-20 ÷ 60	360	200
4.	Saab Trackfire	Митраљез 12,7 mm	350	-20 ÷ 55	360	150
5.	УБМ ГРОМ	Митраљез 7,62 mm Топ 30 mm БГ 30 mm	1200 150 150	-10 ÷ 50	360	1890
6.	ДУБС M15	Митраљез 12,7 mm	180	-7 ÷ 60	360	280

На основу приказане табеле се може закључити да се ДУБС конструишу у складу са захтевима које требају да испуне. Види се да све ДУБС имају покретљивост по правцу пун круг док су по елевацији ограничене што углавном зависи од услова уградње као и од карактеристика наоружања које се уграђује. Маса у великој мери утиче на избор уградње јер као што је већ речено ДУБС се углавном уграђују на лака оклопна и командна возила ради заштите посаде.

1.4 Митраљез М87 - 12.7x108 mm

Митраљез 12,7 mm М87 је базиран на совјетском НСВ-у (рус. Никитина-Соколова-Волкова). У Русији је прихваћен као замена за ДШК (рус. Дегтярёва-Шпагина Крупнокалиберный) 1969. године.



Слика 10. Митраљез М87

Користи се за дејство против живе силе, неоклопљених и лако оклопљених возила, и нисколетећих циљева у ваздушном простору. Карактеришу га поузданост и једноставност употребе и одржавања. Конструисан је за метак 12,7x108 mm, међутим постоји и верзија митраљеза прилагођена метку .50 Browning (намењен западном тржишту). Пешадијска варијанта митраљеза на треношцу зове се Којот, представљена на слици 3.

Функционише на принципу позајмице барутних гасова, са попречно клинастим затварачем као системом брављења. Конструкција митраљеза обезбеђује поуздано функционисање, без застоја, у свим климатским и теренским условима. Цев је израђена

методом хладног ковања, а унутрашњост цеви је хромирана, што обезбеђује дуготрајност са непромењеним балистичким карактеристикама.

Конструкција митраљеза обезбеђује поуздано функционисање, без застоја, у свим климатским и теренским условима.

Цев се брзо и лако демонтира са митраљеза, тако да је у екстремном режиму коришћења могуће њено брзо хлађење или замена резервном.

Пуњење митраљеза врши се из реденика, смештеног у муницијску кутију, капацитета 60 метака. Чауре након опаљења се избацују напред, чиме је повећана безбедност стрелца и људства у његовом окружењу. Скривач пламена на устима цеви распршује барутне гасове и смањује блесак пламена, чиме се маскира положај оружја. [12]



Слика 11. Митраљез 12,7 mm M02 Којот

Зависно од намене, митраљез се, са одговарајућом колевком, може уградити на различите типове борбених средстава.

Састав комплета :

- Митраљез M87
- Резервна цев
- 36 кратких реденика за 10 метака
- 3 муницијске кутије
- Резервни делови
- Алат
- Прибор
- Упутство за руковање и одржавање
- Сандук за паковање

Табела 2. Тактичко-техничке карактеристике Митраљеза M87

Калибар	Корак увијања (mm)	Број жљебова	Капацитет реденика (метака)	Дужина цеви (mm)	Дужина, укупна (mm)	Маса (kg)	Маса резервне цеви(kg)	Брзина палбе (met/min)	Максимални ефективни домет (m)
12,7x108mm .50Browning	381	8	60	1100	1560	24,8	9,3	700	1500

2 ОСНОВНЕ КИНЕМАТСКЕ ВЕЛИЧИНЕ ЗА ДУБС 12,7 ММ

2.1 Неопходне величине за правилан рад ДУБС

У зависности од врсте оруђа(оружја) које се уграђује на конструкцију ДУБС дефинишу се различите полазне величине на основу којих се врши израчунавање елемената за гађање. Основна предност ДУБС је што поседују систем са сензорима који аутоматски читавају податке и складиште их у рачунар који врши прорачун и даље давање сигнала за усмеравање цеви оруђа по правцу и елевацији. При прорачуну елемената за гађање се морају урачунати и измерити вредности дате у таблицама као и информацијама о циљу. Уз помоћ сензора на ДУБС се читавају следеће вредности:

- Стварна даљина до циља;
- Висина циља;
- Месни угао под који се циљ гађа;
- Метеоролошки параметре:
 - Температура ваздуха;
 - Барометарски притисак;
 - Брзина ветра (бочног и уздужног);
- Хоризонтални угао под којим се циљ прати;
- Брзина циља (уколико је циљ покретан);

На основу добијених информација о циљу путем рачунара у који су већ унете таблице гађања за одређено оруђе врши се прорачун елемената за гађање.

Рачунар има задатак да на основу примљених информација изврши прорачун и одређивање следећих вредности:

- Време лета пројектила до циља;
- Поправке даљине до циља услед разлике спољашње температуре и барометарског притиска у односу на табличне вредности;
- Поправке даљине због уздужног ветра;
- Угао елевације са урачунатим месним углом и поправком месног угла;
- Угао претицања услед кретања циља;

Пошто је ДУБС сложен систем повезан у узајамно зависне целине као излазне величине морају се добити вредности као и за гађање било којим оруђем, а то су:

- Угао елевације цеви;
- Угао правца цеви;

Закључујемо да СУВ за ДУБС мора обезбедити што тачније вредности да се циљ погоди првим припремљеним метком, али такође се у случају кретања циља мора увек прорачунавати и вршити пренос ватре као у класичној артиљерији.

2.2 Математичко-механички модел нишањења

Као што је већ наведено при прорачуну величина за гађање мора се дефинисати узајамна зависност свих параметара за прецизно и тачно одређивање почетних елемената за гађање. У оквиру прорачуна усвојено је да ДУБС непокретан тј. да је лафетиран на стационарној платформи.

2.2.1 Елементи за гађање у вертикалној равни

Основни задатак дефинисања елемената за гађање је одредити све потребне почетне услове у равни гађања. Раван гађања представља вертикалну раван у којој се налази идеална трајекторија која нема бочно скретање. Лет пројектила у вертикалној равни се дефинише следећим почетним параметрима:

- Почетна брзина;
- Полазни угао;
- Време лета пројектила;
- Поправке даљине због атмосферских утицаја;

С обзиром да се ради митраљезу чији који гађа оптички видљив циљ гађање се врши положеним путањама. Посебна група положених путања представљају разантне путање које карактерише то да је вертикална пројекција циља нижа од темена путање.



Слика 12. Изглед разантне путање

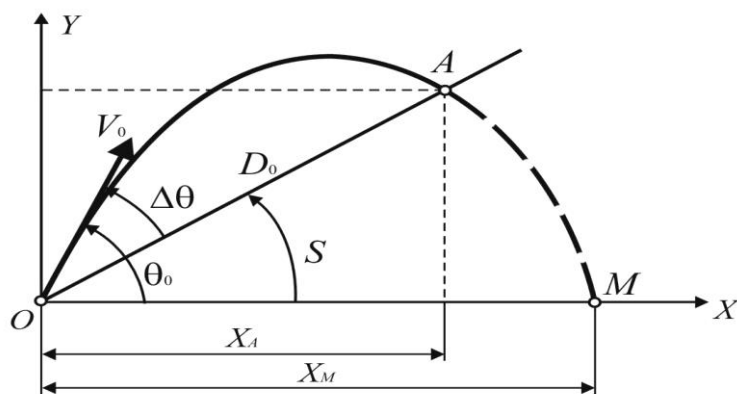
Пројектовања СУВ за елементе у вертикалној равни за митраљез 12.7мм мора уврстити следеће услове:

- Димензије циља;
- Покретљивост циља;

2.2.1.1 Димензије циља као услов одређивања угла елевације

ДУБС уз помоћ сензора одређује даљину и висину циља. У зависности од ова два параметра одређује се и врста избора трајекторије лета пројектила. Врши се избор између 2 услова ако је:

- Висина циља је изнад темена путање;
- Теме путање пројектила је изнад висине циља;



Слика 13. Шема елемената трајекторије лета пројектила

За случај да је висина циља виша од темена путање пројектила усваја се разантна трајекторија и прорачун почетног угла елевације јер се овом врстом путање циљ налази у брисаном домету. Основна формула за прорачун угла елевације разантне путање је:

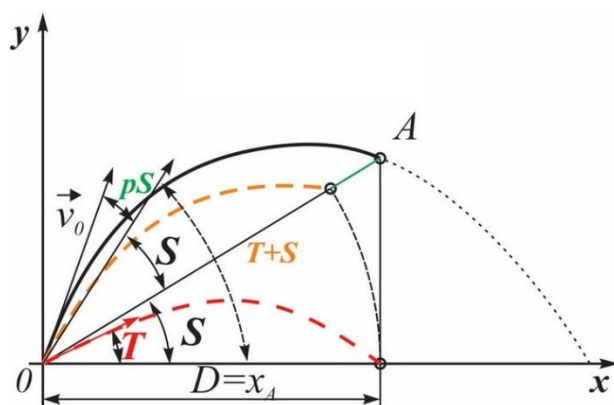
$$\theta_0 = S + \Delta\theta \cong S + \theta_{0T} \cdot \cos S \quad (1.1)$$

При чему је у формули:

S - месни угао под којим се циљ види

θ_{0T} - таблични угао (из таблице гађања)

За случај да је висина циља нижа од темена путање прорачун почетног угла елевације се разликује у односу на претходни и примениће се за случај параболичне путање.



Слика 14. Шема гађања циља под месним углом са поправкама због месног угла

Основна разлика између ова два гађања је увођење нове величине која се назива поправка месног угла због месног угла. Формула за прорачун угла елевације у овом случају је следећа:

$$E = T \pm S \pm pS \quad (1.2)$$

При чему је:

T - таблични угао елевације

S - месни угао под којим се циљ види

pS - поправка месног угла

Поправка месног угла се рачуна преко следеће рекурентне формуле:

$$\sin pS = \frac{\sin S \cdot \sin^2 T}{\cos(2T + S + pS)} \quad (1.3)$$

При прорачуну елемената за гађање морају се узети у обзир одступања даљине лета пројектила због утицаја параметара околине у односу на нормалне. [2]

За нормалне услове околине усвојени су:

- Нормална температура $t = 15^\circ\text{C}$;
- Барометарски притисак $h = 1000 \text{ mbar}$;
- Уздужни ветар $Wz = 0$.

За случај да постоје одступања од нормалних услова мора се извршити поправка даљине до циља на основу следеће формуле:

$$D = D_{S0} \pm \Delta D_t \pm \Delta D_h \pm \Delta D_{wx} \quad (1.4)$$

где је:

D_{S0} - измерени домет до циља (ласерским даљиномером)

ΔD_t - поправка домета због промене температуре

ΔD_h - поправка домета због промене притиска

ΔD_{wx} - поправка домета због уздужног ветра.

При усвајању табличног угла елевације прво се прорачунавају поправке домета па тек онда се усваја сам угао и врши одређивање коначног угла елевације цеви.

2.2.1.2 Покретљивост циља као услов одређивања угла елевације

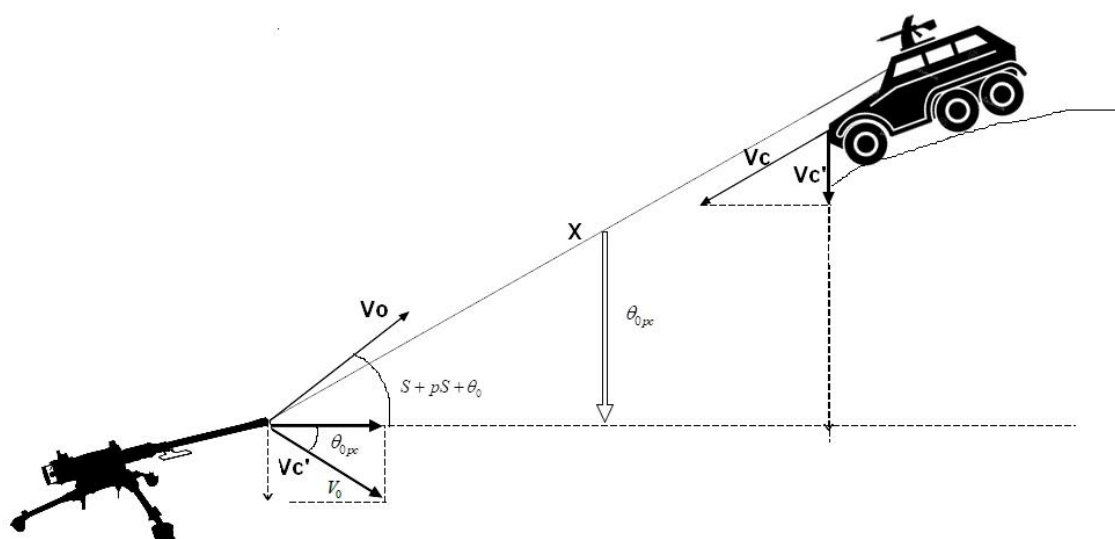
Одређивање угла елевације цеви при непокретном циљу представља прост задатак при гађању. При покретном циљу се уводе додатне величине за прорачун угла елевације. Основни задатак је одредити претицање. Нове величине које се уводе у прорачун при кретању циља су:

- Брзина кретања циља V_C
- Угаона брзина заокретања цеви у вертикалној равни ω_{cy}
- Време лета пројектила T

Циљ се креће брзином V_C и прати се на домету X који се непрестано мери ласерски даљиномером, и угаоном брзином цеви ω_{cy} . Одређује се вертикална компонента брзине кретања циља V_C' . На основу свега се одређује коначни угао елевације на основу формуле:

$$\theta_0 = \frac{6000}{2\pi} \left(\frac{g}{2V_0} \right) \cdot T \frac{V_0}{V_0 + \Delta V_0} + \omega_{cy} T \quad (1.5)$$

У формули 1.5 представљен је укупан угао елевације за гађање покретног циља на одређеној даљини и под одређеним углом кретања а састоји се од табличног θ_0 и допунског угла θ_{0pc} елевације.



Слика 15. Шема гађања покретног циља на одређеном месном углу и висини

2.2.2 Елементи за гађање у хоризонталној равни

Основни задатак при прорачуну хоризонталних углова је подешавање кончанице у онај положај да се увек нишани у циљ а да све поправке буду везане за осу цеви. При гађању циља и одређивању елемената за гађање у хоризонталној равни полази се од неколико питања на основу којих се врши прорачун:

- Деривација (скретање пројектила у току лета);
- Постојање бочног ветра у односу на осу цеви;
- Покретљивост циља.

Деривација представља скретање пројектила по правцу а услед његове ротације у току лета. То је израчуната величина која се увек јавља независно од врсте и величине пројектила а обично су њене вредности дате у Таблицама гађања.

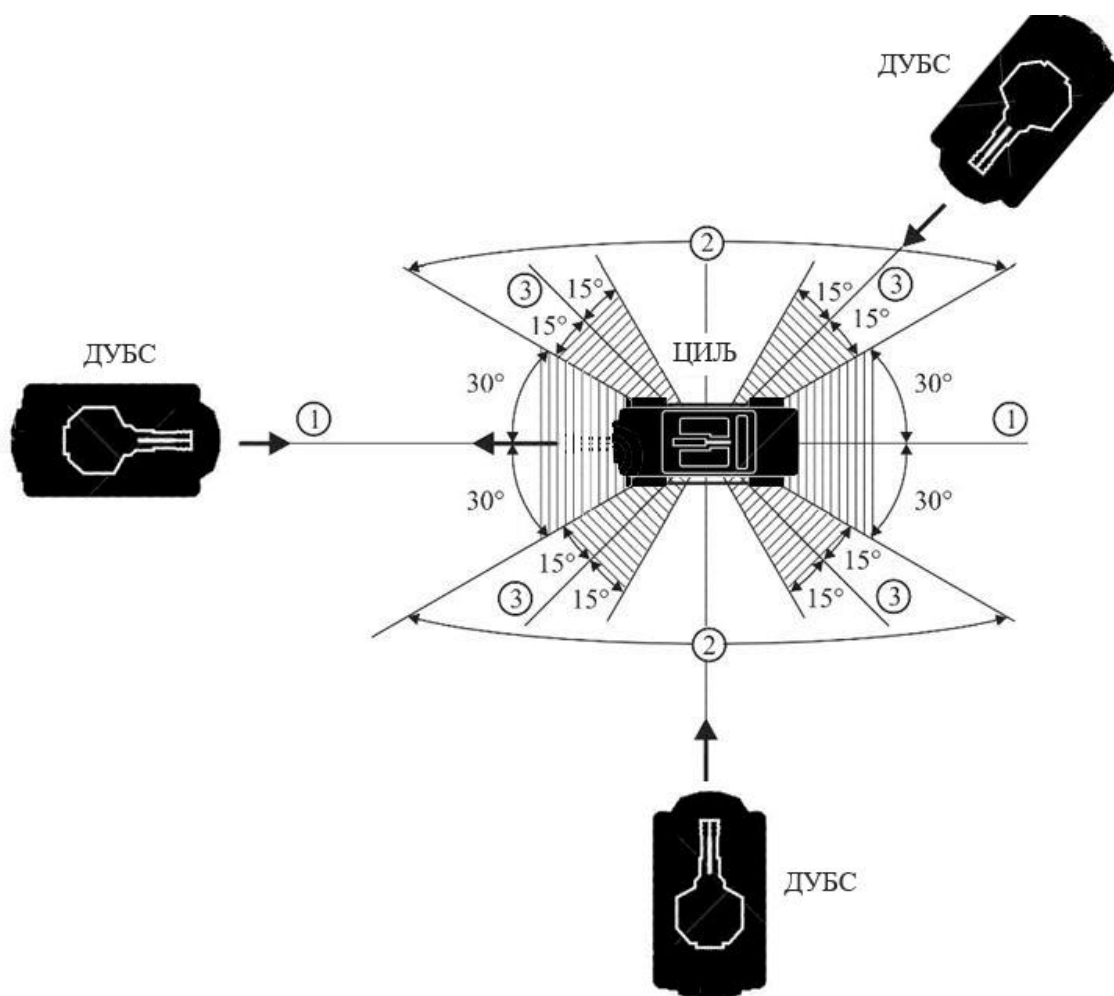
2.2.2.1 Утицај бочног ветра на гађање

Као и код вертикалних углова велики утицај на гађање има утицај бочног ветра. Приликом овог прорачуна усваја се претпоставка да је бочни ветар нормалан на линију осе гађања. Такође се мора навести да померање кончанице у односу на ветар иде у правцу ветра да би се постигла поправка утицаја ветра на лет пројектила. У процесу пројектовања СУВ вредности за бочни ветар су узимане из Таблица гађања и као такве усвајане у прорачуну.

2.2.2.2 Утицај покретног циља на хоризонталне елементе за гађање

При гађању циљ се може наћи у 3 основна положаја (слика 16) у односу на ДУБС која гађа и то:

- Фронтално ($0^\circ - 180^\circ$)
- Косо ($45^\circ - 135^\circ$)
- Бочно ($90^\circ - 90^\circ$)



Слика 16. Положај циља у односу на ДУБС

Сваком од наведених положаја припада одређена група углова у хоризонталној равни. Основни разлог ове поделе је пројектовање СУВ јер он као такав је у нераскидивој вези са принципима теорије гађања. Свакој од ових процедура условљава нека упрошћена кинематика, при којој, услед занемаривања одређене грешке при гађању, неке величине могу бити упрошћене а све ради бржег рада СУВ.

Искуства су показала да уколико се гађа из мировања на циљ који се креће при фронталном и косом кретању брзином већом од 15 km/h , утицај грешке мерења домета има смисла и мора се узети у обзир. Заједно са претицање ми израчунатим углом елевације. То значи да се измерени домет мора кориговати и то:

- Смањењем измереног домета за ΔD , при приближавању циља,
- Повећањем измереног домета за ΔD , при удаљавању циља.

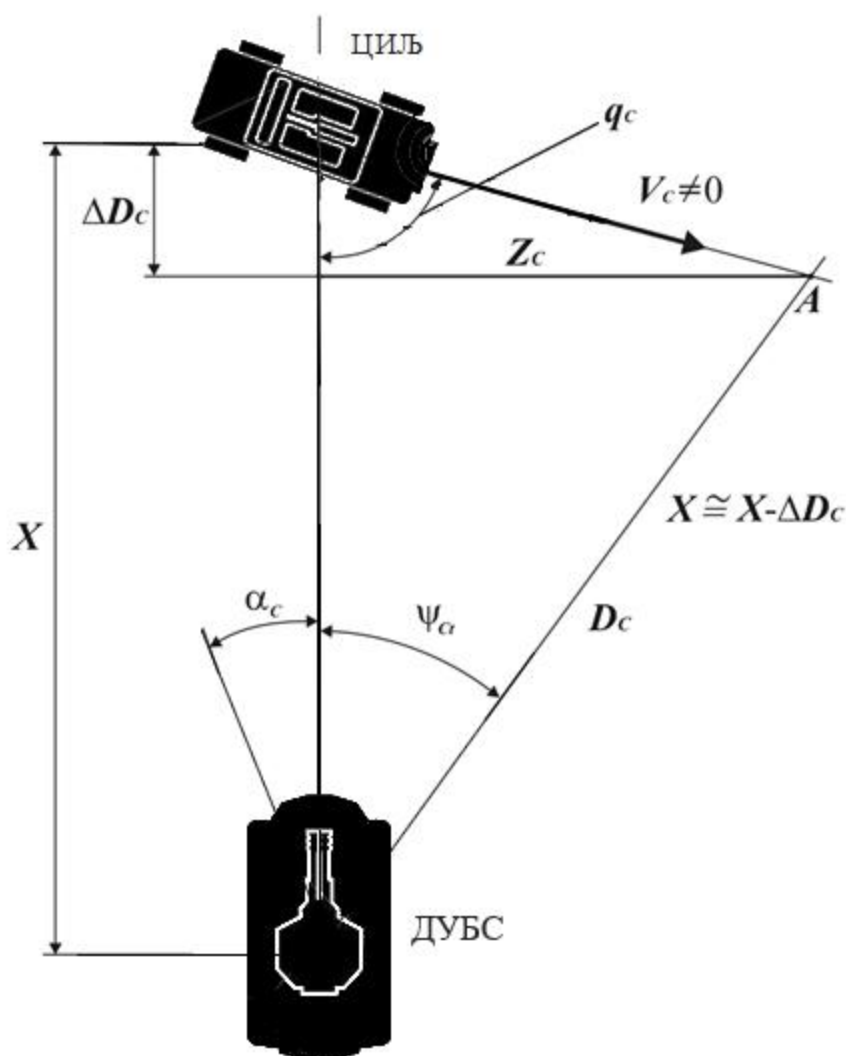
При бочном кретању циља било којом брзином промене измерене даљине релативно су мале, што значи да се нишани према измереној даљини до циља уз помоћ ласерског даљиномера. Ово исто важи и за фронтално и косо кретање циља који се креће спорије од 15km/h .

Вредност корекције домета ΔD у случају гађања циља који се креће са ДУБС која мирује приказана је на слици 17, а може се одредити изразом:

$$\Delta D_c = V_c \cdot \Delta t \cdot \cos q_c \quad (1.6)$$

где је: Δt - време које протекне између тренутка мерења даљине X и тренутка у којем је пројектил стигао на циљ, а може се усвојити да је то збир времена припреме t_{pr} и време лета пројектила T .

$$\Delta t = t_{pr} + T \quad (1.7)$$



Слика 17. Хоризонтални елементи до циља при покретном циљу

На основу слике 17 може и одредити скретање пројектила у тачки сусрета и описати следећим изразом:

$$Z_C = V_C \cdot \Delta t \cdot \sin q_C \quad [m] \quad (1.8)$$

Пошто се ради о ДУБС потребно је одредити угао претицања којим ће се постићи сусрет пројектила и покретног циља. Овај угао се може израчунати на основу израза:

$$\psi_C = \frac{6000}{2\pi} \cdot \frac{Z_C}{X \pm \Delta D_C} \quad (1.9)$$

Мора се напоменути да при кретању циља се све време врши праћење циља и дотерује положај линије гађања при чему се сматра да је оружје напуњено и спремно за опалење па се време припреме може занемарити. Закључује се да се време Δt своди само на време лета пројектила T .

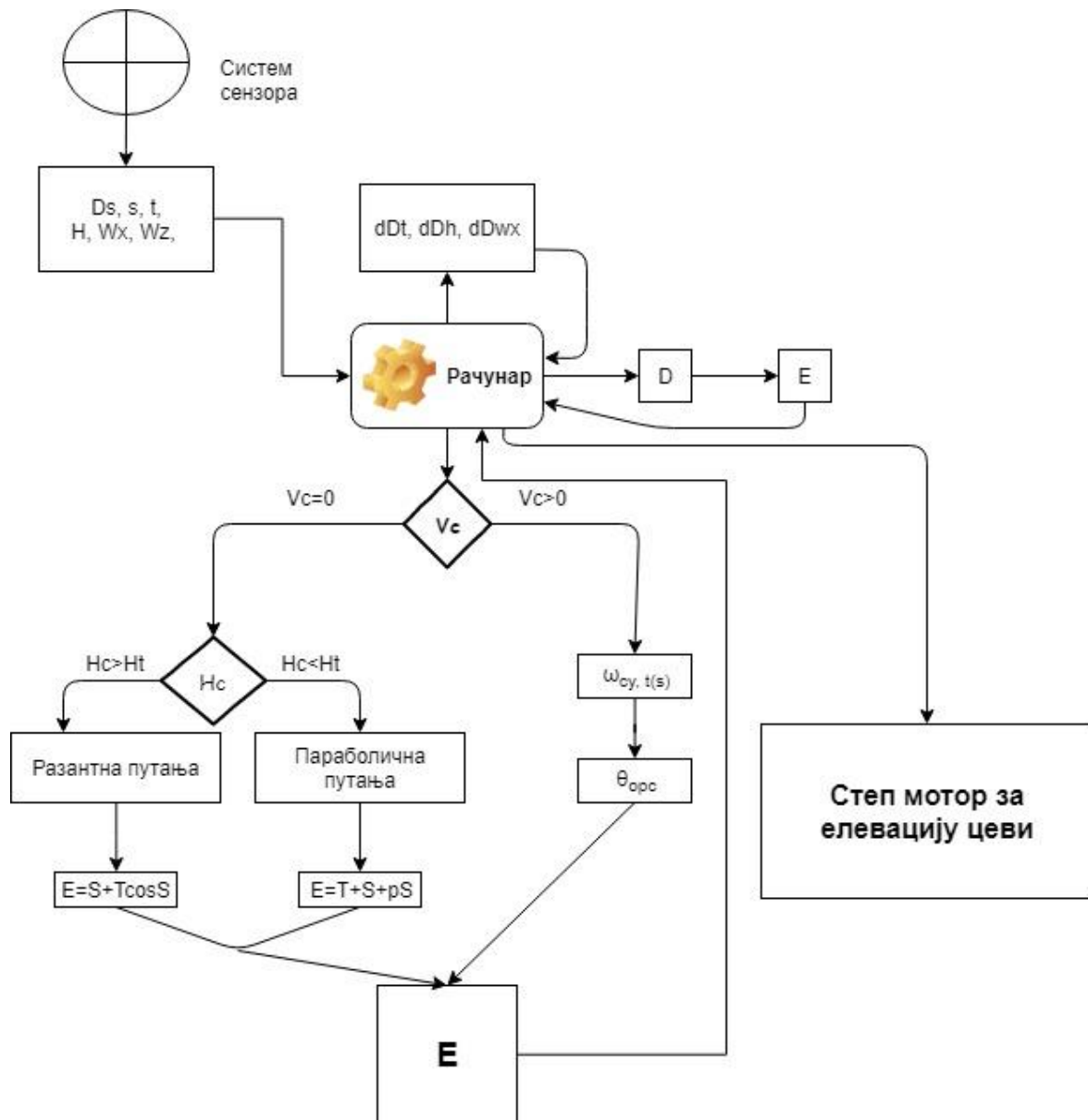
3 АЛГОРИТАМ РАДА СУВ ЗА ДУБС

Ради што бољег схватања рада ДУБС 12,7mm на следећим сликама биће представљени алгоритми рада система управљања ватром.



Слика 18. Општи алгоритам рада СУВ

Већ је напоменуто да у склопу ДУБС постоји склоп сензора и камера које служе за прикупљање информација о циљу и околини у којој ће се извршити задатак тј. гађање на циљ. Уз помоћ ласерског даљиномера се одређује стварна даљина до циља. Инклинометар служи за одређивање месног угла под којим се налази циљ у односу на линију хоризонта у којој се налази оса цеви. Метео станица углавном је уграђена на платформи ДУБС и служи за одређивање спољашње температуре, барометарског притиска као и уздужног и попречног ветра.

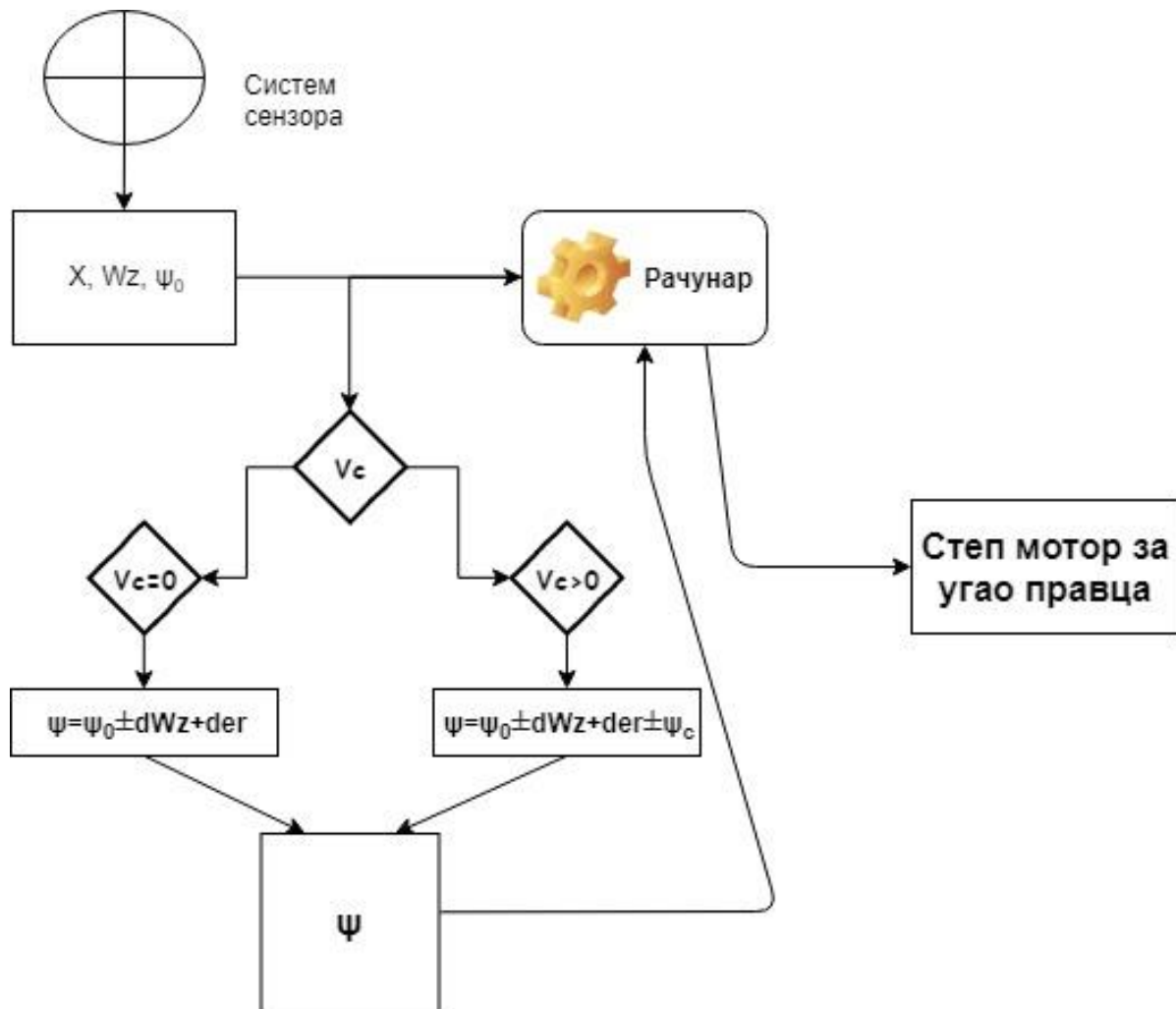


Слика 19. Алгоритам одређивања угла елевације цеви

Кораци одређивања угла елевације је следећи (објашњење алгоритма на слици 19):

- Уочавање циља
- Одређивање даљине, месног угла и услова околине
- Слање информација у рачунар који аутоматски за дату даљину рачуна поправке даљине до циља
- На основу израчунате даљине рачунар бира угао елевације
- При усвајању почетног угла елевације поставља се низ услова и то:
 - Покретан циљ ДА – НЕ;
 - Висина циља ИЗНАД-ИСПОД темена путање;
- У зависности од испуњености услова рачунар аутоматски одређује врсту путање и угао елевације;
- Уколико је циљ покретан рачунар одређује поправку угла елевације и додаје или одузима од већ израчунатог угла елевације

- На крају се добија коначан угао елевације E чија величина путем конверзије даје сигнал Степ мотору за покретање цеви за одређени угао.
- Такође се непрекидно на екрану оператера кончаница подешава у односу на поправке тако што оператер све време нишани на циљ а цев је усмерена у складу са поправкама.



Слика 20. Алгоритам одређивања угла правца цеви

Кораци одређивања угла правца су следећи (Објашњење алгоритма на слици 20):

- Уочавање циља
- Одређивање даљине до циља, брзину и положај циља, и услова околине
- Подаци се шаљу у рачунар који прорачунава аутоматски поправку правца због деривације и бочног ветра
- Поставља се услов у зависности да ли циљ мирује или се креће
- На основу познатих формула за оба услова рачунар одређује угао под којим циљ треба да се гађа
- Добијени угао претвара у импулс који шаље степ мотору ради заузимања поправки у хоризонталној равни.

4 ПРОГРАМСКО РЕШЕЊЕ СУВ ЗА ДУБС 12,7 ММ

На основу приказаних прорачуна у поглављу 2 и процедура за одређивање почетних елемената направљено је програмско решење у програмском пакету MATLAB дато у прилогу Б. У даљем тексту ће бити описане секвенце програма са радњама коју извршавају.

У самом почетку програма учитана је таблица гађања за митраљез 12,7 mm M87 на основу којих су узимане поправке за прорачун. Ако се узме у обзир да ми се врши симулација рада рачунара закључује се да нема повезаних сензора као у реалној ситуацији.

У првом делу програма подаци се ручно уносе у програму, док би у реалној ситуацији већина ових вредности се у сваком тренутку аутоматски читавала са сензора. Програм врши читавање таблица гађања које су записане у посебном фајлу у .txt формату. Ради се о таблицама гађања датих у [3]. Програм читава сваку колону таблице у облику вектора, из којих касније бира само одређење вредности.

У поглављу 2 је дефинисано да уколико се циљ креће брзином мањом од 15 km/h да се сматра непокретним. Такође је у оквиру програмског решења примењена и формула да уколико се циљ креће фронтално брзином већом од 15 km/h на основу већ дефинисане формуле се израчунава промена даљине у времену. За време за које се циљ помери из једне у другу позицију се усваја време лета пројектила из ТГ, јер се циљ све време прати па се време припреме може занемарити.

Уношењем података за спољашњу температуру и барометарски притисак програм аутоматски рачуна поправку даљине у односу на поремећаје, а касније методом интерполације врши одабир одговарајуће поправке.

Израчунавање поправке даљине у односу на уздужни ветар се такође врши на основу унетих вредности за ветар. Програм читава величину уздужног ветра као и његов смер дејства након чега интерполацијом из ТГ повлачи потребну вредност. Позитиван правац деловања ветра се сматра да је у правцу линије гађања.

На основу прорачунатих поправки рачунар врши прорачун домета на којој ће летети пројектил са свим поправкама за домет. И на основу тога усваја ординату темена путање као и таблични угао под којим ће се погодити циљ на задатом домету.

Поставља се услов везан за висину циља који се гађа. Уколико је циљ виши од висине темена путање циљ се гађа разантном путањом јер самим тим се циљ налази на брисаном домету. Уколико се пак циљ који се гађа налази испод темена путање, мора се гађати параболичном путањом да би се погодио. Програм израчунава и исписује на екрану којом путањом се гађа као и под који углом елевације.

Избор деривације (скретања) пројектила у времену методом интерполације у односу на задату даљину програм аутоматски усваја.

На основу ТГ при прорачуну утицаја бочног ветра на скретање пројектила рачунар аутоматски врши одабир величине скретања у хиљадитима. Усвојено је заокруживање вредности ветра на табличне. На крају је дато да уколико је ветар буде супротног смера поправка буде негативна.

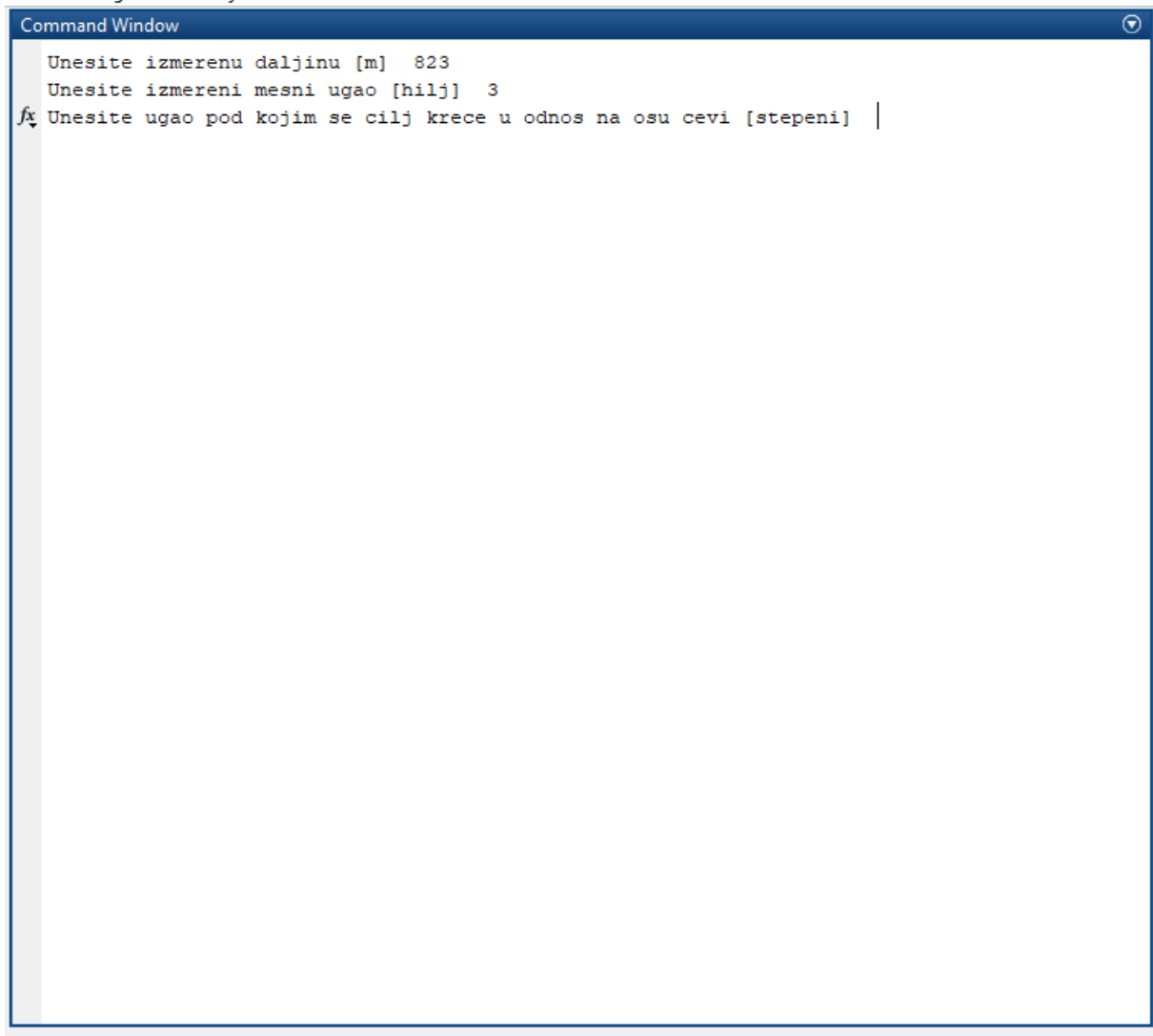
Из ТГ повлаче се поправке по правцу за задату брзину циља на одређеној даљини.

Основни задатак при решавању поправки елемената за гађање у хоризонталној равни је одредити претицање тј. угао правца под којим ће се гађати циљ који је покретан да би се он погодио са првим пројектилом. У делу програма приказаном изнад рачунар на основу угла под који се креће циљ усваја различита врста поправке. Како је у правилу [3] дато, уколико се циљ креће косо у односу на линију гађања усваја се да поправке по

правцу због кретања циља буду за $\frac{1}{2}$ мање у односу за случај кад се креће нормално на линију гађања. На крају рачунар на екрану исписује вредност за колико хиљадитих се цев усмерава у односу на тренутни положај под који прати циљ.

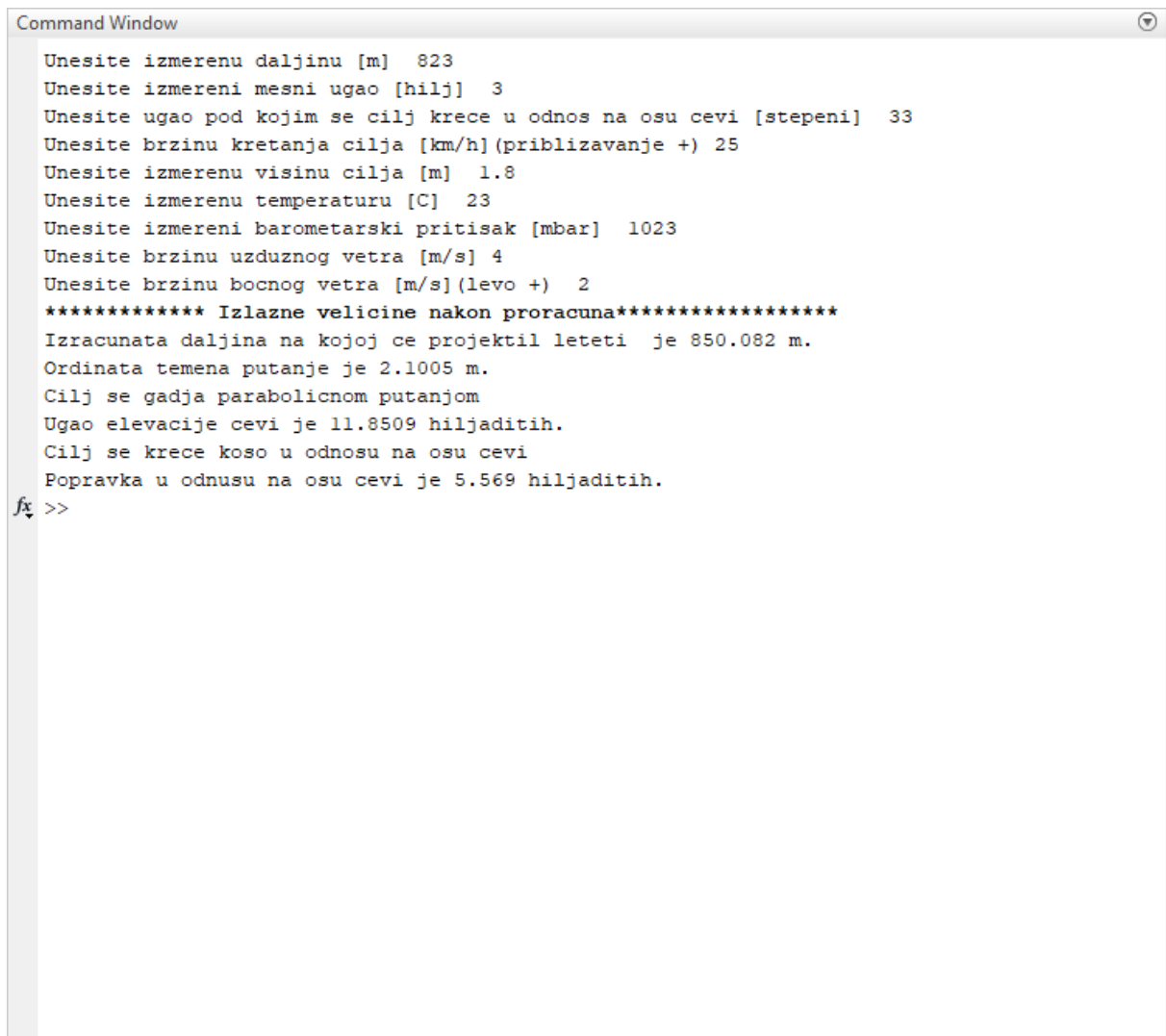
5 ПРИМЕР РАДА ПРОГРАМСКОГ РЕШЕЊА

При покретању програмског решења у MATLAB-у програм у основном прозору поставља питања на која се морају унети тражени подаци. (слика 21)



Слика 21. Изглед командног прозора у MATLAB-у за уношење података

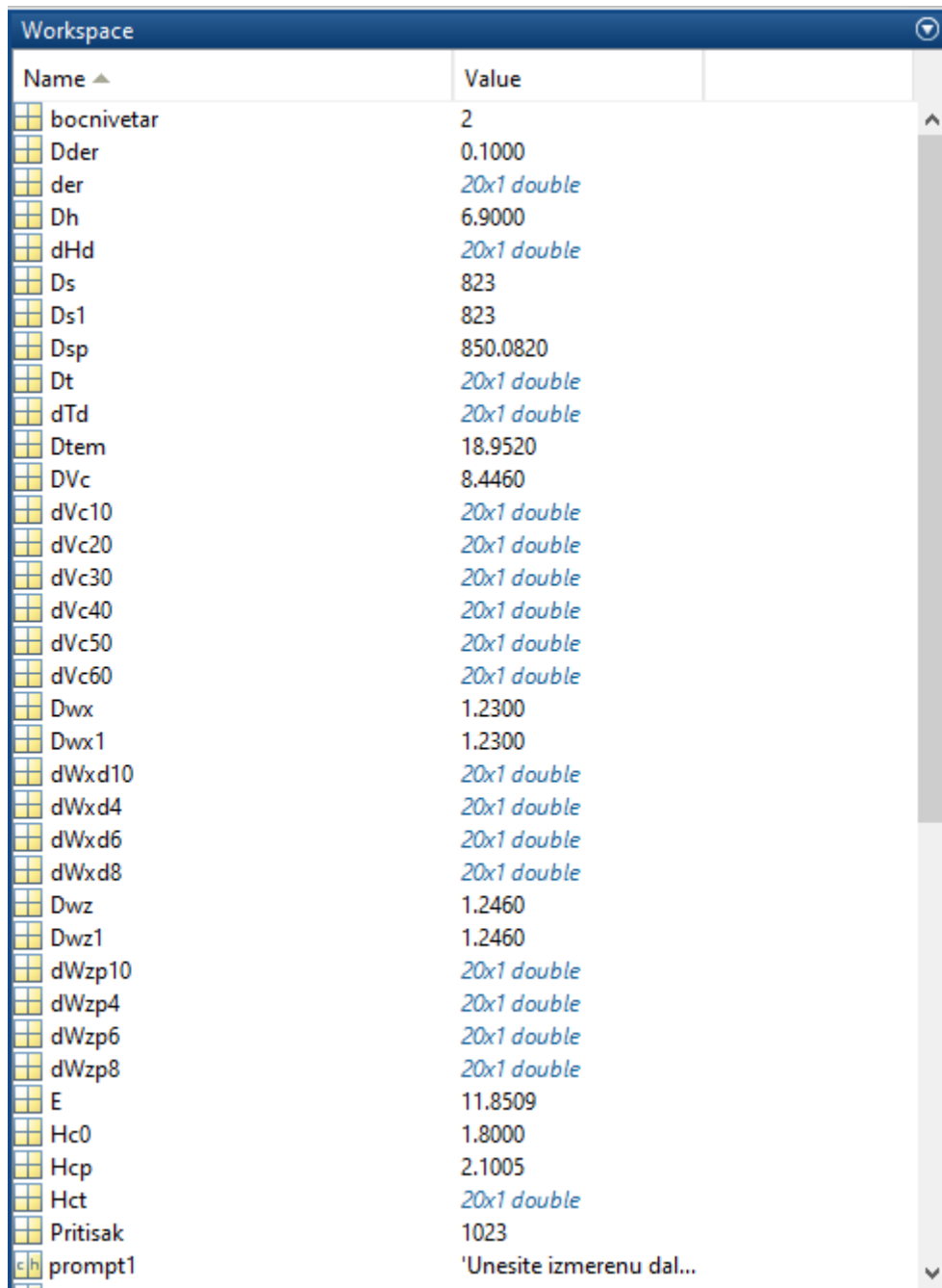
Након уношења неопходних података за прорачун, програмско решење аутоматски врши прорачун свих потребних елемената за гађање, а уједно и даје информације о врсти путање. (слика 22)



```
Command Window
Unesite izmerenu daljinu [m] 823
Unesite izmereni mesni ugao [hilj] 3
Unesite ugao pod kojim se cilj kreće u odnos na osu cevi [stepeni] 33
Unesite brzinu kretanja cilja [km/h] (približavanje +) 25
Unesite izmerenu visinu cilja [m] 1.8
Unesite izmerenu temperaturu [C] 23
Unesite izmereni barometarski pritisak [mbar] 1023
Unesite brzinu uzduznog vetra [m/s] 4
Unesite brzinu bocnog vetra [m/s] (levo +) 2
***** Izlazne velicine nakon proracuna*****
Izracunata daljina na kojoj ce projektil leteti je 850.082 m.
Ordinata temena putanje je 2.1005 m.
Cilj se gadjja parabolicnom putanjom
Ugao elevacije cevi je 11.8509 hiljaditih.
Cilj se kreće koso u odnosu na osu cevi
Popravka u odnosu na osu cevi je 5.569 hiljaditih.
fx >>
```

Слика 22. Изглед командног прозора у MATLAB-у након уношења података

У главном прозору су приказани само подаци који су одабрани за приказ док се са десне стране програмског интерфејса могу видети сви подаци који су уčitани и у међувремену у процесу рада програма израчунати. Изглед овог дела прозора приказан на слици 23.



The screenshot shows the MATLAB Workspace window with a table of variables. Each variable has a small icon to its left, a name, and a value. The values are either numerical or indicate the size and type of the variable (e.g., '20x1 double').

Name ▲	Value
bocnivetar	2
Dder	0.1000
der	20x1 double
Dh	6.9000
dHd	20x1 double
Ds	823
Ds1	823
Dsp	850.0820
Dt	20x1 double
dTd	20x1 double
Dtem	18.9520
DVc	8.4460
dVc10	20x1 double
dVc20	20x1 double
dVc30	20x1 double
dVc40	20x1 double
dVc50	20x1 double
dVc60	20x1 double
Dwx	1.2300
Dwx1	1.2300
dWxd10	20x1 double
dWxd4	20x1 double
dWxd6	20x1 double
dWxd8	20x1 double
Dwz	1.2460
Dwz1	1.2460
dWzp10	20x1 double
dWzp4	20x1 double
dWzp6	20x1 double
dWzp8	20x1 double
E	11.8509
Hc0	1.8000
Hcp	2.1005
Hct	20x1 double
Pritisak	1023
prompt1	'Unesite izmerenu dal...

Слика 23. Изглед дела командног прозора у MATLAB-у са свим подацима

6 ЗАКЉУЧАК

У раду је показано да у последње време у развоју војне индустрије све више је акценат усмерен на аутоматизацији процеса као и на конструисању на неки начин робота. Наравно свим овим системима мора управљати човек који једини може донети одлуку о извршењу гађања. Постојеће конструкције ДУБС углавном у свим земљама имају и морају имати исте склопове ради успешног рада. Такође је показано да у конструкцијама су придодате и додатне компоненте за заштиту као и повећање ватрене моћи система.

Правилним дефинисањем улазних параметара за рад ДУБС показано је да то у великој мери утиче на брзину реаговања система и прорачуну елемената за гађање. У оквиру рада дефинисани су начини рада СУВ, тј. начини одређивања елемената за гађање са утицајем свих поремећаја. Закључили смо да у процесу одређивања елемената за гађање у вертикалној равни велики утицај имају атмосферски поремећаји (температура, барометарски притисак, ветар), али такође да висина циља који се гађа има кључну улогу при одређивању врсте путање да ли ће бити разантна или параболична. Такође је показано да у хоризонталној равни је главни задатак одредити претицање уколико се циљ креће, наравно са утицајем атмосферских параметара као и деривацијом пројектила као сталним поремећајем.

На основу наведених начина за одређивање елемената за гађање извршено је пројектовање програмског решења за СУВ за ДУБС. Због немогућности реалних испитивања програмског решења повезивањем на систем ДУБС извршена је симулација рада СУВ методом уношења свих елемената потребних за прорачун и успешан рад програма, али је такође потребно дефинисати начин претварања добијених вредности углова у сигнале на основу којих би степ мотори за елевацију и правац могли прецизно да одреагују.

Закључује се да је за програмирање СУВ потребна добра припрема и познавање стања и рада свих елемената који ће се уградити на ДУБС. Такође је потребно извршити поседовање доброг и брзог система за реаговање и прорачун елемената. Све ово је у нераскидивој вези са финансијским средствима па се поставља питање воље и могућности лица која одлучују о развоју војних система да ли желе да се војска унапреди и њене оперативне способности подигну на виши ниво а сам човек да се заштити.

За даљи процес истраживања задатак би био проширење система за аутоматски рад са два оруђа, као и вршење експеримената у реалним условима рада и са реалним инструментима и сензорима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] др Александар Кари: Скрипта са предавања из предмета Интеграција наоружања на мобилне платформе, Тема 4, 2017.
- [2] др Момчило Милиновић: Скрипта за Системе управљања ватром, Машински факултет, Београд
- [3] Руководство по 12,7-мм пулемету ‘Утес’ (НСВ-12,7) , Военное издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1978 г.
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Protector_\(RWS\)#M151_versions](https://en.wikipedia.org/wiki/Protector_(RWS)#M151_versions)
- [5] <http://survincity.com/2012/06/company-dynamit-nobel-defence-is-fighting-module/>
- [6] <http://www.army-guide.com/rus/product2724.html>
- [7] <https://www.gd-ots.com/wp-content/uploads/2017/11/Samson-Mini-Remote-Weapon-Station.pdf>
- [8] https://saab.com/globalassets/commercial/naval/precision-engagement/remote-weapon-station/trackfire/trackfire_brochure_2012.pdf
- [9] <https://militaryreview.su/149-universalnyy-boevoy-modul-grom-ukraina.html>
- [10] <https://www.reutechsolutions.com/services-rogue-international.php>
- [11] <https://www.yugoimport.com/cir/proizvodi/daljinski-upravljana-borbena-stanica-m15-sa-mitraljezom-127-mm>
- [12] <https://www.zastava-arms.rs/sr/militaryproduct/mitraljez-m87-127x108-mm-50-browning>

СПИСАК СЛИКА

Слика 1.	Компоненте ДУБС	6
Слика 2.	Изглед ТГ за митраљез 12,7 mm.....	10
Слика 3.	M151 PROTECTOR.....	10
Слика 4.	Dual Fewas.....	12
Слика 5.	Mini Samson	13
Слика 6.	Saab Trackfire	14
Слика 7.	Универсальный боевой модуль ГРОМ	15
Слика 8.	Rogue LITE	16
Слика 9.	ДУБС M15 са митраљезом 12,7 mm.....	17
Слика 10.	Митраљез M87.....	18
Слика 11.	Митраљез 12,7 mm M02 Којот	19
Слика 12.	Изглед разантне путање.....	21
Слика 13.	Шема елемената трајекторије лета пројектила	22
Слика 14.	Шема гађања циља под месним углом са поправкама због месног угла....	22
Слика 15.	Шема гађања покретног циља на одређеном месном углу и висини.....	24
Слика 16.	Положај циља у односу на ДУБС	25
Слика 17.	Хоризонтални елементи до циља при покретном циљу.....	26
Слика 18.	Општи алгоритам рада СУВ.....	28
Слика 19.	Алгоритам одређивања угла елевације цеви	29
Слика 20.	Алгоритам одређивања угла правца цеви.....	30
Слика 21.	Изглед командног прозора у MATLAB-у за уношење података.....	33
Слика 22.	Изглед командног прозора у MATLAB-у након уношења података	34
Слика 23.	Изглед дела командног прозора у MATLAB-у са свим подацима	35

ПРИЛОГ А – ТАБЛИЦА ГАЂАЊА ЗА МИТРАЉЕЗ 12.7 ММ М87

Dajina	Tablični ugao	Ugao bacanja	Ordinata temena putanje	Dajina do temena putanje	Vreme leta projektila	Popravka daljine u metrima						Popravka pravca zbog bočnog vetra,				Derivacija	Premeštanje moto-cilja za vreme leta projektila pri brzini cilja																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
						Temperature vazduha dt=10°C	Barometarskog pritiska dH=10mm	Početne brzine dVo=10m/s	Uzdužnog vetra Wx=4 m/s	Uzdužnog vetra Wx=6 m/s	Uzdužnog vetra Wx=8 m/s	Uzdužnog vetra Wx=10 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s		10 m/s	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
m	hij	hij	m	m	s	m	m	m	m	m	m	m	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij	hij

ПРИЛОГ Б – ПРОГРАМСКО РЕШЕЊЕ

```

clc
clear

TG = xlsread ('TG.txt');
prompt1= 'Unesite izmerenu daljinu [m] ';
prompt6= 'Unesite izmereni mesni ugao [hilj] ';
prompt9= 'Unesite brzinu kretanja cilja [km/h] ';
prompt8= 'Unesite ugao pod kojim se cilj kreće u odnos na osu cevi
[stepeni] ';
prompt5= 'Unesite izmerenu visinu cilja [m] ';
prompt2= 'Unesite izmerenu temperaturu [C] ';
prompt3= 'Unesite izmereni barometarski pritisak [mbar] ';
prompt4= 'Unesite brzinu uzduznog vetra [m/s] ';
prompt10= 'Unesite brzinu bocnog vetra [m/s] (+ zdesna) ';
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Dsl=input(prompt1); %izmerena daljina
S=input(prompt6); %izmereni mesni ugao
q=input(prompt8); %izmereni ugao kretanja cilja u odnosu na
liniju gadjanja
Vc=input(prompt9); %izmerena brzina kretanja cilja
wcvrt=(prompt6); %brzina zaokretanja cevi u vertikalnoj
ravni
Hc0=input(prompt5); %izmerena visina cilja
Temp=input(prompt2); %izmerena temperatura
Pritisak=input(prompt3); %izmeren pritisak
uzduznivetar=input(prompt4); %izmereni uzduzni vetar
bocnivetar=input(prompt10); %izmereni bocni vetar
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Dt=TG(:,1); %tablicne daljine
theta=TG(:,2); %tablicni ugao elevacije
tt=TG(:,6); %vreme leta projektila
Hct=TG(:,4); %tablicna ordinata temena putanje
dTd=TG(:,7); %popravka daljine zbog temperature
dHd=TG(:,8); %popravka daljine zbog promene barometarskog
pritiska
dWxd4=TG(:,10); %popravka daljine zbog uzduznog vetra od 4m/s
dWxd6=TG(:,11); %popravka daljine zbog uzduznog vetra od 6m/s
dWxd8=TG(:,12); %popravka daljine zbog uzduznog vetra od 8m/s
dWxd10=TG(:,13); %popravka daljine zbog uzduznog vetra od 10m/s
dWzp4=TG(:,14); %popravka pravca zbog boenog vetra od 4m/s
dWzp6=TG(:,15); %popravka pravca zbog boenog vetra od 6m/s
dWzp8=TG(:,16); %popravka pravca zbog boenog vetra od 8m/s
dWzp10=TG(:,17); %popravka pravca zbog boenog vetra od 10m/s
der=TG(:,18); %popravka pravca derivacije
dVc10=TG(:,19); %popravka ugla pravca zbog brzine cilja 10km/h
dVc20=TG(:,20); %popravka ugla pravca zbog brzine cilja 20km/h
dVc30=TG(:,21); %popravka ugla pravca zbog brzine cilja 30km/h
dVc40=TG(:,22); %popravka ugla pravca zbog brzine cilja 40km/h
dVc50=TG(:,23); %popravka ugla pravca zbog brzine cilja 50km/h
dVc60=TG(:,24); %popravka ugla pravca zbog brzine cilja 60km/h
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Proracun popravki%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if Vc>=10 && -30<q && q<30
    t=interp1(Dt,tt,Dsl);
    Ds=Dsl-0.27*Vc*t*cos(q);
else
    Ds=Dsl;
end

```

```

if Temp~=0
    Dtem=( (Temp-15)/10)*interp1(Dt,dTd,Ds);
else
    Temp=0;
    Dtem=0;
end
if Pritisak~=0
    Dh=( (Pritisak-1000)/10)*interp1(Dt,dHd,Ds);
else
    Pritisak=0;
    Dh=0;
end
if uzduznivetar==0
    Dwz=0;
elseif 0<uzduznivetar && uzduznivetar<=5
    Dwz=interp1(Dt,dWzd4,Ds);
elseif 5<uzduznivetar && uzduznivetar<=7
    Dwz=interp1(Dt,dWzd6,Ds);
elseif 7<uzduznivetar && uzduznivetar<=9.5
    Dwz=interp1(Dt,dWzd8,Ds);
elseif 9.5 <uzduznivetar && uzduznivetar<=10.5
    Dwz=interp1(Dt,dWzd10,Ds);
end

if uzduznivetar<=0
    Dwz1=-Dwz;
else
    Dwz1=Dwz;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Proracun elemenata za gadjanje%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Vertikalni uglovi %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
disp ('<strong>***** Izlazne velicine nakon
proracuna***** </strong>')
Dsp=Ds-Dtem-Dh-Dwz1; %Popravljen daljina do cilja
X1 = ['Izracunata daljina na kojoj ce se gadjati ',num2str(Dsp),' m.'];
disp(X1)
Hcp=interp1(Dt,Hct,Dsp); %Popravljen ordinata temena putanje
odnosu na daljinu
X2 = ['Ordinata temena putanje je ',num2str(Hcp),' m.'];
disp(X2)
T = interp1(Dt,theta,Dsp); %Korigovani tablicni ugao

if Hc0>Hcp
    E=S+T.*cos(S);
    disp ('Cilj se gadja razantnom putanjom.')
else
    E=T+S ;
    disp ('Cilj se gadja parabolicnom putanjom.')
end
X3 = ['Ugao elevacije cevi je ',num2str(E),' hiljaditih.'];
disp(X3)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Horizontalni uglovi%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Dder=interp1(Dt,der,Ds);
if bocnivetar==0
    Dwz=0;
elseif 0<bocnivetar && bocnivetar<=5
    Dwz=interp1(Dt,dWzp4,Ds);
elseif 5<bocnivetar && bocnivetar<=7
    Dwz=interp1(Dt,dWzp6,Ds);
elseif 7<bocnivetar && bocnivetar<=9.5

```

```
Dwz=interp1(Dt,dWzp8,Ds);
elseif 9.5<bocnivetar && bocnivetar<=10.5
    Dwz=interp1(Dt,dWzp10,Ds);
end
if bocnivetar<0
    Dwz1=-Dwz;
else
    Dwz1=Dwz;
end
if Vc==0
    DVc=0;
elseif 0<Vc && Vc<=5
    DVc=0;
elseif 5<Vc && Vc<=15
    DVc=interp1(Dt,dVc10,Ds);
elseif 15<Vc && Vc<=25
    DVc=interp1(Dt,dVc20,Ds);
elseif 25<Vc && Vc<=35
    DVc=interp1(Dt,dVc30,Ds);
elseif 35<Vc && Vc<=45
    DVc=interp1(Dt,dVc40,Ds);
elseif 45<Vc && Vc<=55
    DVc=interp1(Dt,dVc50,Ds);
elseif 55<Vc && Vc<=65
    DVc=interp1(Dt,dVc60,Ds);
else
    disp('Cilj se krece prebrzo, brzinom vecom od 60km/h.')
end

if -30<q && q<30
    Psi=Dder+Dwz1;
    disp('Cilj se krece u pravcu ose cevi.')
elseif -60<q && q<-30
    Psi=Dder+Dwz1-DVc/2;
    disp('Cilj se krece koso u odnosu na osu cevi.')
elseif 30<q && q<60
    Psi=Dder+Dwz1+DVc/2;
    disp('Cilj se krece koso u odnosu na osu cevi.')
elseif -90<q && q<-60
    Psi=Dder+Dwz1-DVc;
    disp('Cilj se krece normalno u odnosu na osu cevi.')
elseif 60<q && q<=90
    Psi=Dder+Dwz1+DVc;
    disp('Cilj se krece normalno u odnosu na osu cevi.')
end
X4 = ['Popravka u odnosu na osu cevi je ',num2str(Psi),' hiljaditih.'];
disp(X4)
```