



საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

მამუკა ზოიძე

ერთიან საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის  
მეთოდები ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა: „საჰაერო ტრანსპორტის ექსპლუატაცია“

შიფრი - 0716

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

თბილისი 0103, საქართველო

2020 წელი

საავტორო უფლება @ 2020 წელი, მამუკა ზოიძე

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

საინჟინრო ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავცვანით მამუკა ზოიძე მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით „ერთიან საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის მეთოდები ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის საინჟინრო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

“\_\_\_“\_\_\_”2020 წელი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

სერგო ტეფნაძე

რეცენზენტები:

პროფესორი

ვანო ზურაბიშვილი

.....

ასოცირებული პროფესორი

გიორგი მუმუკუდიანი

.....

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

2020 წელი

ავტორი: მამუკა ზოიძე

თემის დასახელება: „ერთიან საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის მეთოდები ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით“

სადოქტორო პროგრამა: „საჰაერო ტრანსპორტის ექსპლუატაცია“

ხარისხი: აკადემიური დოქტორი

სხდომა ჩატარდა : “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ ” 2020 წელი

ინდივიდუალური პიროვნების ან ინსტიტუტების მიერ ზემოთ მოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტს

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციალურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით [№PHDF – 19 – 356 ]

*წინამდებარე ნაშრომი ეძღვნება ჩემთვის ყველაზე ძვირფასი ადამიანების ხსოვნას*

*დედას - ლია შოთაძეს,*

*მამას - იასონ ზოიძეს.*

## რეზიუმე

ბოლო ათწლეულში უპილოტო საფრენი აპარატის გამოჩენა და განვითარება წარმოადგენს ერთ ერთ უმნიშვნელოვანეს მიღწევას ავიაციაში. უპილოტო საფრენმა აპარატმა კარდინალურად შეცვალა წარმოდგენა ავიაციის შესახებ. ყოველდღიურად იცვლება მათი პრაქტიკული გამოყენება როგორც სამხედრო, ასევე სამოქალაქო მიზნებისათვის. ცალსახაა, რომ უახლოეს მომავალში უპილოტო საავიაციო სისტემები იქნებიან მთავარი მოთამაშეები სამხედრო და სამოქალაქო ავიაციის სფეროში. უპილოტო საავიაციო სისტემის შესაძლო ფართო გამოყენება გამოწვეულია მისი ძალიან ბევრი უპირატესობით და მნიშვნელოვანი ფაქტორებით. სამოქალაქო-კომერციულ სექტორში უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენება დღეისათვის იმყოფება იმის ლოდინში, თუ როდის გადაწყდება ზოგიერთი ტექნიკური და ორგანიზაციული პრობლემები, რომლის გარეშე შეუძლებელია ამ აპარატების სრულფასოვანი გამოყენება. ძირითადი პრობლემები დაკავშირებულია საჰაერო სივრცის ერთობლივ გამოყენებასთან, უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისათვის რადიოსაშუალებების სიხშირული დიაპაზონის გამოყოფასთან და ბორტიდან მიწაზე და პირიქით ინფორმაციის გადაცემასთან. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენების სფეროში ძირითადი საკითხია მათთვის საჰაერო ხომალდთან გათანაბრებული სტატუსის მინიჭება. უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის სფეროში არსებული მდგომარეობა განსაზღვრავს იმ პროექტის აქტუალობას, რომელიც მიმართულია უპილოტო საფრენი აპარატების უსაფრთხო ფრენისათვის მართვის მეთოდების შემუშავებაზე ერთიან საჰაერო სივრცეში საფრენოსნო ინფორმაციის გამოყენებით ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვებისას. შემუშავებული ამ ახალი ტექნოლოგიების საექსპლუატაციო კონცეფცია, რომლის გამოყენებას შეუძლია უზრუნველყოს ჩვენს პირობებში ყველაზე რაციონალური გადასვლა მომავალ სისტემაზე CNS/ATM (კომუნიკაცია, ნავიგაცია და ზედამხედველობა/საჰაერო მოძრაობის მენეჯმენტი). მოცემული სისტემა ეფუძნება საიმედო და ზუსტი საბორტო ნავიგაციური სისტემის (მონაცემთა გადაცემის ხაზით) შეუღლებას მისი მონაცემების ავტომატურ გაშიფვრასთან. ასეთი კავშირგაბმულობის სისტემა ახდენს საჰაერო ხომალდის კოორდინატების შესახებ ბორტზე მოპოვებული ინფორმაციის ტრანსლაციას ყველა დაინტერესებული მომხმარებლისთვის. ასეთმა ტექნოლოგიამ მიიღო სახელწოდება: რადიოსამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება (ADS-B). საჰაერო ტრასპორტის უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს ქვეყნის ნებისმიერ რეგიონში სატრანსპორტო მისაწვდომების უზრუნველყოფა, რაც საჭიროა ქვეყნის ეკონომიკური და სოციალური განვითარებისთვის. ეს ამოცანა დაკისრებული აქვს რეგიონალურ კომერციულ სამოქალაქო ავიაციას, რომელსაც ევალება მოემსახუროს მოთხოვნილების ყველაზე მნიშვნელოვან სეგმენტებს, როგორცაა ადგილობრივი ავიაგადაზიდვები, აგრეთვე სამოქალაქო ავიაციის არაკომერციული გამოყენების სფერო, მათ შორის სამოყვარულო და საქმიანი ავიაცია.

## Absract

World experts predict the explosive growth of the market for unmanned aerial vehicles and related services for civilian users in overcoming in the foreseeable time several technical and administrative barriers that limit the use of UAVs in the general airspace of the countries concerned. It is noted that the use of UAV complexes in the civilian area generally lags far behind military applications and is practically limited to particular cases of solving current production or business tasks of aerial monitoring, mainly in an experimental manner. One of the key conditions for the use of UAVs in the interests of civilian users is to ensure the sharing of airspace by unmanned and manned aircraft. Air traffic control authorities are intensively studying technical and organizational approaches to solve this problem. The technology already exists to build drones that can electronically see and avoid other aircraft. Drones of all sizes can be integrated into the air traffic control system by using this technology and maintaining the current requirement that drones yield the right-of-way to other aircraft. This technology is already used in piloted aircraft, and examining how drones can be integrated into the air traffic control system suggests ways that the system can be improved for piloted aircraft as well. The current system is a centralized system in which aircraft follow the instructions given by air traffic controllers. Current technology would allow a redesign so that both piloted and unmanned aircraft could fly when and where they want. Such a system would resolve potential conflicts in a decentralized manner as they arise, without the need for centralized control of air traffic. Beginning in 2020, all aircraft now required to have transponders also will be required to be equipped with an ADS-B transponder. ADS-B uses GPS signals to determine the aircraft's location, and it broadcasts the aircraft's location to ATC and other nearby ADS-B aircraft. To ensure safe drone operations, drone operators and airspace controllers will also need to implement new methodologies to evaluate and mitigate potential risks on the ground and the sky to operate complex missions. The key technical solution that allows the safe use of airspace simultaneously unmanned and manned aircraft is a broadcast-type automatic dependent surveillance system (ADS-B), which is a self-organizing aeronautical information exchange network between all air traffic participants and ground control points in a specific area. The current situation in the management of UAVs, the contradictions outlined above and predetermined the relevance of the topic of the thesis aimed at developing methods for management unmanned aerial vehicles in the general airspace using flight information with automatic dependent surveillance system (ADS-B).

## შინაარსი

83.

ტიტულის გვერდი.....	1
ხელმოწერების გვერდი.....	2
საავტორო უფლების გვერდი .....	3
მიძღვნა.....	4
რეზიუმე (ქართულ ენაზე).....	5
რეზიუმე (ინგლისურ ენაზე).....	6
შინაარსი.....	7
მადლიერების გვერდი.....	10
აბრევიატურების ნუსხა.....	11
შესავალი.....	13

### **თავი 1. უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ძირითადი პრობლემები .....24**

- 1.1. უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების სფეროები და მათ მიერ შესასრულებელი ამოცანები საბაზრო ეკონომიკის ინტერესებიდან გამომდინარე .....24
- 1.2. უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფასთან წაყენებული მოთხოვნები.....27
- 1.3. უპილოტო საფრენი აპარატების კლასიფიკაცია .....30
- 1.4. უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის მეთოდები.....35

### **თავი 2. უპილოტო საფრენი აპარატის საერთო საჰაერო სივრცეში მოძრაობის მართვისა და მეთვალყურეობის მეთოდოლოგია.....47**

2.1. სამაუწყებლო რეჟიმში ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების პრინციპების ტექნიკური რეალიზაცია.....	47
2.2. ერთიანობის უზრუნველყოფა ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების .....	55
2.3. ფრენების უსაფრთხოების პრობლემები.....	68
2.4. ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების გამოყენების თეორიული დასაბუთება.....	71
2.5. უპილოტო საფრენი აპარატების მონაწილეობით პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის თავიდან აცილების მეთოდები და ალგორითმები .....	75
2.5.1. პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის გადაწყვეტა ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მანევრით .....	76
2.5.2 პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის გადაწყვეტა ვერტიკალურ სიბრტყეში მანევრით.....	84

**თავი 3. უპილოტო საფრენი აპარატისთვის მართვისა და ნავიგაციის სისტემის აგება.....90**

3.1. უპილოტო საფრენი აპარატისთვის მართვისა და ნავიგაციის სისტემის მოწყობილობის შემადგენლობის შემუშავება.....	90
3.2. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის სისტემის ფუნქციონირების ძირითადი პრინციპები.....	99
3.3. ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების რეჟიმისათვის მონაცემთა გადაცემის ხაზების გამოყენება უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში მართვის მიზნით.....	104
3.4. ავტოპილოტის მოდულისადმი წაყენებული მოთხოვნები უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისას.....	109



თავი 4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის კომპლექსი.....	113
4.1. კომპლექსის დანიშნულება, ფუნქციები და შემადგენლობა.....	113
4.2. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის ორგანიზება.....	119
4.3. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის საბორტო აპარატურის დანიშნულება, შემადგენლობა და მუშაობა.....	122
4.4. უპილოტო საფრენი აპარატების მართვისა და კონტროლის კომპლექსის და ოპერატორის ინტერფეისის სტრუქტურა.....	127
დასკვნა.....	146
გამოყენებული ლიტერატურა.....	148

## მადლიერების გვერდი

სადისერტაციო ნაშრომზე მუშაობისას გაწეული კვალიფიციური სამეცნიერო დახმარებისთვის მსურს მადლიერება გამოვხატო და პატივისცემა დავუდასტურო საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის რექტორს, ჩემს სამეცნიერო ხელმძღვანელს, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, პროფესორ **სერგო ტეფნაძეს**.

განსაკუთრებულ მადლიერებას გამოვხატავ ფაკულტეტის დეკანის, აკადემიური დოქტორის ბატონი **ნიკა თიკანაშვილის**, ასოცირებული პროფესორის ბატონი **რობერტ ებრალიძის**, კვლევის პროცესში მონაწილე საინჟინრო ფაკულტეტის აკადემიურ პერსონალის და ფაკულტეტის ადმინისტრაციას მიმართ.

მსურს გაწეული დახმარებისთვის და მხარდაჭერისთვის უდიდესი მადლიერება გამოვხატო წვრთნებისა და სამხედრო განათლების სარდლობის საერთო საჯარისო ცენტრის ავიაციისა და საჰაერო თავდაცვის სკოლის თანამშრომლების ბატონი **გივი სანაძეს**, ბატონი **ოთარ ქართველიშვილის** და სხვათა მიმართ.

ასევე მსურს, სადისერტაციო ნაშრომზე მუშაობის პერიოდში მორალური და ფსიქოლოგიური მხარდაჭერისათვის მადლიერება გამოვხატო და პატივისცემა დავუდასტურო ჩემს მეუღლეს **მარია ზოიძეს**.

**აბრევიატურების ნუსხა**

1	2	3
აბრევიატურა	განმარტება ინგლისურად	განმარტება ქართულად
ATM	Air Traffic Management	საჰაერო მოძრაობის მართვა
ADF	Automatic Direction Finder	ავტომატური რადიოკომპასი
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast	ავტომატური დამოკიდებული თვალყურის დევნების სისტემა - სამაუწყებლო
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance-Contract	ავტომატური დამოკიდებული თვალყურის დევნების სისტემა-საკონტრაქტო
BADA	Base of Aircraft Data	საჰაერო ხომალდების მონაცემთა ბაზა
DME	Distance Measuring Equipment	მანძილის საზომი
DVOR	Doppler VOR	ყოველმხრივ მიმართული დოპლერული აზიმუტური რადიომუქურა
EC	European Commission	ევროპული კომისია
EUR	Eurocontrol	ევროპის საჰაერო ნავიგაციის უსაფრთხოების ორგანიზაცია
FMC	Flight Management Computer	ფრენის მართვის კომპიუტერი
FAA	Federal Aviation Administration USA	ამერიკის ფედერალური საავიაციო ადმინისტრაცია
GANP	Global Air Navigation Plan	საჰაერო ნავიგაციის გლობალური გეგმა
GBAS	Ground Based Augmentation System	სატელიტურ ნავიგაციაზე დაფუძნებული დაფრენის სისტემა

GNSS	Global Navigation Satellite System	გლობალური სანავიგაციო სატელიტური სისტემა
GPS	Global Positioning System	გლობალური პოზიციონების სისტემა
G/S	Glide Slope	საგლისადო რადიომუქურა
GCA	Ground Command Approach	მიწიდან კომანდების მიხედვით დაფრენის მართვის სისტემა
ICAO	International Civil Aviation Organisation	სამოქალაქო ავიაციის საერთაშორისო ორგანიზაცია
LOC	Localizer	საკურსო რადიომუქურა
NextGen	Next Generation Air Transportation System	ახალი თაობის საჰაერო ტრანსპორტის სისტემა
SESAR	Single European Sky ATM Research	ერთიანი ევროპული ცის საჰაერო მოძრაობის მართვის კვლევა
SBAS	Satellite-Based Augmentation System	დაფრენის უზრუნველყოფის სატელიტური სისტემა
SRE	Surveillance Radar Equipment	სააეროდრომო რადიოლოკაციური სადგური
TRSB	Time Reference Scanning Beam	დროში მოცემული მიმართულობის დიაგრამის სკანირება
TAS	True Airspeed	ჭეშმარიტი სიჩქარე
UAV	Unmanned Air Vehicles	უპილოტო საფრენი აპარატები
VOR	Very High Frequency Omni- Directional Radio Range	ზემაღალი სიხშირის ყოველმხრივ მიმართული აზიმუტური რადიომუქურა
ადზ		ასაფრენ-დასაფრენი ზოლი
სხ		საჰაერო ხომალდი

## შესავალი

ბოლო ათწლეულში უპილოტო საფრენი აპარატის გამოჩენა და განვითარება წარმოადგენს ერთ ერთ უმნიშვნელოვანეს მიღწევას ავიაციაში. უპილოტო საფრენმა აპარატმა კარდინალურად შეცვალა წარმოდგენა ავიაციის შესახებ. ყოველდღიურად იცვლება მათი პრაქტიკული გამოყენება როგორც სამხედრო, ასევე სამოქალაქო მიზნებისათვის. ცალსახაა, რომ უახლოეს მომავალში უპილოტო საავიაციო სისტემები იქნებიან მთავარი მოთამაშეები სამხედრო და სამოქალაქო ავიაციის სფეროში. უპილოტო საავიაციო სისტემის შესაძლო ფართო გამოყენება გამოწვეულია მისი ძალიან ბევრი უპირატესობით და მნიშვნელოვანი ფაქტორებით. სამოქალაქო-კომერციულ სექტორში უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენება დღეისათვის იმყოფება იმის ლოდინში, თუ როდის გადაწყდება ზოგიერთი ტექნიკური და ორგანიზაციული პრობლემები, რომლის გარეშე შეუძლებელია ამ აპარატების სრულფასოვანი გამოყენება. ძირითადი პრობლემები დაკავშირებულია საჰაერო სივრცის ერთობლივ გამოყენებასთან, უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისათვის რადიოსაშუალებების სიხშირული დიაპაზონის გამოყოფასთან და ბორტიდან მიწაზე და პირიქით ინფორმაციის გადაცემასთან. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენების სფეროში ძირითადი საკითხია მათთვის საჰაერო ხომალდთან გათანაბრებული სტატუსის მინიჭება. უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის სფეროში არსებული მდგომარეობა განსაზღვრავს იმ პროექტის აქტუალობას, რომელიც მიმართულია უპილოტო საფრენი აპარატების უსაფრთხო ფრენისათვის მართვის მეთოდების შემუშავებაზე ერთიან საჰაერო სივრცეში საფრენოსნო ინფორმაციის გამოყენებით ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვებისას. შემუშავებული ამ ახალი ტექნოლოგიების საექსპლუატაციო კონცეფცია, რომლის გამოყენებას შეუძლია უზრუნველყოს ჩვენს პირობებში ყველაზე რაციონალური გადასვლა მომავალ სისტემაზე CNS/ATM (კომუნიკაცია, ნავიგაცია და ზედამხედველობა/საჰაერო მოძრაობის მენეჯმენტი). მოცემული სისტემა ეფუძნება საიმედო და ზუსტი საბორტო ნავიგაციური სისტემის

(მონაცემთა გადაცემის ხაზით) შეუღლებას მისი მონაცემების ავტომატურ გაშიფვრასთან. ასეთი კავშირგაბმულობის სისტემა ახდენს საჰაერო ხომალდის კოორდინატების შესახებ ბორტზე მოპოვებული ინფორმაციის ტრანსლაციას ყველა დაინტერესებული მომხმარებლისთვის. ასეთმა ტექნოლოგიამ მიიღო სახელწოდება: რადიოსაამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება (ADS-B). საჰაერო ტრასპორტის უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს ქვეყნის ნებისმიერ რეგიონში სატრანსპორტო მისაწვდომების უზრუნველყოფა, რაც საჭიროა ქვეყნის ეკონომიკური და სოციალური განვითარებისთვის. ეს ამოცანა დაკისრებული აქვს რეგიონალურ კომერციულ სამოქალაქო ავიაციას, რომელსაც ევალება მოემსახუროს მოთხოვნების ყველაზე მნიშვნელოვან სეგმენტებს, როგორცაა ადგილობრივი ავიაგადაზიდვები, აგრეთვე სამოქალაქო ავიაციის არაკომერციული გამოყენების სფერო, მათ შორის სამოყვარულო და საქმიანი ავიაცია.

ბოლო დროს საქართველოში სხვადასხვა ორგანიზაციები უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენებისადმი გარკვეულ ინტერესს ავლენენ. ეს ბუნებრივია იმდენად, რამდენადაც უპილოტო სისტემების დახმარებით შეიძლება გაკონტროლდეს სხვადასხვა ობიექტების როგორც ტექნიკური მდგომარეობა, ისე მათი ფუნქციონირება და უსაფრთხოება, მაშინ როდესაც საკონტროლო ობიექტები შეიძლება იმყოფებოდეს დიდ მანძილზე. ერთხელ კიდევ უნდა აღინიშნოს, რომ სამოქალაქო სექტორში უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენება დღეისათვის იმის ლოდინშია, თუ როდის გადაწყდება ზოგიერთი ტექნიკური და ორგანიზაციული პრობლემები, რომლის გარეშე შეუძლებელია ამ აპარატების სტაბილური გამოყენება.

ძირითადი პრობლემები დაკავშირებულია საჰაერო სივრცის გამოყენებასთან, უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისთვის სიხშირული დიაპაზონის გამოყოფასთან და ბორტიდან მიწაზე და პირიქით ინფორმაციის გადაცემასთან.

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენების სფეროში ძირითადი საკითხია - მათთვის საჰაერო ხომალდის სტატუსის მინიჭება, ანუ საჰაერო მოძრაობის მართვისას უპილოტო საფრენი აპარატი უნდა განიხილებოდეს როგორც საჰაერო ხომალდი.

დღეს უპილოტო საფრენი აპარატი, არ არის საჰაერო ხომალდი, არ ექვემდებარება საჰაერო ხომალდის რეესტრში რეგისტრაციას და არ აქვს რეგისტრაციისათვის და გამოყენებისათვის ვარგისობის მოწმობა. მათ არ ესაჭიროება ნებართვის გაცემა საჰაერო სივრცის გამოყენებაზე, ამას კი შეიძლება ბევრი ცუდი რამ მოჰყვეს, ვინაიდან ეს აპარატი დაფრინავს 4-კმ-მდე სიმაღლეზე, 250-მდე კმ/საათში სიჩქარით და აქვს მასა 100 კგ და მეტი. ამ სიტუაციაში ალბათ საჭიროა არა აკრძალვითი ზომები, არამედ შესაბამისი ნებართვის გაცემის დონისძიებების ორგანიზება.

მოქმედი საჰაერო კანონმდებლობის ჩარჩოებში არის ავიაციის სახეობა, რომელშიც „უპილოტოებმა“ შეიძლება იარსებონ კანონიერ საფუძველზე. ეს ექსპერიმენტული ავიაციაა. ამ გზით მიდიან სხვა ქვეყნებიც (აშშ, ევროპა). მიიღებენ რა საჰაერო ხომალდის სტატუსს ექსპერიმენტული ავიაციის ჩარჩოებში, უპილოტო საფრენ აპარატებს შეუძლიათ გამოიყენონ საჰაერო სივრცე არსებული წესების ფარგლებში. ამ დროს, რა თქმა უნდა, ყველა უპილოტო საფრენი აპარატი დაზღვეული უნდა იყოს მესამე პირისათვის ზარალის მიყენებისაგან, უპილოტო საფრენ აპარატებს ბორტზე უნდა ჰქონდეთ ტრანსპონდერი რომელიც პასუხობს ICAO-ს ყველა მოთხოვნას ამ სფეროში. ყველა იმ ორგანიზაციის მიზანი, რომელიც მონაწილეობს საქართველოს საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენების რეგლამენტაციაში, მდგომარეობს იმაში, რომ მიღწეულ იქნეს ნებისმიერი კლასის უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის უსაფრთხოების ისეთი დონე, რომელიც თვითმფრინავების ფრენის უსაფრთხოების დონის ეკვივალენტურია. ამ მიზნით საჭიროა შემუშავებულ იქნეს უპილოტო საფრენი აპარატისადმი ისეთი ტექნიკური მოთხოვნები, რომელიც ხელს შეუწყობს ამ ამოცანის შესრულებას.

უნდა აღინიშნოს ის ფაქტი, რომ უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენება საქართველოს საჰაერო სივრცეში არა მხოლოდ შესაძლებელია, არამედ საჭიროც არის. როგორც აღვნიშნეთ უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენები შესაძლებელია, თუ შესრულებულია მოთხოვნები რეგისტრაციისა და საფრენოსნო ვარგისობის შესახებ მოწმობის მისაღებად. ეს კი შეიძლება გაკეთდეს ექსპერიმენტული ავიაციის ჩარჩოებში. სამწუხაროდ, დღეს საქართველოში არ არსებობს სრულყოფილი უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის არც საკანონმდებლო, არც ნორმატიული ბაზა. კიდევ უფრო სამწუხაროა ის, რომ კომერციული უპილოტო საფრენი აპარატების დაპროექტებისათვის არავითარი ნორმატიული ბაზა არ არსებობს, ხოლო თავდაცვის სფეროში საპროექტო სამუშაოები რეგლამენტირებულია ძველი ზოგად ტექნიკური მოთხოვნებით.

ამჟამად, ფრენის უსაფრთხოების დონის კონტროლს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება. ეს გამოწვეულია საჰაერო გადაზიდვების მოცულობის ზრდით და საჰაერო კატასტროფების შედეგების სიმძიმით. საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემის ფუნქციონირების ეფექტიანობის ამაღლების მიზნით საჭიროა ფრენების უსაფრთხოების დონის კონტროლის არსებული ფუნქციების ოპტიმიზაცია. ამისათვის, გამოვიყენებთ რა ინფორმაციის დამუშავების თანამედროვე მეთოდებს, შეიძლება მივიღოთ ფრენების უსაფრთხოების მიმდინარე დონის ოპერატიული კონტროლის შესაძლებლობა.

ფრენების უსაფრთხოების დონის ოპერატიული შეფასებისას გამოყენებულ უნდა იქნეს ყველაზე უფრო სრული ინფორმაცია საჰაერო ხომალდის (მათ შორის უპილოტო საფრენი აპარატის) მოძრაობის შესახებ დროის მიმდინარე მომენტში. ამ დროს გამოყოფენ რამდენიმე ამოცანას: უსაფრთხოების დონის შეფასება საჰაერო ხომალდის მარშრუტზე (ტრასაზე) ფრენისას, მისვლის ზონაში, აფრენისას და დაფრენისას, აეროდრომის მიმყვან ბილიკებზე მიმოსვლისას.

უნდა აღინიშნოს, რომ იმ საჰაერო ხომალდებზე დაკვირვება, რომლებიც ფრენას ახორციელებენ ეროვნულ საჰაერო სივრცეში, წარმოადგენს საქართველოს საჰაერო მოძრაობის მართვის არსებული სისტემის შემადგენელ ნაწილს. ამჟამად



მეთვალყურეობის ტექნოლოგია ეფუძნება პირველადი და მეორადი რადიოლოკატორის გამოყენებას. მიუხედავად იმისა, რომ ეს ტექნოლოგია ახლო მომავალშიც შეინარჩუნებს თავის მნიშვნელობას საჰაერო მოძრაობის მართვაში, ICAO-ში განიხილება ახალი ტექნოლოგიები. მათი გამოყენება საზღვარგარეთ ნაწილობრივ დაიწყო, მიუხედავად იმისა რომ არ არსებობს კონცეფციის ერთიანი ხედვა.

შემუშავებულია ამ ახალი ტექნოლოგიების საექსპლუატაციო კონცეფცია, რომლის გამოყენებას შეუძლია უზრუნველყოს ჩვენს პირობებში ყველაზე რაციონალური გადასვლა მომავალ სისტემაზე CNS/ATM. მოცემული სისტემა ეფუძნება საიმედო და ზუსტი საბორტო ნავიგაციური სისტემის მონაცემთა გადაცემის ხაზთან შეუღლებას. ასეთი კავშირგაბმულობის სისტემა ახდენს საჰაერო ხომალდის კოორდინატების შესახებ ბორტზე მოპოვებული ინფორმაციის ტრანსლაციას ყველა დაინტერესებული მომხმარებლისათვის. ასეთმა ტექნოლოგიამ მიიღო სახელწოდება: რადიოსამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება.

რადიოსამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების გამოყენება არ შემოიფარგლება ტრადიციული ფუნქციებით, რომლებიც რადიოლოკაციურ სისტემებთან ასოცირდება, არამედ უზრუნველყოფს ახალ შესაძლებლობებს, რომელთა რეალიზება ხდება როგორც საჰაერო ხომალდის ბორტზე, ისე საჰაერო მოძრაობის მართვის ავიამეთვალყურის (დისპეტჩერების) ავტომატიზებულ სამუშაო ადგილებზეც. ფაქტიურად ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება აერთიანებს ორ ტექნოლოგიას: „ჰაერი-მიწა“ მონაცემთა გადაცემის ხაზის და „ჰაერი-ჰაერი“ მონაცემთა გადაცემის ხაზის საფუძვლებს.

ნორმატიულ-სამართლებრივი დოკუმენტების მოთხოვნები და საჰაერო მოძრაობის მართვის ორგანიზაციისა და უპილოტო საფრენი აპარატის მართვაში ჩატარებული კვლევები გვიჩვენებს, რომ დღეს არსებობს წინააღმდეგობები:

- უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის ქვეყნის სხვადასხვა სფეროების ინტერესებში დასახულ ამოცანათა გაზრდილ მოცულობასა და მათი გამოყენებისათვის ნორმატიულ-საკანონმდებლო ბაზის არ არსებობას შორის;
- უპილოტო საფრენი აპარატის პოტენციური შესაძლებლობების დონესა და ერთიან საჰაერო სივრცეში მათი გამოყენების აკრძალვას შორის;
- უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების წესების სისტემის შექმნაზე მიმართული ნაშრომების არ არსებობასა და ამაში არსებით მოთხოვნილებას შორის;
- გამოყენებული ტექნიკური საშუალებების (კერძოდ ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების) წარმოებასა და საიმედო გამოყენების ტენდენციის არ არსებობას შორის.

ზემოთ ჩამოთვლილი კერძო წინააღმდეგობები საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ მთავარი წინააღმდეგობის ფორმულირება, რომელიც იმაში მდგომარეობს, რომ უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის მეთოდების განვითარების არსებული დონე სამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების საფუძველზე საშუალებას იძლევა უზრუნველყოფილ იქნეს უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენის კოორდინაცია, მაგრამ ამ დროს არ არსებობს ნორმატიულ-სამართლებრივი ბაზა მათი ერთიან საჰაერო სივრცეში გამოყენებისათვის.

არსებული კერძო წინააღმდეგობები და მათი განზოგადება საშუალებას იძლევა გავიგოთ, რომ მათი აღმოფხვრის გარეშე შეუძლებელია უპილოტო საფრენი აპარატების შემდგომი სრულფასოვანი გამოყენება, მაშასადამე შეუძლებელია საქართველოს სამოქალაქო ავიაციის განვითარებაც.

უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის სფეროში არსებული მდგომარეობა და ზემოთ ჩამოთვლილი წინააღმდეგობები განსაზღვრავს სადოქტორო ნაშრომის თემის აქტუალობას, რომელიც მიმართულია უპილოტო საფრენი აპარატების

უსაფრთხო ფრენისთვის მართვის მეთოდების შემუშავებაზე ერთიან საჰაერო სივრცეში საფრენოსნო ინფორმაციის გამოყენებით ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვებისას.

**ნაშრომში კვლევის ობიექტია:** უპილოტო საფრენი აპარატების საჰაერო მოძრაობის მართვა.

**კვლევის საგანია:** უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის მეთოდები ერთიან საჰაერო სივრცეში სანავიგაციო მონაცემებისა და მართვის კომანდების შეკრების, დამუშავებისა და გადაცემის ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენების გზით.

**სადოქტორო ნაშრომის მიზანია:** უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენების უსაფრთხოების გაზრდა ერთიან საჰაერო სივრცეში, მათი მართვის ახალი მეთოდების გამოყენების საფუძველზე საფრენოსნო ინფორმაციის მიღება ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვებისას.

მითითებული მიზნის მიღწევისათვის დასმულია და გადაწყვეტილია

**კვლევის შემდეგი ამოცანები:**

1. ჩატარებულია უპილოტო საფრენი აპარატების ტექნიკური მახასიათებლებისა და მათი გამოყენების სფეროების ანალიზი;
2. დამუშავებულია უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში მართვის მეთოდებისადმი წაყენებული მოთხოვნები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საჰაერო მოძრაობის ყველა მონაწილის ფრენის უსაფრთხოებას;
3. შემუშავებულია უპილოტო საფრენ აპარატსა და საჰაერო ხომალდს შორის პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრის ალგორითმები ერთიან საჰაერო სივრცეში;
4. გადაწყვეტილია ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების საინფორმაციო უსაფრთხოების პრობლემა როგორც მონაცემთა გადაცემის მთლიანობისა და კონფიდენციალურობის პრობლემა;

5. შემუშავებულია გადასაცემი მონაცემების უეჭველობის კონტროლის ალგორითმი;
6. შემუშავებულია მიწისზედა და საბორტო მოწყობილობის სტრუქტურა და ფუნქციები უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში მართვისას.

**კვლევის მეთოდები:** ჩატარებული კვლევების გათვლით-ანალიტიკური აღწერილობა დაფუძნებულია მართვის ზოგად თეორიასა და დინამიკური სისტემების ზოგად თეორიაზე, ალბათობის თეორიის გამოყენებაზე, სტატისტიკის ზოგად თეორიაზე, საიმედოობის თეორიაზე, სასრული ავტომატებისა და ალგორითმების თეორიაზე, ოპტიმალური გადაწყვეტილების თეორიაზე, მათემატიკური ანალიზისა და პროგრამირების მეთოდებზე.

კვლევების საინფორმაციო ბაზის სახით გამოყენებულია ICAO-სა და ევროკონტროლის დოკუმენტების რეკომენდაციები.

### **ნაშრომის სტრუქტურა და თითოეული თავის მოკლე ანოტაცია:**

ნაშრომი შედგება შესავალისგან, 4 თავისაგან, დასკვნისგან, გამოყენებული წყაროების ჩამონათვალისაგან.

პირველ თავში განხილულია უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ძირითადი პრობლემები. განსაზღვრულია უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების ძირითადი სფეროები და მათ მიერ შესასრულებელი ამოცანები ქვეყნის საბაზრო ეკონომიკაში. ასევე განსაზღვრულია უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის ძირითადი მეთოდები.

მეორე თავში დამუშავებულია უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში მართვისა და მეთვალყუეობის მეთოდოლოგია. შემოთავაზებული უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების ტექნიკური რეალიზაციის ვარიანტი. მოყვანილია

უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში მოძრაობის მართვისთვის ავტომატური დაკვირვების ქსელის გამოყენების ტექნიკური დასაბუთება. დამუშავებულია პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის არ დაშვების მეთოდები და ალგორითმები უპილოტო საფრენ აპარატებთან მიმართებაში.

მესამე თავი ეძღვნება უპილოტო საფრენი აპარატისთვის მართვისა და ნავიგაციის სისტემის აგების საკითხს. შემოთავაზებულია უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის მართვისა და ნავიგაციის სისტემის მოწყობილობის შემადგენლობის ვარიანტი, განსაზღვრულია ამ სისტემის ფუნქციონირების ძირითადი პრინციპები. განხილულია ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების მონაცემების გადაცემის ხაზების უპილოტო საფრენი აპარატების მართვისთვის გამოყენების საკითხები.

მეოთხე თავში მოცემულია უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვისა და კონტროლის კომპლექსის ვარიანტი, განსაზღვრულია ამ კომპლექსის შემადგენლობა და ფუნქციები. განხილულია უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვისა და კონტროლის ორგანიზების საკითხები, შემოთავაზებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვისა და კონტროლის საბორტო აპარატურის შემადგენლობა, აგრეთვე კონტროლის კომპლექსის ოპერატორისა და უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვის ინტერფეისის ვარიანტი.

**მეცნიერული სიახლე:** კვლევის ჩატარების პროცესში მიღებულია ახალი სამეცნიერო შედეგები:

1. დამუშავებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვის და დაკვირვების მეთოდოლოგია სამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების პრინციპით, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ უპილოტო საფრენი აპარატი არა მათთვის სპეციალურად გამოყოფილ ფრენების ზონებში, არამედ ერთიან საჰაერო სივრცეში.

2. შემუშავებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის მეთოდი, რომელიც გამოირჩევა იმით, რომ მართვის პუნქტზე საჰაერო ხომალდის მოძრაობის პარამეტრების და მიმდინარე კოორდინატების შესახებ მონაცემების მიხედვით ხდება საჰაერო ვითარების გამოსახვის ფორმირება მოძრაობის ყველა მონაწილისათვის, გამოითვლება მათი ფრენის პროგნოზირებული ტრაექტორიები, გამოიმუშავება და საერთო რადიოარხით ხდება ტრანსლირება უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვის შესაბამისი კომანდები.
3. დამუშავებულია ცრუ შეტყობინებების წყაროს ლოკალიზაციის ალგორითმი, რომელიც უზრუნველყოფს ინფორმაციის მიღება/გადაცემის უტყუარობას ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის გამოყენებისას.
4. დამუშავებულია პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციების (უპილოტო საფრენი აპარატისა და საჰაერო ხომალდების მონაწილეობით) თავიდან აცილების ალგორითმები, რომლებიც იმით გამოირჩევიან, რომ უსაფრთხო ეშელონირების ინტერვალების დარღვევისას ავტომატურად განისაზღვრება მათი მიახლოების კრიტერიუმები, თანაც, საშიში მიახლოების პროგნოზის აღმოჩენისას გამოიმუშავება უპილოტო საფრენი აპარატის მანევრის შესასრულებლად სათანადო კომანდა.

**სადოქტორო ნაშრომის თეორიული მნიშვნელობა განისაზღვრება:**

1. უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში მოძრაობის მართვის და მეთვალყურეობის მეთოდოლოგიის სიახლით, უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვისა და დაკვირვების სისტემის ერთიანობის უზრუნველსაყოფად შემოთავაზებული მიდგომით ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების გამოყენებისას.
2. იმ ალგორითმების სიახლით, რომლებიც უზრუნველყოფენ უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის ტრაექტორიის შესახებ მონაცემების უტყუარობის კონტროლის ფუნქციას ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის გამოყენებისას.

3. უპილოტო საფრენი აპარატისა და საჰაერო ხომალდების მონაწილეობით პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის თავიდან აცილების შემუშავებული ალგორითმებით.

**სამეცნიერო კვლევების პრაქტიკული ღირებულება:** იმაში მდგომარეობს, რომ შემოთავაზებული მიდგომის საფუძველზე შემუშავებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ხერხი და მართვის რეალიზაციის მოწყობილობა, რაც უზრუნველყოფს როგორც ფრენის მართვას, ისე ფრენის პროგრამის შესრულებისათვის მართვის კომანდების გადაცემასაც.

**ძირითადი სამეცნიერო შედეგები:**

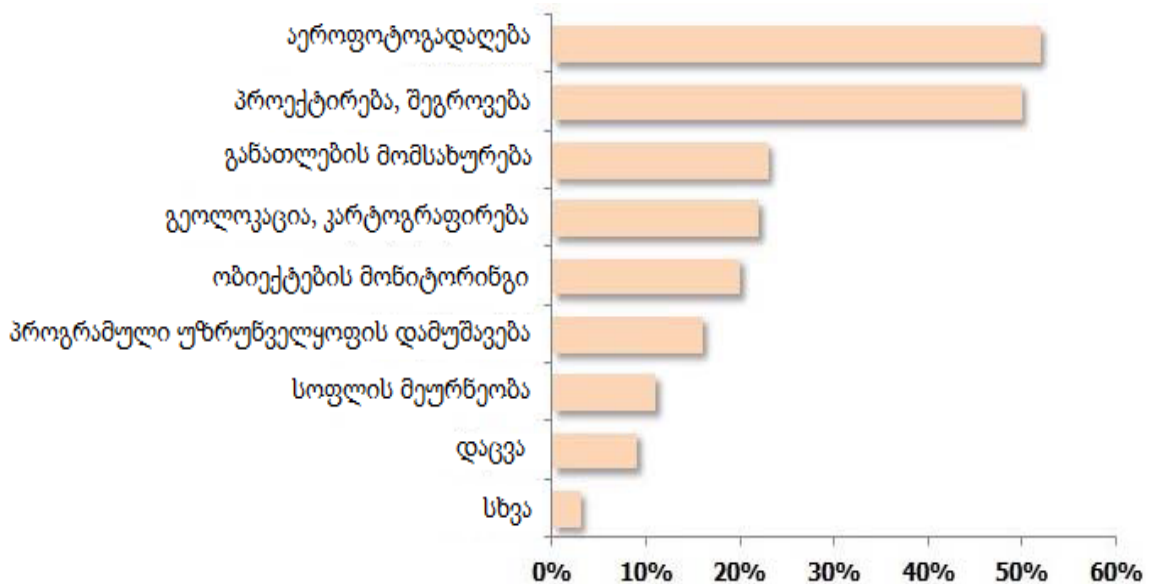
1. უპილოტო საფრენი აპარატების მოძრაობის მართვისა და მეთვალყურეობის მეთოდოლოგია ერთიან საჰაერო სივრცეში.
2. უპილოტო საფრენი აპარატისა და სხვა საჰაერო ხომალდების მონაწილეობით პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის თავიდან აცილების მეთოდები და მათი ალგორითმები.
3. უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის ტრაექტორიის შესახებ გადასაცემი მონაცემების უტყუარობის კონტროლის ფუნქციის უზრუნველყოფი ალგორითმები.

**სადოქტორო ნაშრომის მოცულობა:** გვერდების ჯამური მოცულობა 154. გამოყენებული 57 ლიტერატურული წყარო.

**თავი 1. უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ძირითადი პრობლემები**

**1.1 უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების სფეროები და მათ მიერ შესასრულებელი ამოცანები საბაზრო ეკონომიკიდან გამომდინარე**

უპილოტო საფრენი აპარატების სამოქალაქო სექტორში გამოყენების ძირითადი სფეროებია: აეროფოტოგადაღება, ობიექტების მონიტორინგი, სოფლის მეურნეობა, გეოფიზიკური და ეკოლოგიური მონიტორინგი, დისტანციური ზონდირება, მეთვალყურეობა და დაცვა ნახ. 1.



ნახ. 1. უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენება სამოქალაქო სფეროში.

ამჟამად ელექტროგადამცემი ხაზების, ნავთობის და აირის მილგაყვანილობების კონტროლისთვის, როგორც წესი, გამოიყენება შვეულმფრენები, რომელთა საექსპლუატაციო ხარჯები სოლიდურ თანხებს



შეადგენს. ითვლება, რომ ისეთ სფეროებში, როგორცაა მიწის დისტანციური ზონდირება, კომუნიკაციებისა და საზღვრების კონტროლი, უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენება საშუალებას იძლევა ტრადიციული საავიაციო ან კოსმოსურ სისტემებთან შედარებით საგრძნობლად შემცირდეს მომსახურების თვითღირებულება.

უპილოტო საფრენი აპარატის დახმარებით შეიძლება გაკონტროლდეს, როგორც ობიექტის ტექნიკური მდგომარეობა, ისე მისი ფუნქციონირება და უსაფრთხოება.

**გარდა ამისა უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენება ეფექტურია შემდეგი ამოცანების შესასრულებლადაც:**

- მცირე ზომის საჰაერო და მიწისზედა ობიექტების აღმოჩენა;
- საზღვაო ხომალდების ძებნა და აღმოჩენა, საზღვაო ნავსადგურებში ავარიული სიტუაციების გამოვლენა (აღმოჩენა);
- რეგიონული და რეგიონთაშორისი მობილური ტელესაკომუნიკაციო ქსელების განვითარება;
- აეროფოტოგადაღება, კარტოგრაფია;
- ხელშეკრულებითი მოვალეობების დაცვის ინსპექცია, მაგალითად „ღია ცის“ ხელშეკრულების;
- ჰიდრო-მეტეო ვითარების და აქტიურად გამოსახული (გამომსახველი) ობიექტების კონტროლი;
- სასოფლო სამეურნეო სამუშაოების და გეოლოგიური დაზვერვის უზრუნველყოფა;
- ზღვის დელვისადმი თვალთვალი, თევზების გუნდის ძებნა;
- მნიშვნელოვანი ობიექტების დაცვა;
- ხანძრის კერის აღმოჩენა და სხვა.

ზემოთ ჩამოთვლილი ამოცანების შესრულებისას უპილოტო საფრენი აპარატის გამოყენების უპირატესობებია:

1. ბევრად უფრო იაფია, ვიდრე პილოტირებადი საჰაერო ხომალდები (ბორტზე ეკიპაჟის არარსებობა) მათი მცირე ზომა და წონა, არსებითად ამცირებს ხარჯებს ამა თუ იმ ამოცანების შესრულებაზე);
2. მობილურია (მათი შენახვა, ტრანსპორტირება და გამოყენება მარტივია, არ ესაჭიროება სპეციალური აეროდრომი);
3. მრავალფუნქციურია (მოდულური სტრუქტურა საშუალებას იძლევა ადვილად შეიცვალოს დაზიანებული ელემენტები);
4. მარტივია მათი ექსპლუატაცია (ასეთ კომპლექსთან მუშაობა მინიმალურ ცოდნასა და უნარს მოითხოვს).

უპილოტო საფრენი აპარატების სამოქალაქო სექტორში გამოყენებისას ხელის შემწყობ ფაქტორებს წარმოადგენს: არსებითი ტექნიკური პროგრესი მონიტორინგისა და დისტანციური ზონდირების საშუალებების სფეროში; მსოფლიოში უპილოტო საფრენი აპარატების განვითარების მაღალი საერთო დონე (როგორც წესი სამხედრო დანიშნულების).

ზემოთ მითითებული ამოცანებისა და უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების სფეროების ჩამონათვალი განსაკუთრებულ მოთხოვნებს უყენებს როგორც თვით უპილოტო საფრენ აპარატებს, ისე მათ მიზნობრივ საბორტო აპარატურასაც. უპილოტო საფრენი აპარატების სამხედრო და სამოქალაქო გამოყენების ამოცანების მოწვევებითი მსგავსების მიუხედავად, არის რიგი პრინციპული განსხვავებები, რომლებიც საბაზისო მოთხოვნებში უნდა გამოიხატებოდეს.

სამოქალაქო გამოყენებისათვის მონიტორინგის ამოცანებში ყოველთვის არ მოითხოვება ინფორმაციის მიღება რეალურ დროში. საკმარისია მონაცემები წარდგენილი იქნეს საბაზო სადგურში, სადაც ისინი დამუშავდება და საჭიროებისას ინფორმაცია დაიყვანება შესაბამის სამსახურებამდე. ამ დროს შეიძლება გამოვიყენოთ შეზღუდული გამტარობის უნარიანი რადიოხაზები, რომელიც

უზრუნველყოფს მხოლოდ მეთვალყურეობას, მართვას და უპილოტო საფრენი აპარატისადმი დაკვირვებას.

სამოქალაქო უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის არ დგინდება მცირეშემჩნევადობის ნორმები, რაც უშვებს ნაკლებად ძვირი კონსტრუქციული მასალების გამოყენებას.

პატრულირების რაიონში მისვლის სიჩქარის ფაქტორი ასევე მაინცდამაინც კრიტიკული არ არის, ამიტომ შესაძლებელია უფრო ეკონომიური ძრავების გამოყენება.

უპილოტო საფრენ აპარატებს, რომლებიც აღჭურვილია ნავიგაციის სისტემით პოზიციონირების გლობალური თანამგზავრული სისტემის ბაზაზე და აქვთ მინიატურული ვიდეოკამერა, შეუძლიათ სწრაფად და ხარისხიანად მიიღონ მოცემული უბნის ვიდეო ან ფოტო გამოსახულება. ხოლო ფრენის დაპროგრამებისას მოქნილი ალგორითმების გამოყენება ოპერატორს საშუალებას აძლევს კორექტირება გაუკეთოს პროგრამას ფრენის პროცესში და მიმართოს უპილოტო საფრენი აპარატი მისთვის საინტერესო უბანში უფრო დეტალური გამოსახულების მისაღებად.

## **1.2. უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მოთხოვნები**

უპილოტო საფრენი აპარატების სამოქალაქო სექტორში ფართოდ გამოიყენება შეუძლებელია მთელი რიგი ტექნიკური, ნორმატიულ-საკანონმდებლო და ორგანიზაციული პრობლემების გადაჭრის გარეშე. ამჟამად უპილოტო საფრენი აპარატების საერთო საჰაერო სივრცეში ფრენების ორგანიზაციის საკითხს დიდი ყურადღება ეთმობა. ევროკონტროლში, FAA, RTCA და EUROCAE-ში მიმდინაერეობს დისკუსიები, რა პრინციპებისა და ტექნიკური

გადაწყვეტილებების ბაზაზე უნდა იყოს ორგანიზებული ასეთი ფრენები. ჯერჯერობით გადაწყვეტილება მიღებული არ არის.

არსებობს უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში ინტეგრაციის ალტერნატიური კონცეფციები. ერთი გულისხმობს უპილოტო საფრენ აპარატებზე ყველა არსებული ნორმის გავრცელებას, ამოცნობასა და შეჯახების შესახებ გაფრთხილების სისტემების ჩათვლით. მეორე კონცეფცია გულისხმობს უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის სპეციალური ზონების გამოყოფას.

უპილოტო საფრენი აპარატების ექსპლუატაციის ორგანიზაციის საკითხებში რეკომენდაციების დამუშავების მიზნით შექმნილია კომისიები და კომიტეტები: სპეციალური კომიტეტი SC-203 RTCA; საკონსულტაციო მუშა ჯგუფი WG-73 EUROCAE; უპილოტო საფრენოსნო სისტემების შესწავლის ჯგუფი (Unmanned Aircraft Systems Study Group-UASSG).

ICAO-ს სამდივნომ ინფორმაცია გაავრცელა სურვილის შესახებ, რომ ამ კომიტეტების და ჯგუფების მუშაობის მასალები გამოყენებული იქნეს ICAO-ს პოზიციის შესახებ, რომ განისაზღვროს წესები, პროცედურები და მოთხოვნები უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიანი საჰაერო სივრცეში უსაფრთხო ინტეგრაციისათვის.

ითვლება, რომ უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში ექსპლუატაციის პროცესის მოთხოვნები შემდეგ ძირითად პრინციპებს უნდა პასუხობდეს:

- ერთიან საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენი აპარატებისადმი წვდომაზე შეზღუდვები არ უნდა იყოს;
- უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ერთიანი საჰაერო სივრცის მოსარგებელთა ფრენების უსაფრთხოება და მოსახლეობის უსაფრთხოება ისეთ დონეზე, რომელიც პასუხობს საჰაერო ხომალდების ფრენების უსაფრთხოების მოთხოვნებს;

- არ უნდა წამოიჭრას მოთხოვნები საჰაერო ხომალდის მოწყობის შესახებ დამატებითი სისტემებით უპილოტო საფრენ აპარატთან შეთავსებადობისათვის;
- უპილოტო საფრენ აპარატებს უნდა ჰქონდეთ სისტემა, რომელიც საშუალებას იძლევა თავიდან ავიცილოთ პოტენციური კონფლიქტური სიტუაცია საჰაერო ხომალდებთან;
- უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენების წარმოება უნდა ხორციელდებოდეს იმავე წესების მიხედვით, რომლებსაც გამოიყენებენ პილოტირებადი საჰაერო ხომალდები.

ამ პრინციპების რეალიზაციისათვის ნავარაუდევია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა:

1. უპილოტო საფრენი აპარატის უსაფრთხო ექსპლუატაციის პროცედურების განსაზღვრა;
2. უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ საჰაერო სივრცის გამოყენების წესის განსაზღვრელი მოთხოვნების დადგენა;
3. საერთო საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენ აპარატსა და საჰაერო ხომალდს შორის პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრის მეთოდის შემუშავება;
4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ოპერატორსა და საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემის დისპეტჩერის ურთი-ერთ ქმედების წესის განსაზღვრა.

რიგი ქვეყნები შეუდგნენ ზემოთ ჩამოთვლილი ამოცანების გადაწყვეტას. საფრანგეთი, იტალია, გერმანია და შვედეთი ანვითარებენ თავიანთ ეროვნულ პროგრამას უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის კუთხით.

ჯერ მხოლოდ აშშ-მ და კანადამ დანერგეს საჰაერო მოძრაობის მართვის პრაქტიკაში სამოქალაქო უპილოტო საფრენი აპარატების საერთაშორისო ფრენების

შესრულება ღია ზღვის ზემოთ. ისინი ასრულებენ მეტეოროლოგიურ კვლევებს, აეროფოტო და კინოგადაღებებს, გეოფიზიკური მეთვალყურეობას.

### **1.3 უპილოტო საფრენი აპარატების კლასიფიკაცია**

როგორც წესი უპილოტო საფრენი აპარატების კლასიფიკაციისას ითვალისწინებენ მათი ექსპლუატაციის მეთოდებს და ხერხებს. სპეციალისტები გვთავაზობენ უპილოტო საფრენი აპარატები დაიყოს:

- დანიშნულების მიხედვით: მრავალმიზნობრივები და მიზნობრივები (სადაზვერვო, მეთვალყურეობის, სატრანსპორტო);
- გამოყენების ჯერადობის მიხედვით: მრავალჯერადები და ერთჯერადები;
- უპილოტო საფრენი აპარატის სტარტის მიხედვით: სააეროდრომო სტარტის, არასააეროდრომო სტარტის (სტარტი რამპიდან, ბაქნიდან მზიდის გამშვები მოწყობილობებიდან);
- დაბრუნების ხერხის მიხედვით: ბაზირების აეროდრომზე დაბრუნება, პარაშუტით თავისუფალი დაშვება მოცემულ რაიონში, ვარდნა დამჭერზე.

ავიაციაში საყოველთაოდ აღიარებულია კლასიფიკაციის სისტემა საფრენოსნო-ტექნიკური მახასიათებლების გამოყენებით (ცხრილი 1). ამიტომ უპილოტო საფრენი აპარატები იყოფა:

- **კლასი 1.** უპილოტო საფრენი აპარატი თვითმფრინავის ტიპის 10 კგ-მდე ასაფრენი მასით ელექტრული ძრავით. ისინი შეიძლება გამოყენებული იქნეს ოპერატიული მეთვალყურეობის საშუალების სახით დაცვის სტაციონალური საგუშაგოების ან მობილური ჯგუფების შემადგენლობაში;
- **კლასი 2.** თვითმფრინავის ტიპის უპილოტო საფრენი აპარატი 100 კგ-მდე ასაფრენი მასით შიგა წვის ძრავით. ისინი შეიძლება

*გამოყენებული იქნეს ოპერატიული მეთვალყურეობის საშუალების სახით;*

- *კლასი 3. თვითმფრინავის ტიპის უპილოტო საფრენი აპარატი 1000 კგ-მდე ასაფრენი მასით, შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც დიდი ფართობის ქიმიური დამუშვებისათვის, ისე ტვირთების ოპერატიული ტრანსპორტირებისათვის;*
- *კლასი 4. შეუღმფრენის ტიპის უპილოტო საფრენი აპარატები, რომლებიც გამოიყენება ობიექტების მონიტორინგისათვის (შენობანაგებობები);*

ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ როგორც საჰაერო ხომალდებისათვის, ისე უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის მნიშვნელოვანია ისეთი მახასიათებელი, როგორცაა მარგი დატვირთვა. დისტანციური ზონდირების ამოცანების შესრულებისათვის, აგრეთვე ადგილმდებარეობის გამოსაკვლევი უბნების კოორდინატების განსაზღვრისათვის უპილოტო საფრენი აპარატის მარგი დატვირთვა თავის შემადგენლობაში შემდეგ მოწყობილობებს უნდა შეიცავდეს:

ცხრილი 1.

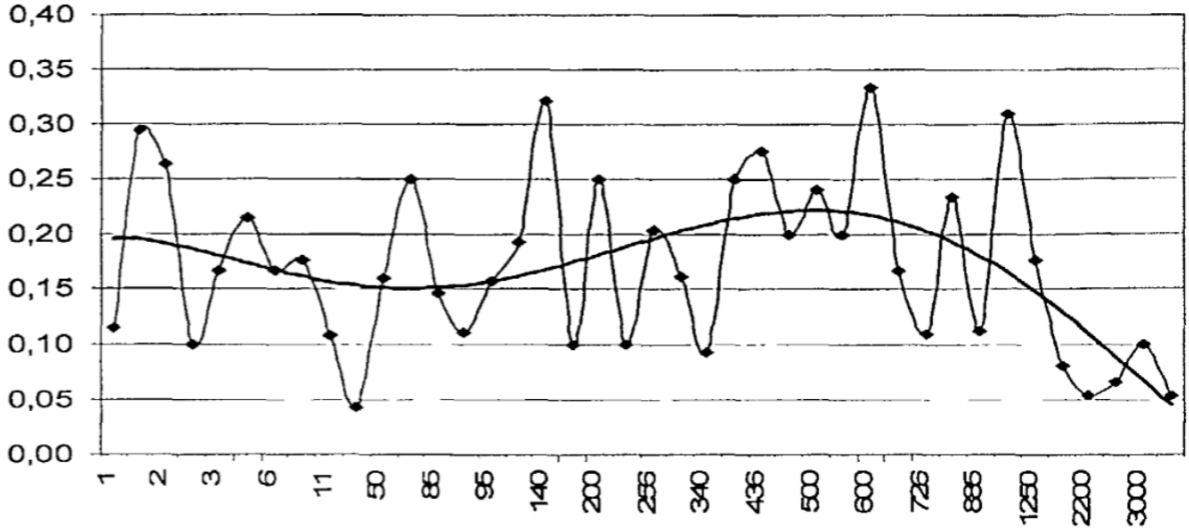
უსა-ს ჯგუფები	მაქსიმალური წონა	ძრავის ტიპი	დანიშნულება
კლასი 1	10 კგ-მდე	ელექტრო	ოპერატიული მეთვალყურეობის საშუალების სახით დაცვის სტაციონალური საგუშაგოების ან მობილური ჯგუფების შემადგენლობაში;
კლასი 2	100 კგ-მდე	შიგა წვის ძრავით	ოპერატიული თვალყურის დევნების
კლასი 3	1000 კგ-ი და ზემოთ		გამოყენებული იქნეს როგორც დიდი ფართობის ქიმიური დამუშავებისათვის, ისე ტვირთების ოპერატიული ტრანსპორტირებისათვის;
კლასი 4	შვეულმფრენები		გამოიყენება ობიექტების მონიტორინგისათვის;

- ვიზუალური ინფორმაციის მიღების მოწყობილობას;
- ხელოვნური თანამგზავრის სანავიგაციო სისტემას (GPS);
- ვიზუალური და ტელემეტრიული გადაცემის ინფორმაციის რადიოხაზის მოწყობილობას;
- საკომანდო-სანავიგაციო გაცვლის მოწყობილობას;
- საინფორმაციო გაცვლის მოწყობილობას;
- საბორტო ციფრულ გამომთვლელ მანქანას;
- ვიზუალური ინფორმაციის შენახვის მოწყობილობას.

უპილოტო საფრენი აპარატების საფრენოსნო-ტექნიკური მახასიათებლების ანალიზი უჩვენებს, რომ მარგი დატვირთვა ფართო ზღვრებში იცვლება: 150



გრამიდან 300 კგ-მდე. ამ დროს კუთრი დატვირთვის უდიდესი კოეფიციენტი შეესაბამება აპარატის მასას 450-650 კგ-მდე (ნახ. 1.3).



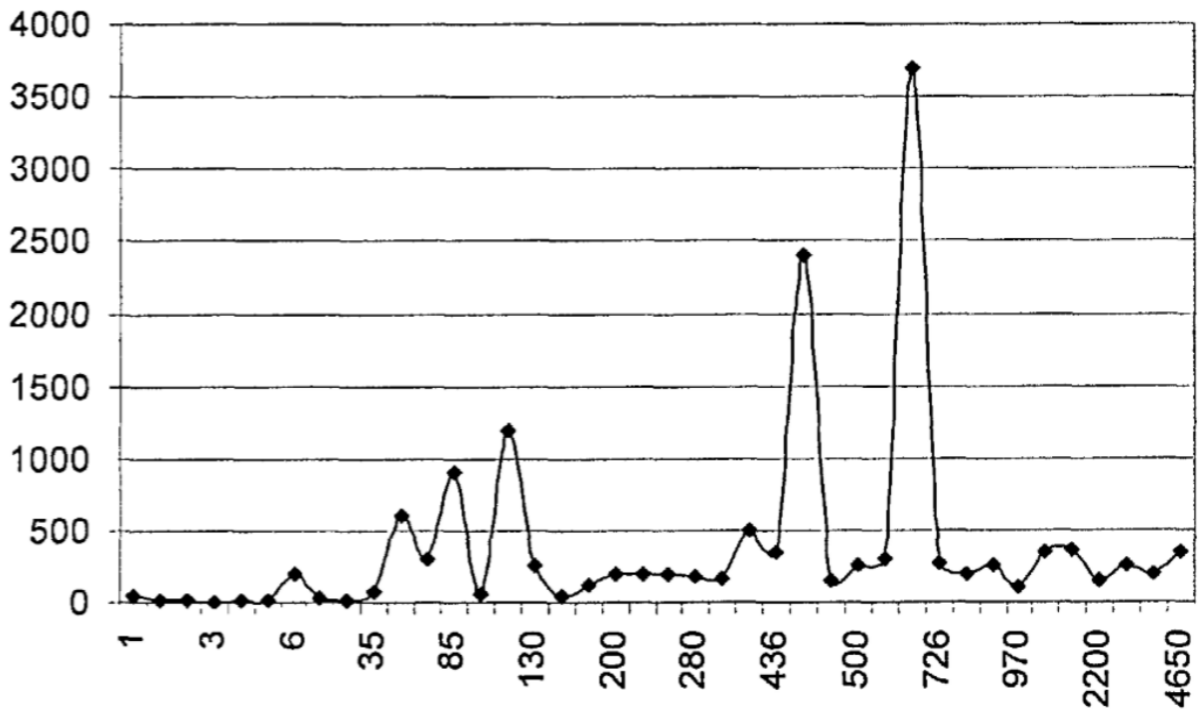
ნახ. 1.3. კუთრი დატვირთვის კოეფიციენტის დამოკიდებულება უსა-ის მასასთან.

ასაფრენი მასის შემდგომი ზრდა (საწვავის მასის ხარჯზე) საკმაოდ სტაბილური დატვირთვისას იწვევს კუთრი დატვირთვის კოეფიციენტის შემცირებას.

თუ გავანალიზებთ უპილოტო საფრენი აპარატის საფრენოსნო-ტექნიკური მახასიათებლებს სიშორის მიხედვით დავრწმუნდებით, რომ ფრენის სიშორე ასაფრენი მასის ზრდასთან ერთად იზრდება (ნახ.1.4.).

ამგვარად, უპილოტო საფრენი აპარატების კლასიფიკაცია არ ითვალისწინებს ICAO-ს მიერ ფორმულირებულ ძირითად პრინციპებს აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ექსპლუატაციისა, ანუ არ არსებობს უპილოტო საფრენი აპარატის ზოგადად მიღებული კლასიფიკაცია, რომელიც ითვალისწინებდეს მისი ერთიან საჰაერო სივრცეში ექსპლუატაციის თავისებურებებს.

არსებული კლასიფიკაციის ძირითადი ნაკლია ის, რომ იგი არ ითვალისწინებს მართვის პუნქტის მიწისზედა ინფრასტრუქტურის, საყოფაცხოვრების პირობების, ტრანსპორტირების და ფრენისწინა მომზადების, სასტარტო და საფრენი მოედნების მახასიათებლებს, აგრეთვე მიწისზედა სადგურების ქსელის და მათი მიწისზედა კავშირის ხაზების არსებობას.



ნახ.1.4. ფრენის მანძილის დამოკიდებულება უსა-ის მასასთან.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე უპილოტო საფრენი აპარატების კლასიფიკაცია შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

- 1-ლი კლასის უპილოტო საფრენი აპარატები მარგი დატვირთვის მიხედვით არ შეესაბამებიან მართვისა და ნავიგაციის აპარატურის დაყენების მოთხოვნებს. ამასთან დაკავშირებით მათი ექსპლუატაცია შესაძლებელია მხოლოდ გამოყოფილ საჰაერო სივრცეში.

- მე-2 კლასის უპილოტო საფრენი აპარატი 100-120 კგ-მდე მარგი დატვირთვით შეესაბამება მართვისა და ნავიგაციის აპარატურის დაყენებას. ფრენის სიშორე და სიმაღლე უზრუნველყოფს იმ ძირითადი ამოცანების შესრულებას, რომლებიც დგას უპილოტო საფრენი აპარატის წინაშე ეკონომიკის სამოქალაქო სექტორში. იმართება ერთი მიწისზედა სადგურიდან.
- მე-3 კლასის უპილოტო საფრენი აპარატი 150-200 კგ-მდე მარგი დატვირთვით შეესაბამება მართვისა და ნავიგაციის აპარატურის დაყენებას, აგრეთვე დამატებითი მოწყობილობების. ფრენის სიშორე უზრუნველყოფს ძირითადი ამოცანების შესრულებას, მაგრამ საჭიროა მიწისზედა სადგურების განვითარებული სტრუქტურა კავშირისათვის, მართვისა და მეთვალყურეობისათვის.

ნაშრომში განიხილება მე-2 კლასის უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის საკითხები: რომლებსაც გააჩნია შემდეგი საკითხები ასაფრენი მასა 500-600 კგ, მარგი დატვირთვა 100-120 კგ. კრეისერული სიჩქარე 130-150 კმ/სთ, პირდაპირი რადიო მხედველობის სიშორით.

#### **1.4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის მეთოდები**

როგორც უპილოტო საფრენი აპარატის დაპროექტირების გამოცდილება გვიჩვენებს, მისი მართვის კონტურში ორი ძირითადი ელემენტი არსებობს. პირველი - შემსრულებელი, ანუ ეს არის თვით პლანერი ძალური დანადგარით და საჭეების მექანიზმები. მეორე - საკომანდო. ეს არის ის ელემენტი, რომელიც ამოცანას უსვამს ფრენაზე, გადაწყვეტილებას ღებულობს საჭიროების შემთხვევაში ფრენის პროგრამის შეცვლაზე, საფრენი აპარატის მოძრაობის მოცემული ტრაექტორიიდან გადახრის შემთხვევაში ახდენს მოძრაობის კორექციას.

უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის კომპლექსის აგებისას საკომანდო ელემენტი ან მისი ნაწილი გამოტანილია აპარატის ზღვრებს გარეთ და შემსრულებლის ელემენტთან დაკავშირებულია გადამცემი ხაზით.

ვაანალიზებთ რა სპეციალისტებისა და ექსპერტების აზრს, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ყველაზე მეტი სიძნელეები წამოიჭრება მართვის სისტემის შემუშავებისას. ეს იმასთანაა დაკავშირებული, რომ უპილოტო საფრენმა აპარატმა ამოცანა უნდა შეასრულოს ავტონომიური ფრენის პირობებში, მაშასადამე, უნდა ჰქონდეს მართვის სისტემის სრული ფუნქციურად შეკრული სქემა. გარდა ამისა უპილოტო საფრენი აპარატის მცირე ზომები და მასა იწვევს ამ ობიექტზე გარეგანი ზემოქმედებების რაოდენობისა და დიაპაზონის ზრდას არსებულ საფრენ აპარატებთან შედარებით, და, მაშასადამე ამკაცრებს მოთხოვნებს მართვის სისტემის ელემენტური ბაზისადმი. ამასთან დაკავშირებით მართვის სისტემამ შემდეგი ამოცანები უნდა გადაწყვიტოს:

ობიექტის მოძრაობის პარამეტრების სტაბილიზაცია სხვადასხვა ბუნებრივი დაბრკოლებების პირობებში;

- საბორტო საშუალებების მიერ გარეგანი მონაცემების ანალიზი და პრიორიტეტული მიზნის განსაზღვრა უპილოტო აპარატის წინაშე დასახული ამოცანის მიხედვით;
- მოძრაობის ოპტიმალური ტრაექტორიის გათვლა უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის დროის და რესურსის ხარჯვის შემცირების მიზნით;
- ტრაექტორიის დაცვის სისწორის კონტროლი;
- მართვის ობიექტის მტყუნებისადმი მდგრადობის უზრუნველყოფა ან მისი მახასიათებლების ცვლილებების კომპენსაცია საბორტო საშუალებებით;

- უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ალგორითმების რეალიზაციისათვის დიდი მოცულობის გამოთვლითი ოპერაციების შესრულება დროის რეალურ მასშტაბში.

სისტემის ძირითადი ფუნქციაა უპილოტო საფრენი აპარატის მასის ცენტრის და მისი ცენტრის მიმართ კუთხური მოძრაობის მართვა. თუ არაა საჭირო საფრენი აპარატის მოცემულ ტრაექტორიაზე მოძრაობის მართვა, მაშინ ხდება მხოლოდ კუთხური მოძრაობის მართვა. კუთხური მოძრაობის მართვა უზრუნველყოფს აპარატის სრულიად განსაზღვრულ მდებარეობას სივრცეში მასის ცენტრის სიჩქარის ვექტორის მიმართ. მასის ცენტრის მოძრაობის მართვა უზრუნველყოფს ფრენის ყველაზე უფრო ოპტიმალური ტრაექტორიით, მაგალითად, უმოკლესი გზით, უმოკლეს დროში.

უპილოტო საფრენი აპარატისთვის, რომელიც დედამიწის ატმოსფეროს ფარგლებში ფრენს, მართვის არხების რიცხვი მცირდება. ეს აიხსნება წინსვლით და ბრუნვით მოძრაობებს შორის გარკვეული კავშირის არსებობით. ამრიგად, უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის მართვა დაიყვანება მისი მოძრაობის პარამეტრების მართვამდე: კუთხური კოორდინატების, კუთხური სიჩქარეების და აჩქარებების, ხაზური კოორდინატების (სიშორე, სიმაღლე, გვერდითი გადახრა) და ა.შ.

არსებული მართვის სისტემებს ყოფენ ავტონომიურ და არაავტონომიურ მართვის სისტემებად. ავტონომიური მართვის სისტემების თავისებურება არის ის, რომ მოძრაობის მართვის სიგნალი გამოიმუშავება იმ აპარატურის მიერ, რომელიც ბორტზეა განთავსებული, თანაც ეს აპარატურა მართვის პუნქტიდან არავითარ ინფორმაციას არ ღებულობს. ავტონომიური მართვის სისტემები მოქმედებენ წინასწარ განსაზღვრული პროგრამის მიხედვით.

ავტონომიური მართვის სისტემის გამოყენებისას არსებობს მმართველი სიგნალების მიღების ორი მეთოდი. შეიძლება წინასწარ სტარტის წინ გამოთვალოს

როგორ უნდა იცვლებოდეს დროში უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის ძირითადი პარამეტრები (სიჩქარე, კუთხე, და ა.შ.), რომლებიც განსაზღვრავენ მოძრაობის ტრაექტორიას. მიღებული დროის ფუნქციები შეიყვანება მართვის სისტემის სპეციალურ მოწყობილობებში მოცემულ სიდიდეების ან პროგრამის სპეციალურ მოწყობილობებში მოცემული სიდიდეების ან პროგრამის სახით. უპილოტო საფრენი აპარატის სტარტის შემდეგ ფრენის პროცესში შესაბამისი მოწყობილობები ცვლიან მითითებული პარამეტრების მიმდინარე მნიშვნელობებს. მართვის სისტემა ადარებს პარამეტრების გამოთვლილი მნიშვნელობებს მიმდინარე მნიშვნელობებთან და მათი შეუსაბამობისას გამოიმუშავებს შესაბამის მართვის სიგნალებს. თუ უპილოტო საფრენ აპარატზე დაყენებულია აპარატურა, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხდეს მისი კოორდინატების უწყვეტი გაზომვა, მაშინ ავტონომიური მართვა შეიძლება განხორციელდეს სხვანაირად. აპარატურიდან მიღებული კოორდინატები ავტომატურად შეიყვანება საბორტო გამოთვლით მოწყობილობაში, რომელიც წინასწარ ჩადებული პროგრამის შესაბამისად გამოთვლის მართვის სიგნალის სიდიდეს. მაშასადამე, წინასწარ არ მოიცემა განსაზღვრული ტრაექტორია, არამედ გამოითვლება მიმდინარე კოორდინატების მიხედვით. ამ დროს იგულისხმება, რომ ობიექტის კოორდინატები წინასწარ ჩადებულია გამოთვლით მოწყობილობაში. ასეთი მართვის სისტემის მუშაობაზე გავლენას არ ახდენს ხელოვნურად შექმნილი ხელშემშლელი ფაქტორები. ეს მათი ძირითადი უპირატესობაა.

საკაერო აპარატის მიერ საკუთარი კოორდინატების განსაზღვრა მიმდინარეობს ყოველწამიერად თანამგზავრული ნავიგაციური სისტემის მიმღების სტანდარტული მუშაობისას. მიმღების გადაწყობისას საკუთარი კოორდინატების განსაზღვრის სიხშირე შეიძლება გაიზარდოს. პრაქტიკულად კი სიხშირის ზრდა არ იძლევა კოორდინატების განსაზღვრის სიზუსტეში მოგებას, ვინაიდან კოორდინატთა ცვლის სიჩქარე ზღუდავს უპილოტო საფრენი აპარატის მანევრირებას. რეალობაში ამოცანა მდგომარეობს არა მარტო იმაში, რომ ვიცოდეთ

სად და რა დროს იმყოფება ობიექტი, არამედ იმაშიც, რომ მისი ადგილსამყოფელის მიხედვით გამომუშავებული იქნეს საპასუხო რეაქცია.

სიტუაცია შეიძლება დაიყოს სამ პირობით კატეგორიად:

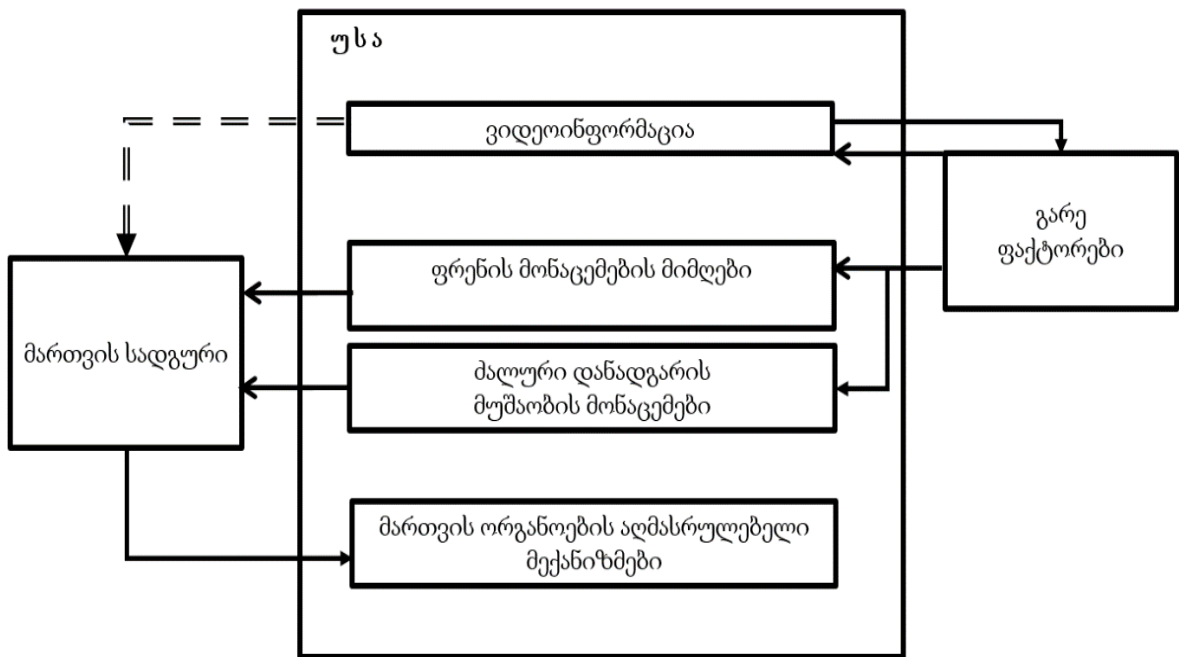
პირველი - მონიტორინგის უმარტივესი შემთხვევა. სისტემის ამოცანა მდგომარეობს ობიექტის ადგილსამყოფელის ფიქსაციაში დროსთან მიზმით.

მეორე - პირველის გაფართოებას წარმოადგენს. მეთვალყურეობის დამატებით, სისტემა გამოიმუშავებს საპასუხო რეაქციას (სიგნალიზაციას, გამოთვლით პროცედურებს, შინაგანი კომანდის გამომუშავებას). ამ შემთხვევაში საპასუხო რეაქციის გამომუშავებაზე და მის შემსრულებებაზე საჭირო დრო ძალიან მცირეა.

მესამე - მეორე შემთხვევაში გამოთვლილი მონაცემების უკან საფრენი აპარატის ბორტზე გადაცემა. მაგალითად, მისი მოძრაობის კორექციის მიზნით. აქ ჯამდება საფრენი აპარატიდან მეთვალყურეობის პუნქტზე კოორდინატების გადაცემის, კომანდის გამომუშავების და უკან აპარატის ბორტზე კომანდის გადაცემის დრო.

განვიხილოთ საკომანდო ელემენტის მართვის პუნქტზე განთავსებით. ჩვეულებრივ მასზე განთავსდება მართვის ოპერატორი, მეთვალყურეობის აპარატურა უპილოტო საფრენ აპარატზე მართვის კომანდების გადაცემისათვის.

უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ერთ-ერთი მეთოდია საპილოტაჟო (ნახ.1.5.).

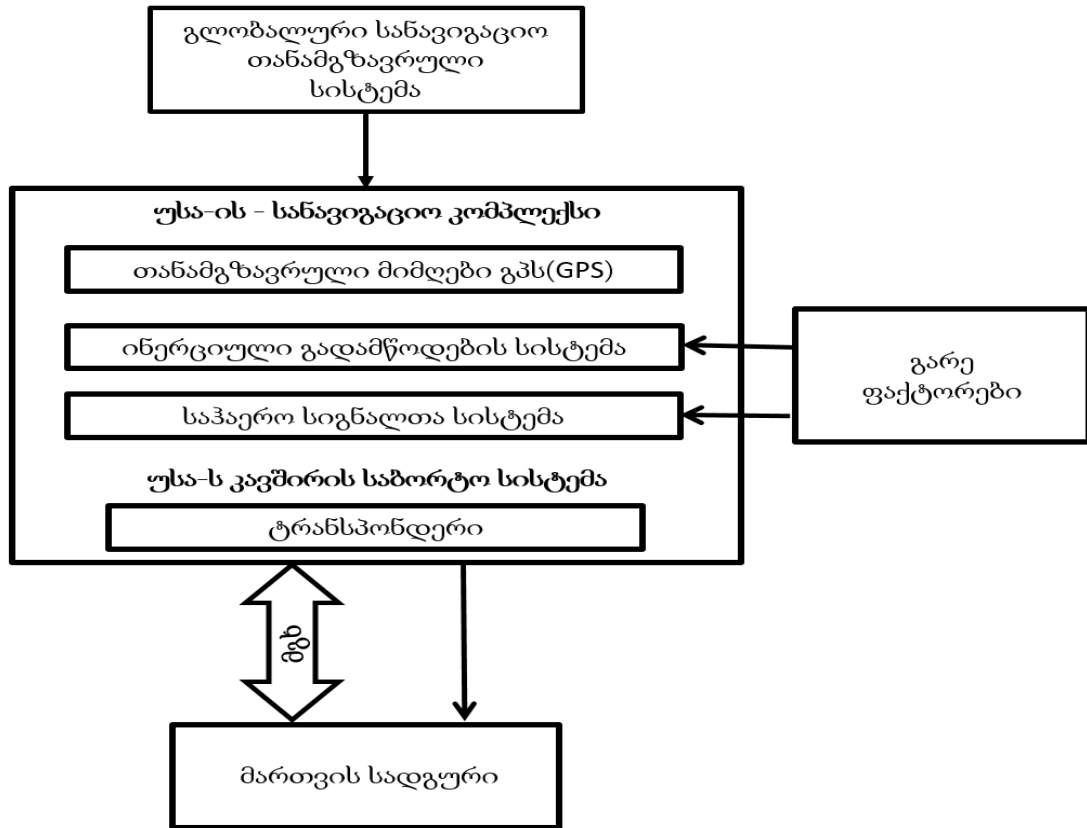


**ნახ.1.5 - საპილოტაჟო მართვის მეთოდი**

ამ შემთხვევაში მართვა მიმდინარეობს პლანერის შემსრულებელი მექანიზმებით. მართვის პუნქტიდან გადაიცემა საჭეების აეროდინამიკური სიბრტყეების გადახრის მოცემული კუთხეები და ძალური დანადგარის მუშაობის რეჟიმები. გასაგებია, რომ დიდ სიჩქარიანი და მაღალმანევრული უპილოტო საფრენი აპარატებისთვის მოითხოვება მართვის კომანდების მართვის პუნქტიდან უსწრაფესი მიტანა, აგრეთვე პლანერის სივრცითი მდებარეობის შესახებ ინფორმაციის ასევე სწრაფი მიტანა. ამასთან ერთდროულად საპილოტაჟო მართვა მოითხოვს ოპერატორის საფრენი აპარატის მართვის პროცესში ჩარევის მაღალ ხარისხს, რაც თავის მხრივ მოითხოვს ოპერატორის მაღალ კონცენტრირებას და მაღალი დონის მომზადებას.

უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის საპილოტაჟო მეთოდი გარდა განვიხილოთ კიდევ ერთი მეთოდი, რომელიც თავისი შინაარსით ნავიგაციურია (ნახ.1.6.).





**ნახ.1.6. - ნავიგაციური მართვის მეთოდი.**

ამ მეთოდის თანახმად უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა ხორციელდება არა მასზე მანევრირების კომანდის გადაცემით, არამედ მარშრუტის წერტილების მიცემით დედამიწის ზედაპირის მიმართ. მართვის მოცემული ხერხი მოითხოვს გამოთვლების ნაწილის მართვის პუნქტიდან უპილოტო საფრენი აპარატის ბორტზე გადატანას. ყველა გამოთვლა მოცემული ტრაექტორიიდან გადახრების აღმოფხრისათვის სრულდება ბორტზე. მაშასადამე, უფრო მეტად იხსნება დატვირთვა რადიოხაზიდან. ახლა რადიოხაზით გადაიცემა მხოლოდ რადიონავიგაციური პროგრამის ცვლილებები (მოძრაობის მარშრუტის ცვლილება). ამ შემთხვევაში, მოცემული ტრაექტორიიდან რაიმე გადახრების წარმოქმნისას ნავიგაციური გამომთვლელს შეუძლია თვითონვე, მართვის პუნქტის მონაწილეობის გარეშე შეიმუშაოს კომანდები მოძრაობის კორექციის მიზნით. თუმცა ასეთი მართვა ზრდის სანავიგაციო გამომთვლელის აპარატურისადმი

მოთხოვნებს (მეხსიერების, მწარმოებლობის და პროგრამული უზრუნველყოფისადმი).

ასეთ შემთხვევაში მართვისა და ნავიგაციის საბორტო კომპლექსში უნდა შედიოდეს:

- თანამგზავრული ნავიგაციის მიმღები, რომელიც უზრუნველყოფს GPS სისტემიდან ნავიგაციური ინფორმაციის მიღებას;
- ინერციული გადაძწოდების სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს უპილოტო საფრენი აპარატის ორიენტაციისა და მოძრაობის პარამეტრების განსაზღვრას;
- საჰაერო სიგნალთა სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს სიმაღლისა და საჰაერო სიჩქარის გაზომვას;
- მონაცემთა გადაცემის ხაზის აპარატურა, სხვადასხვა ანტენები;

ნავიგაციისა და მართვის საბორტო სისტემა უზრუნველყოფს:

- მოცემული მარშრუტით ფრენას (მარშრუტის მიცემა ხდება მარშრუტის მობრუნების პუნქტების კოორდინატებისა და სიმაღლის მითითებით);
- მარშრუტის შეცვლას ან სტარტის წერტილში დაბრუნებას მართვის პუნქტიდან კომანდებით;
- მითითებული წერტილის შემოფრენას;
- არჩეული ობიექტის ავტომატურ თანხლებას;
- უპილოტო საფრენი აპარატის ორიენტაციის კუთხეების სტაბილიზაციას;
- ფრენის სიჩქარისა და სიმაღლის მოცემული მნიშვნელობების დაცვას;
- ფრენის პარამეტრებისა და მიზნობრივი მოწყობილობის მუშაობის შესახებ ინფორმაციის შეკრებას და გადაცემას;
- მიზნობრივი მოწყობილობის პროგრამულ მართვას;

საბორტო მოწყობილობა (კავშირი):

- ფუნქციონირებს რადიოსიხშირეთა ნებადართულ დიაპაზონში;

- უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემის ბორტიდან მიწაზე და პირიქით;

ბორტიდან მიწაზე გადასაცემი მონაცემები:

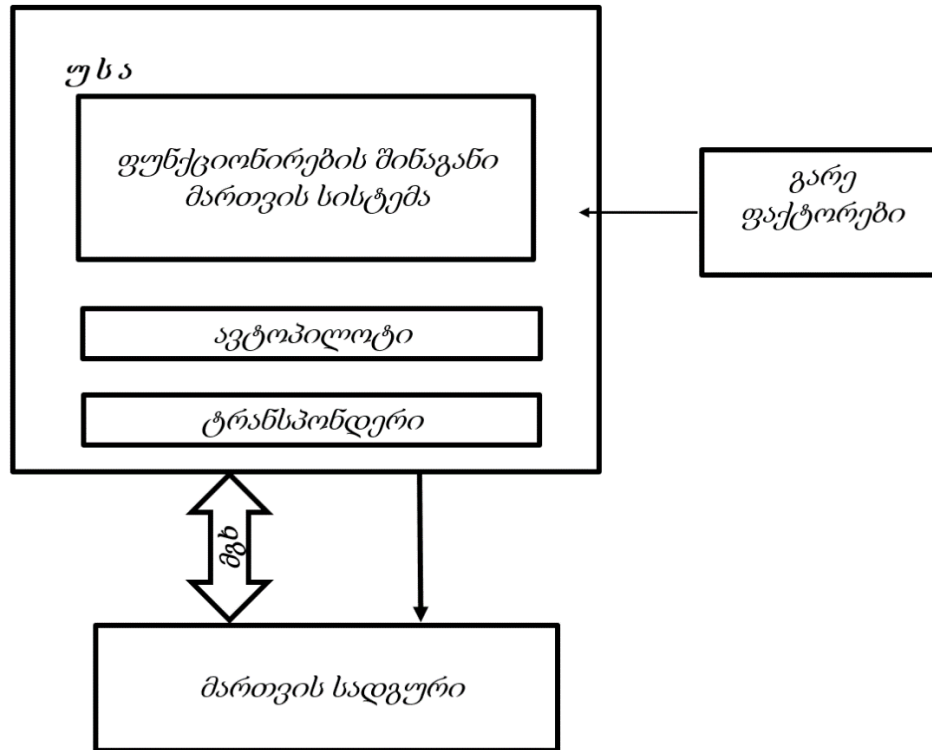
- ტელემეტრიის პარამეტრები;
- ნაკადური ფოტო-ვიდეო გამოსახულება.

ბორტზე გასაცემი მონაცემები შეიცავს:

- უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის კომანდებს;
- მიზნობრივი აპარატურის მართვის ელემენტებს.

უპილოტო საფრენი აპარატიდან მიღებული ინფორმაცია კლასიფიცირდება შესაძლო საფრთხის ხარისხის მიხედვით. კლასიფიცირება ხდება ოპერატორის მიერ ან უშუალოდ საბორტო ავტომატიზებული მართვის სისტემით (ავტოპილოტით). მეორე შემთხვევაში კომპლექსის პროგრამული უზრუნველყოფა შეიცავს ხელოვნური ინტელექტის ელემენტებს და მოითხოვს საფრთხის რაოდენობრივი კრიტერიუმების და დონის გრადაციის შემუშავებას. ასეთი კრიტერიუმები შეიძლება ფორმულირებული იქნეს ექსპერტული შეთავსების გზით და ისეთნაირად ფორმალიზებული, რომ მინიმიზებული იყოს განგაშის ცრუ სიგნალის ალბათობა.

უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის მესამე მეთოდია ავტომატური (ნახ.1.7.) მისი გამოყენებისათვის შექმნილი უნდა იყოს უპილოტო აპარატის ფუნქციონირების მართვის შინაგანი სისტემა. ასეთი სისტემის დანიშნულებაა საფრენი აპარატის შინაგანი სისტემებისა და მოწყობილობების ფუნქციონირების ალგორითმების რეალიზაცია და ფაქტიურად მართვის ლოკალური ფუნქციების რეალიზებას ახდენს.



ნახ.1.7. - ავტომატური მართვის მეთოდი.

უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ავტომატური მეთოდისას მნიშვნელოვანი რომელიც ენიჭება მიწისზედა მართვის პუნქტს, რომელიც უზრუნველყოფს:

- მიწისზედა მართვის პუნქტში შემაჯავალი და მასთან ურთი-ერთ მოქმედი მოწყობილობის ინტეგრაციის ინფორმაციული გაცვლის, საინფორმაციო ნაკადების მართვისა და ინფორმაციის კომპლექსური დამუშავების ორგანიზების მეშვეობით;
- მოწყობილობებისა და სისტემების მუშაობის უნარისა და გამართულობის ფრენისწინა კონტროლს;
- ფრენის დავალების შეყვანას და შეყვანის სისწორის კონტროლს;

- უპილოტო საფრენი აპარატის პილოტირებას და ნავიგაციას დღისით და ღამით მარტივ და რთულ მეტეო პირობებში;
- პილოტ - ოპერატორის მუშაობას ავტომატიზებული სამუშაო ადგილთან და ბორტიდან მიღებული საპილოტაჟო - სანავიგაციო ინფორმაციის ასახვას;
- შტურმან-ოპერატორის მუშაობას ავტომატიზებული სამუშაო ადგილთან, რომელსაც აქვს ფრენის დავალების შეყვანა - გამოყვანის, უპილოტო საფრენი აპარატის ბორტიდან მიღებული საპილოტაჟო - სანავიგაციო და მიზნობრივი ინფორმაციის ასახვის ჩაშენებული საშუალებები;
- ინფორმაციის რეგისტრაციის და შენახვის შემდგომი გადაცემით ელექტრონულ არქივში.

უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის მეთოდების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ავტომატური მეთოდი პერსპექტიულია და ხორციელდება ავტოპილოტის მართვის ქვეშ მარშრუტზე, რომელიც განისაზღვრება მარშრუტის მობრუნების პუნქტების მოცემული თანმიმდევრობით.

ასევე მნიშვნელოვანია აღინიშნოს ის, რომ უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის საშუალებების ფუნქციებში არ შედის პოტენციური საკონფლიქტო სიტუაციის გადაჭრის ფუნქცია. მისი არსებობა კი არის უპილოტო აპარატის ფრენის ერთიან საჰაერო სივრცეში ინტეგრირების აუცილებელი პირობა.

## პირველი თავიდან გამომდინარე დასკვნები.

1. უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ინტეგრაციის ძირითადი პრობლემები დაკავშირებულია საჰაერო სივრცის გამოყენების პროცედურების არ არსებობასთან, უპილოტო აპარატის მართვისთვის და ინფორმაციის ბორტიდან მიწაზე და პირიქით გადაცემისათვის სიხშირული დიაპაზონის გამოყოფასთან.
2. უპილოტო საფრენი აპარატების საჰაერო სივრცეში ფრენების შესრულებისათვის ICAO-ს არსებული სტანდარტების თანახმად მიზანშეწონილია უპილოტო საფრენი აპარატები დავეყთ ორ ჯგუფად: უპილოტო საფრენი აპარატები, რომლებსაც შეუძლია ზიდოს მარგი 800 გრ. მასის ტვირთი და მსუბუქი უპილოტო საფრენი აპარატები, რომლებსაც არ შეუძლიათ ზიდონ ასეთი მასის ტვირთი. შემოთავაზებული კლასიფიკაცია საშუალებას იძლევა ყველა უპილოტო აპარატიდან გამოვეყთ მხოლოდ ისინი, რომლებსაც შეუძლიათ იფრინონ ერთიან საჰაერო სივრცეში საჰაერო მოძრაობის მართვის არსებული ტექნოლოგიების შესაბამისად. მეორე ჯგუფის უპილოტო საფრენი აპარატები უნდა დაფრინავდნენ მხოლოდ სპეციალურად გამოყოფილ საჰაერო სივრცეში.
3. განვიხილავთ რა ფრენების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ასპექტს, უნდა აღინიშნოს, რომ უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა უნდა ხორციელდებოდეს საჰაერო მოძრაობის მართვის არსებული მეთოდების საფუძველზე მოძრაობის ყველა მონაწილის უსაფრთხოების დაცვით. ამ დროს საჰაერო მოძრაობის მართვის გეგმაში უპილოტო საფრენი აპარატების მომსახურება უნდა იყოს გამჭვირვალე საჰაერო მოძრაობის მართვის სამსახურის დისპეტჩერებისათვის და არ უნდა ახდენდეს ცუდ ზემოქმედებას საჰაერო სივრცის ორგანიზებაზე.
4. უპილოტო საფრენი აპარატების ერთიან საჰაერო სივრცეში ინტეგრაციისათვის მართვის სისტემის დამუშავებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრის ფუნქციის რეალიზაცია.

## თავი 2. უპილოტო საფრენი აპარატის ერთან საჰაერო სივრცეში მოძრაობის მართვისა და მეთვალყურეობის მეთოდოლოგია.

### 2.1. სამაუწყებლო რეჟიმში ავტომატურად დამოკიდებული დაკვირვების მართვის პრინციპების ტექნიკური რეალიზაცია.

საჰაერო ხომალდების ფრენების რადიოტექნიკური უზრუნველყოფა (მათ შორის უპილოტო საფრენი აპარატების) და საავიაციო რადიოელექტრონული კავშირის დანიშნულებაა წარმოადგინოს რადიოლოკაციური (თვალთვალი) და რადიონავიგაციური ინფორმაცია საჰაერო სივრცის მომხმარებლებისათვის და საჰაერო მოძრაობის მიწისზედა მართვის პუნქტისათვის.

თვალთვალის საშუალებებს მიეკუთვნება:

- ტრასული მიმოხილვითი რადიოლოკატორი;
- სააეროდრომო მიმოხილვითი რადიოლოკატორი;
- მეორადი რადიოლოკატორი;
- დაფრენის უზრუნველყოფის რადიოლოკატორი;
- საფრენი ზოლის მიმოხილვითი რადიოლოკაციური სადგური;
- სააეროდრომო მრავალპოზიციური მეთვალყურეობის სისტემა(AMTCH);
- ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება – ხელშეკრულება (ADS-C);
- ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება-მაუწყებლობა (ADS-B).

ავიონავიგაციური სისტემების განვითარების ნებისმიერი თანამედროვე პროგრამის განმასხვავებელ ნიშნად ითვლება ის, რომ იგი ორიენტირებულია ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების მართვის სისტემების დანერგვაზე. ასეთი პროგრამების საჩვენებელ მაგალითად ითვლება პროგრამები NexstGen (აშშ) და SESAR (ევროპა). ასეთ პროგრამებში მნიშვნელოვანი ყურადღება ექცევა საჰაერო

მოძრაობის მართვის ტრადიციულ ტექნოლოგიას და მეთოდებს, თუმცადა მთავარ შემადგენლად, რომელზედაც დაკავშირებულია არსებული უდიდესი ცვლილება საავიაციო ნავიგაციური სისტემების სფეროში და საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემების რადიკალურად ეფექტური გაუმჯობესების იმედით ითვლება ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების მართვის სისტემები.

სამოქალაქო ავიაციის საერთაშორისო ორგანიზაციამ (ICAO) განსაზღვრა, რომ CNS/ATM პერსპექტიულ სისტემაში თვალთვალის ძირითად წყაროდ ითვლება ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება, რომელიც უზრუნველყოფს საფრენოსნო ექსპლუატაციის ხელმძღვანელობაში ყველაზე საუკეთესო დამოკიდებულებას, უფრო იაფ მიწისზედა ინფრასტრუქტურას და საჰაერო ხომალდის ბორტზე გარე მდგომარეობის თვალთვალის შესაძლებლობას, შესაბამისად გაზრდის საჰაერო ნავიგაციის სამსახურის საჰაერო მოძრაობის ორგანიზების მიერ მოწოდებულ ხარისხიან უსაფრთხოებას და ეფექტურ ფუნქციონირებას.

განასხვავებენ ორი სახის ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვებას - „ხელშეკრულება“ (ADS-C), და „სამაუწყებლო“ (ADS-B). ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების რეალიზაციაში გამოყენებული მონაცემების გადაცემის ხაზი საშუალებას იძლევა მომხმარებლებს შესთავაზოს აგრეთვე მთელი რიგი ნავიგაციური და კავშირის საჭირო დამატებითი მომსახურებები. „ხელშეკრულება“ ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების დროს საჰაერო ხომალდის ბორტიდან მონაცემების გადაცემის ხაზით (მგხ) „ჰაერი-მიწა“ შეტყობინება (კოორდინატები და სხვა აუცილებელი ინფორმაცია) გადაეცემა საჰაერო მოძრაობის მართვის კონკრეტულ იმ ორგანოს, რომელთანაც დამყარებულია კონტრაქტი, ე.ი. განსაზღვრულია გადასაცემი ინფორმაცია და მისი გადაცემის პირობა (გამშვები გადაცემის სიხშირე და მოვლენა).

ამჟამად ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება ძირითადად თანამგზავრული, მოკლეტალღური და ულტრამოკლეტალღური გადაცემის ხაზებით და ტელეკომუნიკაციური ქსელით განუვითარებელი მიწისზედა



ინფრასტრუქტურის დროს გამოიყენება საოკიანე და შორეული საკონტინენტო რაიონებში საჰაერო ხომალდების ფრენების მომსახურეობისათვის .

არსებობს ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების ორი ძირითადი ტექნოლოგია : FANS-1/A (ACARS) და VDL 2/AMSS (ATN SARS).

FANS-1/A (ACARS) ტექნოლოგია დაფუძვნიებულია თანამგზავრულ და ულტრამოკლეტალურ მონაცემების გადაცემის ხაზზე.

VDL 2/AMSS (ATN SARS) აგრეთვე დაფუძვნიებულია თანამგზავრულ და ულტრამოკლე ტალღური მონაცემების გადაცემის ხაზზე და განსაზღვრულია ევროპის საჰაერო სივრცეში გამოსაყენებლად.

„სამაუწყებლო“ ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების (ADS-B) დროს ინფორმაცია (კოორდინატები და სხვა საჭირო ინფორმაცია) ყველა აღჭურვილ მომხმარებელს (საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრებს, მეზობელ საჰაერო ხომალდებს, სააეროდრომო ავტოსატრანსპორტო სამსახურებს) საჰაერო ხომალდიდან ავტომატურად სამაუწყებლო რეჟიმში გადაეცემა, კონტინენტალური რაიონების მომსახურეობისათვის პირდაპირი ხედვის სიშორეზე (350-400 კმ-მდე) „სამაუწყებლო“ ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვება (ADS-B) გამოიყენება. მიიღება ასეთი ერთგვარი „ავიაციური ინტერნეტი“. ეკიპაჟი უკვე იზოლაციაში კი არ არის, არამედ ის საჰაერო სივრცის საერთო სურათის ნაწილია.

სამოქალაქო ავიაციის საერთაშორისო ორგანიზაციამ (ICAO) შეიმუშავა ხომალდის ბორტიდან მონაცემების ხაზით გადაცემის სამი ტექნოლოგიის სტანდარტი. ამ სტანდარტებს მიეკუთვნება :

1. 1090 Extended Squitter (გაფართოებული სკვიტერი 1090 მჰც. სიხშირეზე, 1090 ES) აგებულია საფრენოსნო ექსპლუატაციის ხელმძღვანელობის ტექნოლოგიის გასაზრდელად, რომელიც აგრეთვე გამოიყენება ACAS-ისათვის (შეჯახების გამაფრთხილებელი სისტემები). 1090 ES ტექნოლოგია შეიტანება თვალთვალის საწყისი სამსახურების მხარდასაჭერათ „სამაუწყებლო“ ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების (ADS-B) მხოლოდ „ADS-Out“, ე.ი. ASAS-ის ბაზაზე

მომსახურეობის მხარდაჭერის გარეშე. ACAS-ის ტიპის ქსელის უსაფრთხოების უზრუნველყოფით მიზანშეწონილია განხილული იქნეს თვალთვალის სამტატო ფუნქციის გაერთიანება ერთი და იგივე სპექტრის ნაწილში ერთი ტექნოლოგიის ფარგლებში.

2. UAT-ეს არის აშშ-ში შემუშავებული კიდევ ერთი ტექნოლოგია, საერთო დანიშნულების ავიაციისათვის (სდა). ამ დროს გამოყენებული სიხშირე მიუწვდომელია დედამიწის სფეროს სხვა ნაწილებისათვის, მაგ.ევროპაში, რაც აძნელებს ამ ტექნოლოგიის გლობალური მასშტაბით გამოყენებას.

3) ულტრამოკლე ტალღური მონაცემების გადაცემის ხაზის (მგხ) რეჟიმი 4 დამუშავებული იყო, როგორც საერთო დანიშნულების ხაზი, მისი დამუშავების ძირითადი სტიმული იყო ADS-B- რადიოსამაუწყებლო ტიპის მომსახურეობა. დღეს გამოყენებული მოწყობილობები უზრუნველყოფენ ADS-B ე.ი. ADS-B -Out და ADS-B- In.

დღეისათვის დასანერგად მზადაა ულტრამოკლე ტალღური მონაცემების გადაცემის ხაზის (მგხ) ორი ტექნოლოგია. ATN/OSI და ულტრამოკლე ტალღური მონაცემების გადაცემის ხაზის (მგხ) ბაზაზე CPDLG 2 რეჟიმის ინერგება ევროპის მასშტაბით. ამაზე დამატებულია ანალოგიური უმეტესად წაწეული CPDLG მომსახურეობები ინერგება შვეიცარიაში რეჟიმი 4 ATN/IPS ბაზაზე და ულტრამოკლე ტალღური მონაცემების გადაცემის ხაზის (მგხ) ბაზაზე.

სამოქალაქო ავიაციის საერთაშორისო ორგანიზაციამ (ICAO) აგრეთვე სტანდარტიზება გაუკეთა რეჟიმი 3 ულტრამოკლე ტალღური მონაცემების გადაცემის ხაზს, მაგრამ მისი დანერგვის და გეგმების შესახებ ცნობები არ მოიპოვება. ულტრამოკლე ტალღური მონაცემების გადაცემის ხაზის (მგხ) რეჟიმი 4 შექმნილი იქნა დროით კრიტიკული კავშირის უზრუნველსაყოფად, როგორც გამჭოლი მომსახურეობის „ბორტი-მიწა“ ჩათვლით, აგრეთვე რადიოსამაუწყებლო რეჟიმებში

„ბორტი-მიწა“ და „ბორტი-ბორტი“. უმტ მგხ 4 რეჟიმი საჰაერო მიმოსვლის იმ მომსახურეობების ორგანიზებისათვის, რომელიც უზრუნველყოფს კავშირს და

დაკვირვებას. ეს ერთადერთი სტანდარტიზებული ტექნოლოგიაა, გარდა ამისა უმტ მგხ 4 რეჟიმის დახმარებით არსებობს უზრუნველყოფის და სანავიგაციო მომსახურებების გზავნილები.

2007 წელს ავიაციამ კავშირის (AM(R)S) მომსახურებებისათვის მიიღო 112-117,975 მჰც დიაპაზონი და ითვლება, რომ უახლოეს მომავალში VOR სისტემები მოიხსნება ექსპლუატაციიდან. ეს საშუალებას იძლევა ახალ ულტრამოკლე ტალღურ დიაპაზონში შეტანილი იქნას ახალი მომსახურებები. როგორც სტანდარტებშია მითითებული უმტ მგხ 4 რეჟიმი შექმნილი იქნა 108-137 მჰც დიაპაზონისათვის რეკომენდირებული 112-137 მჰც-მდე შეზღუდვებით, რომელიც შეესაბამება ITU ინსტრუქციას რადიო სისტემებისათვის.

ICAO-ს კომიტეტები კავშირით ავტომატური რადიოკავშირის სისტემები და ნავიგაცია NSP აწარმოებს დაკავებულია უმტ მგხ 4 რეჟიმზე სამუშაოდ 118 მჰც-ს ქვემოთ სიხშირეების დაგეგმარების პარამეტრებს.

უფრო დაწვრილებითი ინფორმაცია ADS ქსელის ფუნქციონირების პრინციპების შესახებ აღწერილი იქნება 3.3. თავში.

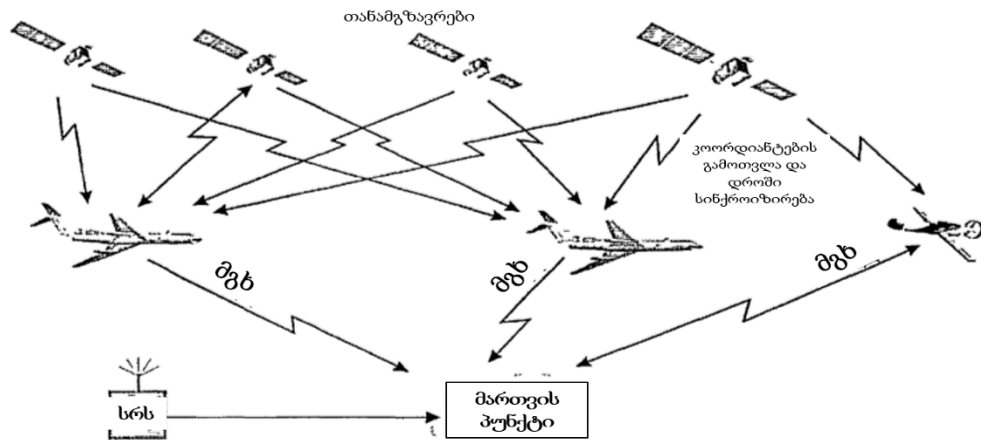
ნათელია, რომ სადისერტაციო ნაშრომის პირველ თავში მითითებული ამოცანა უპილოტო საფრენი აპარატების თვალთვალი/მართვა საერთო საჰაერო სივრცეში შესაძლებელია ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების სისტემების დახმარებით, ნაწილობრივ სამაუწყებლო ვარიანტში. ამ მიზნისათვის აუცილებელია სპეციალური მეთოდოლოგიის შემუშავება, რომელიც არამარტო საშუალებას და მიზან დასახულობას იძლევა ასეთი აგების, აგრეთვე ანვითარებს მართვის და თვალთვალის სისტემების ტექნიკური გადაწყვეტილებების რეალიზაციას.

თანამედროვე პერიოდში მოძრავი ობიექტების ადგილმდებარეობის ყველაზე ზუსტ განსაზღვრას იძლევა ნავიგაციური თანამგზავრული სისტემები. მათი დახმარებით ავტომატურად განისაზღვრავენ სიმაღლეს, აგრეთვე გამოითვლიან მოძრაობის პარამეტრებს, ისეთი როგორც ვერტიკალური სიჩქარეა, საგზაო სიჩქარე და საგზაო კუთხე. მითითებული სისტემები აგრეთვე ასრულებენ

საბორტო საათების სინქრონიზაციას, სახელდობრ ერთეული ზუსტი დროის სკალაზე მათ მიზმას.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ICAO-საგან საჰაერო სივრცეში საჰაერო ხომალდების მართვის და თვალთვალი სისტემებისადმი წარდგენილ ფუნდამენტალური მოთხოვნების პოზიციიდანაა საჭირო ADS-B-ს თვისებების გადახედვა.

ყველა საჰაერო ხომალდზე, აგრეთვე უპილოტო საფრენი აპარატებზე აყენებენ ტრანსპონდერს, რომელიც შედგება ნავიგაციური თანამგზავრული სისტემების მიმღებისაგან (CHC-GNSS) NAVSTAR-ის. თქვენი ადგილმდებარეობის და მოძრაობის პარამეტრების მონაცემები შეიძლება მიღებული იქნეს არამარტო თანამგზავრებიდან, აგრეთვე სხვა ტიპის ნავიგაციური სისტემებისაგანაც (ინერციული, დოპლერული კურსის და სხვა).

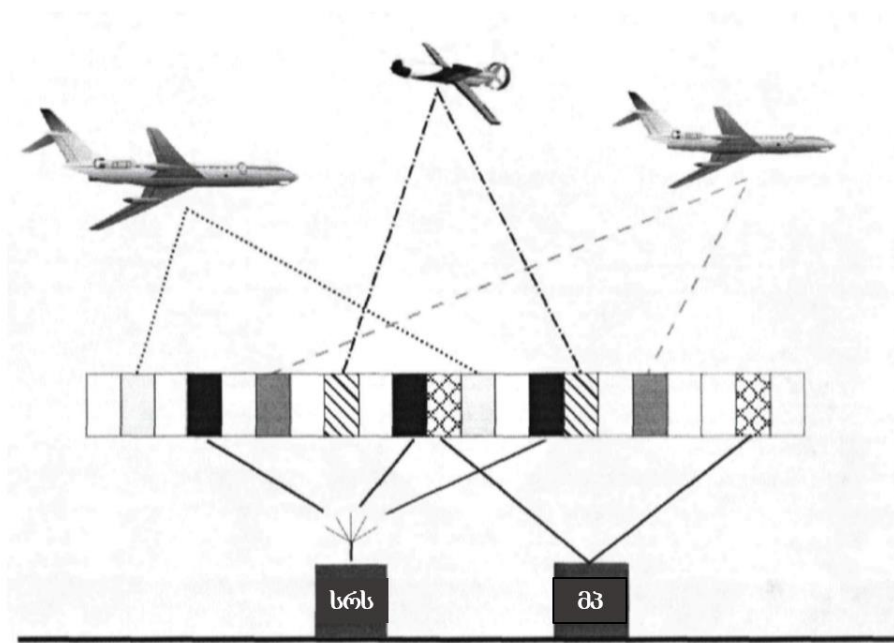


**ნახ.2.1. ინფორმაციის გაცვლა ერთიან საჰაერო სივრცეში.**

მოძრავ ობიექტებს და საბაზო სადგურებს შორის ინფორმაციის გაცვლა, აგრეთვე ნავიგაციური თანამგზავრული სისტემების მუშაობა ნათლად ახსნილია 2.1. ნახატზე. ყველა მიმღებ-გადამცემი მუშაობს ერთი და იგივე სიხშირეზე,

ისეთნაირად, რომ ერთიმეორესთან რადიოხედვის ზღვარში მყოფი საჰაერო ხომალდი და სხვა თვალთვალის ობიექტი ერთი ან რამოდენიმე რადიოარხით დაკავშირებული აღმოჩნდება.

საჰაერო ხომალდებიდან თვითოეული ისმენს რადიოარხს, იღებს რადიოხედვის ზონაში მყოფ სხვა საჰაერო ხომალდზე კოორდინატულ ინფორმაციას და ტრანსლირებს (ანუ გადასცემს) რადიოარხში ინფორმაციას თავის იდენტიფიკატორზე, საკუთარ კოორდინატებზე, სიმაღლეზე, სიჩქარეზე და მოძრაობის მიმართულებაზე, სხვა დამატებით ინფორმაციას. ამგვარად განხორციელებულია პრინციპი „ყველა ხედავს ყველას“.



**ნახ 2.2. დროის მონაკვეთების განაწილება მონაცემთა გაცვლისას.**

თანამგზავრული სანავიგაციო სისტემის მიმღები უზრუნველყოფს თითოეულ ტრანსპონდერს მსოფლიოს გაერთიანებული დროის სკალაზე (UTS) ზუსტ მიბმას. ერთეული დროის სკალას ჰყოფენ დროის მონაკვეთებად ან

სლოტებად, განსაზღვრული რაოდენობა რომლებიც შედგება კადრებისაგან (ფრეიმებისგან) და სუპერკადრებისაგან (სუპერფრეიმებისაგან).

თითოეული ტრანსპონდერი ისმენს ეთერს კადრების ზღვრებში და განსაზღვრავს თავისუფალ სლოტებს, განსაკუთრებით სხვა ტრანსპონდერების მიერ დაუკავებელს, არეზერვებს მას, ატყობინებს ეთერში და შემდეგში ტრანსლირებს საკუთარი კოორდინატების შესახებ შეტყობინებას რეზერვირებულ სლოტებში.

მოდრაობის მონაწილეების სამორიგოდ ტრანსპონდერს აყენებენ აგრეთვე მიწისზედა საბაზო სადგურზეც, რომელიც შეიძლება განლაგდეს მაგალითად საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრში ან უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენების მართვის პუნქტში, როგორც ნაჩვენებია ნახ.2.1.-ზე. საბაზო მიწისზედა სადგურმა შეიძლება გადასცეს დიფერენციალური შესწორება, ზუსტი დროის სინქრონული სიგნალები, კომანდები სლოტების დაკავებაზე და სხვა ამგვარი ინფორმაცია.

CHC-ის დროებითი მტყუნებისას ტრანსპონდერის მუშაობის სინქრონიზაციის მიმღები შეიძლება განხორციელდეს საბაზო სადგურით, უპილოტო საფრენი აპარატის ბორტზე მყოფი ზუსტი დროის სხვა წყაროებით, აგრეთვე სხვა საფრენი ხომალდის ტრანსპონდერის სიგნალით.

ADS-B-ს ზემოთ მოტანილი ტექნიკური რეალიზაციის მოკლე აღწერიდან გამომდინარე ირკვევა , რომ მგხ-თი გადაცემული მონაცემები ატარებს დროში დისკრეტულ ხასიათს. ამიტომ შეტყობინების მიღების და გადაცემის დროს განხილული სისტემების უწყვეტი გამოყენების თვისება დროის ინტერვალის დაუგეგმავი გაზრდის დროს უნდა განიმარტოს როგორც ინფორმაციის დაკარგვის მინიმუმიზაციის რისკი.

## 2.2. ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების (ADS) გამოყენებისას მთლიანობის უზრუნველყოფა.

მოცემული საშუალებებით უზრუნველყოფილი ინფორმაციის სისწორე (საიმედობა), რომელიც შეესაბამება ნდობის ხარისხს განსაზღვრავს ADS-ის მთლიანობის ხარისხს. მთლიანობის დონე გამოიხატება, როგორც უპილოტო საფრენი აპარატების პოზიციისა და მოძრაობის პარამეტრების მონაცემების დაკარგვის ან დამახინჯების ალბათობის შესახებ მონაცემების გადაცემის ხაზის (მგზ) მიერ გადაცემული მაჩვენებელი.

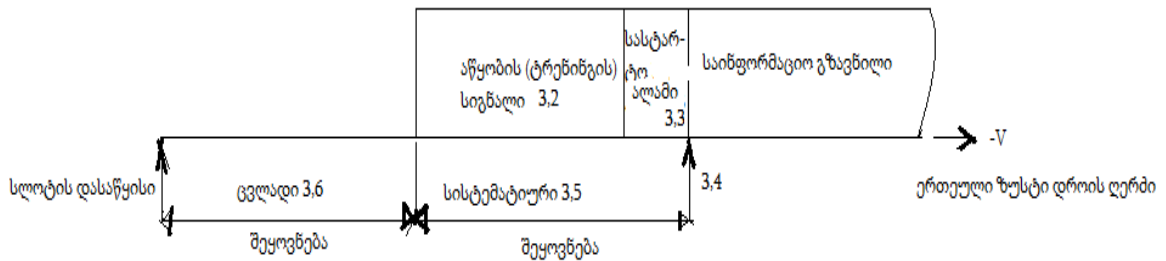
უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის პუნქტის ეკრანზე ასახულ კოორდინატულ მონაცემების აღნიშვნებს შორის შეიძლება იყოს ყალბი ნიშნები (ცრუ). მითითებული ყალბი ნიშნების ერთ-ერთ მიზეზად ითვლება საერთო არხში შემთხვევითი რადიოდაბრკოლებების მოქმედება, რომელსაც მივყავართ გადაცემული კოორდინატული მონაცემების დამახინჯებამდე. მეორე მიზეზია ყალბი ინფორმაციის განძრახ გადაცემა, რომელსაც გადასცემს მოძრავ ობიექტზე ან მიწაზე დაყენებული რადიოსადგური, მესამე მიზეზია საჰაერო ხომალდის მათ შორის უპილოტო საფრენი აპარატის საბორტო მოწყობილობის გაუმართაობა.

ამგვარად, ყალბად უნდა განიხილებოდეს დამახინჯებული ინფორმაცია, მათ რიცხვში შეცდომა ან დაკარგული მონაცემები მოძრაობის პარამეტრების და კოორდინატების შესახებ.

ნებისმიერი ყალბი აღნიშვნის, მათ რიცხვში უპილოტო საფრენი აპარატის სრული უზრუნველყოფა, კერძოდ მონაცემების გადაცემის ხაზის (მგზ) მიერ მიღებული ინფორმაციის საიმედობისათვის თანმიმდევრულად გამოყენებული უნდა იყოს მითითებული მეთოდი. თითოეულ ტრანსპონდერში პროცესორი თვლის სხვა სადგურების ფსევდოსიშორეს და ადარებს მას შესაბამისი სადგურის დამორებას, რომლებსაც ანგარიშობენ იმ კოორდინატებით, შეიცავს მიღებულ ინფორმაციას, მაგალითად უპილოტო საფრენი აპარატისაგან. თუ მითითებული

განსხვავება აჭარბებს წინასწარ დანიშნულ სიდიდეს მაშინ მითითებულ შეტყობინებას (ინფორმაციას) არასაიმედოთ აღიარებენ.

თითოეული სადგურის მიერ ეთერში გადაცემულ სიგნალს გააჩნია სტანდარტული ფორმა და წარმოადგენს მოდულირებულ იმპულსებს ნახ.2.3.



**ნახ.2.3.-მოდულირებული იმპულსების მიმდევრობა**

გადაცემის დასაწყისი მომენტით ემთხვევა შესაბამისი სეგმენტის (სლოტის) დასაწყისში გადაცემისათვის დანიშნული ერთეული დროის ღერძს, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.2.3.-ზე, დასაწყისში გადაცემა ტრენინგის (აწყობის) სიგნალი იმ ცნობილი ხანგრძლივობით რომელ დროშიც გადამცემი გადის გადაცემის რეჟიმზე, ხოლო მიმდები სადგურის მიმდები ეწყობა მიღებაზე. შემდეგ ნელა გადასცემენ სპეციალურ კოდურ თანმიმდევრობას ცნობილი ხანგრძლივობით - სასტარტო ალამს, რომელსაც მოჰყვება კოდირებული შეტყობინება (მესიჯი) იმ ობიექტის კოორდინატების შესახებ რომელზედაც დაყენებულია მოცემულ სეგმენტში გადაცემის წამყვანი სადგური, აგრეთვე მონაცემები იდენტიფიკატორის დამატებითი ინფორმაციის და მოძრაობის პარამეტრების შესახებ .

შეტყობინების მიღების საერთო დაგვიანება ჯამდება შემდეგ შემადგენლებთან: მუდმივ სისტემატურ შეყოვნებასთან, რომელიც ტოლია ასაწყობი მიმდევრობის ხანგრძლივობის და სასტარტო ალამის, აგრეთვე ცვლადი შეყოვნების. უკანასკნელს ეკუთვნის ელექტრომაგნიტურ ტალღების გავრცელებაზე ჩამორჩენა, კერძოდ გადამცემი სადგურის ანტენიდან მიმდები ანტენის სადგურამდე დაშორების გავლა, აგრეთვე შემთხვევითი დამახინჯება, გადაცემის



დასაწყისის სინქრონიზაციის გასათვალისწინებელი ჩამორჩენა, კოორდინატების კოდირების ცდომილება და მიღების დროის გაზომვა, რომლებმაც არ უნდა გადააჭარბოს დასაშვებ მნიშვნელობას.

საერთო არხში შეტყობინებების გამგზავნ თვითოეული N სადგურისათვის, ფორმულით გამოთვლიან ფსევდოსიშორეს:

$$P_{is} = C\tau_{is} \quad (2.1)$$

სადაც,  $P_{is}$ -არის ფსევდოსიშორე, გამოითვლილი  $i$ -თ მიმღებ სადგურის  $s$ -ით გადამცემამდე;

$\tau_{is}$ -სიგნალის შეფერხება შესაბამის სლოტის დასაწყისთან შედარებით მიმღებ ბოლომდე, სისტემატიური შემადგენელის  $\tau_c$  გამოკლებით;

$C$ -ელექტრომაგნიტური ტალღების გავრცელების სიჩქარე.

დროის ცვლა, კერძოდ ბუნებრივი მიზეზებით გამოწვეული პაკეტის საწყისის გადაადგილება მიმღებ ბოლოზე, გამოწვეული ჩვეულებრივი მიზეზებით და ყოველთვის წარმოადგენს ჩამორჩენას. ამისაგან განსხვავებით დეზინფორმატორმა შეიძლება გადაიტანოს გადაცემის დაწყების მომენტი, როგორც შეფერხების მხარეს ასევე სიგნალის გასწრების მხარეს. ამგვარად დროის ჯამურ ცვლას შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა ნიშანი.

წინასწარ გამოთვლიან დასაშვები ცდომილების  $\Delta P$  სიდიდეს, როგორც გაზომვის ცდომილების ჯამს, კოორდინატების კოდირებას და რადიოარხში სინათლის სიჩქარეზე გამრავლებულ შემთხვევითი დაგვიანების შემადგენელს, სადგურების მოძველებული კოორდინატების ინფორმაციის გადაცემის გამო ფსევდოცრუ განგაშის რისკის შესამცირებლად უნდა გავზარდოთ  $\Delta P$ , მაგრამ აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ ამ დროს იზრდება გაშვების ალბათობა, ეს არის მიღებული შეტყობინების უზუსტობის აღმოუჩენლობა.

$i$ -ით სადგურზე  $X_i, Y_i, Z_i$  საკუთარი გაზომილი კოორდინატებს და კოორდინატებს  $X^*_s, Y^*_s, Z^*_s$  მონაცემები, რომელიც მოიცავს  $s$ -თ სადგურის

მიღებულ ინფორმაციას ანგარიშობენ  $D_{is}$   $i$ -თ და  $s$ -თ სადგურებს შორის დაშორებას. დედამიწისეული მართკუთხოვანი კოორდინატთა სისტემა:

$$D_{is} = \sqrt{(X_s^* - X_i)^2 + (Y_s^* - Y_i)^2 + (Z_s^* - Z_i)^2} \quad (2.2)$$

გამოთვლიან სხვაობას მითითებულ დაშორებას და მოქმედ ფსევდო დაშორებას შორის. თუ ეს სხვაობა მოდულით აჭარბებს დასაშვებ სიდიდეს, სახელდობრ, თუ

$$|D_{is} - P_{is}| > \Delta p \quad (2.3)$$

მაშინ მიიღებენ გადაწყვეტილებას, რომ  $s$ -ისებური წყაროდან მიღებული ის კოორდინატული ინფორმაცია რომელზედაც შესაბამისი შეტყობინება გადაიცემა არასაიმედოა, ხოლო დამატებით ინფორმაციით შეტყობინდება ფსევდო დაშორების  $P_{is}$  გამოთვლილი სიდიდე.

$i$ -ისებური სადგურის ინდიკატორის ეკრანზე  $s$ -ისებური სადგურის აღნიშვნას, საიდანაც მიიღება არასაიმედო ინფორმაცია აღნიშნავენ სპეციალური აღნიშვნით.

ამის გამო გზავნილის დამახინჯების ხარჯზე იზრდება გამოსახულების საიმედოობა და ინფორმაციულობა.

გადასაცემი კოორდინატები უნდა შეესაბამებოდეს სლოტის დასაწყის მომენტს-მოცემული გზავნილისათვის გამოყოფილ დროის მონაკვეთს.

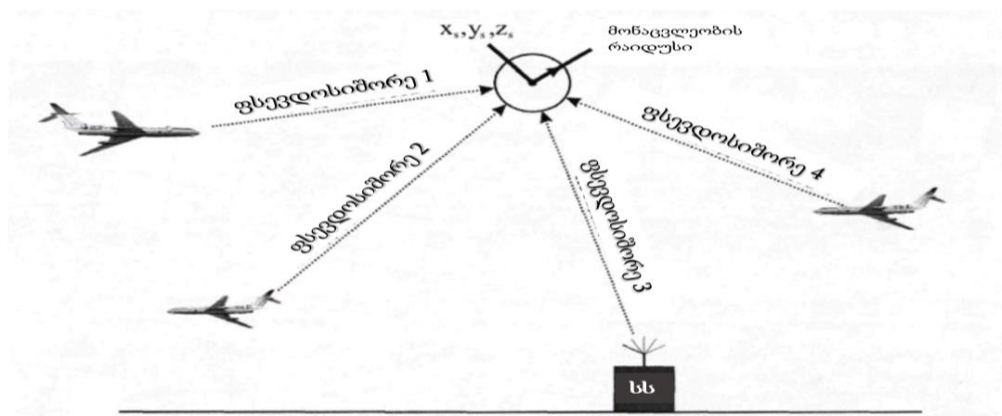
სხვა მოძრაობის მონაწილეების შეცდომაში შემყვანი მაუწყებელი წყარო, რომელიც სპეციალურად ტრანსლირებს მონაცემებს ვირტუალურ არარსებულ ობიექტზე, მასკირების მიზნით შეუძლია მითითებული ცრუ შეტყობინების გადაცემის დასაწყისის დროითი მომენტით შერევა, რათ ფსევდო სიშორე შეესაბამებოდეს გადაცემულ კოორდინატებს, და (2.3) უტოლობა არ სრულდებოდეს. ოღონდაც ეს შეიძლება გაკეთდეს მხოლოდ ერთი მიმღები სადგურისათვის. სხვებზე, რომლებიც ჩამორჩება მითითებულიდან არაუმცირეს  $\Delta p$  დაშორებით და განლაგებულია სივრცის დაუმთხვეველ წერტილებზე შეუსაბამობა აღმოჩენილი იქნება, და ამის გამო თვალთვალის სისტემების დაცულობა სპეციალურად ორგანიზებული დაბრკოლებებით და მტყუნებით გაიზრდება.

თუ ინფორმაციის არასაიმედო დაფიქსირდება არაუმცირეს ოთხ მიმღებ სადგურზე მაშინ გამოითვლება ცრუ ინფორმაციის წყაროს ჭეშმარიტი სივრცითი კოორდინატები, ხოლო იმ შემთხვევაში შეუსაბამობას აფიქსირებენ მხოლოდ სამ მიმღებ სადგურზე განისაზღვრება ცრუ ინფორმაციის წყაროს მონაცემების ორი კოორდინატი.

S წყაროს მითითებული სივრცითი კოორდინატების  $X_s, Y_s, Z_s$  გამოსათვლელად არასანდო ინფორმაციები ხსნიან სისტემას არაუმცირეს ვიდრე შემდეგი ტიპის M განტოლებები :

$$\sqrt{(X_s - X_i)^2 + (Y_s - Y_i)^2 + (Z_s - Z_i)^2} = P_{is} + R_s, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad n \geq m \quad (2.4)$$

სადაც  $R_s = C\tau_s$  - წანაცვლების რადიუსი;  $\tau_s$  - უცნობი პარამეტრი, რომელსაც გააჩნია დროებითი წანაცვლების აზრი;  $n, s$  - თ სადგურების გადაცემული ერთი და იგივე დროს ერთი და იგივე ინფორმაციის არასაიმედო კოორდინატორული მონაცემების აღმოჩენი მოძრავი და სტაციონალური სადგურების რაოდენობა და ამ რიცხვში არ შედიან სადგურები, რომლებსაც მინიჭებული აქვს უზუსტობის ნიშანი;  $m$  - სადგურების საკმარისი რაოდენობა.



ნახ.2.4. გამოთვლის გეომეტრიული აზრი (განტოლება 2.4-ის).

(2.4)-ში გამოთვლის გეომეტრიული აზრი, სიდიდეების, სისტემების ამოხსნის შედეგში ახსნილია ნახ.2.4.-ში სადაც მითითებულია ფსევდოსიშორე საჰაერო ხომალდზე და საბაზო სადგურზე დაყენებულ სადგურამდე,  $s$ -თ სადგურების ჭეშმარიტი მდგომარეობა და მოძრაობის რადიუსი.

$m$  პარამეტრი იღებს  $m=4$  მნიშვნელობას ობიექტის თვალთვალის დროს სამგანზომილებიან სივრცეში (3D) და  $m=3$  ორგანზომილებიან (2D) სივრცეში, უფრო მეტიც თვალთვალის ობიექტის საკმარისი ნაკრებიდან სადგურები 3D-სივრცე შემთხვევისას არ უნდა განლაგდეს ერთ სიბრტყეში, ხოლო 2D-სივრცე შემთხვევისას უნდა განლაგდეს ერთ ხაზზე.  $n < m$ -ისათვის (2.4) განტოლების სისტემების ამოხსნის მითითებული განსაზღვრული პირობის დარღვევა შეიძლება არ არსებობდეს და არასაიმედო კოორდინატების გადამცემი სადგურის ჭეშმარიტი კოორდინატების გამოთვლის შეფასებაც, შეუძლებელია. ცვლის მოდულის რადიუსის სიდიდით შეიძლება განვსაზღვროთ გადაცემული კოორდინატების მონაცემების სანდობის ეჭვის მიზეზი. იმ შემთხვევაში თუ ცვლის მოდულის რადიუსი დიდებულია ე.ი.  $|R_s| > \Delta p$  და გადაცემულ და გამოთვლილ კოორდინატების წერტილებს შორის მანძილი აგრეთვე დიდებულია, მაშინ ინფორმაციის განზრახ დამახინჯების სავარაუდო მიზეზად ერთი ან რამოდენიმე მოძრაობის მონაწილის და მეთვალყურის შეცდომაში შეყვანა ითვლება.

განტოლების (2.4.) სისტემების ამოხსნისას წინასწარ მითითებული ცდომილების გამო იღებენ მხოლოდ სადგურის ჭეშმარიტი კოორდინატების შეფასებას. გამოთვლის პოტენციალური სიზუსტე იზრდება განტოლებების რაოდენობის გაზრდით.  $s$ -თ სადგურით გადაცემული კოორდინატული ინფორმაციის არასაიმედობის აღმოჩენისას სადგურიდან მიღებული შემდეგი შეტყობინების მიღებისას სისტემას (2.2) უმატებენ შესატყვის  $n+1$  -სებრ განტოლებას, ხოლო სისტემას თავიდან ხსნიან და იღებენ სასურველი კოორდინატების აგრეთვე მოძრაობის რადიუსის უფრო ზუსტ შეფასებას. თუ  $s$ -თ სადგურით მოდის ახალი კოორდინატული შეტყობინება და ამ დროს  $n \geq m$ , (2.4) სისტემების გაფართოება ჩერდება.

დროის მონაკვეთები (სლოტები), რომელზედაც ერთი ან რამოდენიმე  $s$ -სებრი ინფორმაციის წყაროს არასაიმედოობის აღმომჩენი სადგურები ერთეული დროის ღერძზე სხვადასხვა სახით განლაგდებიან, ამიტომ აღმოჩენილი სადგურების კოორდინატების შეტყობინება და ფსევდოსიშორის გაზომვა აღმომჩენ მიმღებში არაერთდროულად ხვდება.  $t_s$  მომენტით ავლნიშნავთ არასაიმედოობის მონაცემების გადაცემის მომენტს, ხოლო  $t_1, t_2 \dots t_n, n \leq N$ ,  $s$ -სებრი სადგურების არასაიმედოობის მონაცემების აღმომჩენი სადგურიდან შეტყობინების მიღების მომენტებს, უფრო მეტიც მითითებული მიმღევრობა ჭეშმარიტი სახით ზრდადობითაა დალაგებული.  $\theta_i$ -ით ავლნიშნოთ შეყოვნება დროით.  $\theta_i = t_i - t_s$ . პირველად გამოვთვალოთ  $s$ -სებრი სადგურების კოორდინატები შეიძლება  $m$  მითითებული შეტყობინების მიღებით ამ დროს  $n = m$  და დაგვიანების სიდიდე არა უმცირეს  $\theta_m$ . ამ დროს ობიექტმა რომელზეც დაყენებულ  $s$ -სებრი სადგური შეიძლება შეცვალოს სივრცეში თავისი პოზიცია და გამოთვლილი კოორდინატები მოძველდება. ახლად მოსული შესაბამისი შეტყობინების (2.4) განტოლების სისტემაში დამატება, როგორც წესი ზრდის ამოხსნის სისწორეს, მაგრამ ერთდროულად იზრდება ჩამორჩენა  $\theta_n$ , ნაჩვენებია არა მიმდინარე ცრუ ინფორმაციის წყაროს მდგომარეობა, არამედ რომელზედაც იმყოფებოდა ადრე. რადიოარხში კოორდინატის გაზომვის მომენტის და მათ გადაცემებს შორის გადის გარკვეული დრო. მითითებული დაგვიანება იწვევს ინფორმაციის მოძველებას. მითითებული დროებითი დაგვიანება გადაცემის დროს იზომება, კოდირდება და ირთვება შეტყობინებაში ასაკის დამატებითი პარამეტრებით ან ძველი მონაცემებით. მიღების ბოლოს ძველი პარამეტრები დეკოდირდება და შედეგად იღებენ  $\theta_i$  მითითებული დაგვიანების შესატყვისი დროის ინტერვალს.

მიწისზედა და წყლის ზედაპირზე მოძრაობაზე თვალთვალის შემთხვევებისას და სხვა შემთხვევებისას, როდესაც გადაადგილება ხდება ერთ სიბრტყეში, კერძოდ სადგურებს გააჩნიათ ერთიმეორისაგან მცირედ განმასხვავებელი სიმაღლეები მინიმალური სადგურების რიცხვი  $m$ , და შესატყვისად სისტემაში (2.4) განტოლებების რაოდენობა აუცილებელია იყოს

არაუმცირეს სამი, ხოლო უცნობის ხარისხში იღებენ უზუსტო მონაცემების წყაროს ორ კოორდინატს და მოძრაობის  $R_s$  რადიუსს. დროის სხვადასხვა მონაკვეთში ერთი და იგივე სადგურით ორი ან მეტი შეტყობინების მიმდევრობითი გადაცემისას თითოეული მათგანი, რომელიც შეიცავს არასაიმედო კოორდინატებს ამოხსნის შემდეგ (2.4) სისტემები გამოთვლიან ჭეშმარიტი კოორდინატების ცვლილების სიდიდის შეფასებას და შემდეგ ცნობილი მეთოდით განსაზღვრავენ ცრუ ინფორმაციის წყარო-ობიექტის პარამეტრებს.

s-სებრი ობიექტის საგზაო სიჩქარის სრული ვექტორის კარგად ცნობილი პირველი რიგის ციფრული ფილტრის  $V_{XS}$  შემადგენელს გამოთვლიან რეკურენტული ფორმულებით, უფრო მეტიც დანარჩენ შემადგენლებს გამოთვლიან ანალოგიურად.

$$V_{XS} [ ts ] = V_{XS} [ ts - \theta ] + \beta (X_s [ ts ] - X_{se} [ ts ]) / \theta , \quad (2.5)$$

$$X_{se} [ ts ] = X_{sc} [ ts - \theta ] + V_{XC} [ ts - \theta ] \cdot \theta , \quad (2.6)$$

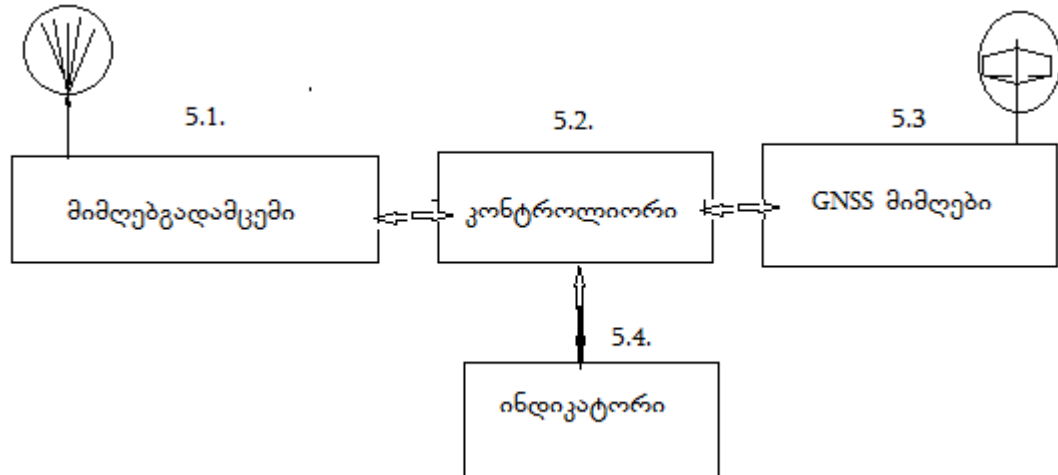
$$X_{cs} [ ts - \theta ] = X_{se} [ ts - \theta ] + \alpha (X_s [ ts - \theta ] - X_{se} [ ts - \theta ] ) , \quad (2.7)$$

$X_s [ ts - \theta ]$ ,  $X_s [ ts ]$  - ცრუ შეტყობინების წყაროს-  $X_s$  კოორდინატების შეფასების გამოთვლა  $ts - \theta$  და  $ts$  შესაბამისად.  $\theta$ -წინა და შემდეგ მომენტებს შორის დროის ინტერვალი, რომელსაც ეხება მითითებული ნიშნები;  $X_{se} [ ts - \theta ]$ ,  $X_{se} [ ts ]$  ექსტრაპოლაციის კოორდინატები;  $X_{cs} [ ts - \theta ]$ ,  $X_{cs} [ ts ]$  - დაგლუვებული კოორდინატები შესაბამის დროის მომენტებზე,  $\alpha, \beta$  - დაგლუვების კოეფიციენტები, უფრო მეტიც  $0 < \alpha \leq 1$ ,  $0 < \beta \leq 1$  და დამოკიდებულია შეტყობინების რაოდენობაზე.

სხვა სიჩქარეების შემადგენელები  $V_{ys}$  და  $V_{zs}$  გამოითვლება ანალოგიურად.

სიჩქარის გამოთვლილ კოორდინატებს იყენებენ გამოსათვლელად და შემდეგ ინდიკატორზე ჭეშმარიტი საგზაო და ვერტიკალური სიჩქარის ჩვენებისას.

რამოდენიმე ცრუ ინფორმაციის წყაროს ხელმისაწვდომობისას ანალოგიური პროცედურა სრულდება ყველა მათგანისათვის.



**ნახ.2.5. ტრანსპონდერის სტრუქტურული სქემა.**

პილოტირებულ საჰაერო ხომალდზე აგრეთვე მიწისზედა პუნქტებში შეიძლება ვაწარმოოთ დაუდასტურებელი ინფორმაციის აღმოჩენა და მისი ანალიზი. საბორტო მოწყობილობამ (ტრანსპონდერი), სტრუქტურულმა სქემამ, რომელიც ნაჩვენებია 2.5. ნახაზზე საერთო სახით თავისთავში უნდა ჩართოს ამ მოწყობილობის დამაკავშირებელი ციფრული რადიომიმღებ-გადამცემი (რადიომოდემი) სანავიგაციო სისტემა, რომლის სახით გამოიყენება GNSS-მიმღები, ინდიკატორი და კონტროლერი. კონტროლერი შეიცავს ოპერატიულ მეხსიერებას და მონაცემების დამუშავების ერთ ან მეტ პროცესორს. მიწისზედა საბაზო სადგურის მოწყობილობებში, საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრში და უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენების მეთვალყურეების პუნქტში ნავიგაციური სისტემის ნაცვლად ჩართულია GPS - დიფერენციალური შესწორების სადგური.

დროითი შეფერხება ორობითი კოდის სახით მიეწოდება პროცესორში, სადაც არსებობს მიღებული შეტყობინების მომცველი ინფორმაცია.

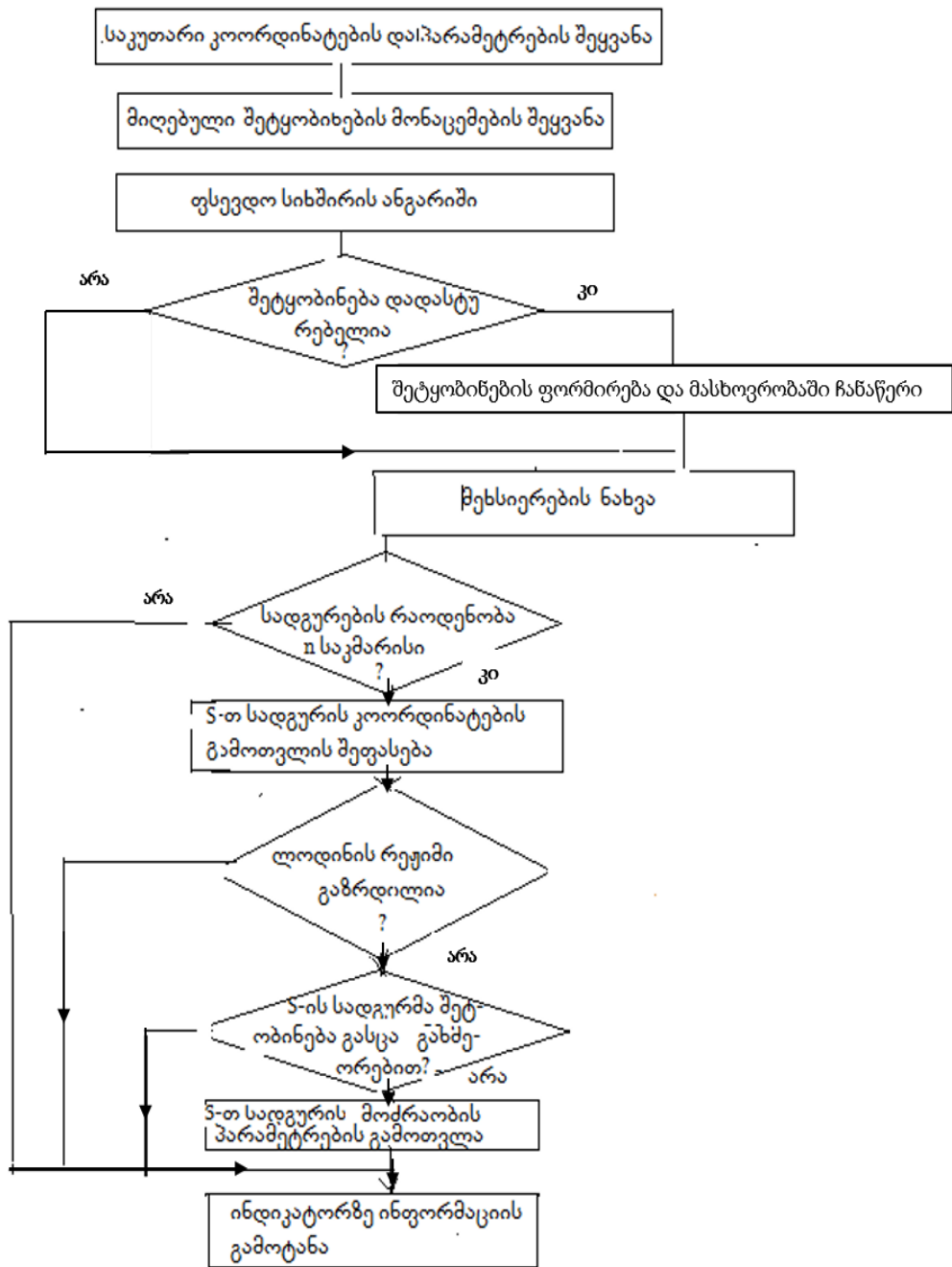
კოორდინატების არასწორი მონაცემების ალგორითმის დამუშავების ბლოკ-სქემა ნაჩვენებია 2.6. ნახაზზე. იმ სხვა სადგურიდან, რომლებმაც აღმოაჩინეს s-თ სადგურის დაუდასტურებელი მონაცემები, მონაცემების დაუდასტურებელი  $\Delta p$  აღმოჩენას წინასწარ აძლევენ გასასვლელს (წინკარს) და შეტყობინების მიღების ლოდინის მაქსიმალური დროს  $T_m$ .

ერთი სლოტის გადაუჭარბებელი ხანგრძლივობის პერიოდით იწარმოება თანამგზავრული ნავიგაციური სისტემებიდან ან სხვა ტიპის ნავიგაციური სისტემებისაგან მოძრაობის პარამეტრების და საკუთარი კოორდინატების მონაცემების შეყვანა.

სხვა სადგურებიდან მონაცემების გადაცემის ხაზის შეტყობინება შეიყვანება დეკოდირების შემდეგ და ჩაიწერება ოპერატიულ მეხსიერებაში.

მიღებული შეტყობინების შემადგენელი კოორდინატებით და საკუთარი კოორდინატებით გამოთვლიან მითითებული შეტყობინების გადამცემი s-თ სადგურის დაშორებას, ხოლო დროებითი ლოდინის სიდიდით - შესაბამის ფსევდოსიშორეს და ამოწმებენ უტოლობის შესრულებას.





ნახ.2.6. კოორდინატებზე დაუდასტორებული მონაცემების ალგორითმების დამუშავების ბლოკ-სქემა.

შესაბამის კოორდინატულ მონაცემებს მიიჩნევენ დაუდასტურებლად მაშინ, თუ პირობა (2.3) სრულდება, ხოლო  $s$ -თ სადგურს ანიჭებენ დაუდასტურებელის ნიშანს. შემდეგ აფორმირებენ, გადასცემენ საერთო არხზე და იწერენ მეხსიერებაში  $s$ -თ სადგურის გადაცემულ შემადგენელ ფსევდოსიშორეს, მითითებულ ფსევდოსიშორის მომენტზე საკუთარ კოორდინატებს, აგრეთვე შორეული პარამეტრების დაუდასტურებელი კოორდინატების მონაცემებს.

პერიოდულად მეხსიერებაში ჩაწერილი შეტყობინების მონაცემების დათვალიერებით არჩევენ ისეთებს, რომლებიც ეკუთვნის  $s$ -ის ერთი და იგივე დაუდასტურებელ სადგურებს და იმ კოორდინატების მონაცემების დაუდასტურებლობას, რომლებიც აღმოჩენილია ერთი და იგივე დროის მომენტში. მითითებული შეტყობინებისაგან შემადგენელი ფსევდოსიშორისათვის (2.4) განტოლების სისტემასთან, ახალი  $n + 1$ -ის განტოლება არ დაემატება, თუ ერთდროულად სრულდება ორი პირობა:  $n \geq m$  და მიღებულია ახალი შეტყობინება  $s$ -თ სადგურისაგან. შემდეგ მოწმდება მითითებული სადგურების რაოდენობის საკმარისობის პირობა და მათი განლაგება. თუ ეს პირობა შესრულებულია მაშინ ხსნიან (2.4) განტოლების სისტემას და გამოთვლიან ცვლის რადიუსს და ცრუ შეტყობინების ჭეშმარიტი კოორდინატების შეფასებას.

თუ  $t_s$  მომენტიდან გასული დრო აჭარბებს  $t_m$  -ლოდინის მაქსიმალურ დროს, დროის მომენტში  $s$ -თ სადგურისაგან, მაშინ შეტყობინების გადაცემაზე მონაცემებთან დაკავშირებული ინფორმაცია  $t_s$  იშლება.

თუ  $s$ -ს სადგური განმეორებით აგზავნის დაუდასტურებელ შეტყობინებას და გამოანგარიშებულია მისი ჭეშმარიტი კოორდინატების შეფასება, მაშინ ციფრული ფილტრების დახმარებით გამოიანგარიშებენ შემადგენელ სიჩქარეს, აგრეთვე ექსტრაპოლირება და კოორდინატების დაგლუვდება  $s$ -ს სადგურის შესაბამისი (2.5)-(2.7) ფორმულებით.

მოძველებული მონაცემები კოორდინატებზე გადამცემში შეიძლება მოხვდეს რეალური აპარატორული და პროგრამული საშუალებების და რეალურ აპარატისებულ განსაკუთრებულ ძალაში. ასეთი შეყოვნება შეიძლება შეადგენდეს

წამის ნაწილებს ან დაიყვანება რამდენიმე წუთამდე რაც შედეგად იწვევს მოქმედი სურათების მდგომარეობას. როგორც მაგალითად 300 მ/წმ სიჩქარით ობიექტის მოძრაობისას, რომელიც შეესაბამება 1080 კმ/სთ-ში, ერთწუთიანი ლოდინი მიგვიყვანს 300 მ შეცდომამდე.

s-ს სადგურების მდგომარეობა, რომელიც გადასცემს ცრუ კოორდინატულ ინფორმაციას ჭეშმარიტი მდგომარეობის ჩვენებისათვის მითითებული ფაქტორის ასახვის მიზნით გამოთვლილი შემადგენელი სიჩქარით გამოთვლის კოორდინატებს ექსტრაპოლაციას დროზე  $t_n$  მოძველების პარამეტრების შესაბამის სიდიდეს.

რადიოლოკაციური კონტროლის განმახორციელებელი საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრში ტრანსპონდერის ხელმისაწვდომლობის გათვალისწინებით, ის საჰაერო ხომალდი, რომელიც არ არის აღჭურვილი ტრანსპონდერით ამ მონაცემებით აღინიშნება საბორტო ინდიკატორის ეკრანზე. ეკრანზე ასახული სივრცის ტერიტორია მიწისზედა სადგურების ქსელის გათვალისწინებისას შეიძლება გაფართოვდეს.

ტრანსპონდერით აღჭურვილ საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრში მონიტორის ეკრანზე აღინიშნება საჰაერო ხომალდის მდგომარეობა, უპილოტო საფრენი აპარატების ჩათვლით, აგრეთვე ის მიწისზედა სატრანსპორტო საშუალება, რომლებზედაც დაყენებულია ტრანსპონდერები. ამგვარად საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟის, სხვა აღჭურვილი მოძრავი ობიექტების, აგრეთვე სხვა მიწისზედა თვალთვალის სამსახურები და მოძრაობის მართვით უზრუნველყოფს გარემომცველ სივრცეში საიმედო ინფორმაციის მდგომარეობაზე არასაიმედო ინფორმაციის და ყალბი მიზნების გამოვლენის ანგარიშზე, უფრო მეტიც გამოთვლიან სადგურის მდგომარეობის ჭეშმარიტ ინდიცირებას, იმისათვის, რომ ვიცოდეთ ყალბი კოორდინატების გადამცემი სადგურის მოძრაობის პარამეტრები და ამით ავტომატური დამოკიდებული თვალთვალის სრული უზრუნველყოფა.

საფრენი აპარატების ფრენების მართვის მეთვალყურეობის ამოცანის გამოყენების ამოსახსნელად მისი გამოყენების მიზანშეწონილებისათვის ADS-B

საინფორმაციო რეჟიმში ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების ტექნიკური რეალიზაციის ზემოთ მოყვანილი პრინციპებიდან შეიძლება გამოვიტანოთ უპილოტო საფრენი აპარატი საერთო საჰაერო სივრცეში სიშორით პირდაპირი ხედვის შეზღუდვის ანგარიშზე დასკვნა.

### **2.3. ფრენის უსაფრთხოების პრობლემები.**

ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა არის ცენტრალური ამოცანა. საჰაერო სივრცის გამოყენების უსაფრთხოება - ეს არის საჰაერო სივრცის გამოყენების დადგენილი წესის კომპლექსური მახასიათებელი, რომელიც განსაზღვრავს მის უნარს უზრუნველყოს საჰაერო სივრცის გამოყენების თვალსაზრისით მოღვაწეობის ყველა სახეობის შესრულება ადამიანების ჯანმრთელობისა და სიცოცხლისადმი საფრთხის გარეშე. ამ განსაზღვრებიდან ჩანს, რომ სრული უსაფრთხოება არ არსებობს, რამდენადაც ნებისმიერ მომენტში შეიძლება შეიქმნას წინასწარ გაუთვალისწინებული სიტუაცია, რომელიც შეიცავს მითითებულ საფრთხეს.

ნახ.2.7-ზე ნაჩვენებია ის ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენების უსაფრთხოებაზე საჰაერო სივრცეში. გარემოს ზეგავლენა მდგომარეობს იმ შემთხვევებში, რომლებიც იწვევენ უპილოტო საფრენი აპარატების გადახრას პროგრამული ტრაექტორიიდან, ყველაზე უფრო არსებითია შემთხვევა ქარის მხრიდან. ადამიანის ფაქტორი ვლინდება ოპერატორის შეცდომებში მართვის კომანდების გაცემისას. დანარჩენი ფაქტორები მიეკუთვნება მართვისა და მეთვალყურეობის პროცესების ავტომატიზაციას. საჰაერო სივრცეში ფრენების უსაფრთხოების მაღალი დონის უზრუნველყოფა შესაძლებელია იმ ახალი ტექნიკური საშუალებებისა და საინფორმაციო ტექნოლოგიების გამოყენებისას, რომლებიც აგებულია ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის საფუძველზე.

ამჟამად მსოფლიო პრაქტიკაში არ არსებობს ერთიანი მაჩვენებელი, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა შეგვეფასებინა ფრენების უსაფრთხოების დონე. სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვა მაჩვენებელია. მათ შორის ICAO-ს მიერ აღიარებული:

- საფრენი აპარატების დაფრენისას კატასტროფების ფარდობითი რიცხვი;
- ავიაკატასტროფების რაოდენობა გადაზიდვით განსაზღვრული მოცულობის მიმართ (კატასტროფების რიცხვი 10 -6 თვითმფრინავ-გაფრენაზე);
- დაღუპულთა რიცხვი 10-9 მგზავრ-კილომეტრზე;
- საშუალო ნაფრენი საათები ერთ ავიაკატასტროფაზე და სხვ.

როგორც მოყვანილი ჩამონათვალიდან ჩანს, ყველა მაჩვენებელი მიეკუთვნება სტატისტიკურს და აქვს კონსტანტირების ხასიათი. არსებობს ცდუნება ამ სახის მაჩვენებლები გამოყენებული იქნეს უსაფრთხოების დონისადმი მოთხოვნების განსაზღვრისათვის, გაკეთდეს შესაბამისი ალბათობითი მახასიათებლების ოპერირება (მაგალითად, ავიაკატასტროფების ალბათობის, მათი ნაკადის ინტენსიურობის და ა.შ.). მაგრამ ასეთი მიდგომა მიუღებელია სხვადასხვა მიზეზების გამო.

უპირველეს ყოვლისა, რიცხოზრივი მნიშვნელობების მცირე სიდიდეების მიუხედავად, ალბათობა სასრული რჩება და, მაშასადამე, ასეთი რაოდენობრივი შეფასებები არაკონსტრუქციული და ნაკლებად სანდოა. არსებობს კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება, რომელიც გამორიცხავს უსაფრთხოების კრიტერიუმის გამოყენებას ავიაკატასტროფის, როგორც მძიმე საფრენოსნო შემთხვევისა ალბათობის ფორმით. ასეთი საფრენოსნო შემთხვევების გამოკვლევის შედეგები იმას მოწმობენ, რომ ისინი არიან მთელი რიგი გარემოებების თანხვედრის შედეგი და რამდენიმე მიზეზი აქვთ. ავიაკატასტროფა, რომელსაც თან ახლავს საფრენი აპარატის რღვევა და მგზავრებისა და ეკიპაჟის წევრების დაღუპვა,

წარმოადგენს იმ პროცესის დამამთავრებელ ფაზას, რომელიც გამოიწვია საფრენი აპარატის წინაღობასთან, მიწასთან თუ სხვა საფრენ აპარატთან შეჯახებამ.

ამგვარად, საავიაციო შემთხვევა მძიმე შედეგებით წარმოიქმნება, როგორც წესი რამდენიმე დარღვევის შეერთებით, რომელთაგან თითოეულს, აღებულს ცალკე შეიძლება არ გამოუწვევია ტრაგიკული ფინალი.

საავიაციო შემთხვევის ალბათობა მცირე სიდიდეა. ალბათობების გამრავლების შესახებ ცნობილი თეორემის შესაბამისად, თითოეული დარღვევის ალბათობა ეს არის სიდიდე, რომელიც არანაკლებია, ვიდრე საავიაციო შემთხვევის საბოლოო ალბათობა. ამიტომ უსაფრთხოების გამოკვლევისათვის მიზანშეწონილია ჩავატაროთ იმ სიტუაციის დანაწევრება, რომელმაც გამოიწვია შემთხვევა.

ერთ-ერთი ყველაზე უფრო გავრცელებული დარღვევა, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს მძიმე საავიაციო შემთხვევა, არის ეშელონირების ნორმების დაუცველობა. საბედნიეროდ არა ყველა საშიში მიახლოება მთავრდება კატასტროფით. მაშასადამე, თუ ლაპარაკია საშიში მიახლოების ალბათობაზე, ის მეტია, ვიდრე მძიმე საავიაციო შემთხვევის ალბათობა, ამიტომ პირველის გამოთვლის შესაძლებლობა უფრო მეტად რეალური ხდება.

პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის წარმოქმნის შესაძლებლობის ანალიზისას შეიძლება აგებული იქნეს შესაბამისი პროცესების მოდულები, რომლებიც საშუალებას იძლევა შევაფასოთ ასეთი მოვლენების სიხშირე.

ვინაიდან პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის დაუშვებლობა საკაერო მოძრაობის მართვის სამსახურის ზოგადი ამოცანაა, ამიტომ პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის წარმოქმნის სიხშირე შეიძლება მიღებული იქნეს როგორც უსაფრთხოების მდგრადი და კონსტრუქციული ზომა. აქედან გამომდინარეობს პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციების აღმოჩენისა და გადაჭრის ავტომატიზაციის ამოცანების გადაწვეტის მნიშვნელობა, აგრეთვე მათი აღრიცხვისა და სტატისტიკის დაგროვება.

უპილოტო საფრენი აპარატების მონაწილეობით პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის თავიდან აცილების კონკრეტული მეთოდებისა და ალგორითმების შემუშავებისას უნდა გავითვალისწინოთ ის, რომ ავიამეთვალყურის კომანდები გადაიცემა არა უპილოტო საფრენი აპარატის ბორტზე, არამედ მართვის მიწისზედა კომპლექსზე.

## 2.4. ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის გამოყენების თეორიული დასაბუთება.

ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის სისტემის უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ინტეგრაციის ამოცანების გადაწვეტისათვის გამოყენების კონცეფციის საფუძველს წარმოადგენს მეთვალყურეობის თეორიის საბაზო დებულებები, რომლებიც განვითარებულია დინამიკური სისტემების ზოგად მათემატიკურ თეორიაში.

მართვადი ობიექტის დინამიკა (მაგალითად უპილოტო საფრენი აპარატის), რომელიც განიხილება  $t_1$ ,  $t_2$  დროის მონაკვეთში, გამოისახება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების სისტემით (2.8.), ხოლო გაწრფივებულისთვის - (2.9.)

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + B(t) + C(t)v, \quad (2.8.)$$

$$X = F(x, u, v, t). \quad (2.9.)$$

სადაც  $F(\bullet)$  არის  $n$  საზომი ვექტორი-ფუნქცია,  $x$  -  $n$  ფაზური კოორდინატების საზომი ვექტორი,  $u$  -  $m$  მართვის საზომი ვექტორი (2.10),  $v$  -  $k$  შეშფოთებების ზემოქმედების საზომი ვექტორი (2.11),  $A, B, C$  - შესაბამისი ზომების უწყვეტი მატრიცები.

$$u(t) \in P(t), \quad (2.10.)$$

$$v(t) \in Q(t) \quad (2.11.)$$

სადაც  $P(\cdot), Q(\cdot)$  აღწერენ შეზღუდვათ სიმრავლეს, რომლებსაც ექვემდებარებიან  $u(\cdot)$  და  $v(\cdot)$  ვექტორები შესაბამისად.

საწყისი პირობა  $x^0 = x(t_1)$  და ფუნქციათა ნაწილი, რომლებიც შემავალ ზემოქმედებას აღწერენ, წინასწარ უცნობია. დასახელებული სიდიდეებისათვის მოცემულია მხოლოდ აპრიორული შეზღუდვები - მათი ცვლილებების დასაშვები არეები (2.10), (2.11). მაშინ  $u(t)$  დროის ფუნქციის თითოეული არჩეული პროგრამულ მართვას შეესაბამება არა ერთი იზოლირებული მოძრაობა, არამედ ტრაექტორიათა მთელი ნაკრები, რომელიც მიღებულია ამოხსნების გაერთიანების გზით ყველა ცნობილი  $x^0, v$  - მიხედვით.

თვალყურის დევნების ამოცანის პირობის მიხედვით იგულისხმება, რომ პირდაპირი გაზომვა ან, როგორც ამბობენ,  $x(t)$  ვექტორის ყველა კოორდინატის „მეთვალყურეობა“ შეუძლებელია. გაზომვას ექვემდებარება მხოლოდ ფუნქცია:

$$s = G(x, w, t),$$

სადაც  $G(\cdot) - r$  - საზომი ფუნქცია - ვექტორია,  $s - r$  საზომი ვექტორია,  $w$  - გაზომვების შეცდომებისა და ხელშეშლების ვექტორი.

$$w(t) \in R(t);$$

$R(t)$  აღწერს შეზღუდვათა სიმრავლეს,  $w(\cdot)$  რომლებსაც ვექტორი ექვემდებარება.



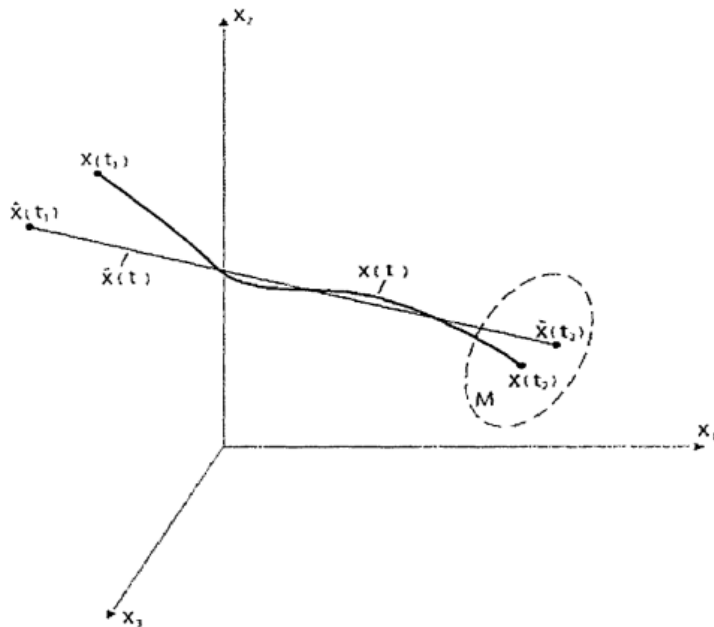
$S(t)$  ფუნქციას სამეთვალყურეო სიგნალს უწოდებენ.

მართვის მიზანი მდგომარეობს სამართავი სისტემის გადაყვანაში რომელითაც საწყისი მდგომარეობიდან, რომელიც შეესაბამება  $t_1$  დროის მომენტს,  $t_2$  საბოლოო მდგომარეობაში მოცემული ტრაექტორიით  $\dot{x}(t)$  (ნახ. 2.8.)

შეშფოთებებისა და ხელშემშლელის ზემოქმედების შედეგად ამ მოძრაობის ზუსტი რეალიზაცია, როგორც წესი, შეუძლებელია. ამიტომ რეალური მოძრაობა  $x(t)$  ინტერვალში  $[t_1, t_2]$  განსხვავდება მოცემულისაგან (პროგრამულისაგან  $\dot{x}(t)$ ). გადახრის ზომა

$$I = \Phi(x, \dot{x}, t)$$

აირჩევა ყოველი კონკრეტული შემთხვევისათვის და მას ოპტიმალური მართვის თეორიაში ოპტიმალურობის კრიტერიუმს უწოდებენ.



ნახ.2.8. მართვადი სისტემის მოძრაობის მაგალითი.

ოპტიმალური მართვა - მეთვალყურეობის შემდეგნაირად შეიძლება იყოს ფორმულირებული. დინამიკური სისტემის მართვისთვის, რომელიც აღწერილია (2.8.) ან (2.9.) განტოლებით მოცემული შეზღუდვებისას და მეთვალყურეობის ხერხისას, საჭიროა განისაზღვროს შემდეგი გარდაქმნა

$$U(\dot{x}, s, t) = U_0(),$$

რომელიც უზრუნველყოფს ტოლობას

$$I_0 = \min_u \max_{v,w} (I).$$

ასეთ მართვას ოპტიმალურს უწოდებენ. ასეთი ფორმულირების შინაარსი იმაში მდგომარეობს, რომ ხელშეშლებისა და შემფოთებების ყველაზე ცუდ პირობებში მიიღწევა მოცემული ტრაექტორიის დაცვის უდიდესი სიზუსტე. დინამიკური სისტემის თეორიაში ასეთ ამოცანას მინიმალური მართვა/მეთვალყურეობის ამოცანა ეწოდება.

პრაქტიკის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია მართვის ისეთი ამოცანა, რომლის მიზანი მდგომარეობს  $t_2$  მომენტში იმ არეში მოხვედრა, რომელსაც ტერმინალური სიმრავლე ეწოდება. ნახ.2.8-ზე ტერმინალური სიმრავლე აღნიშნულია  $\tilde{M}$ -ით.

უპილოტო საფრენი აპარატებთან მიმართებაში მართვისა და მეთვალყურეობის მათემატიკური ამოცანების დაყენების შინაარსობრივი აზრი შემდეგში მდგომარეობს.  $x$  ვექტორის კომპონენტები შეიცავენ უპილოტო საფრენი აპარატის მასის ცენტრის კოორდინატებს  $(x_q, y_q, z_q)$ , კუთხურ კოორდინატებს, კერძოდ  $\gamma$  დაგვერდების კუთხეს,  $\theta$  ტანგაჟის კუთხეს და საგზაო  $\psi$  კუთხეს, რომლებიც შეესაბამებიან  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  კუთხურ სიჩქარეებს და სიჩქარის წრფივ

შემადგენლებს  $V_x, V_y, V_z$ . მართვის კომპონენტი ვექტორის  $u$  სახით შეიძლება განვიხილოთ უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ორგანოების გადახრები, ხოლო შემფოთებების  $v$  სახით გარემოს ზემოქმედება. გაზომვათა ვექტორი  $s$ , როგორც მინიმუმი, შედგება იმ პარამეტრებისაგან, რომლებიც მიიღება თანამგზავრული მიმღებიდან, კერძოდ განედი  $\varphi$ , გრძედი  $\lambda$ . გეომეტრიული სიმაღლე  $y_q$ , ვერტიკალური სიჩქარე  $V_y$  საგზაო სიჩქარე  $V$  და საგზაო კუთხე  $\psi$ . პირდაპირი და უშუალო მართვა, სახელდობრ დროის ყოველ მომენტში მართვის ვექტორის  $U$  გამომუშავება  $S$  გაზომვათა ვექტორის საფუძველზე შეუძლებელია, თუ გავითვალისწინებთ, რომ მონაცემთა გადაცემის ხაზით მონაცემები გადაიცემა დისკრეტულად 1 წამის პერიოდით. აქედან გამომდინარე უნდა გამოვიყენოთ მართვის სქემა, რომელიც შეიცავს საბორტო საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსს(ავტოპილოტს), ხოლო მონაცემთა გადაცემის ხაზით გადაიცეს ის კომანდები, რომლებიც გამოიმუშვება  $s$  გაზომვათა ვექტორის საფუძველზე. დროის თითოეულ ინტერვალზე გაციემა პროგრამული ტრაექტორია  $\hat{x}(t)$ . ამგვარად ვღებულობთ მკაფიო დასაბუთებას ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობისა და უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისათვის გამოსაყენებლად.

## **2.5. უპილოტო საფრენი აპარატის მონაწილეობით პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის აღკვეთის მეთოდები და ალგორითმები.**

ერთიან საჰაერო სივრცეში უპილოტო საფრენი აპარატის მონაწილეობით პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის აღმოჩენისა და გადაჭრის პრობლემას არსებითი თავისებურებები აქვს. მართლაც, საჰაერო ხომალდები ჩვეულებრივ განიხილება, როგორც თანაბარუფლებიანი, უპილოტო საფრენი აპარატები დანიშნულების მიხედვით მათგან განსხვავდებიან. ამასთან ერთად საჰაერო სივრცეში ფრენების წესები მოძრაობის ყველა მონაწილის მხრიდან უნდა

შესრულდეს. მომდევნო ქვეპარაგრაფებში მსჯელობა მიდის პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის თავიდან აცილების იმ მეთოდებზე, რომლებიც გამოიყენება უპილოტო საფრენი აპარატების საჰაერო მოძრაობაში მონაწილეობისას.

### **2.5.1. პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრა** **ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მანევრით.**

თითოეული საჰაერო ხომალდის მოძრაობა აღიწერება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების სისტემით - ორი გეომეტრიული კოორდინატი და საგზაო კუთხე. საჰაერო ხომალდის სიჩქარე ითვლება, რომ ცნობილია და მუდმივი. ორ საჰაერო ხომალდს შორის პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის აღმოჩენა ხდება მათი მოძრაობის პროგნოზის საფუძველზე. ამ ინფორმაციის საფუძველზე აირჩევა შესაბამისი მანევრი და გამოითვლება მისი პარამეტრები. წესებისა და ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად მანევრს წაყენება პრინციპული ტექნოლოგიური მოთხოვნები:

- პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაცია უნდა გადაიჭრას პოტენციურად კონფლიქტური წყვილიდან მხოლოდ ერთი საჰაერო ხომალდის მანევრით;
- მანევრს უნდა ჰქონდეს „S“ - მაგვარი სტრუქტურა: ის უნდა შედგებოდეს აქტიური „გადახრის“ უბნისგან, რომელიც უზრუნველყოფს უსაფრთხო მანძილს სწორხაზოვანი მოძრაობის უბნისგან - „დაყოვნება“-დაცილებისას (აქ იგულისხმება სწორხაზოვანი მოძრაობის დროითი ინტერვალი მუდმივი სიჩქარით და საგზაო კუთხით), და საჰაერო ხომალდის მისი საწყისი ტრასის ღერძზე დაბრუნების მანევრის უბანი.
- მანევრი მთლიანობაში, გადახრის და დაბრუნების პროცესი მინიმალურ დროში უნდა შესრულდეს, თანაც გადახრის მანევრის დაწყების წერტილი არ უნდა იყოს „ძალიან შორს“ პოტენციური კონფლიქტის ზონიდან;

- შესაძლო პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის აღმოჩენა და ანალიზი პერიოდულად სრულდება და იწყება წინასწარ (ანუ დროისა და მანძილის მიხედვით რეზერვით) თვითმფრინავების ისეთი საწყისი პოზიციებისა, როდესაც საჭირო მანევრი გარანტირებულად სრულდება.

***ამოცანის ფორმულირება:** საჰაერო ხომალდის დინამიკის მოცემული აღწერისას, მოცემული ტექნოლოგიური მოთხოვნებისა და მანევრის მოცემული სტრუქტურისას საჭიროა არჩეულ იქნეს მანევრის შემსრულებელი საჰაერო ხომალდი და გამოითვალოს მისი მოძრაობა. მართვამ უნდა უზრუნველყოს საჰაერო ხომალდებს შორის უსაფრთხოზე არანაკლები მინიმალური მანძილი მანევრის შემსრულებელი საჰაერო ხომალდის ტრასიდან მინიმალური გვერდითი გადახრის მანევრის მინიმალური ხანგრძლივობისა და მისი ტრასაზე უსწრაფესი დაბრუნებით.*

ცხადია რომ ასეთი „ფორმულირება“ შორსაა მკაცრი მათემატიკური დაყენებისაგან. თუმცა, ზემოჩამოთვლილი ტექნოლოგიური მოთხოვნების შესაბამისი ფორმალიზაციის გამოყენებისას დასმული ამოცანა გადაიჭრება შემდეგი პროცედურების დახმარებით:

1. სრულდება საჰაერო ხომალდების მოცემული წყვილის ერთობლივი პროგნოზი, გამოითვლება ყველაზე დიდი მიახლოების პარამეტრები და მიიღება გადაწყვეტილება პოტენციურად საკონფლიქტო სიტუაციის არსებობის შესახებ.
2. ყველაზე ცუდი მიახლოების პარამეტრების მნიშვნელობების მიხედვით სრულდება მიახლოების ტიპისა და პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის ტიპის კლასიფიკაცია.
3. გამოითვლება შესაბამისი მანევრი და მაშინვე გამოთვლის პროცესში კონსტრუქციულად ხდება ასეთი მანევრის არსებობის პირობების

ანალიზი (ანუ საჰაერო ხომალდების ურთი-ერთ დაცილების მოცემული უსაფრთხო მანძილის უზრუნველყოფის შესაძლებლობა);

4. მოცემული ინფორმაციის მიხედვით საბოლოოდ აირჩევა მანევრის შემსრულებელი საჰაერო ხომალდი, საჭირო მანევრის სქემა და მისი გამოთვლილი პარამეტრები. მოცემული ცნობები გადაეცემა საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემის ავიაშეფასებელს და უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის სამეთვალყურეო პუნქტის ოპერატორს საბოლოო გადაწყვეტილების მისაღებად. იმ შემთხვევაში, თუ ერთ-ერთ პოტენციურად კონფლიქტურ საჰაერო ხომალდად უპილოტო საფრენი აპარატი გვევლინება, მაშინ ის განიხილება მანევრის შემსრულებლად, თუ მოხდება უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის სისტემის მტყუნება, მანევრის შემსრულებლად ინიშნება პოტენციური კონფლიქტის მეორე მონაწილე.

### შემავალი მონაცემები

ნებისმიერი საჰაერო ხომალდის მართვადი მოძრაობა ჰორიზონტალურ სიბრტყეში შემდეგი სანავიგაციო გამოთვლებისათვის სტანდარტული დიფერენციალური განტოლებების სისტემით აღიწერება:

$$x' = V_x \cos \psi, z' = V_z = V \sin \psi, \psi' = \beta/V, |\beta(t)| \leq \beta_{max}. \quad 2.17$$

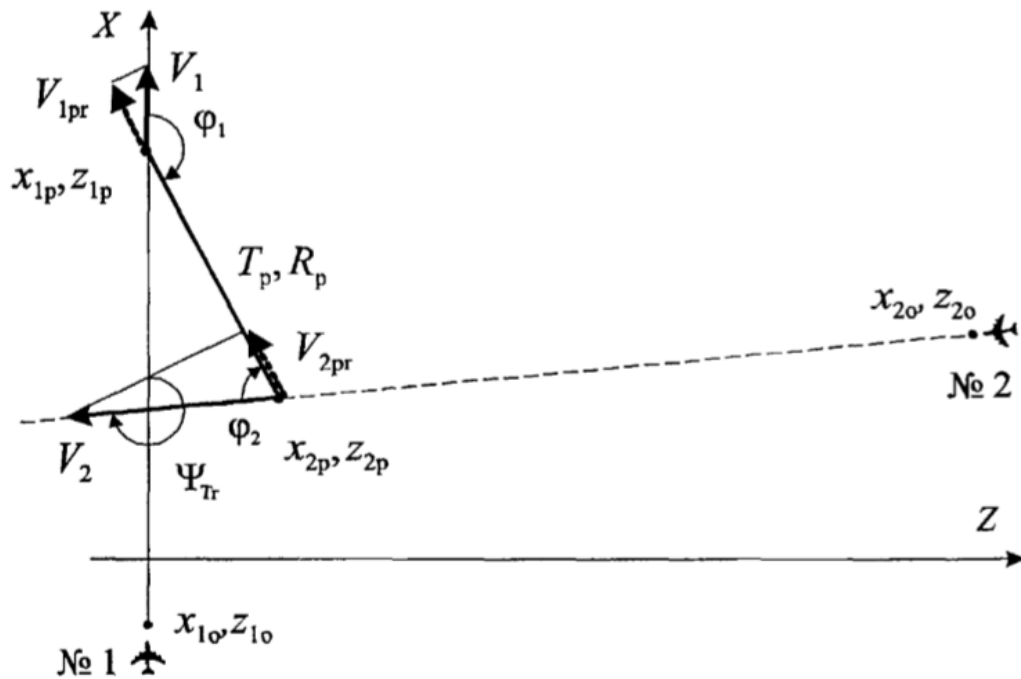
აქ,  $x$  - საჰაერო ხომალდის  $OX$  ღერძზე (მიმართული ჩრდილოეთისაკენ) მდებარეობის აბსცისა;  $z$  - საჰაერო ხომალდის  $OZ$  ღერძის მიმართ მდებარეობის ორდინატა (მიმართული აღმოსავლეთისაკენ);  $\psi$  - საგზაო კუთხე;  $\beta$  - საჰაერო ხომალდის გვერდითი აჩქარება მოცემული შეზღუდვით  $\beta_{max}$ ;  $V$  - საჰაერო

ხომალდის სიჩქარე. განსახილველ წყვილში თითოეული საჰაერო ხომალდისთვის სიდიდეები  $\beta_{1max}$ ,  $\beta_{2max}$ ,  $V_1$  და  $V_2$  მოცემულია, თანაც მათი მოძრაობის სიჩქარე მუდმივად იცვლება. ამ მონაცემებს ღებულობენ ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის სისტემის ტრანსპონდერებიდან.

წესებისა და ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად მოიცემა საჰაერო ხომალდებს შორის დასაშვები უსაფრთხო მანძილი Rs.

ალგორითმების აღწერის გამარტივების მიზნით გამოვიყენოთ კოორდინატთა შემდეგი პირობითი სისტემა. პირობითად ვთვლით, რომ საჰაერო ხომალდს ნაკლები სიჩქარით ყოველთვის აქვს ნომერი 1 და მოძრაობს ჩრდილოეთისაკენ თავისი ტრასის ღერძზე, რომლის მიმართულეა ყოველთვის მოცემულია როგორც  $\psi_{1Tr} = \psi_1 = 0$ . მეტი სიჩქარით მოძრავ საჰაერო ხომალდს ყოველთვის ენიჭება ნომერი 2, მისი ტრასა ემთხვევა პირველი საჰაერო ხომალდის ტრასას და აქვს მიმართულეა  $\psi_{2Tr} = \psi_{Tr}$  (ნახ.2.9.). აღნიშნულ კუთხეებს ეწოდება სატრასო.

კოორდინატთა ამ სისტემაში საწყის მომენტში ( $t_0 = 0$ ) მოცემულია აგრეთვე საწყისი პოზიციები  $x_{1_0}, z_{1_0}$  პირველი ხომალდის და  $x_{2_0}, z_{2_0}$  მეორეს.  $T_p$  მომენტში საჰაერო ხომალდები ყველაზე მეტად მიახლოებულები არიან. ნახ.2.9.-ზე პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის შემდეგი პარამეტრებია აღნიშნული: საჰაერო ხომალდის პოზიციები  $x_{1p}, z_{1p}$ , და  $x_{2p}, z_{2p}$ , სქელი ხაზით ნაჩვენებია მათ შორის ფარდობითი მანძილის ვექტორი  $R_p$  (ვიზირების ხაზი), ორიენტაციის კუთხეები (ამ ვექტორისა ტრასების ღერძების მიმართ). სქელი მთლიანი ისრები აღნიშნავენ საჰაერო ხომალდების მოძრაობის სიჩქარეებს  $V_1$  და  $V_2$ . სიჩქარეების წარმოებულეები  $V_{1pr}$  და  $V_{2pr}$  (სქელი წყვეტილი ისრები) უჩვენებენ შესაბამისი სიჩქარეების წერტილებს ვიზირების ხაზზე „1-2“. პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის წარმოქმნის მომენტში  $V_{1pr} - V_{2pr} = 0$ , საჰაერო ხომალდებს შორის მანძილის წარმოებულეების ნულის ტოლია.



ნახ.2.9. თვითმფრინავების მიახლოების პროგნოზი და სავარაუდო პოტენციური კონფლიქტური სიტუაცია.

პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის პროგნოზი.

საკაერო ხომალდის თანაბარი სწორხაზოვანი მოძრაობის მიღებულ მოდელში ყველაზე მეტად მიახლოებისა და შესაძლო პოტენციური კონფლიქტის დაწყების მომენტი ემთხვევა წარმოებულების ნულთან ტოლობის მომენტს. ამ მომენტის გამოთვლა სრულდება ტრივიალური ფორმულით:

$$T_p = -[(x_{2_0} - x_{1_0})(V_2 \cos \psi_{Tr} - V_1) + z_{2_0} V_2 \sin \psi_{Tr}] / [(V_2 \cos \psi_{Tr} - V_1)^2 + (V_2 \sin \psi_{Tr})^2] \quad (2.18)$$



ყველაზე უფრო ცუდი მიახლების პარამეტრების გამოთვლა შემდეგი მარტივი ფორმულების მიხედვით სრულდება:

საპაერო ხომალდების მდებარეობა

$$\begin{aligned}x_{1p} &= x_{1o} + V_1 T_p, z_{1p} = 0 \\x_{2p} &= x_{2o} + V_2 T_p \cos \psi_{Tr}, z_{2p} = z_{2o} + V_2 \sin \psi_{Tr};\end{aligned}\tag{2.19}$$

მინიმალური მანძილი  $R_p$

$$R_p = \sqrt{\{(x_{2p} - x_{1p})^2 + (z_{2p} - z_{1p})^2\}};\tag{2.20}$$

დამხმარე კუთხე  $\psi_1$

$$\begin{aligned}\pi - \arctg(z_{2p}/(x_{1p} - x_{2p})), \text{ თუ } x_{1p} > x_{2p}, z_{2p} > 0, \\ \pi - \arctg(z_{2p}/(x_{1p} - x_{2p})), \text{ თუ } x_{1p} > x_{2p}, z_{2p} > 0, \\ \arctg(z_{2p}/(x_{1p} - x_{2p})), \text{ თუ } x_{1p} > x_{2p}, z_{2p} > 0, \\ 2\pi + \arctg(z_{2p}/(x_{1p} - x_{2p})), \text{ თუ } x_{1p} > x_{2p}, z_{2p} > 0,\end{aligned}\tag{2.21}$$

დამხმარე კუთხე  $\psi_2$  (ნახ.2.9)

$$\pi - (\psi_{Tr} - \varphi_1), \text{ თუ } 0 < \psi_{Tr} < \pi,\tag{2.22}$$

$$\pi + (\psi_{Tr} - \varphi_1), \text{ თუ } 0 < \psi_{Tr} < 2\pi,$$

ტრასების გადაკვეთის წერტილი

$$x_{Tr} = x_{20} - z_{20} / \operatorname{tg} \psi_{Tr}, \quad z_{rTr} = 0. \quad (2.23)$$

შემდეგ ვამოწმებთ ძირითად პირობას

$$\text{თუ } R_p \geq R_s, \text{ შესაბამისად კვს-ა არ არსებობს;} \quad (2.24)$$

უკუშემთხვევაში პოტენციური კონფლიქტი აღმოჩენილია.

### პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის ტიპის კლასიფიკაცია.

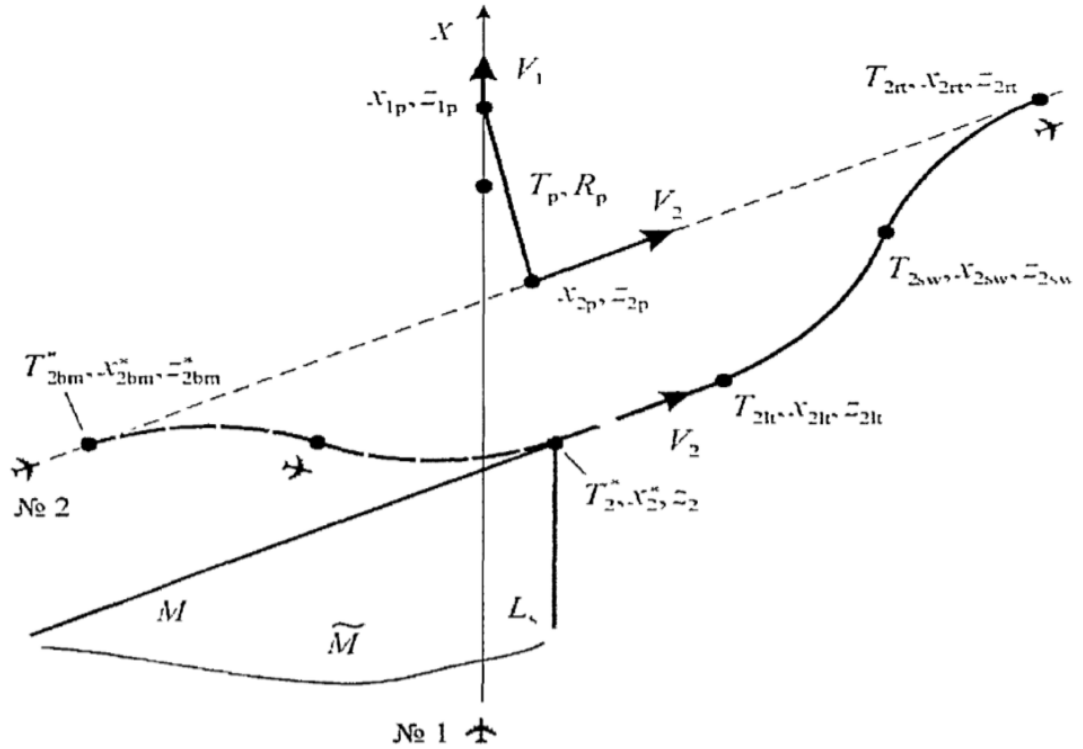
თუ პოტენციური კონფლიქტი აღმოჩენილია და პარამეტრები გათვლილია, მაშინ შეიძლება მოხდეს მისი კლასიფიცირება შემდეგი ნიშნების მიხედვით: საკაერო ხომალდების ურთი ერთ განლაგება (დამხმარე კუთხუეების მიხედვით), როგორია „1-2“ ვიზირების ხაზის ორიენტაცია, საკაერო ხომალდებიდან რომელსაც აქვს ნაკლები ან მეტი სიჩქარე.

მთლიანობაში არსებობს პოტენციური კონფლიქტის 24 სხვადასხვა ტიპი და მითითებული ნიშნების მიხედვით თითოეული მათგანი ერთმნიშვნელოვნად განისაზღვრება. ასეთი ტიპების და მათი ნიშნების კრებული წინასწარ გამოითვლება და ინახება საკაერო მოძრაობის მართვის სისტემის გამომთვლელის მეხსიერებაში სტანდარტული ინფორმაციის სახით. პოტენციური კონფლიქტის იდენტიფიცირებული ტიპისათვის ხდება თავიდან აცილების მანევრის შესაძლო სქემის რეალიზების ანალიზი და გამოითვლება მისი პარამეტრები.

პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის და მისი გადაჭრის

მაგალითი.

მაგალითად მოვიყვანოთ თავიდანაცვლების მანევრი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში (ნახ.2.10.)



ნახ.2.10. თავიდანაცვლების მანევრი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში.

ნახ.2.10-ზე სქელი ისრებით აღნიშნულია ხომალდების მოძრაობის სიჩქარეები და იგულისხმება, რომ  $V_1 \leq V_2$  მანევრის არშემსრულებული ხომალდის 1 ტრასა ემთხვევა  $OX$  ღერძს. მე-2 ხომალდის ტრასა დატანილია წვრილი წყვეტილი ხაზით. პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციის საწყის  $t_0$  მომენტში ხომალდების მდებარეობა აღნიშნულია წრეებით  $X_{1p}, Z_{1p}, X_{2p}, Z_{2p}$ , ხომალდების მდებარეობა მიეთითება პროგნოზირებული ყველაზე უარესი მიახლოების  $T_p$  მომენტში.  $R_p$  -

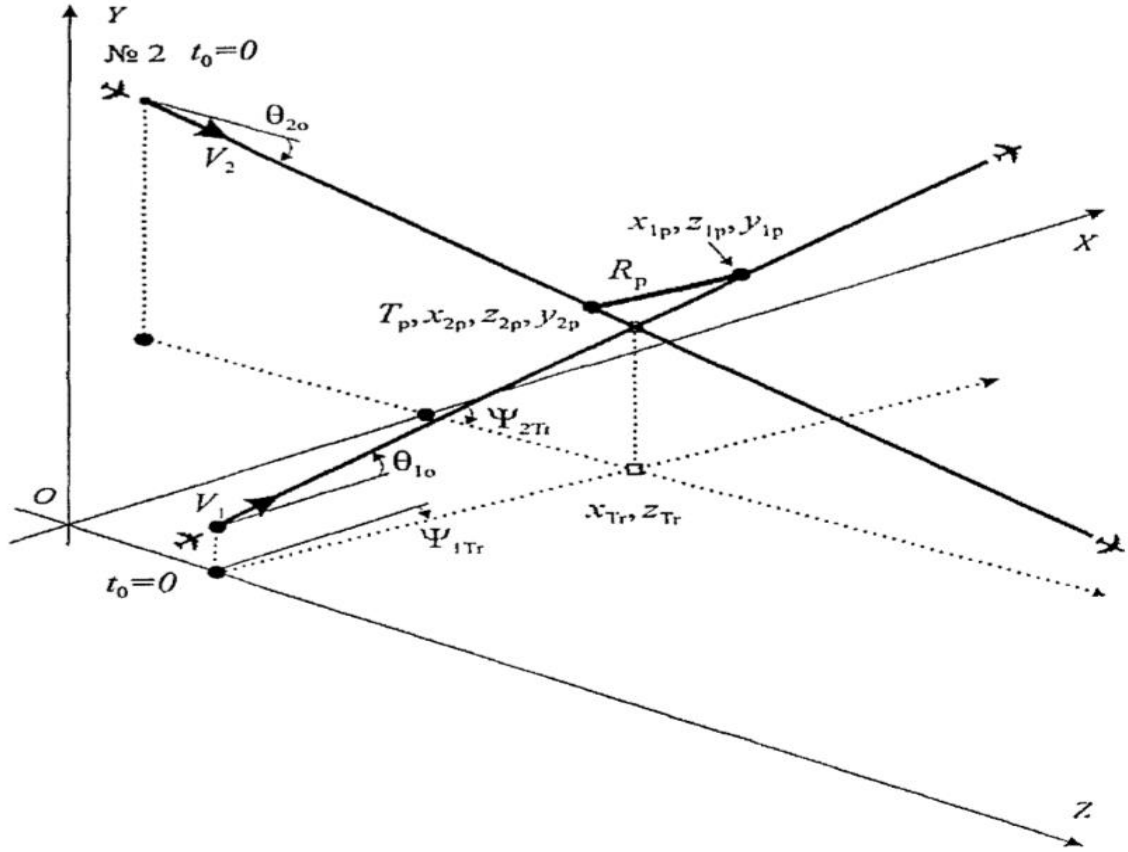
ხომალდების შორის მინიმალური პროგნოზირებული მანძილი.  $\bar{M}$  მანევრის დასრულების წერტილთა გეგმილები.  $L_s$  ხაზი არის ხომალდის თავის ტრასაზე დაბრუნების მანევრის პოზიციებისა და დროის მომენტების ერთობლიობა. ნომერი 2 ხომალდის ტრასაზე  $T_{bm}$  \* ნიშნავს მანევრის დაწყების მომენტს ( სქელი წყვეტილი მრუდი).

## 2.5.2 პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის ვერტიკალურ სიბრტყეში მანევრით გადაჭრა.

ზემოთ განხილული მანევრი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მოითხოვს დროის მიხედვით მნიშვნელოვან რეზერვს, ხოლო რიგ შემთხვევებში საერთოდ შეუძლებელია.

განვიხილოთ ფართოდ გავრცელებული შემთხვევა, როდესაც ორივე ხომალდი მოძრაობს ერთ ვერტიკალურ სიბრტყეში. ამ შემთხვევაში შეიძლება აგებული იქნეს მანევრი როგორც ვერტიკალურ, ისე ჰორიზონტალურ სიბრტყეშიც. ასევე პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაცია, რომელიც წარმოიქმნება ორი ხომალდს შორის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში. მოძრაობისას, შეიძლება გადაიჭრას მანევრის გამოყენებით ვერტიკალურ სიბრტყეში.

თითოეული ხომალდის მოძრაობის დინამიკა მოიცემა დიფერენციალური განტოლებების არაწრფივი სისტემით. სამი ფაზური კოორდინატი აღწერს ხომალდის მდებარეობას სივრცეში, მეოთხე ფაზური კოორდინატი - სიჩქარისეულ კუთხეს (სიჩქარის ვექტორის კუთხეს ჰორიზონტალურ სიბრტყის მიმართ), მეოთხე ფაზური კოორდინატი - საკურსო კუთხეს (კუთხეს სიჩქარის ვექტორის ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე გეგმილსა და კოორდინატთა სტანდარტული სისტემის ვერტიკალურ სიბრტყეს შორის).



ნახ.2.11. პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის ზოგადი ვითარება.

ნახ. 2.11.-ზე ნაჩვენებია პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაცია, რომელშიც ორი ხომალდის საწყისი გადამკვეთი ტრაექტორიები ერთ სიბრტყეში არ დევს, არამედ წარმოადგენენ სწრფეების მონაკვეთებს კოორდინატა სტანდარტული სისტემის სამგანზომილებიან წრფეების სივრცეში.

აქ  $x_{1o}, z_{1o}, x_{2o}, z_{2o}, y_{1o}, y_{2o}$  - ხომალდების საწყისი კოორდინატებია დროის საწყის მომენტში  $t_0 = 0$ ,  $V_1, V_2$  - ხომალდების სიჩქარეთა მოდული;  $\psi_{1Tr} = \psi_{1o}, \psi_{2Tr} = \psi_{2o}$  - ხომალდების ტრასების მიმართულებები (საწყისი საკურსო კუთხეები);  $\theta_{1o}, \theta_{2o}$  - საწყისი სიჩქარისეული კუთხეები.

ვერტიკალური ემელონირების ნორმის შედარებით მცირე (300-1000მ) სიდიდის გამო პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრა ერთ-ერთი კონფლიქტური ხომალდის ვერტიკალური მანევრით ფრიად ეკონომიურია.

შესაძლებელია თითოეული ხომალდის ვერტიკალური მანევრის „ზევით“ ან „ქვევით“ ოთხი ვარიანტი.

მოცემულ შემთხვევაში მანევრის ასაგებად საფუძველს წარმოადგენს შემდეგი კრიტერიუმი: ყველაზე ცუდი მიახლოების მომენტში  $T_{min}$  ხომალდებს შორის მინიმალური  $R_{min}$  მანძილის ვექტორის  $OY$  ღერძზე  $R_{ymin}$  პროექციის სიდიდე არ უნდა იყოს ვერტიკალური ეშელონირების  $H_s$  ნორმაზე ნაკლები. გვერდით სიბრტყეში მანევრის აგებისთვის ანალოგიური კრიტერიუმი გამოიყენება: ყველაზე ცუდი მიახლოების მომენტში  $T_{min}$  ხომალდებს შორის მინიმალური  $R_{min}$  მანძილის ვექტორის გვერდით  $OZ$  ღერძზე გეგმილის სიდიდე არ უნდა იყოს გვერდითი ეშელონირების  $S_s$  ნორმაზე ნაკლები.

$$\text{ე.ი. } R_{ymin} = |Y_{2p} - Y_{1p}| \geq H_s, R_{zmin} = |Z_{2p} - Z_{1p}| \geq S_s \quad (2.24)$$

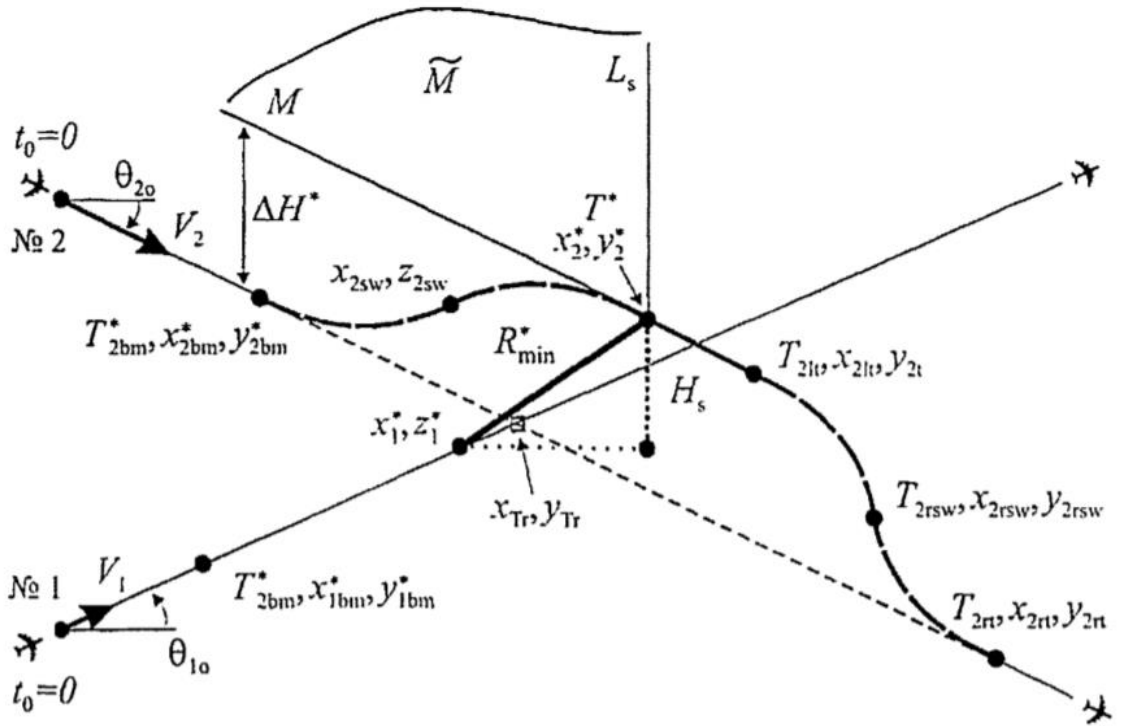
მსგავსი კრიტერიუმები გამოიყენება შეჯახების არიდების საბორტო სისტემებში გადახრის მანევრის აგებისთვის.

იგულისხმება, რომ ხომალდების მოძრაობის სიჩქარის სიდიდეები ცნობილია და მუდმივია. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა ხორციელდება სიჩქარისეული და საკურსო კუთხეების კუთხური სიჩქარეების ცვლილებით მიწიდან კომანდების მიხედვით, რომლებიც მონაცემთა გადაცემის ხაზით გადაიცემა.

პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრისას მოძრაობის მონაწილეთაგან აირჩევა ერთი საჰაერო ხომალდი, როგორც წესი ეს უპილოტო საფრენი აპარატია. მეორე ხომალდი აგრძელებს მოძრაობას ისე, რომ არ მანევრირებს და არ მონაწილეობს პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრაში.

ნახ.2.12. -ზე ნაჩვენებია პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის წარმოქმნისა და გადაჭრის შემთხვევა ორი საჰაერო ხომალდის ერთ ვერტიკალურ

სიბრტყეში მოძრაობისას ხომალდების მიერ ქვედა ეშელონებს ან ზედა ეშელონების გადაკვეთისას. ნახ.2.12-ზე მითითებული აღნიშვნები ნახ.2.10.-ზე აღნიშვნის ანალოგიურია.



ნახ.2.12. პოტენციური კონფლიქტური სიტუაცია ვერტიკალურ სიბრტყეში.

ის შესაძლო მანევრები (მათი სქემები და პარამეტრები), რომლებითაც გადაიჭრება მოცემული პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაცია, გაიცემა ავიამეთვალყურისათვის და უპილოტო საფრენი აპარატის ოპერატორისათვის მანევრის საბოლოო შერჩევისთვის.

მიახლოების სიტუაციის თითოეული ტიპისთვის მიღებულია მანევრის აგების შემდეგი წესი. ეშელონების ნორმის უზრუნველყოფის პირობების მიხედვით იგება მითითებული ტერმინალური სიმრავლე და პირდაპირი გამოთვლით მოწმდება S-მაგვარი სახის რეკომენდებული დასაშვები მანევრის

არსებობა. გამოიყოფა მანევრი საწყისი ტრაექტორიის გარეთ ყოფნის მინიმალური დროით, რომელიც მინიმალური დროის განმავლობაში სრულდება და უზრუნველყოფს საწყის ტრაექტორიაზე დაბრუნებას მინიმალურ დროში. გამოითვლება მანევრების ყველა შესაძლო ვარიანტი. ამ ვარიანტების შესახებ ინფორმაცია მზადდება ავიამეთვალყურისა და უპილოტო საფრენი აპარატის ოპერატორისათვის გადასაცემად.

### **მეორე თავიდან გამომდინარე დასკვნები:**

1. უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენის მართვისა და მეთვალყურეობის ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია და მიზანშეწონილია ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის სისტემის გამოყენებით სამაუწყებლო რეჟიმში. ამ მიზნით შემუშავებულია მეთოდოლოგია, რომელიც არა მარტო ადგენს ასეთი აგების შესაძლებლობას და მიზანშეწონილობას, არამედ აგრეთვე ასაბუთებს კონკრეტული ტექნიკური გადაწყვეტილებების რეალიზაციას.
2. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა/მეთვალყურეობის სისტემის ერთმთლიანობის უზრუნველსაყოფად რეკომენდებულია გამოვიყენოთ იმ არაუეჭვლი შეტყობინებების წყაროების აღმოჩენის ალგორითმები, რომლებიც მონაცემთა გადაცემის ხაზებით გადაიცემა.
3. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა/მეთვალყურეობის პროცესის დინამიკური სისტემების მათემატიკური თეორიის პოზიციებიდან ანალიზი საშუალებას იძლევა ფორმულირებული იქნეს მართვა/მეთვალყურეობის პროცესების ოპტიმიზაციის ზოგადი ამოცანა, რომელიც შემდგომში პრაქტიკული რეალიზაციის საფუძველს შეადგენს.
4. უპილოტო საფრენი აპარატების მონაწილეობით პოტენციურად კონფლიქტური სიტუაციის გადაჭრისთვის უნდა გამოვიყენოთ ახლად შემუშავებული მეთოდები, რომლებიც საშუალებას იძლევა შესრულდეს გადახრის მანევრები ვერტიკალურ



სიბრტყეებში გარანტირებული შედეგებით. შესაბამისი ალგორითმები რეკომენდებულია რეალიზებული იქნეს მიწისზედა და საბორტო კომპლექსებში.

5. უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში ფრენების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს ახალი ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენება, პირველ რიგში კონფლიქტური სიტუაციების აღმოჩენისა და გადაჭრისათვის.

## თავი 3. უპილოტო საფრენი აპარატისათვის მართვისა და ნავიგაციის სისტემის აგება.

### 3.1 უპილოტო საფრენი აპარატისათვის მართვისა და ნავიგაციის სისტემის მოწყობილობის შემადგენლობის შემუშავება.

ცნობილია უპილოტო საფრენი აპარატების უამრავი ნაირსახეობა, რომლებიც განსხვავდებიან დანიშნულების, გაბარიტების, მასის, ფრენის სიმაღლისა და სიშორის მიხედვით. მათ შეუძლიათ შეასრულონ ფრენა საჰაერო სივრცეში, როგორც მაღალ სიმაღლეებზე ასევე დაბალ სიმაღლეებზე. ამასთან დაკავშირებით აქტუალური ხდება ფრენების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პრობლემა, უპირველეს ყოვლისა, უპილოტო საფრენი აპარატების საჰაერო მოძრაობის სხვა მონაწილეებთან გაუთვალისწინებელი შეჯახების. როგორც უპილოტო აპარატის საბორტო ავტონომიური მოწყობილობის და მისი ფრენის მართვის მიწისზედა საშუალებების ტექნიკური გადაწყვეტილებების ანალიზი უჩვენებს, მითითებული პრობლემის ეფექტური ტექნიკური გადაწყვეტილებები საშიში მიახლოების და შეჯახების რისკის შემცირების თვალსაზრისით არ არსებობს. ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ უპილოტო საფრენი აპარატებისათვის მმართველი კომპლექსის ტიპური სტრუქტურა უნდა შედგებოდეს მონაცემთა წყაროებისაგან, რომელთა სახით გამოიყენება: აჩქარებისა და კუთხური სიჩქარეების გაზომვის ინერციული გადამწოდები; მაგნიტური გადამწოდები; ტემპერატურის გადამწოდები; წნევის გადამწოდები; ჩაშენებული GPS-ს მიმღები.

მიღებული მონაცემები ანალოგიურ-ციფრული გარდაქმნის ბლოკის გავლით მოხვდება საბორტო ავტონომიური მართვის სისტემის ბლოკში, სადაც ხდება ობიექტის მოძრაობის პარამეტრების შეფასება და შემსრულებელ მექანიზმზე ზემოქმედების გამომუშავება. შემავალი მონაცემების სახით მართვის სისტემის

ბლოკს აგრეთვე შეუძლია მიიღოს გარეგანი მმართველი ზემოქმედებები. მართვის სიგნალების გამომუშავებული მნიშვნელობები გადაეცემა უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის მართვის ორგანოებს.

საბორტო ავტომატური მართვის სისტემის ენერგოდამოკიდებულ მექანიზმებში ინახება მართვის ბლოკის კონფიგურაციის და ფრენის შესრულების პროგრამა, რომელიც იცვლება იმ განსაზღვრული მოვლენების ზემოქმედებით, რომლებსაც ადგილი აქვს უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენისას.

ცნობილია უპილოტო საფრენი აპარატის უსადენო მართვის მეთოდი და სისტემა. ეს სისტემა შეიცავს: მიწისზედა მართვის პუნქტს, უპილოტო საფრენ აპარატს, რომელიც მოწყობილია მართვის მოწყობილობებით, ინფორმაციის მიღებისა და გადაცემის მოწყობილობით, კავშირის უსადენო სისტემის უპილოტო საფრენ აპარატის სისტემისა და მიწისზედა მართვის პუნქტებს შორის.

მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ რადიოკავშირის სისტემა, მონაცემთა ხელით შეყვანის, მიღების და გადაცემის მოწყობილობები (მაგალითად, ფიჭური ტელეფონი), აგრეთვე სხვა ანალოგიური ტექნოლოგიები გამოიყენება უპილოტო საფრენ აპარატსა და მიწისზედა მართვის პუნქტებს შორის კავშირისათვის, უპილოტო აპარატის ფრენის პარამეტრების მართვის კომანდების გადაცემისათვის და უპილოტო საფრენი აპარატისადმი მეთვალყურეობის მონაცემების მიღებისათვის.

ეს მეთოდი პილოტ-ოპერატორს საშუალებას აძლევს აკონტროლოს უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენა სამგანზომილებიანი სინთეზირებული გამოსახულების დახმარებით. ფრენის დროს უპილოტო აპარატის საბორტო სისტემა პერიოდულად ახდენს თავისი იდენტიფიკატორის ადგილმდებარეობის, სიმაღლისა და აზიმუტის ტრანსლირებას. უპილოტო საფრენი აპარატიდან მიღებული მონაცემების მიხედვით ვიზუალიზაციის სისტემაში გენერირდება და აისახება მონიტორის ეკრანზე ის ვითარება, რომელიცაა საფრენი აპარატის ადგილისამყოფელის ირგვლივ. ანალიზებს რა მოცემულ გამოსახულებას, პილოტი-ოპერატორი ზემოქმედებს ფრენის მართვის სისტემის ორგანოებზე. ფრენის

მართვის სისტემის სიგნალების ტრანსლირება ხდება უპილოტო საფრენ აპარატზე. უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის იმ ფაზების განმავლობაში, როდესაც ვიზუალიზაციის სისტემა მართვისათვის არ გამოიყენება, აპარატი ფრენას ასრულებს საბორტო ავტომატური მართვის სისტემით. დამატებით უზრუნველყოფილი ხდება კავშირის არხი საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემასთან და სხვა საფრენი აპარატების პილოტებთან, რომელთაც პირდაპირი კავშირი აქვთ ამ პილოტ-ოპერატორთან. პროტოტიპის ნაკლი იმაში მდგომარეობს, რომ მართვის იმ ორგანოებიდან, რომლებზეც პილოტ-ოპერატორი ზემოქმედებს, უპილოტო საფრენი აპარატის ბორტზე მმართველი სიგნალების გადაცემისათვის საჭიროა ფართოხოლიანი რადიოხაზი, რომელსაც მონაცემთა გადაცემის ვიწროხოლიან ხაზთან შედარებით გადამცემის იმავე სიმძლავრისას აქვს მოქმედების ნაკლები სიშორე, აგრეთვე დაბალი დაცვა ხელშემშლელისაგან.

ამ ნაკლოვანებების თავის დახწვევის მიზნით უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის სისტემის აგების სფეროში გათვალისწინებულია ტექნიკური გადაწყვეტილება, რომელიც აფართოებს მოცემული დანიშნულების საშუალებების არსენალს.

მისი მიზანი მდგომარეობს უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ეფექტურობის და საჰაერო სივრცეში ფრენების შესრულების უსაფრთხოების დონის ამაღლებაში მონაცემთა შეკრების, დამუშავებისა და გადაცემის ახალი ტექნოლოგიების გამოყენების გზით.

ეს მიზანი მიიღწევა იმით, რომ ერთი ან რამდენიმე უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა ხდება ერთი ან რამდენიმე საერთო რადიოარხების დახმარებით. ამ დროს თითოეული უპილოტო საფრენი აპარატი მოწყობილია საბორტო ავტომატური მართვის სისტემით, თანამგზავრული სანავიგაციო სისტემით, მაღალი სიზუსტის სინქრონიზირებული საათით, აგრეთვე საბორტო გამომთვლელით და მიმღებ-გადამცემი რადიოსადგურით, რომლის დახმარებით ხორციელდება ციფრული რადიოკავშირი ძირითად რადიოსადგურთან,

სტაციონარულ ან მოძრავ მართვის პუნქტთან, რომელიც მოწყობილია ოპერატორის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილით.

თითვეული გადამცემი რადიოსადგურის მიერ შეტყობინებების ტრანსლაცია ხდება რეალური დროის დისკრეტული სკალის წინასწარ მოცემული მონაკვეთში დროითი წინსწრებით, რომელიც საკმარისია მითითებული კომანდების მიღებასა და შესრულებაში დაყოვნების კომპენსაციისათვის.

სიახლეა აგრეთვე ის ფაქტი, რომ უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის კომანდები, შეიცავს სანავიგაციო მონაცემებს მარშრუტის ერთი ან რამდენიმე პუნქტის შესახებ მათი გეოგრაფიული განედის, გრძედის, აგრეთვე ფრენის სიმაღლის ვერტიკალური სიჩქარის და ტრეექტორიის დახრის კუთხის შესახებ.

უპილოტო საფრენ აპარატზე გადასაცემი მართვის კომანდები შეიცავს ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეში წინასწარ განსაზღვრული მანევრის კოდს, მითითებული მანევრის პარამეტრებს, მონაცემებს მანევრის დაწყების მომენტის და მისი დასრულების შესახებ. მეთვალყურეობის მონაცემების მიხედვით გამოითვლება უპილოტო საფრენი აპარატის პროგრამული მოძრაობიდან გადახრა. ხოლო იმ შემთხვევაში, როცა მითითებული გადახრები აღმატებიან დასაშვებს, გამოიმუშავენ და გასცემენ რადიოარხში მაკორექტირებელ ერთჯერად კომანდებს, რომლებიც ამცირებენ ამ გადახრების სიდიდეს. თითვეული მოძრაობის მონაწილე გადასცემს საერთო არხში დროის წინასწარ მოცემულ ინტერვალში ან შეკითხვისას თავის იდენტიფიკაციურ ნომერს, მონაცემების საკუთარი სივრცითი კოორდინატების შესახებ, კერძოდ, განედს, გრძედს და სიმაღლეს, მოძრაობის პარამეტრებს, კერძოდ, საგზაო სიჩქარეს, გზის კუთხეს, ტრეექტორიის დახრის კუთხეს და ვერტიკალურ სიჩქარეს, აგრეთვე მითითებული მონაცემების გაზომვის მომენტის ათვლას რეალური დროის სკალაზე.

მოძრავი ობიექტების მოძრაობის პარამეტრების და მიმდინარე კოორდინატების შესახებ მონაცემების მიხედვით, რომლებიც საერთო რადიოარხითაა მიღებული, მართვის პუნქტზე ხდება საჭირო ვითარების ორ ან

სამგანზომილებიანი ასახვა ოპერატორის მონიტორინგის ეკრანზე, გამოითვლიან მოძრაობის ყველა მონაწილის პროგნოზირებულ ტრაექტორიას, რის შემდეგ ამოწმებენ მიახლოების კრიტერიუმებს. საშიში მიახლოების პროგნოზის აღმოჩენისას გამოიმუშავება უპილოტო საფრენი აპარატის გადახრის მანევრის კომანდები და ხდება მათი ტრანსლირება საერთო რადიოარხში. თუ სახეზეა მართვის კომანდებისა და უპილოტო აპარატის მოძრაობის პარამეტრების და კოორდინატების შესახებ მონაცემების შეტყობინების მალულობა და კონფედენციალობა, მაშინ საერთო რადიოარხში გადაცემის წინ მათი გაშიფვრა, ხოლო მიღების ბოლოში მათი დეშიფრირება მიმდინარეობს. უპილოტო საფრენი აპარატის საბორტო რადიოსადგურის მიერ გადასაცემი შეტყობინება შეიცავს მონაცემებს გარემოს პარამეტრების შესახებ, როგორცაა ქარის სიჩქარე და მიმართულება, ტემპერატურა და ატმოსფერული წნევა ფრენის სიმაღლეზე, აგრეთვე დამატებით ინფორმაციას საბორტო მოწყობილობის რეჟიმის, უწესივრობების და მტყუნებების შესახებ. მართვის კომანდების გამოთვლისას გაითვალისწინება უპილოტო საფრენი აპარატის დინამიკური მახასიათებლები, საბორტო მართვის სისტემაში ჩადებული ალგორითმები, აგრეთვე გარეგანი შეშფოთებები, შესაძლო უწესივრობები და მტყუნებები (საბორტო მოწყობილობის). ზემოთ ჩამოთვლილი ამოცანების ეფექტური გზით გადაწყვეტა ნიშნავს საჰაერო ვითარებისადმი მეთვალყურეობის საშუალებების ინფორმაციულობის ზრდას, აგრეთვე უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ეფექტური ხერხების გამოყენებას.

უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის განსაზღვრულ ფაზებისათვის მისი მოძრაობის გეგმისა და პროგრამას დებენ წინასწარ საბორტო გამომთვლელის მეხსიერებაში, ამ დროს ფრენა სრულდება ავტომატურ რეჟიმში ავტოპილოტის მეშვეობით. რეალურ პირობებში მოითხოვება უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის პარამეტრების კორექტირება და პროგრამის გადაწყობა შეცვლილ ვითარებასა და ახალი ამოცანების წარმოშობასთან დაკავშირებით. მოძრაობის პარამეტრების და კოორდინატების გაზომვის სიზუსტისა და საიმედოობის ზრდის გათვალისწინებით, რომელიც უზრუნველყოფილია მეთვალყურეობის

თანამგზავრული სისტემით, რეალური ხდება უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის ზუსტი და უეჭველი პროგნოზის მიღება დროის რომელიღაც ინტერვალზე მისი დინამიკისა და გარეგანი გარემოს გავლენის გათვალისწინებით. ეს კი საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ მართვის დისკრეტული ხერხი, რომლის დროს მმართველი ინფორმაცია უპილოტო საფრენი აპარატის ბორტზე გადაიცემა შევიწროებული ფორმით, კერძოდ მაკროკომანდების სახით. მითითებული კომანდები შეიცავს საჭირო მონაცემებს მოძრაობის პროგრამის შეცვლის შესახებ და მათი შესრულება ხდება საბორტე მართვის ავტოპილოტური სისტემების მიერ წინასწარ მოცემული ალგორითმების შესაბამისად. კომანდების შევიწროებულ კოდირებულ ფორმაში გადაცემის ხერხი საშუალებას იძლევა შემცირდეს მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე და, როგორც შედეგი, სიხშირეთა ზოლი, რაც იწვევს ხელშემშლელისაგან დაცულობის და გადაცემის სიშორის ზრდას ფართოზოლიან ხაზთან შედარებით გადამცემის იმავე სიმძლავრისას.

მარშრუტით ფრენისათვის ან მისი შეცვლისათვის გამოიყენებენ მაკროკომანდებს, რომელიც შეიცავენ სანავიგაციო მონაცემებს მარშრუტის მოზრუნების პუნქტების შესახებ მათი გეოგრაფიული განედისა და გრძედის მითითებით. ამ და სხვა მონაცემების მიხედვით, აგრეთვე ცნობილი ალგორითმების მიხედვით საბორტო ავტომატური მართვის გამომთვლელში რეალურ დროში გამოიმუშავება მმართველი ზემოქმედებები მოძრაობის პარამეტრების ცვლილებაზე და მიეწოდება ავტოპილოტს. უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების შესაძლებლობის გაფართოებისათვის ასევე ითვალისწინებენ მართვის მაკროკომანდებს, რომლებიც შეიცავს ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში წინასწარ განსაზღვრული მანევრების კოდს, მითითებული მანევრის პარამეტრებს და მონაცემებს მანევრის დაწყებისა და დამთავრების მომენტების შესახებ. ასეთი მანევრები საჭიროა დაბრკოლებების შემოფრენისას, სხვა საფრენ აპარატთან უშუალო შეჯახების თავიდან აცილების მიზნით გადახრისას, აგრეთვე სპეციალური ამოცანების შესრულებისას. მითითებული პარამეტრების სახით მანევრის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში შესრულებისას მიღებულია მოცემული

საგზაო კუთხე, აგრეთვე კუთხური სიჩქარე, ან შემობრუნების რადიუსი, ხოლო ვერტიკალურ სიბრტყეში - მოცემული ფრენის ვერტიკალური სიჩქარე ან ტრაექტორიის დახრის კუთხე.

მართვის შემოთავაზებული ხერხის ღირსება მდგომარეობს ინფორმაციის წვდომაში მოძრაობის ყველა იმ მონაწილეთათვის, რომლებიც აღჭურვილია ტრანსპონდერით.

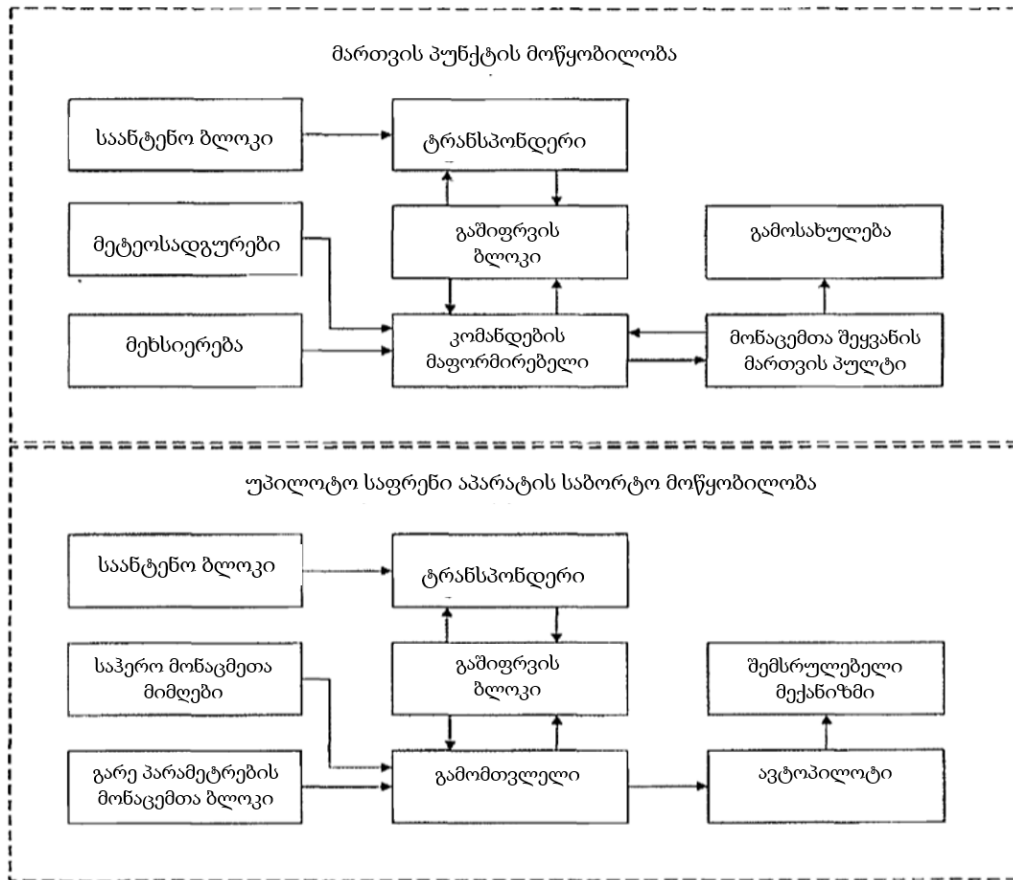
ფართოსამაუწყებლო რეჟიმის ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების დევნების მონაცემთა გადაცემის ხაზით მონაცემების გადაცემის სიჩქარე შეადგენს 19200 ბიტი წამში.

მართვის კომანდების გადაცემისა და შესრულებისათვის განსაზღვრული დროა საჭირო, რომელიც თითოეული კომანდებისათვის გამოითვლება. უპილოტო საფრენი აპარატისთვის გარდამავალი პროცესების დრო ფრენის დამყარებულ რეჟიმებს შორის (მაგალითად ჰორიზონტალური ფრენისა და მობრუნებას ან სიმაღლის აღებასა და დაშვებას შორის) შეადგენს 1-3 წამს.

თუ საჭირო გახდება ერთჯერადი კომანდების სასწრაფოდ შესრულება, მაშინ გამოიყენება დამატებითი რადიოარხი.

შემოთავაზებული ხერხის რეალიზება ხდება მოწყობილობით, რომლის ბლოკ-სქემა წარმოდგენილია ნახ. 3.1-ზე.





**ნახ.3.1 მართვის პუნქტის და უპილოტო საფრენი აპარატის მოწყობილობების სტრუქტურული ბლოკ-სქემა.**

3.1. ნახაზზე გამოსახულია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის პულტის მოწყობილობა, რომლებიც შედგება ანტენური ბლოკისაგან, მონაცემების შეყვანისა და გამოყვანის პულტისაგან. მათი გამოსასვლელები შეერთებულია მართვის კომანდების მაფორმირებლების „B“ და „A“ შესასვლელებთან. მართვის კომანდების მაფორმირებლის „I“ შესასვლელი მიერთებულია მეხსიერების მოწყობილობის გამოსასვლელთან აერონავიგაციური მონაცემებისა და უპილოტო აპარატის საპილოტაჟო-სანავიგაციო მახასიათებლების შენახვის მიზნით. შიფრების ბლოკის „ა“ და „ბ“ შესასვლელებთან მიერთებულია ტრანსპონდერი და მართვის კომანდების მაფორმირებელი, ხოლო პირველი და მეორე გამოსასვლელები მიერთებულია ტრანსპონდერის „ბ“ შესასვლელთან და გამომთვლელი ბლოკის „ბ“ შესასვლელი

შეერთებულია გარემოს პარამეტრების გადამწოდების ბლოკთან, თანამგზავრულ სანავიგაციო სისტემასთან, რომლის გამოსასვლელი მიერთებულია გამომთვლელის გამოსასვლელთან, ხოლო მისი გამოსასვლელი - საჭის ამძრავების მოწყობილობებთან.

მოწყობილობა შემდეგნაირად მუშაობს. ტრანსპონდერები შეიცავენ მაღალი სიზუსტის საათებს და შეტყობინებებს ლებულობენ ერთი ან რამდენიმე რადიოარხიდან დროითი დაყოფით და გადასცემენ საკუთარ შეტყობინებებს მითითებულ არხში. საკუთარი შეტყობინებები შეიცავს მონაცემებს მდგომარეობის, კოორდინატების და მოძრაობის პარამეტრების შესახებ. მართვის პულტში მოძრავი ობიექტის იმ მონაცემების მიხედვით, რომლებიც მიღებულია საერთო რადიოარხით, ხდება საჭაერო ვითარების ორ ან სამგანზომილებიანი გამოსახულება ოპერატორის მონიტორის ეკრანზე.

უპილოტო საფრენი აპარატის დანიშნულებისას და იმ კონკრეტული ამოცანების შესაბამისად, რომლებიც მან უნდა გადაწყვიტოს ფრენის მოცემულ ეტაპზე, პილოტ-ოპერატორი ადგენს მანევრის ტიპს და მის პარამეტრებს, მათ შორის მისი შესრულებისა და დამთავრების მომენტს. პილოტ-ოპერატორს შეჰყავს ეს მონაცემები მართვის კომანდების ფორმირების ბლოკში. ამ ბლოკის გამომთვლელში გამოითვლება წინსწრების დრო და კომანდები გადაიცემა ტრანსპონდერში. ტრანსპონდერის გამომთვლელი მიღებული მონაცემების მიხედვით გამოითვლის მოძრაობის ყველა მონაწილის პროგნოზირებულ ტრაექტორიებს და ამოწმებს მიახლოების კრიტერიუმებს. საშიში მიახლოების პროგნოზის აღმოჩენისას გამოიმუშავება უპილოტო საფრენი აპარატის გადახრის კომანდები და ხდება მათი საერთო რადიოარხში ტრანსლირება.

ამგვარად, უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის მართვის პუნქტის ოპერატორი და საჭაერო მოძრაობის სხვა მონაწილეები ერთი ან რამდენიმე საერთო არხებიდან ლებულობენ სრულ და უტყუარ ინფორმაციას საჭაერო მოძრაობის ყველა მონაწილის ფრენის პარამეტრებისა და კოორდინატების შესახებ. ოპერატორის ავტომატიზებული და სამუშაო ადგილიდან მითითებულ არხში გადაიცემა

მართვის კომანდები, თანაც ვიწროზოლიანი არხის გამოყენების ხარჯზე მიიღწევა ხელშემშლელისაგან მაღალი დაცულობა გადამცემის შეზღუდული სიმძლავრისას. რის შედეგად უზრუნველყოფილი ხდება უპილოტო საფრენი აპარატის საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხოების მაღალი დონე.

### **3.2. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის სისტემის ფუნქციონირების ძირითადი პრინციპები.**

უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის მარშრუტი დგინდება მოიცემული მობრუნების პუნქტების ნაკრებით. მარშრუტის მობრუნების თითოეული პუნქტი წარმოადგენს გეოგრაფიულ წერტილს, რომელიც გრძედითა და განედითაა მოცემული და თანამიმდევრული მობრუნების პუნქტების შემაერთებელი ხაზები ქმნიან მარშრუტის უბნებს. თითოეული მობრუნების პუნქტისათვის შეიძლება მოცემული იყოს დამატებითი პარამეტრები:

1. სიმაღლე წარმოადგენს მოცემულ სიმაღლეს, რომელიც უნდა ჰქონდეს აპარატს მობრუნების პუნქტის შემდგომ უბანზე;
2. სიჩქარე მოცემული სიჩქარე, რომელიც უნდა ჰქონდეს აპარატის მობრუნების პუნქტის შემდგომ უბანზე;
3. მარშრუტის მობრუნების პუნქტზე გადაფრენის დრო განსაზღვრავს დროის მომენტს, როდის უნდა მოხდეს მოცემული პუნქტის გავლა;
4. არააუცილებელი გადაფრენის ნიშანი ეს ნიშნავს, რომ მარშრუტის მომდევნო მობრუნების პუნქტზე მობრუნება დასაშვებია დაიწყოს გზის ხაზის ნებისმიერ წერტილში. გამოიყენება იმისათვის, რომ ავირჩევთ რა მობრუნების სწორ მომენტს, მომდევნო პუნქტზე გადაფრენა უზრუნველყოფილი იყოს დროის მოცემულ მომენტში. უპილოტო საფრენი

აპარატის მართვის რეჟიმი აირჩევა ოპერატორის მიერ და შეიძლება გადაირთოს ფრენის პროცესში.

უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის რეჟიმების არსის მოკლე აღწერა მოცემულია ცხრილში 3.1.

**ცხრილი 3.1.**

რეჟიმი	აღწერილობა
<b>ხელით მართვა</b>	<p>ოპერატორს შეუძლია გასცეს ერთჯერადი მართვის კომანდები საპილოტაჟო კომპლექსში („მობრუნება“, „სიმაღლის აღება“, „დაშვება“, „ჰორიზონტი“, „დაფრენა“, და ა.შ. კომანდების გაცემის შესაძლებლობა შეიძლება ბლოკირებული იყოს შემდეგ შემთხვევებში: წინა კომანდის გადაცემა არ დასრულებულა;</p> <p>საპილოტაჟო კომპლექსის მიმდინარე მდგომარეობა არ იძლევა საშუალებას გაიცეს მოცემული კომანდა (მაგალითად რეჟიმში „მარჯვენა მობრუნება“ შეუძლებელია კომანდის „მარცხენა მობრუნება“ გაცემა).</p>
<b>ავარიული მართვა</b>	<p>ოპერატორს შეუძლია გასცეს ერთჯერადი მართვის კომანდები საპილოტაჟო კომპლექსის მართვის ნებისმიერი კომანდის გაცემა. ნებისმიერი კომანდა შეიძლება გაცემული იქნეს საპილოტაჟო კომპლექსის მიმდინარე მდგომარეობის და წინათ გაცემული კომანდის შესრულების დადასტურების გარეშე.</p>
	<p>გათვალისწინებულია მართვის ოთხი მაკროკომანდა:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ სიმაღლის აღება ან დაშვება მოცემულ სიმაღლემდე;</li> <li>➤ გაქანება ან დამუხრუჭება მოცემულ სიჩქარემდე;</li> </ul>

<p><b>მაკროკომანდა</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ მოზრუნება მოცემულ საგზაო კუთხემდე;</li> <li>➤ გვერდითი მანევრი მოცემული გვერდითი გადახრით.</li> </ul> <p>მაკროკომანდის გაცემის შემდეგ მართვის სისტემა ავტომატურად ახდენს იმ ერთჯერადი კომანდების კრებულის ფორმირებას, რომლებიც დასმული ამოცანებს ასრულებს და აკონტროლებს მათ დამუშავებას.</p>
<p><b>ავტომატური მართვა</b></p>	<p>ავტომატური მართვის რეჟიმში სისტემა ავტომატურად ახდენს იმ ერთჯერადი კომანდების შეკრებას, რომლებიც უზრუნველყოფს უპილოტო აპარატის მიერ განსაზღვრული მარშრუტის გავლას. ფრენის მიერ პროცესში სისტემა აკონტროლებს აპარატის გადახრას მარშრუტიდან და ზღვრული მნიშვნელობის გადამეტებისას ახდენს პროგრამის ისე კორექტირებას, რომ აპარატი დაბრუნდეს მარშრუტზე.</p>

ხელით მართვის რეჟიმში ხდება ერთი კომანდისაგან შედგენილი პროგრამის ფორმირება. იწყება პროგრამის გადაცემა რადიოარხით და გადაიცემა მანამ, სანამ არ მოვა მისი წარმატებით ბორტზე მოხვედრის დადასტურება.

დროის ინტერვალის განმავლობაში, როდესაც კომანდის გადაცემა უკვე დაიწყო, ხოლო დადასტურება ჯერ არ მოსულა, სხვა კომანდების გაცემის შესაძლებლობის ბლოკირება ხდება. დადასტურების მიღებისას სისტემა ოპერატორს სიგნალს აძლევს იმის შესახებ, რომ მის მიერ გაცემული კომანდა საპილოტაჟო კომპლექსის მიერ სრულდება.

ავარიული რეჟიმის დანიშნულებაა ავარიულ სიტუაციებში მართვა, როდესაც საჭიროებაა გაიცეს ერთჯერადი კომანდა, რომლის გაცემის უფლებას ხელით მართვის რეჟიმში არ იძლევა მოცემულ მომენტში (ბლოკირებას უკეთებს).

ავარიულ რეჟიმში ოპერატორს საშუალება აქვს ნებისმიერ მომენტში გასცეს ნებისმიერი კომანდა მიუხედავად მიმდინარე კომანდის შესრულებისა და დადასტურების არსებობისა.

ოპერატორს შეუძლია მართოს უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენა მაკროკომანდების მეშვეობით. ოპერატორი აგზავნის მაკროკომანდის მხოლოდ პარამეტრს (სიმაღლე, სიჩქარე, საგზაო კუთხე, გვერდითი გადახრა), ხოლო სისტემა ავტომატურად მართავს უპილოტო აპარატის ფრენას. ისე, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს მოცემული პარამეტრის მიღწევა მაკროკომანდის „მოცემული სიმაღლე“ შესრულებისათვის ხდება იმ პროგრამის ფორმირება და გადაცემა, რომელიც ორი კომანდისაგან შედგება: „სიმაღლის აღება“ („ან დაბლა დაშვება“) და „ჰორიზონტალური ფრენა“. ამ კომანდებს შორის დროის ინტერვალი მოცემულია იმის გათვლით, რომ კომანდების „ჰორიზონტალური ფრენა“ გადაცემის დრო შეესაბამებოდეს მოცემული სიმაღლის დაკავების გამოთვლილ დროს.

მაკროკომანდის „მოცემული სიმაღლე“ შესრულების პროცესში ხდება უპილოტო საფრენი აპარატის მიმდინარე სიმაღლის უწყვეტი კონტროლი. თუ აღმოჩნდება, რომ მისი მიმდინარე სიმაღლე აღების ან დაშვების პროცესში არ შეესაბამება გათვლილს, მაშინ ხდება იმ დროის მომენტის ხელახალი გამოთვლა, როდესაც მიღწეული იქნება მოცემული სიმაღლე, მის საფუძვლზე ხდება ახალი პროგრამის ფორმირება იმისათვის, რომ უფრო ზუსტად იქნეს დაკავებული მოცემული სიმაღლე.

მაკროკომანდები „მოცემული სიჩქარე“ და „მოცემული საგზაო კუთხე“ ამავე პრინციპით სრულდება.

მაკროკომანდა „გვერდითი მანევრი“ ახდენს გვერდით მანევრს პარალელურ გზის ხაზზე გასვლით. ამისათვის ხდება განსაზღვრული კუთხით მარჯვენა ან მარცხენა მობრუნება, შემდეგ შესაძლებელია მოკლე დროში სწორხაზოვანი ფრენა, რის შემდეგ საწყის კურსზე დაბრუნება.

ავტომატური მართვის რეჟიმში უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენა მიმდინარეობს ოპერატორის ჩარევის გარეშე. ავტომატურად ფორმირდება და

გადაიცემა პროგრამები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მარშრუტის გავლას მოცემული სიმაღლის, სიჩქარის და მობრუნების წერტილების გავლის დროის დაცვით.

ახალი პროგრამის ფორმირება და გადაცემა ხდება შემდეგ შემთხვევებში: უპილოტო საფრენი აპარატის გადახრამ პროგნოზირებული ტრაექტორიიდან გადაამეტა დასაშვებ სიდიდეს; დროის მონაკვეთი, რომელზეც წინა პროგრამა გათვლილი, დასასრულისკენ მიდის.

პროგრამის ფორმირება ხდება შემდეგი თანმიმდევრული ფრაგმენტებიდან.

1. უპილოტო საფრენი აპარატის კოორდინატების გადათვლა გეოგრაფიულიდან კოორდინატთა ორთოდრომულ სისტემაში;
2. თუ გვერდითი გადახრა გადააჭარბებს დასაშვებ მნიშვნელობას, მაშინ ხდება პროგრამის იმ ფრაგმენტის ფორმირება, რომელიც შეიცავს კორექციის მანევრს. კორექციის მანევრი გამოიყენებს კომანდებს „მარჯვენა მობრუნება“, „მარცხენა მობრუნება“ და „პირდაპირ“. მანევრი უზრუნველყოფს მიმდინარე გზის ხაზზე დაბრუნებას მოცემულ საგზაო კუთხეზე გასვლით;
3. თუ სიმაღლე არ შეესაბამება მოცემულს, მაშინ ფორმირდება პროგრამის ფრაგმენტი, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემული სიმაღლის აღებას ან დაბლა დაშვებას. თუ მომდევნო პუნქტზე მობრუნების დაწყებამდე დრო არასაკმარისია, და უპილოტო საფრენი აპარატი ვერ ასწრებს დაიკავოს მოცემული სიმაღლე, მაშინ სიმაღლის აღების ან დაბლა დაშვების დრო შეიზღუდება მომდევნო პუნქტისაკენ მობრუნების დასაწყისის დროით.
4. თუ წინა კომანდების შესრულების შემდეგ სიჩქარე არ შეესაბამება მოცემულის, მაშინ ხდება პროგრამის ფრაგმენტის ფორმირება, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემული სიჩქარის მიღწევას. თუ მარშრუტის მომდევნო პუნქტისაკენ მობრუნების დაწყებამდე ძალიან მცირე დრო დარჩა, და უპილოტო საფრენი აპარატი ვერ ასწრებს მიაღწიოს მოცემულ სიჩქარეს, მაშინ აჩქარების ან დამუხრუჭების დრო შეიზღუდება მომდევნო პუნქტისაკენ მობრუნების დასაწყისის დროით;

5. მოცემული სიმაღლისა და სიჩქარის მიღწევის შემდეგ ხდება სწორხაზოვანი ჰორიზონტალური ფრენა სიჩქარის სტაბილიზაციით მომდევნო პუნქტისაკენ მობრუნების დაწყებამდე. მობრუნების დასაწყისი ესეთნაირად გამოითვლება, რომ მობრუნების დასრულების შემდეგ საფრენი აპარატი მომდევნო გზის ხაზზე აღმოჩნდეს;
6. სწორხაზოვანი ჰორიზონტალური ფრენის უბნის შემდეგ ფორმირდება პროგრამის ის ფრაგმენტი, რომელიც უზრუნველყოფს მომდევნო პუნქტისაკენ მობრუნებას;
7. პუნქტები 1-6 მეორდება მარშრუტის მომდევნო პუნქტისათვის და ა.შ, სანამ მარშრუტის უკანასკნელი წერტილი არ მიიღწევა ან სანამ კომანდების რაოდენობა პროგრამაში არ გადაამეტებს დასაშვებს.

### 3.3 ავტომატური დამოკიდებული მეთვალყურეობის სამაუწყებლო რეჟიმის მონაცემთა გადაცემის ხაზის გამოყენება უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში.

არც თუ ისე წარსულში დისპეტჩერმა, რომელსაც თავის განკარგულებაში თანამედროვე ლოკატორი ჰქონდა, საჰაერო ხომალდის მდებარეობა ხშირად უფრო ზუსტად იცოდა ვიდრე მისმა ეკიპაჟმა. მდგომარეობა რადიკალურად შეიცვალა ექსპლუატაციაში მეორე თაობის თანამგზავრული რადიონავიგაციური სისტემების შეყვანის შემდეგ, ისეთების როგორცაა NAVSTAR და GLONASS. საჰაერო ხომალდზე ასეთი სისტემის სანავიგაციო მიმღების დაყენებისას ეკიპაჟს შესაძლებლობა გაუჩნდა განსაზღვროს საკუთარი ადგილმდებარეობა 30 მეტრის სიზუსტით. გარდა ამისა, GNSS-მიმღების საბორტო ნავიგაციურ კომპლექსში ინტეგრაციისას ჩნდება კოორდინატების განსაზღვრის საიმედოობის ამაღლების შესაძლებლობა მისი ნავიგაციის ინერციალურ



სისტემასთან შეუღლების ხარჯზე. ამ შემთხვევაში კოორდინატთა მორიგი ათვლის მიღებისას გამოითვლება მისი გადახრა ინერციალური სისტემის მონაცემებიდან. თუ ეს გადახრა იმყოფება დასაშვები ცდომილების ფარგლებში, მაშინ ინერციალური სისტემის ათვლის დასაწყისი დგინდება თანამგზავრული მიმღების მონაცემების მიხედვით. ანომალურად დიდი გადახრის აღმოჩენისას კი კოორდინატების განსაზღვრა თანამგზავრული რადიონავიგაციური სისტემების მიხედვით არაუეჭველად ითვლება და ხდება მისი იგნორირება, ხოლო მდებარეობა განისაზღვრება ინერციალური სისტემის მიხედვით. საკოორდინატო ინფორმაციის ოპერატიულობისა და სიზუსტის მიხედვით ასეთი სისტემა უკან მოიტოვებს თანამედროვე რადიოლოკატორებს.

ამრიგად, თანამგზავრული რადიონავიგაციური სისტემების გამოჩენასთან ერთად საჰაერო ხომალდის მდებარეობა უკეთესად განისაზღვრება მისი საბორტო ნავიგაციური კომპლექსით, ვიდრე იმ მიწისზედა მეთვალყურეობის საშუალებებით, რომლებიც დისპეტჩერის განკარგულებაშია. ამასთან დაკავშირებით წამოიჭრა იდეა ადგილმდებარეობის შესახებ მონაცემები ბორტიდან გადაიცეს მიწაზე, რითაც ავიადისპეტჩერს ვამარაგებთ საჰაერო ვითარების შესახებ მაღალი სიზუსტის ოპერატიული ინფორმაციით. ასეთი ტრანსლაცია შესაძლებელია მხოლოდ ციფრული რადიოკავშირის ხაზებით(VDL).

თავის მხრივ, ასეთი კავშირის საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესში წარმატებით ორგანიზებისას სახეზეა რიგი პრინციპულად ახალი შესაძლებლობები. კერძოდ, ის შეიძლება გამოვიყენოთ არა მარტო კოორდინატების ტრანსლაციისათვის, არამედ სხვა ინფორმაციით უხმო გაცვლისათვის, რომელიც საჭიროა როგორც ავიადისპეტჩერისათვის, ისე საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟისათვისაც. ეს შეიძლება იყოს დისპეტჩერის კავშირი ეკიპაჟთან საჰაერო მოძრაობის უზრუნველსაყოფად ან საჰაერო ხომალდის საბორტო მოწყობილობების პირდაპირი მართვაც კი, მეტეოროლოგიური ინფორმაცია, ოპერატიული კავშირი ავიაკომპანიასთან.

რადიოსამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების რეალიზაციისათვის საჰაერო ხომალდის ბორტზე უნდა იყოს ტრანსპონდერი, რომელიც წარმოადგენს მიმღების შემცველ მოწყობილობას, ციფრულ ულტრამოკლე მიმღებ-გადამცემს და კონტროლერს, რომელიც ამ მოწყობილობებს ერთმანეთთან აკავშირებს. ანუ საჰაერო ხომალდები, რომლებიც იმყოფებიან პირდაპირი მხედველობის მანძილზე, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ დაკავშირებული არიან ერთი ციფრული რადიოარხით. ავიადისპეტჩერსა და უპილოტო საფრენი აპარატის პილოტს შორის ურთიერთქმედების პროცესში კავშირის ეს ხაზი წარმოადგენს პილოტის „ხელეხ“, რომელიც მართავს რაღაც მანძილზე დაშორებულ პილოტირებად საფრენ აპარატს.

მაგრამ ამ სპეციალური რადიოხაზის მტყუნებისას ავიადისპეტჩერისა და უპილოტო საფრენი აპარატის პილოტ-ოპერატორისათვის ხელმისაწვდომი უნდა იყოს ICAO-ს მიერ მიღებული კავშირის სისტემა ავიადისპეტჩერსა და პილოტს შორის (CPDLC), რომლის დახმარებით შეიძლება გადაწყდეს პრობლემა და დასრულდეს უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენა.

უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენისთვის გამოიყენება სპეციალური ულტრამოკლე ტალღების მონაცემთა გადაცემის რეჟიმი 4-ის ხაზი.

განვიხილოთ სამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების ქსელის თავისებურებანი რეჟიმი 4-ის მონაცემთა გადაცემის ხაზის გამოყენებით.

უმტ რეჟიმი 4 მონაცემთა გადაცემის ხაზი მოქმედებს საჰაერო ნავიგაციის სიხშირეთა დიაპაზონში 108-136,975 მგჰც.

რეჟიმი 4-ის მონაცემთა გადაცემის ხაზი მნიშვნელოვანი ცნებაა სუპერფრეიმი. ეს არის 4500 სლოტისაგან შემდგარი ჯგუფი, რომლებიც შეიცავს 1 წუთიან პერიოდს. სლოტების ჯგუფს ფრეიმი ეწოდება. რეჟიმი 4-ის მონაცემთა გადაცემის ხაზში სლოტების განაწილების ძირითადი პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს. თუ ტრანსპონდერმა მაუწყებლობისათვის აირჩია სლოტების რომელიღაც თანმიმდევრობა სუპერფრეიმში, მაშინ მომდევნო წუთში ის მაუწყებლობს სლოტებში იგივე რიგითი ნომრებით, ან წინასწარ აფრთხილებს მათი

შეცვლის შესახებ. ეს ახლად ჩართული ტრანსპონდერებს საშუალებას აძლევს, მოისმინოს რა ერთ სუპერფრეიმს, იწინასწარმეტყველოს სლოტების განაწილება მომდევნო სლოტში და აირჩიოს ის თავისუფალი სლოტი თავისთვის. სხვადასხვა ტრანსპონდერების გადაცემების ურთი-ერთ დამთხვევა შეიძლება მოხდეს მხოლოდ მათი ერთდროული ჩართვისას (1 წუთამდე სიზუსტით). ამ პრობლემის გადასაწყვეტად სლოტების არჩევის ალგორითმი არადეტერმინირებულია, ანუ ორი ერთნაირი ტრანსპონდერი ერთდროულად ჩართვისას შემთხვევით ირჩევენ მაუწყებლობისათვის სლოტების სხვადასხვა კრებულს.

ხაზი უნდა გაესვას იმას, რომ რეჟიმი 4-ის მონაცემთა გადაცემის ხაზი გამოიყენება იმ უპილოტო საფრენი აპარატების სამართავად, რომლებიც ჯგუფურად ფრენენ. უპილოტო საფრენი აპარატების ჯგუფში მართვის პრობლემები შეიძლება გავაერთიანოთ სამ კატეგორიად.

პირველი პრობლემა დაკავშირებულია მართვის ალგორითმების არჩევის და საფრენი აპარატის მწყობრში ფრენისთვის ინფორმაციის დამუშავების ამოცანის გადაწყვეტასთან.

მეორე პრობლემა განისაზღვრება მართვის სისტემის აგების ამოცანით, რომელიც აპარატს წაიყვანს არჩეული კანონის თანახმად იმ სიზუსტით, რომელიც განისაზღვრება უსაფრთხოების პირობით.

მესამე პრობლემას წარმოადგენს ტექნიკური საშუალებების არჩევა, რომელთა დახმარებით შეიძლება უზრუნველყოფილი იქნეს საფრენი აპარატის ფრენა ჯგუფში.

მართვის არსებული აპარატურის მიხედვით შემოთავაზებულია ჯგუფური ფრენის ორგანიზაციის ორი ხერხი. პირველი ვარიანტი - უპილოტო საფრენ აპარატებს შორის კავშირი („ბორტი-ბორტი“) არ არის. მეორე ვარიანტი - უპილოტო საფრენ აპარატებს შორის არის კავშირი „ბორტი-ბორტი“.

პირველ შემთხვევაში საფრენი აპარატების ფარდობით განლაგებას მართვის მიწისზედა კომპლექსში აკონტროლებს.

მეორე შემთხვევაში ჯგუფში ინტერვალების კონტროლი დაკისრებულია თითოეული საფრენი აპარატის საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსზე. ამ შემთხვევაში შეიძლება ინტერვალების ძალიან ზუსტი დაცვა. სამაგიეროდ მწვავედ დგას საფრენ აპარატებს შორის კავშირის უზრუნველყოფის ამოცანა.

თითოულმა საფრენმა აპარატმა უნდა იცოდეს თავისი ადგილსამყოფელი მწყობრში, თავისი კოორდინატები მიწის მიმართ და მანძილი სხვა საფრენ აპარატამდე. ავტომატური დამოუკიდებელი დაკვირვების სისტემაში რეჟიმი 4-ის მონაცემთა გადაცემის ხაზის გამოყენების შემთხვევაში თითოეული საბორტო გადამცემი ეთერში ასხივებს პაკეტს საფრენი აპარატის კოორდინატების მითითებით. ამრიგად, რეჟიმი 4-ის ნებისმიერი მიმღებ-გადამცემს პირდაპირი რადიომხედველობის ზონაში შეუძლია გასცეს ინფორმაცია საფრენი აპარატის ადგილსამყოფელის შესახებ. შემდგომში წყობის დაცვის ამოცანა ეკისრება საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის პროგრამულ უზრუნველყოფას. ჩვეულებრივ გამოიყოფა ლიდერი, რომელსაც წარმოადგენს უპილოტო საფრენი ერთ-ერთი, ამ ლიდერის მიხედვით ჯგუფის ყველა სხვა მონაწილე ახდენს თავისი ადგილსამყოფელის კორექციას, მაგრამ ასეთ ხერხს აქვს ნაკლი - ლიდერის მწყობრიდან გამოსვლისას (მტყუნებისას) მწყობრი ჯგუფი იშლება.

ჯგუფური ფრენის პროგრამაში შეიძლება მონაწილეობდეს არა მარტო უპილოტო საფრენი აპარატი, ჯგუფის მონაწილე შეიძლება იყოს ნებისმიერი საფრენი აპარატი, რომელიც აღჭურვილია ავტომატური დამოუკიდებელი დაკვირვების რეჟიმი 4-ის აპარატურით. ამგვარად, უპილოტო საფრენ აპარატს შეუძლია დამოუკიდებლად დაიცვას საჭირო დისტანცია ასეთ საფრენ აპარატამდე. მონაცემთა გადაცემის მოცემული ხაზის არსებითი უპირატესობა ფრენების უსაფრთხოების ამაღლება. მართლაც, სამაუწყებლო რეჟიმის ავტომატური დაკვირვების სისტემების აგების პრინციპი საშუალებას იძლევა თითოეული საფრენი აპარატის (პილოტირებადი და უპილოტო) ბორტზე, რომელიც აღჭურვილია მონაცემთა გადაცემის სამაუწყებლო ხაზით, და მართვის პუნქტებზე

(უპილოტო აპარატის და საჰაერო მოძრაობის) მივიღოთ ინფორმაცია ყველა კონტროლს დაქვემდებარებული ობიექტების შესახებ.

ამგვარად, სამაუწყებლო ავტომატური დაკვირვების მონაცემთა გადაცემის რეჟიმი 4-ის ხაზის გამოყენებისას არის საშუალებაა ნაბიჯი გადავდგათ უპილოტო საფრენი აპარატის ერთიან საჰაერო სივრცეში გამოყენებისკენ, რაც არსებითად გააფართოვებს უპილოტო საფრენი აპარატების მიერ შესასრულებელი ამოცანების წრეს ფრენების უსაფრთხოების მაღალი დონის შენარჩუნებისას.

### **3.4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისას ავტოპილოტის მოდულისადმი წაყენებული მოთხოვნები.**

ამჟამად უპილოტო საფრენი აპარატების დახმარებით გადასაწყვეტი ამოცანები მოითხოვს ამ აპარატების სრულყოფილი ხელსაწყობით აღჭურვას. თანამედროვე უპილოტო საფრენი აპარატი ტექნიკური აღჭურვილობის დონით წინ უსწრებს პილოტირებად თვითმფრინავებს. უპირობოდ, უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ თავისი ამოცანების წარმატებით შესრულება დამოკიდებულია ყველა საბორტო სისტემების გამართულად მუშაობაზე, განსაკუთრებით ავტოპილოტის. ავტონომიურობა, ადამიანურ ფაქტორზე დამოუკიდებლობა და გარე ფაქტორების მიმართ მდგრადობა წარმოადგენს გადამწყვეტ ფაქტორს უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ თავისი ამოცანების წარმატებით შესრულებაში.

ავტოპილოტის მოდული ახორციელებს მმართველი კომანდების გამომუშავებას განედურ-იმპულსურად მოდულირებული სიგნალების სახით იმ მართვის კანონების შესაბამისად, რომლებიც მის გამომთვლელში დევს.

გარდა უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა ავტოპილოტი დაპროგრამირებულია საბორტო აპარატურის მართვაზე და უნდა შეასრულოს: ვიდუოკამერის სტაბილიზაცია, ფოტოაპარატის ჩამკეტის დროისა და

კოორდინატების მიხედვით სინქრონიზებული ამოქმედება, პარამუტის გამოშვება; ტვირთის ჩამოგდება მოცემულ წერტილში და სხვა ფუნქციები.

ავტოპილოტის მეხსიერებაში შეიძლება შეტანილი იქნეს მარშრუტის 225-მდე მოზრუნების პუნქტი. თითოეული წერტილი ხასიათდება კოორდინატებით, სიმაღლითა და ფრენის სიჩქარით.

რაც შეეხება უპილოტო საფრენი აპარატის ექსპლუატაციას, უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა კარგად მომზადებული პროფესიონალების ამოცანაა. აშშ არმიაში, მაგალითად უპილოტო საფრენი აპარატების ოპერატორები ხდებიან მოქმედი პილოტები ერთწლიანი მომზადების და ტრენინგის შემდეგ. ბევრ ასპექტში ეს უფრო რთულია, ვიდრე თვითმფრინავის პილოტირება და როგორც ცნობილია, უპილოტო საფრენი აპარატების საავიაციო ინციდენტების უმრავლესობა პილოტ-ოპერატორის შეცდომებითაა გამოწვეული.

ნავიგაციისა და მართვის საბორტო კომპლექსის შემადგენლობაში ავტოპილოტი უზრუნველყოფს: ავტომატურ ფრენას მოცემული მარშრუტით; ავტომატურ აფრენას და დაფრენაზე შესვლას; ფრენის მოცემული სიმაღლისა და სიჩქარის დაცვას; ორიენტაციის კუთხეების სტაბილიზაციას; საბორტო სისტემების პროგრამულ მართვას.

უპილოტო საფრენი აპარატის მნიშვნელოვანი ფუნქციაა ვიდეოკამერის მართვა. ფრენის დროს წინა მიმოხედვის კამერის სტაბილიზაცია უზრუნველყოფილია უპილოტო აპარატის დაგვერდების მიხედვით რხევების დამუშავებით ავტოპილოტის სიგნალების მიხედვით.

აეროფოტო გადაღების ამოცანიდან გამომდინარე ზუსტი ინფორმაცია ორიენტაციის კუთხეების, კოორდინატების და ფრენის სიმაღლის შესახებ ერთობ საჭიროა აეროფოტო გადაღებების კორექციისათვის.

საფრენოსნო გამოცდების შედეგები მოწმობენ, რომ სრულყოფილი საბორტო მართვის კომპლექსის გარეშე, რომელიც აღჭურვილია ინერციალური სისტემით, შეუძლებელია ისეთი უპილოტო საფრენი აპარატების თანამედროვე კომერციული

სისტემების აგება, რომლებსაც შეუძლიათ გადაწყვიტონ სხვადასხვა ამოცანები უსაფრთხოდ, ოპერატიულად, ნებისმიერ მეტეო პირობებში.

## მესამე თავიდან გამომდინარე დასკვნები:

1. უპილოტო საფრენი აპარატის უსადენო მართვის და კონტროლის ყველა ცნობილი სისტემებიდან და მეთოდებიდან ყველაზე უფრო მიზანშეწონილს წარმოადგენს ერთი ან რამდენიმე უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის მეთოდი, როდესაც თითოეული მათგანი მოწყობილია საბორტო ავტომატური მართვის სისტემით, თანამგზავრული სანავიგაციო სისტემით, მაღალი სიზუსტის სინქრონიზებული საათით, აგრეთვე საბორტო გამომთვლელით და მიმღებ-გადამცემი რადიოსადგურით.

2. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის რეჟიმების მთელი არსენალიდან ყველაზე უფრო მიმზიდველია ფრენის ავტომატური მართვის რეჟიმი, რომლის დროს მართვაში ოპერატორის ჩარევა საჭირო არაა. მართვის ამ რეჟიმში ხდება იმ პროგრამის ავტომატური ფორმირება და გადაცემა, რომელიც უზრუნველყოფს მარშრუტის გავლას მოცემულ სიმაღლეების, სიჩქარეების და მობრუნების წერტილების გავლის დროის დაცვით.

3. უპილოტო საფრენი აპარატის საერთო საჰაერო სივრცეში ფრენისას სამაუწყებლო ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების მონაცემთა გადაცემის ხაზის გამოყენება აფართოებს უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ ეკონომიკის სამოქალაქო სექტორში შესრულებული ამოცანების წრეს ფრენის უსაფრთხოების მაღალი დონის შენარჩუნებით.

4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის სფეროში ჩატარებული კვლევები, საფრენოსნო გამოცდების შედეგები თვალნათლად მოწმობენ, რომ მართვის სრულყოფილი საბორტო კომპლექსის გარეშე, რომელიც

აღჭურვილია თანამედროვე მართვისა და კონტროლის თანამედროვე სისტემით, შეუძლებელია აგებული იქნეს უპილოტო საფრენი აპარატების თანამედროვე კომერციული სისტემები, რომლებსაც შეუძლიათ თავისი ამოცანები გადაწყვიტონ უსაფრთხოდ, ოპერატიულად და ნებისმიერ მეტეო პირობებში.



## თავი 4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის კომპლექსი.

### 4.1. კომპლექსის დანიშნულება, შემადგენლობა და ფუნქციები.

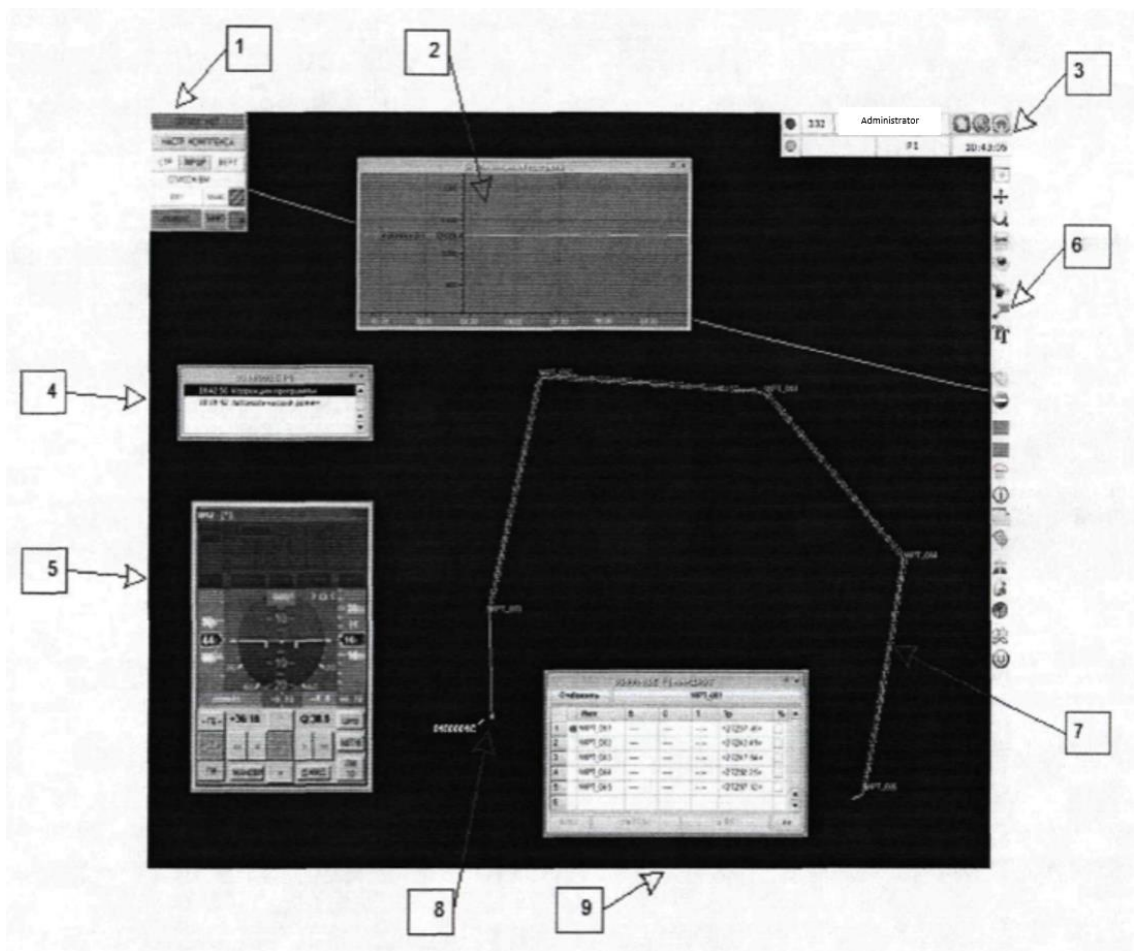
უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის კომპლექსი უზრუნველყოფს იმ ამოცანათა ერთობლიობის გადაწყვეტას, რომლებიც დაკავშირებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვასთან, კოორდინატული ინფორმაციის დამუშავებასთან, მიღებული ინფორმაციის ასახვასთან, აპარატის გეგმიური და რეალური ფრენის მარშრუტების ასახვასთან ადგილმდებარეობის რუკის ფონზე, ფრენის ხელით მართვის რეჟიმში მართვის კომანდების ფორმირებასთან, თითოეული აპარატიდან მიღებული მონაცემების და გადაცემული მართვის კომანდების რეგისტრაციასთან.

უპილოტო საფრენი აპარატის ოპერატორის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი შემდეგი ფუნქციების შესრულებას უზრუნველყოფს:

- ფრენის შესრულების ზონაში კარტოგრაფიული ინფორმაციის ასახვა ეკრანზე;
- მანძილის გაზომვა ნებისმიერი გეოგრაფიული წერტილისა და/ან უპილოტო აპარატს შორის;
- ადგილმდებარეობის რუკაზე მითითებული წერტილის გეოგრაფიული კოორდინატების ასახვა;
- უპილოტო საფრენი აპარატის ნიშნულების ასახვა კარტოგრაფიული ინფორმაციის ფონზე;
- უპილოტო საფრენი აპარატების ნიშნულების ასახვა კარტოგრაფიული ინფორმაციის ფონზე;
- უპილოტო საფრენი აპარატის თანხლების ფორმულარების ასახვა;

- უპილოტო საფრენი აპარატის კოორდინატული ინფორმაციის ასახვა;
- უპილოტო საფრენი აპარატის მუშაობის რეჟიმების ასახვა;
- უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის კომანდების შეყვანა;
- უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის მარშრუტების ასახვა.

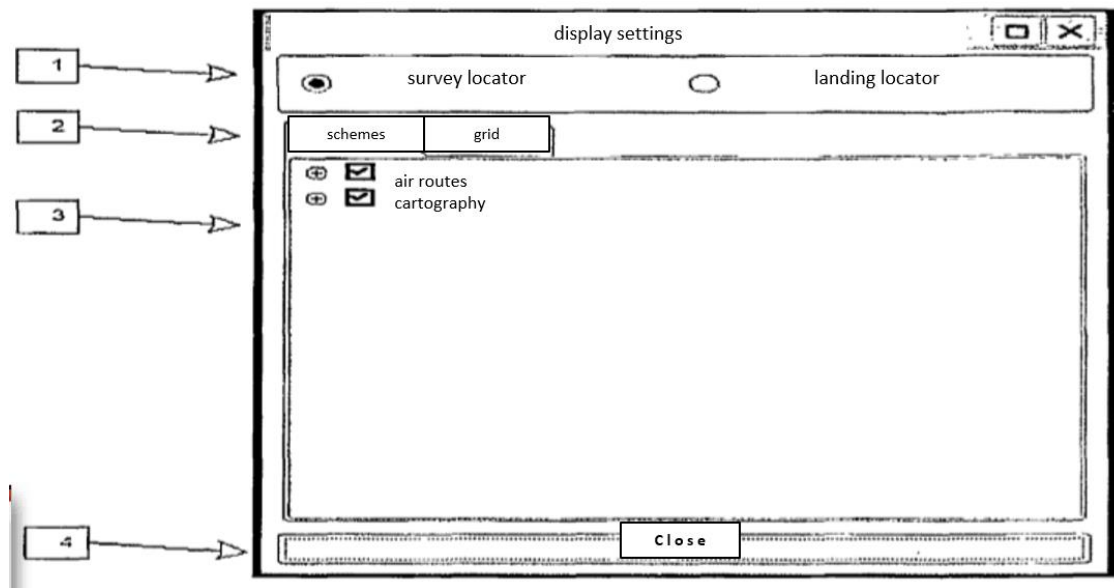
კომპლექსი შედგება პროგრამული და აპარატურული ნაწილებისაგან. კომპლექსის აპარატურული ნაწილი შეიცავს ოპერატორის სამუშაო ადგილის მოწყობილობას. კომპლექსის პროგრამული ნაწილი შეიცავს საერთო (სისტემურ) პროგრამულ უზრუნველყოფას და სპეციალურ პროგრამულ უზრუნველყოფას. კომპლექსის ოპერატორის მუშა ფანჯრის სახე წარმოდგენილია ნახ.4.1-ზე.



ნახ. 4.1. კომპლექსის ოპერატორის მუშა ფანჯრის სახე.

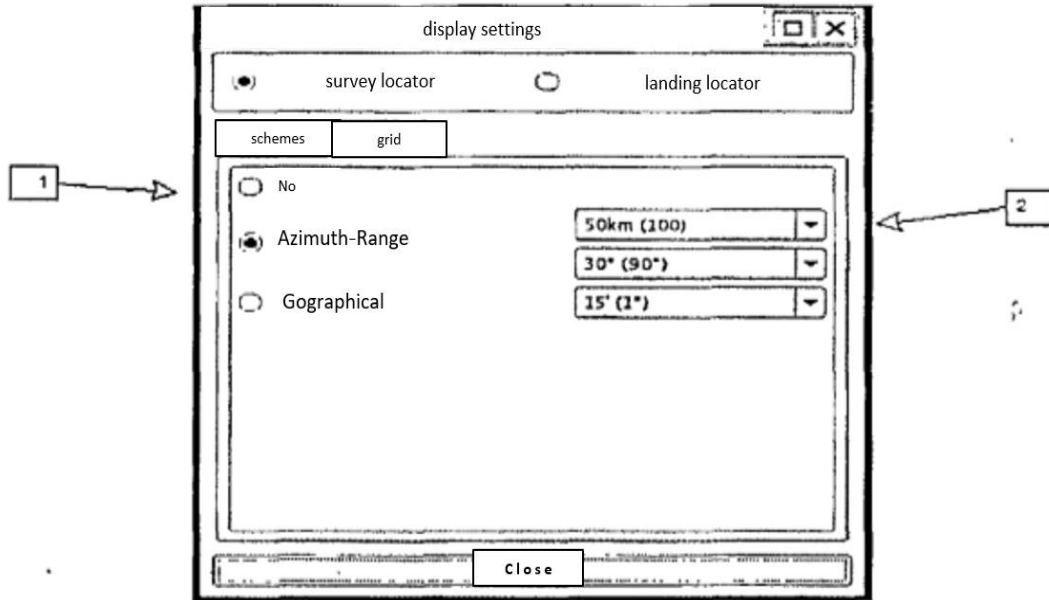
1 - ობიექტის მართვის ფანჯარა; 2 - ვერტიკალური პროფილის ფანჯარა; 3 - საათი; 4 - რადიოკომანდების ფანჯარა; 5 - უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ფანჯარა; 6 - ოპერატორის მენიუ; 7 - უპილოტო საფრენი აპარატის მარშრუტი; 8 - უპილოტო აპარატის ნიშნული მოძრაობის პროგნოზით; 9 - უპილოტო საფრენი აპარატის მარშრუტის ფანჯარა.

გამოსახულების შემადგენლობა აიწყობა ასახვის აწყობის ფანჯარაში, რომლებიც გამოსახულია ნახ.4.2 და ნახ.4.3-ზე.



**ნახ.4.2 გამოსახულების პარამეტრები.**

1 - ლოკატორის არჩევა; 2 - შემოხაზულობის ელემენტების არჩევა; 3 - ინფორმაციის შემადგენლობა; 4 - ფანჯრის ჩასაკეტი ღილაკი.

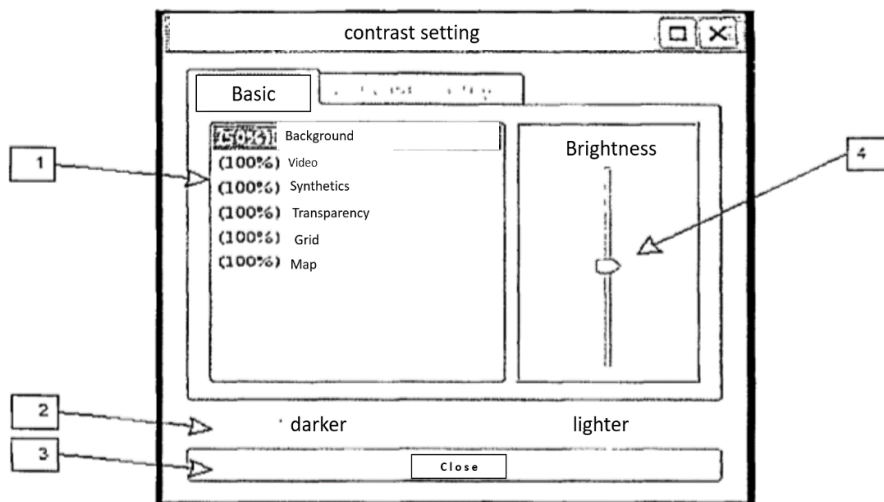


ნახ.4.3 გამოსახულების პარამეტრები.

1 - სააკორდინატო ბადის არჩევა; 2 - სააკორდინატო ბადის პარამეტრები.

კომლექსში არსებობს გამოსახულების კონტრასტულობის/სიკაშკაშის ცვლილების შესაძლებლობა.

კონტრასტულობა/სიკაშკაშის აწყოობის ფანჯარა ნახ.4.4-ზე.

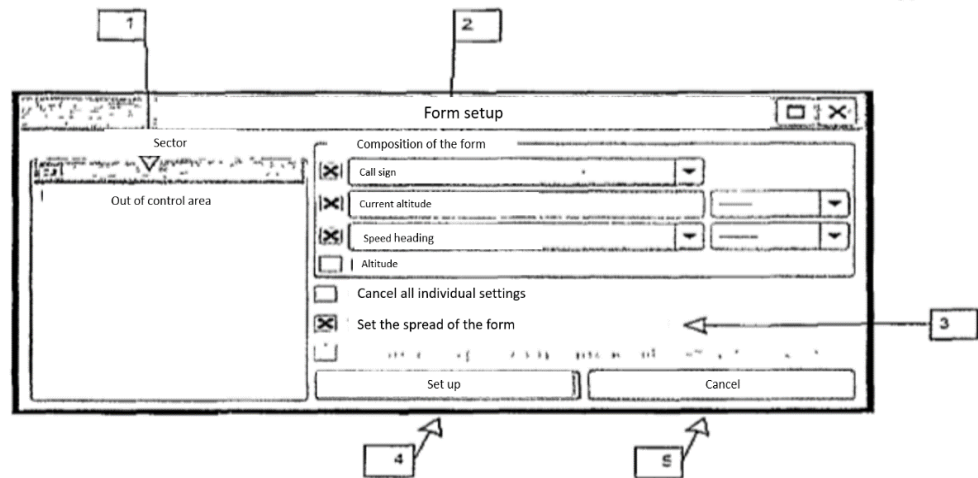


ნახ.4.4 კონტრასტულობა/სიკაშკაშის პარამეტრების ფანჯარა.

1 - საჰაერო ვითარების ფანჯრის ინფორმაციის შემაღგენლობა; 2 - საერთო სიკაშკაშის რეგულირების ღილაკები; 3 - ფანჯრის ჩაკეტვის ღილაკი; 4 - ცალკეული ელემენტის სიკაშკაშის რეგულატორი.

ლოკატორის აწყობის ფუნქცია საშუალებას იძლევა დადგინდეს რადიოლოკაციური გამოსახულების ფილტრაციის პარამეტრები (გაძლიერება, ხმაურის ჩახშობა, ათვლების შენარჩუნება).

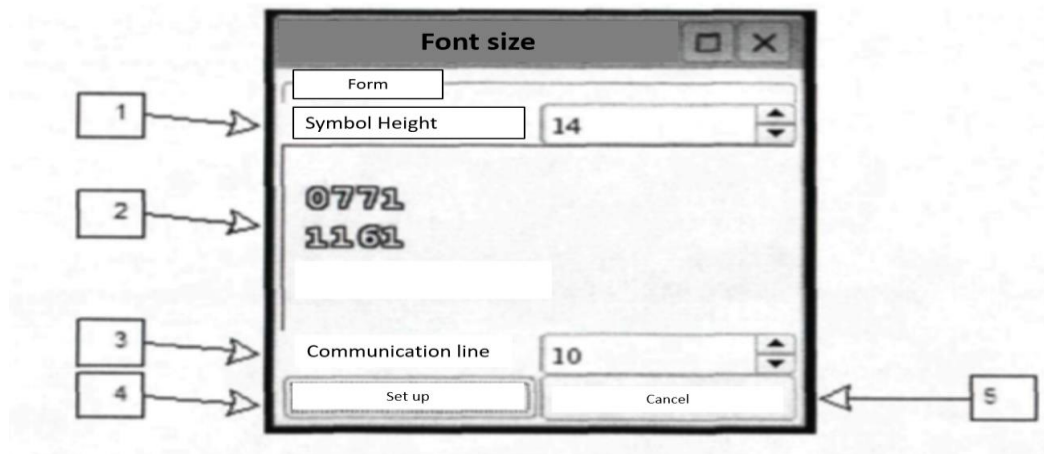
ფორმულარების აწყობის ფანჯარა ნაჩვენებია ნახ.4.5-ზე.



ნახ.4.5 ფორმულარების პარამეტრების ფანჯარა.

1 - მართვის ზონის არჩევა; 2 - ფორმულარების შემაღგენლობის აწყობა; 3 - ფორმულარების ავტომატური გაფანტვის ოპცია; 4 - მითითებების გამოყენების ღილაკი; 5 - მითითებების გაუქმების ღილაკი.

ფორმულარის შრიფტის ზომის აწყობის ფანჯარა ნაჩვენებია ნახ.4.6-ზე.



**ნახ.4.6 ფორმულარის შრიფტის ზომის პარამეტრების ფანჯარა.**

- 1 - ფორმულარის შრიფტის ზომა; 2 - ფორმულარების ასახვის მაგალითი; 3 - ფორმულარების შეკვრის ხაზის სიგრძე; 4 - მითითებების გამოყენების ღილაკი; 5 - მითითებების გაუქმების ღილაკი.

მანძილის საზომის დახმარებით შეიძლება განისაზღვროს ორ წერტილს შორის მანძილი საჭაერო ვითარების ფანჯარაში, ავითვალოთ წერტილების გეოგრაფიული კოორდინატები, განისაზღვროს მიმართულება აზიმიუტი.

საზომის სახე წარმოდგენილია ნახ.4.7-ზე.



**ნახ.4.7. საზომის სახე.**

## 4.2. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის ორგანიზება.

უპილოტო საფრენი აპარატის პარამეტრები და ნიშნულები ეკრანზე გამოიყვანება სერვერიდან მოსული ინფორმაციის მიხედვით. თუ ინფორმაციის განახლება მოკლე დროითი შეწყდა, მაშინ საფრენი აპარატის ადგლიმდებარეობა განისაზღვრება მოძრაობის პროგნოზის საფუძველზე.

რადიოარხის მეშვეობით მონაცემების გაცვლა ხორციელდება უპილოტო საფრენი აპარატის მიმღებ-გადამცემი მოდულების დახმარებით. მონაცემებში საკუთარი თანამგზავრული სანავიგაციო მიმღებიდან (საგზაო სიჩქარე, გეომეტრიული სიმაღლე, საგზაო კუთხე, გეოგრაფიული გრძედი და განედი), აგრეთვე ტელემეტრიის ინფორმაცია (რეჟიმი, კვიტანციები, სიგნალიზაციები, კურსი, საჭაერო სიჩქარე, ბარომეტრული სიმაღლე, ტანგაჟი, დაგვერდება, ფრენის დრო) მიეწოდება სანავიგაციო სისტემის და შემდეგ ოპერატორის ავტომატიზებულ სამუშაო ადგილს.

უპილოტო საფრენი აპარატის მოცემული და მიმდინარე მდგომარეობის საფუძველზე ოპერატორის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი ოპერატორის მონაწილეობით ან ავტომატურ რეჟიმში ახდენს მართვის პროგრამის სეგმენტს, რომლებიც მიმღებ-გადამცემის მეშვეობით ტრანსლირდება უპილოტო საფრენ აპარატზე.

მართვის პროგრამა ეწოდება მთლიან რადიოგზავნილს კავშირის, ნავიგაციისა და მეთვალყურეობის მიწისზედა სადგურიდან რადიომართვის საბორტო აპარატურისაკენ. მართვის პროგრამა შეიძლება შეიცავდეს ერთ ან რამდენიმე მართვის ერთჯერად კომანდას. ხელით მართვის შემთხვევაში პროგრამა შეიცავს მხოლოდ ერთ ერთჯერად კომანდას უშუალოდ შესრულებისათვის მიღების მომენტში. ავტომატური მართვის შემთხვევაში ან ოპერატორის მიერ მაკროკომანდის მეშვეობით მართვისას პროგრამა შეიცავს

ორ ან მეტ ერთჯერად კომანდას შესრულების დროის მითითებით და პროგრამის სეგმენტი ეწოდება.

გადამცემის მიერ მართვის პროგრამის გაგზავნა თითოეული უპილოტო საფრენი აპარატისათვის ხდება უწყვეტად კომპლექსის მიერ რადიომართვის საბორტო აპარატურიდან პასუხის მიღებამდე იმის შესახებ, რომ პროგრამა მიღებულია. ტელემეტრიის აპარატურის ჩვენებებს ავტომატიკა არ ითვალისწინებს. ისინი ემსახურება უპილოტო საფრენი აპარატის მდგომარეობის ასახვას.

კომანდის ფორმულირებისას ოპერატორის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი მოქმედის საჭიროებიდან გამომდინარე გამოიმუშავებს ერთ ან რამდენიმე თანამიმდევრულ რადიოკომანდებს, გამოთვლის მათი შესრულების დროს, ახდენს მართვის კომანდის ფორმირებას და ლოკალური ქსელით აწოდებს სერვერს. ამ დროს მიმღებ-გადაცემის მოდული იწყებს მართვის პროგრამის ტრანსლირებას ეთერში. გადაცემის დასაწყისთან ერთად სერვერზე წარმოჩნდება რადიოარხით გადაცემის დასაწყისის ნიშანი. გადაცემის ოპერაციის შედეგების მიხედვით სერვერზე ხდება აღნიშვნის ფორმირება იმის შესახებ, რომ გადაცემა წარმატებული იყო თუ მოცემული მართვის პროგრამის შესრულება შეუძლებელია. ამ აღნიშვნების არსებობის თუ არარსებობის მიხედვით ოპერატორის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი გადაწყვეტილებას ღებულობს პროგრამის ხელახალი დამუშავების, ფრენის წინა რეჟიმში დარჩენის, ან მართვის ახალ რეჟიმში გადართვის შესახებ. ცალკე უნდა აღინიშნოს უპილოტო საფრენი აპარატის მაკროკომანდებით მართვის რეჟიმი. მაკროკომანდა წარმოადგენს მართვის ერთჯერადი კომანდების თანამიმდევრული კრებულის შესრულების ზუსტად გათვლილი დროით და ემსახურება მოძრაობის ერთი ან რამდენიმე პარამეტრის შეცვლას - საგზაო კუთხის, საგზაო სიჩქარის ან ფრენის გეოგრაფიული სიმაღლის - მოცემულ მნიშვნელობამდე.



პროგრამის სეგმენტის დახმარებით მართვა ტექნიკურად იგივეა, რაც მაკროკომანდებით ჩართვისას. მაკროკომანდა - ეს არის უპილოტო საფრენი აპარატის ერთჯერადი მანევრი ფრენის ერთ-ერთი პარამეტრის მიღწევის მიზნით შემდგომი დაბრუნებით ჰორიზონტალურ სწორხაზოვან ფრენაში.

პროგრამის სეგმენტი კი არის უპილოტო საფრენი აპარატის მანევრების კრებული მოცემული ტრაექტორიაზე სტაბილიზაციისათვის საფრენი აპარატის კომპლექსის მიერ მართვის ავტომატურ რეჟიმში.

პროგრამის სეგმენტის მართვისას ოპერატორის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი გამოიმუშავებს ერთჯერადი კომანდების კრებულს შესრულების დროის მითითებით. უპილოტო საფრენი აპარატის მიერ მარშრუტის თანდათან გავლის (რადიომართვის საბორტო აპარატურის მიერ მიღებული პროგრამის შესრულების) მიხედვით ოპერატორი ავტომატიზებული სამუშაო ადგილი გამოიმუშავებს მართვის პროგრამის მომდევნო ნაწილს მისი უპილოტო აპარატზე გაგზავნის მიზნით. მიმდინარე ტრაექტორიის შეყვანილ მარშრუტთან შესაბამისობაზე პასუხისმგებელია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ოპერატორი.

მიწისზედა გადამცემი სადგურის ის კომანდები, რომლებიც გამოიყენება უპილოტო საფრენი აპარატის რადიომართვისათვის, შეიძლება დავყოთ შემდეგ ჯგუფებად:

- 1) ტანგაჟის კომანდები: სიმაღლის აღება, დაბლა დაშვება, ჰორიზონტი;
- 2) კურსის კომანდები: მარცხენა მობრუნება, მარჯვენა მობრუნება, პირდაპირ;
- 3) ძრავის მუშაობის რეჟიმების მართვის კომანდები: მინიმალური გაზი, სიჩქარის სტაბილიზაცია, მაქსიმალური გაზი;
- 4) დაფრენის მართვის კომანდები: კომანდის „დაფრენა“ დებლოკირება, დაფრენა;

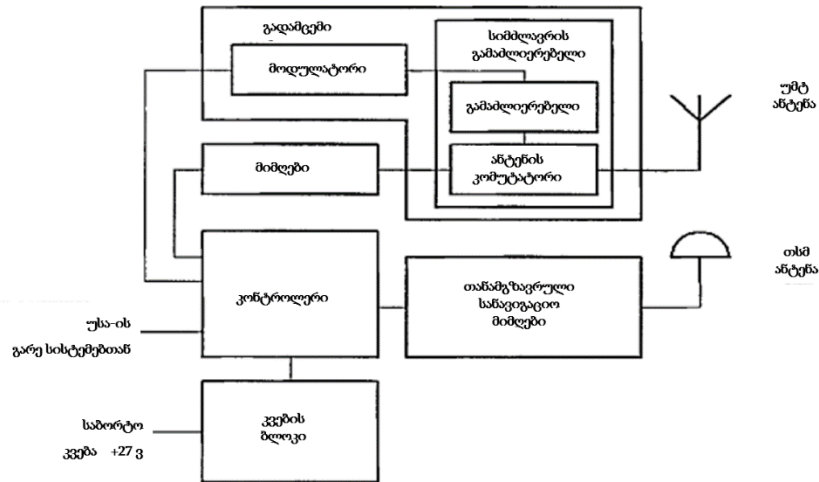
- 5) ფრენის რეჟიმების მართვის კომანდები: „მცირე სიმაღლე“, „კაბრირება“, „პიკირება“, „დაგვერდება“.

#### **4.3. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის საბორტო აპარატურის დანიშნულება, შემადგენლობა და მუშაობა.**

რადიომართვის საბორტო აპარატურის (შემდგომში რადიოსადგური) დანიშნულება:

- კოორდინატული ინფორმაციის მიღება და გადაცემა რადიოარხით უმტ დიაპაზონში;
  - რადიოარხით მართვის კომანდების მიღება და მათი საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსზე გადაცემა;
  - საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსიდან ტელემეტრიული ინფორმაციის მიღება და მისი რადიოარხით გადაცემა;
- რადიოსადგურის ტექნიკური მახასიათებლებია:
- მუშა სიხშირის ზოლი - 118: 136, 975 მგჰც;
  - მაქსიმალური გამოსასვლელი სიმძლავრე - 16 ვტ;
  - არხების რაოდენობა - 1;
  - მიმღების მგრძნობიარობა - 87 დეციბელი;
  - გამოყენებული სანავიგაციო სისტემები - NAVSTAR, GPS;
  - მმართველი სიგნალების რაოდენობა - 24;
  - მოხმარებული სიმძლავრე;

ავტომატური დამოკიდებულების მეთვალყურეობის რადიომართვის საბორტო აპარატურის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.8-ზე.



**ნახ.4.8 საბორტო აპარატურის სტრუქტურული სქემა.**

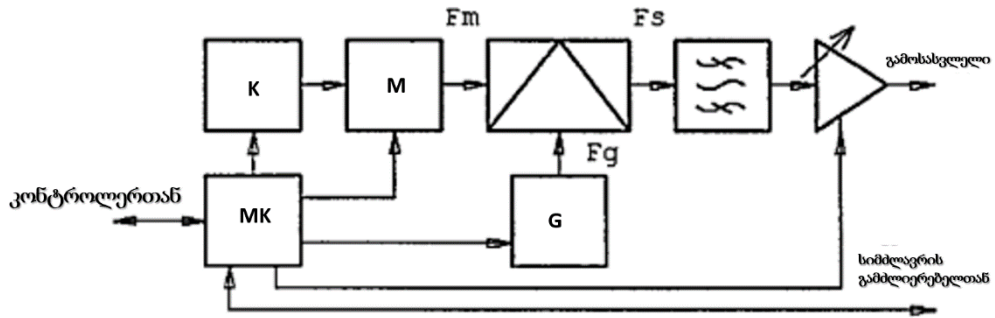
აპარატურის შემადგენლობაში შედის გადამცემის, მიმღების, კონტროლერის, კვების ბლოკი და თანამგზავრული ნავიგაციური მიმღების მოდულები.

აპარატურის მუშაობა ხორციელდება ნახევარდუბლექსურ რეჟიმში კონტროლერის მოდულის მართვით.

კონტროლერის მოდულის დანიშნულებაა: შეუღლებები ავტომატური მართვის საბორტო სისტემასთან და უპილოტო საფრენი აპარატის სისტემებთან; რადიომართვის მიწისზედა მოწყობილობიდან მიღებული ინფორმაციების დამუშავება და საპასუხო შეტყობინებების მიწისზედა რადიომართვის მოწყობილობაზე გადაცემა; მიწისზედა რადიომართვის მოწყობილობიდან გადასაცემი კომანდების დამუშავება და შესაბამისი მართვის სიგნალების გამომუშავება საპილოტაჟო კომპლექსისათვის; მიწისზედა რადიომართვის მოწყობილობაზე ტელემეტრული ინფორმაციის და თანამგზავრული ნავიგაციური სისტემის ინფორმაციის გადაცემა.

კონტროლერი აყენებს მუშა არხის ნომერს გადამცემისა და მიმღებისათვის, გადართავს აპარატურის მუშაობის რეჟიმს მიღბასა და გადაცემას შორის, მეთვალყურეობს შიგა მოდულების მდგომარეობას და კონტროლის შედეგების მიხედვით გამოიმუშავებს განზოგადებულ სიგნალს „გამართულობა“.

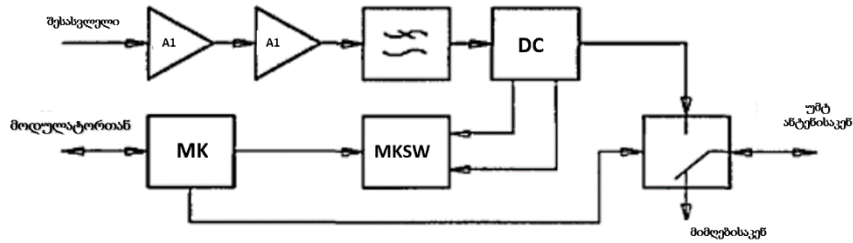
გადაცემის მოდულის შემადგენლობაში შედის მოდულატორისა და სიმძლავრის მამლიერებლის ქვემოდულები. მოდულატორის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.9-ზე.



ნახ.4.9 მოდულატორის სტრუქტურული სქემა.

მიკროკონტროლერის დანიშნულებაა კონტროლერის მოდულსა და სიმძლავრის მამლიერებლის ქვემოდულს შორის და მოდულატორის შინაგანი კვანძების მუშაობის მართვისათვის. მიკროკონტროლერი მონაცემებს ღებულობს კონტროლერიდან და ახდენს პაკეტის ფორმირებას რადიოარხით გადაცემისათვის. ციფრული მონაცემების მომზადებული პაკეტი მიეწოდება კოდერს(K), სადაც განიცდის ფილტრაციას და გაძლიერებას. კოდერის გასასვლელში მიღებული ანალოგიური სიგნალი მოდულატორში (M) ახდენს მზიდი სიხშირის სიხშირულ მოდულაციას. გადამცემის სიგნალის სიხშირის გადაწყობა ხორციელდება ჰეტეროდინის დახმარებით.

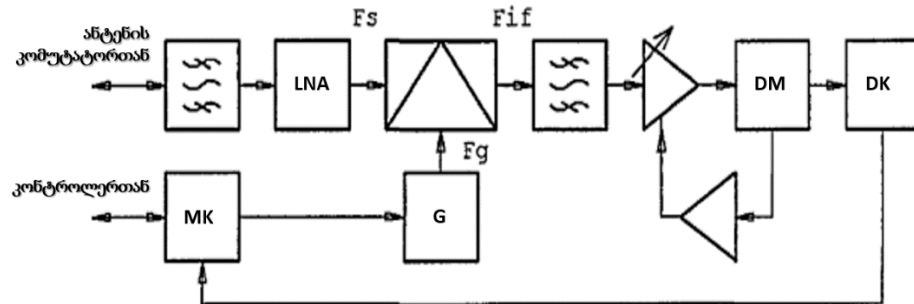
სიმძლავრის მამლიერებლის სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ.4-10-ზე.



ნახ.4.10 მაძლიერებლის სტრუქტურული სქემა.

რადიოსიგანლი მოდულატორის გასასვლელიდან მიეწოდება წინასწარ მაძლიერებელს (A), ხოლო შემდეგ სიმძლავრის მაძლიერებელს (UM). მაძლიერებლის გასასვლელში დგას დაბალი სიხშირის ფილტრი, რომლის დანიშნულებაა მზიდი სიხშირის ჰარმონიკების ფილტრაცია. ფილტრიდან სიგნალი გაივლის რა მიმართულ მანაწილებელს (DC), მიეწოდება ანტენის კომპუტატორის ერთ მხარეს. მეორე მხარეს მიუერთდება მიმღები. უმტ ანტენა MK-დან სიგნალით მიუერთდება გადამცემის გამოსასვლელს და მიმღების შესასვლელს, რითაც უზრუნველყოფს მუშაობის ნახევარდუპლექსურ რეჟიმს. მდგარი ტალღის ძაბვის მიხედვით კოეფიციენტის საზომი (MKSW) ზომავს თანაფარდობას დაცემული და არეკლილი ტალღას შორის გადაცემის მომენტში.

მიმღების სტრუქტურული სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.11-ზე



ნახ.4.11 მიმღების სტრუქტურული სქემა.

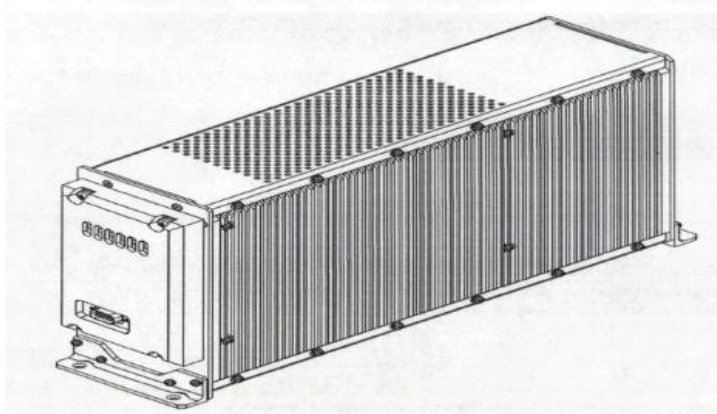
მიმღები აგებულია სუპერჰეტეროდინული სქემის მიხედვით სიხშირის ერთი გარდაქმნით.

საანტენო კომუტატორიდან რადიოსიგნალი მიეწოდება მიმღების შესასვლელ ფილტრს, რომელიც ზღუდავს სიხშირეთა 118-136,975 მგჰც მუშა დიაპაზონში. შემდგომში მიღებული სიგნალი ძლიერდება მცირეხმაურიან მაძლიერებელში (LNA) და მიეწოდება შემრევს. ამავე შემრევს მიეწოდება ჰეტეროდინის სიგნალი, რომლის მუშა სიხშირე  $F_g$  შეიძლება შეიცვალოს 139,4 მგჰც-დან 158,35 მგჰც-დე დიაპაზონში 25 კჰც ბიჯით. შემრევის გასასვლელში დაყენებულია ძირითადი სელექციის ფილტრი (FOS), რომელიც გამოყოფს სიგნალს შუალედურ სიხშირეზე  $F_{if}=21,4$  მგჰც ფილტრის შემდეგ სიგნალი ძლიერდება შუალედური სიგნალის მაძლიერებელში, რომლის გაძლიერების კოეფიციენტი იცვლება (FAC) გაძლიერების ავტომატური მართვის სიგნალის მოქმედებით. დემოდულირებული სიგნალი მიეწოდება დეკოდერს (DK). დეკოდირებულ მონაცემებს ღებულობს MK და მათგან გამოყოფს საინფორმაციო ნაწილს, რომელიც შემდგომ მიეწოდება კონტროლერს. MK ახდენს მიმღების შიგა კვანძების უწყვეტ დიაგნოსტიკას და ერთი ჰერცი სიხშირით ახდენს მიმღების გამართულობის შესახებ შეტყობინების ფორმირებას, რომელიც კონტროლერს მიეწოდება.

კვების იმპულსური ბლოკი (PIU) გარდაქმნის +27 ვ ძაბვას აპარატურის შინაგანი მოდულების კვების ძაბვად +15 ვ.

რადიომართვის საბორტო აპარატურა შესრულებულია ერთიანი მონობლოკის სახით.

რადიომართვის საბორტო აპარატურისა და მიწისზედა მოწყობილობის წარმატებული ერთობლივი ფუნქციონირებისთვის შესრულებული უნდა იყოს ორი ძირითადი მოთხოვნა:



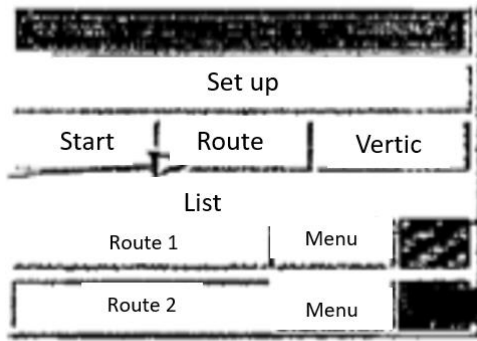
**ნახ.4.12. რადიომართვის საბორტო აპარატურის გარეგანი ხედი.**

- რადიომართვის საბორტო აპარატურა და მიწისზედა სადგური მომართული უნდა იყოს ერთი და იმავე მუშა სიხშირეზე;
- საბორტო აპარატურის იდენტიფიკატორი უნდა ირიცხებოდეს სამართავი უპილოტო საფრენი აპარატის იდენტიფიკატორების სიაში.

#### **4.4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის კონტროლის კომპლექსის ოპერატორის ინტერფეისის სტრუქტურა.**

ოპერატორის მუშა ეკრანის ძირითადი სახე ნაჩვენები იყო ნახ.4.1-ზე. საჰაერო ვითარების ფანჯარაში აისახება კოორდინატთა ბადე და უპილოტო საფრენი აპარატების ნიშნულები, მოცემული მარშრუტები და ფაქტიური ტრაექტორიები, მოძრაობის პროგნოზი, მიწისზედა და საჰაერო ვითარების ელემენტები.

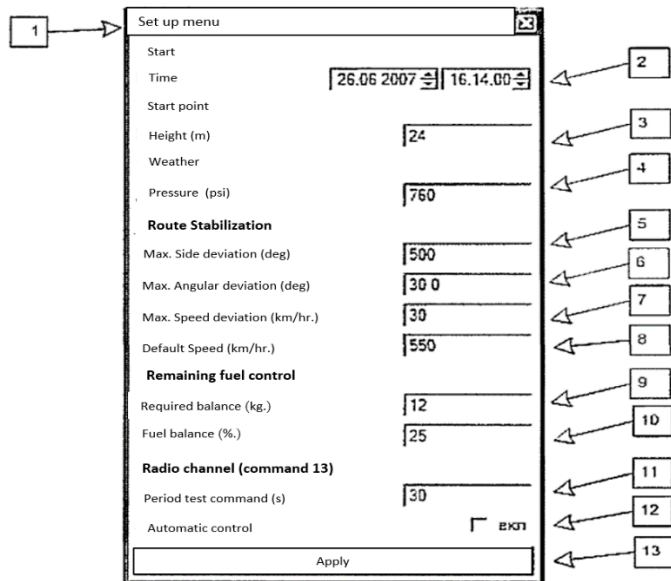
ობიექტების მართვის ფანჯარა შეიცავს ოპერატორის ავრომატიზებული სამუშაო ადგილის ძირითადი მომართვების მართვის ორგანოებს. ფანჯრის საერთო ხედი ნაჩვენებია ნახ.4.13-ზე.



ნახ.4.13. ავტომატიზებული სამუშაო ადგილის მართვის ფანჯრის საერთო ხედი.

ფანჯრის ზედა ნაწილში მოთავსებულია ოპერატორის ავტომატიზებული სამუშაო ადგილის დილაკი-ინდიკატორი. დილაკზე თითის დაჭერით შეიძლება აირჩეს მუშაობის რეჟიმი: სერვერთან მუშაობა ან ჩანაწერის აღწარმოება.

კომპლექსის მომართვის ფანჯარა დანიშნულია ყველა უპილოტო საფრენი აპარატის საერთო პარამეტრების შეყვანისათვის, ფანჯრის სახე წარმოდგენილია ნახ.4.14-ზე.



ნახ.4.14. კომპლექსის პარამეტრების ფანჯრის საერთო ხედი.



1 - ფანჯრის სათაური; 2 - კომპლექსის სტარტის დროის შეყვანის ველი ; 3 - სტარტის წერტილში სიმაღლის შეყვანის ველი; 4 - სტარტის წერტილში არსებული წნევის შეყვანის ველი (ვერცხლის წყლის სვეტი); 5 - უპილოტო საფრენი აპარატის მარშრუტიდან გადახრის მაქსიმალური მნიშვნელობის შეყვანის ველი; 6 - აპარატის მარშრუტიდან გადახრის მაქსიმალური დასაშვები კუთხე; 7- აპარატის მოცემული სიჩქარიდან მაქსიმალური გადახრა; 8 - საწყისი სიჩქარის შეყვანის ველი (კმ/სთ); 9 - საწვავის აუცილებელი ნარჩენის შეყვანა; 10 - რეზერვის შეყვანა საწვავის ნარჩენის კონტროლისას (პროცენტები); 11 - კომანდის „პროგრამული მექანიზმი“ გაცემის პერიოდის შეყვანა; 12 - კომანდის „პროგრამული მექანიზმი“ ავტომატური გაცემის ჩართვა; 13 - შეყვანილი პარამეტრების დაყენების ღილაკი. სტარტის დრო დროის იმ მომენტს შეესაბამება, რომლის მიმართ ხდება უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის დროის ათვლა. სტარტის ამ აბსოლუტურ დროს ემატება სტარტის დაყოვნება თითოეული აპარატისთვის. მოცემული პარამეტრი საშუალებას იძლევა შეიცვალოს სტარტის დრო ყველასთვის ერთდროულად.

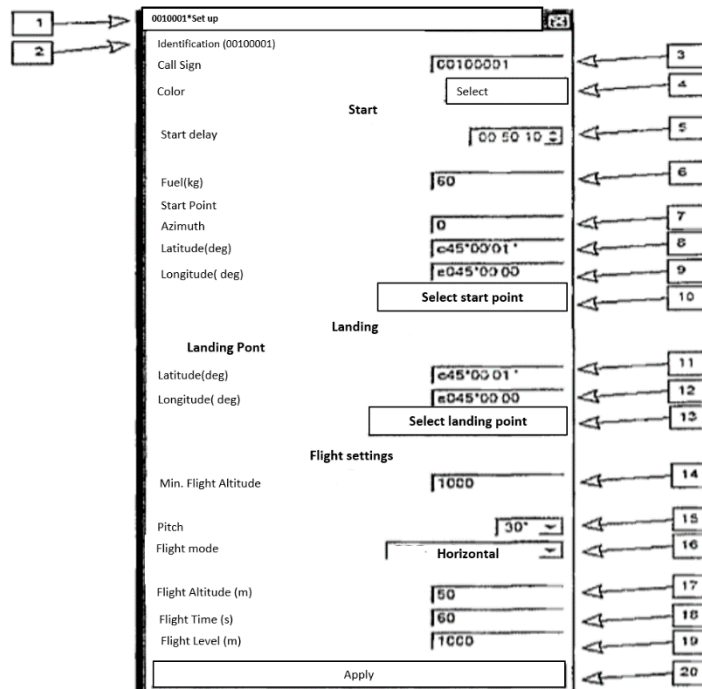
სტარტის წერტილის გეომეტრიული სიმაღლე და ბარომეტრული წნევა საჭიროა უპილოტო აპარატის ბარომეტრული სიმაღლის საზომის მნიშვნელობის და თანამგზავრული გეომეტრიული სიმაღლის ჩვენებების მისაყვანად ათვლის საერთო დონესთან.

მოცემული მარშრუტის სტაბილიზაციის პარამეტრები საჭიროა უპილოტო აპარატის გადახრის საკონტროლოდ ავტომატურ რეჟიმში მოძრაობისას. საწვავის ნარჩენის კონტროლი ემსახურება იმ სიგნალიზაციის ჩართვას, რომელიც მიუთითებს, რომ საჭიროა გეგმიური დაფრენის წერტილში დაბრუნება. კომანდის „პროგრამული მექანიზმი“ გაცემის პერიოდი იძლევა დროს, რომლის პერიოდულობით რადიოარხით იგზავნება კომანდა რადიოკავშირის არსებობის დადასტურების მიზნით.

ღილაკი „დააყენეთ“ ფანჯარაში წარმოჩნდება ბლოკირების შეტყობინებები:

- „შეცვლა აკრძალულია“ - ეს წარწერა გამოჩნდება კომპლექსის გაშვების შემდეგ მოცემული ფანჯრის პირველი გალებისას;
- „არ არის კავშირი სერვერთან“ - სერვერთან კავშირი არ არის, შესაბამისად კომპლექსის მომართვა შეუძლებელია;

კომპლექსის მომართვის ის ფანჯარა, რომლის დანიშნულებაც პარამეტრების შეყვანა ინდივიდუალურად თითოეული უპილოტო აპარატისთვის, წარმოდგენილია ნახ.4.15-ზე.



**ნახ.4.15. კომპლექსის მომართვის ფანჯარა.**

1 - უპილოტო საფრენი აპარატის სახმობების ფანჯრის სათაური; 2 - უპილოტო აპარატის რადიომართვის საბორტო აპარატურის რიცხვითი იდენტიფიკატორი; 3 - უპილოტო აპარატის სახმობის შეყვანის ველი; 4 - უპილოტო აპარატის გამოსახულების ფერის არჩევის ფანჯრის გამოძახების ღილაკი; 5 - უპილოტო აპარატის სტარტის დროს დაყოვნების შეყვანის ველი; 6 - საწვავის რაოდენობის შეყვანის ველი; 7-უპილოტო აპარატის სტარტის აზიმუტის შეყვანის ველი; 8 - სტარტის წერტილის გეოგრაფიული განედის შეყვანის ველი; 9 - სტარტის

წერტილის გეოგრაფიული გრძედის შეყვანის ველი; 10 - სტარტის წერტილის რუკაზე მითითების რეჟიმის ჩართვის ღილაკი; 11 - დაფრენის წერტილის გეოგრაფიული განედის შეყვანის ველი; 12 - დაფრენის წერტილის გეოგრაფიული გრძედის შეყვანის ველი; 13 - დაფრენის წერტილის რუკაზე მითითების რეჟიმის ჩართვის ღილაკი; 14 - აპარატის ფრენის მინიმალური სიმაღლის შეყვანის ველი; 15 - პიკირების კუთხის არჩევის ველი; 16 - პიკირების შემდგომი რეჟიმის არჩევის ველი; 17 - ფრენის მცირე სიმაღლის შეყვანის ველი; 18 - მცირე სიმაღლის ხანგრძლივობის შეყვანის ველი; 19 - მცირე სიმაღლის რეჟიმის შემდეგ ფრენის სიმაღლის შეყვანის ველი; 20 - შეყვანილი პარამეტრების დაყენების ღილაკი.

სტარტის დაყოვნება - ეს არის სტარტის დროის შემდეგ ის ფარდობითი დრო, რომელიც მოცემულია კომპლექსში და რომლის შემდეგ დაგეგმილია მოცემული უპილოტო აპარატის გაშვება. სტარტის ეს დრო (პლიუს დაყოვნება) ითვლება ნულოვან დროთ, რომლიდანაც აითვლება უპილოტო აპარატის ფრენის დრო.

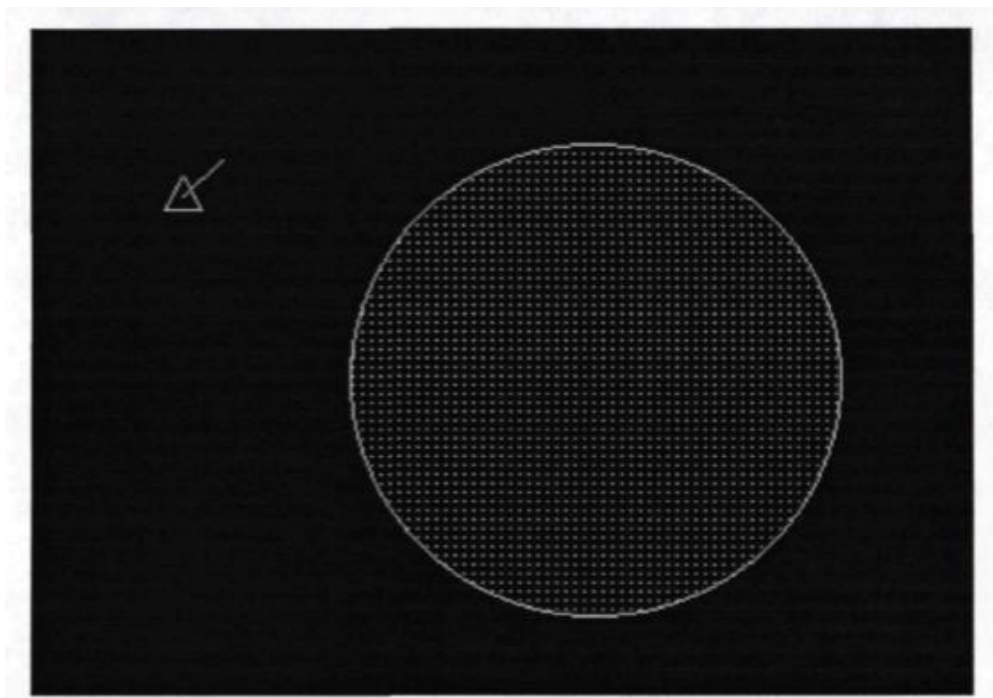
საწვავით გამართვა მიუთითებს უპილოტო აპარატის საწვავის რაოდენობას სასტარტო პოზიციაზე. შემდგომში, ხარჯვის გრაფიკის საფუძველზე მიმდინარეობს საწვავის ნარჩენის გამოთვლა.

გამშვები მოწყობილობის ადგილმდებარეობა და ორიენტაცია განისაზღვრება გეოგრაფიული კოორდინატებით და აზიმუტით. სტარტის წერტილის მდებარეობა შეიყვანება, როგორც უშუალოდ კლავიატურიდან, ისე ამ წერტილის რუკაზე მითითებით საჰაერო ვითარების ფანჯარაში. ამისათვის საჭიროა თითი დაეჭიროს ღილაკს „მიეთითოს სტარტის წერტილი“. დაფრენის წერტილი მიეთითება უპილოტო საფრენი აპარატის დასაბრუნებლად გეგმიური დაფრენის რაიონში როგორც ხელით, ისე ავტომატური მართვის რეჟიმში.

ფრენის პარამეტრები - მინიმალური სიმაღლე, რეჟიმის „პიკირება“ პარამეტრები „მცირე სიმაღლე“ ემსახურება მხოლოდ უპილოტო საფრენი აპარატის

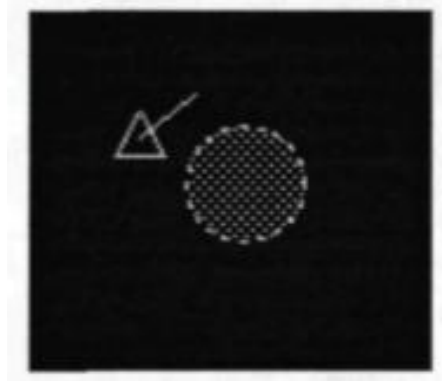
ფრენის პროგნოზის განხორციელებას. ის რეალური პარამეტრები, რომლებსაც უპილოტო აპარატი იცავს პროგრამის შესრულებისას, დგინდება უშუალოდ მასზე.

ლილაკი „დააყენეთ“ ემსახურება შეყვანილი პარამეტრების დადასტურებას და მათი გამოყენებას საფრენი აპარატის მართვის ალგორითმებში. ნიშნული საჰაერო ვითარების ფანჯარაში უჩვენებს აპარატის ადგილმდებარეობას. საკოორდინატო ინფორმაციის ყოველ წამიერი მოსვლისას აპარატის ადგილიზე აისახება ფერადი წერტილი (მოცემული უპილოტო საფრენი აპარატისათვის დადგენილი ფერი), ამ წერტილიდან გამოდის იმავე ფერის მოძრაობის პროგნოზი. თანხლების ფორმულარი - ეს არის ტექსტური სტროფების კრებული უპილოტო აპარატის ნიშნულთან ახლოს. საჰაერო ვითარების ფანჯარაში თითოეული უპილოტო აპარატისთვის აისახება გაშვების მოცემული წერტილი სამკუთხედის სახით. სამკუთხედის ცენტრიდან გამოდის ხაზის ნაკვეთი, რომელიც აზიმუტის მიხედვით ემთხვევა გაშვების მიმართულებას. დაფრენის რაიონი ასახულია წრის სახით. წრის რადიუსი - 5 კმ-ია. გამოსახულების მაგალითი ნახ.4.16-ზე.



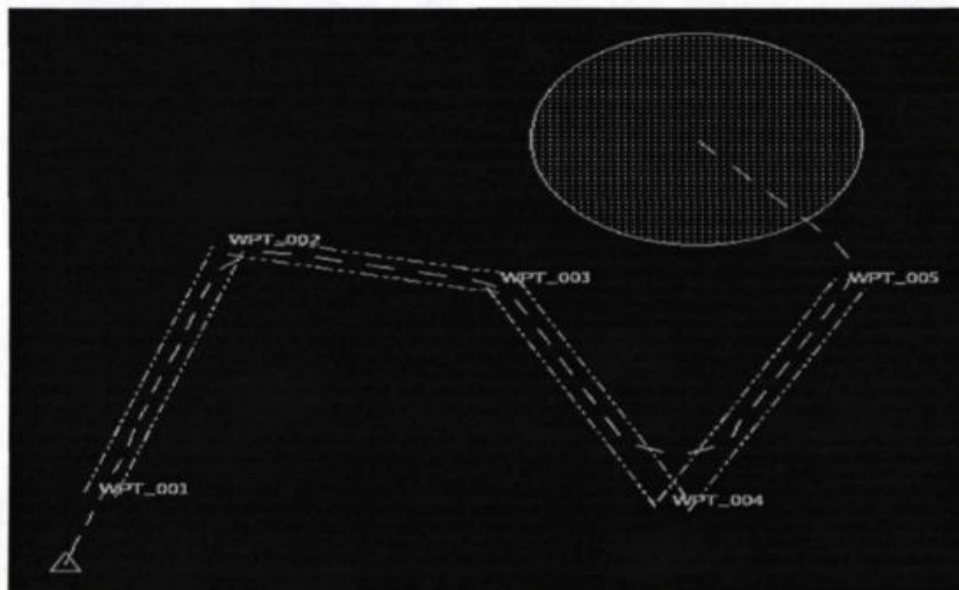
ნახ.4.16. საჰაერო ვითარების ამსახველი ფანჯრის მაგალითი.

მასშტაბის შემცირებისას როდესაც 5-კმ-იანი რადიუსის წრე გამოსახვისათვის ძალიან მცირეა, დაფრენის რაიონის გამოსახულება იცვლება პირობითი სიმბოლოდ ფიქსირებული რადიუსის წრის სახით, რომლის საზღვარი პუნქტიურულია ნახ.4.17.



ნახ.4.17. საჰაერო ვითარების ამსახველი ფანჯრის მაგალითი.

გაშვების წერტილისა და დაფრენის რაიონის გამოსახულების ფერი ემთხვევა იმ ფერს, რომელიც მოცემული უპილოტო საფრენი აპარატისთვისაა არჩეული. მარშრუტი აისახება პუნქტიურული დერეფნის სახით. ნახ.4.18-ზე ნაჩვენებია მარშრუტის ასახვის მაგალითი.

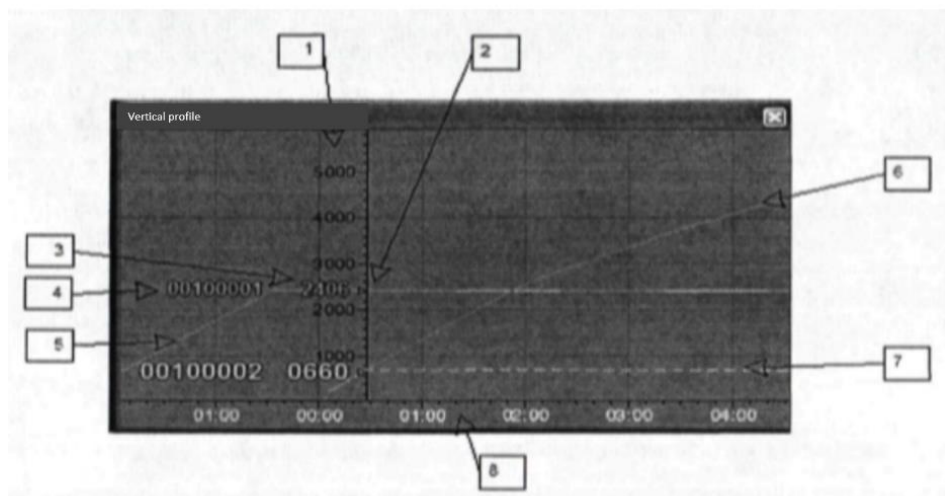


ნახ.4.18. მარშრუტის გამოსახულების მაგალითი.

ნახაზზე ასევე ნაჩვენებია სტარტის წერტილი, დაფრენის რაიონი და უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის პირობითი პროგნოზი არჩეულ მარშრუტზე სტარტის წერტილიდან დაფრენის წერტილამდე.

მარშრუტის ფერი ემთხვევა მოცემული უპილოტო აპარატისთვის არჩეულ ფერს.

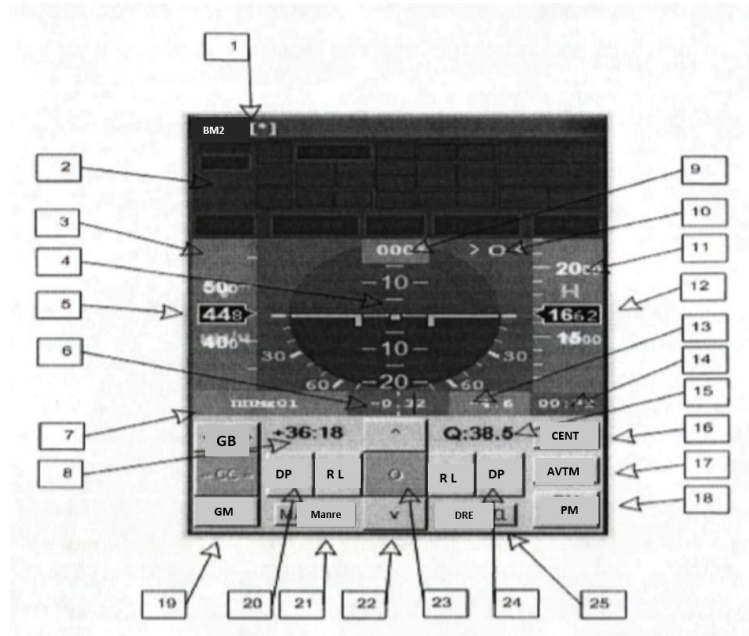
ვერტიკალური პროფილის ფანჯარა დანიშნულია უპილოტო საფრენი აპარატის სიმაღლეების მიხედვით მდებარეობის ასახვისათვის და ფრენის პროგნოზისათვის. ფანჯრის სახე წარმოდგენილია ნახ.4.19-ზე.



**ნახ.4.19. ვერტიკალური პროფილის გამოსახულების ფანჯარა.**

1 - სიმაღლის სკალა (მ); 2 - უპილოტო აპარატის მდებარეობის ნიშნული; 3 - ფრენის სიმაღლის მნიშვნელობა; 4 - აპარატის მოსახმობი; 5 - ფრენის ისტორია; 6 - ფრენის პროგნოზი; 7 - ფრენის პირობითი პროგნოზი; 8 - დროის სკალა.

მართვის ფანჯარა - უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის მართვის მთავარი ინსტრუმენტია, ის შეიცავს აპარატის ფრენის პარამეტრების და ტელემეტრიის პარამეტრების ამსახველ სკალებს. მოცემული ფანჯრიდან გაიცემა უპილოტო საფრენი აპარატების მართვის კომანდები. ფანჯრის სახე წარმოდგენილია ნახ.4.20-ზე.

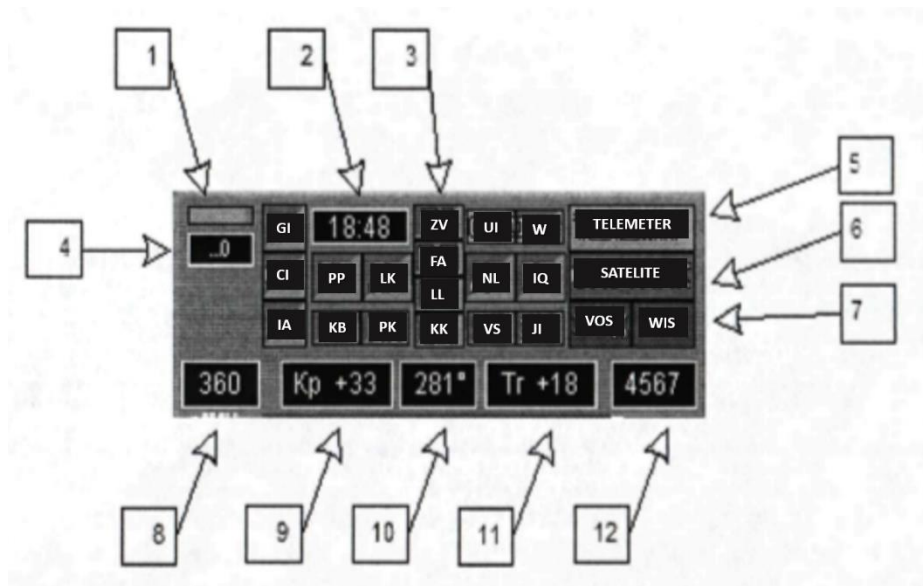


**ნახ.4.20. მართვის ფანჯარა.**

1 - უპილოტო საფრენი აპარატის იდენტიფიკატორი; 2 - ტელემეტრიის ფანჯარა; 3 - საგზაო სიჩქარის სკალა (კმ/სთ); 4 - ავიაჰორიზონტი; 5 - მიმდინარე საგზაო სიჩქარე; 6 - მოცემული გზის ხაზიდან ხაზური გვერდითი გადახრა; 7 - მარშრუტის აქტიური პუნქტის იდენტიფიკატორი; 8 - ფრენის დრო; 9 - მიმდინარე ჭეშმარიტი ან მაგნიტური საგზაო კუთხე; 10 - მართვის პროგრამის ტრანსლაციის ინდიკატორი; 11- გეომეტრიული სიმაღლის სკალა; 12 - მიმდინარე გეომეტრიული სიმაღლე; 13- მანძილი მობრუნების აქტიურ პუნქტამდე; 14 - მარშრუტის მობრუნების პუნქტამდე გავლის დრო; 15 - საწვავის გამოთვლილი ნაშტი (კგ); 16 - რუკის ცენტრის მოცემული უპილოტო აპარატისაკენ წანაცვლების ღილაკი; 18 - კომანდის „პროგრამული მექანიზმი“ ფორმირების ღილაკი; 19 - ძრავის მუშაობის რეჟიმის მართვის ღილაკი (დიდი გაზი, სიჩქარის სტაბილიზაცია, მცირე გაზი); 20 - ჰორიზონტალური მანევრირების მართვის ღილაკი; 21 - მოცემული მანევრების კრებულის გამოძახების ღილაკი; 22 - ვერტიკალური მენევრების მართვის ღილაკი (სიმაღლის აღება, დაშვება); 23 - სწორხაზოვანი ჰორიზონტალური ფრენის

სტაბილიზაციის დილაკი; 24 - ჰორიზონტალური მანევრების მართვის დილაკი; 25 - კომანდების დამატებითი კრებულის გამოძახების დილაკი.

ტელემეტრიის ასახვის ბლოკში აისახებება უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის რეჟიმები, გადაცემული კომანდების ქვითრები, ფრენის პარამეტრები, ტელემეტრიული მონაცემების გადაცემის არხის მდგომარეობა. ბლოკის საერთო სახე წარმოდგენილია ნახ.4.21-ზე.

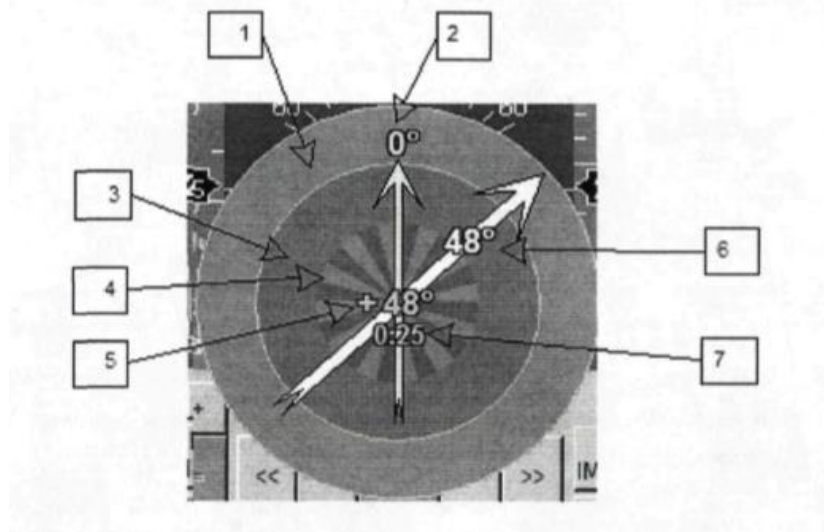


**ნახ.4.21. ტელემეტრიის მონაცემთა გამოსახულების ბლოკის ფანჯარა.**

1 - ტელემეტრიის მოსვლის იდენტიფიკატორი; 2 - ფრენის გასული დრო; 3 - რეჟიმებისა და ქვითრების ინდიკატორები; 4 - ტელემეტრიის უკანასკნელი მიღებიდან გასული დრო; 5 - ტელემეტრიული პარამეტრების (კურსი, საჰაერო სიჩქარე, ბარომეტრული სიმაღლე) ასახვის ინდიკაცია; 6 - თანამგზავრული პარამეტრების (საგზაო კუთხე, საგზაო სიჩქარე, გეომეტრიული სიმაღლე) ასახვის ინდიკაცია; 7 - მტყუნებების ინდიკატორი; 8 - გამოთვლილი საჰაერო სიჩქარე; 9 - დაგვერდება; 10 - გამოთვლილი კურსი; 11- ტანგაჟი; 12 - გამოთვლილი ბარომეტრული სიმაღლე.



მნიშვნელოვანია მოძრაობის პარამეტრების ოთხი ელემენტი (ფანჯარა): საგზაო კუთხე, საგზაო სიჩქარე, გეომეტრიული სიმაღლე და გვერდითი წანაცვლება. საგზაო კუთხის ცვლილება ხდება საგზაო კუთხის ფანჯრის გამოძახებით, რომელიც ნახ.4.22-ზეა წარმოდგენილი.

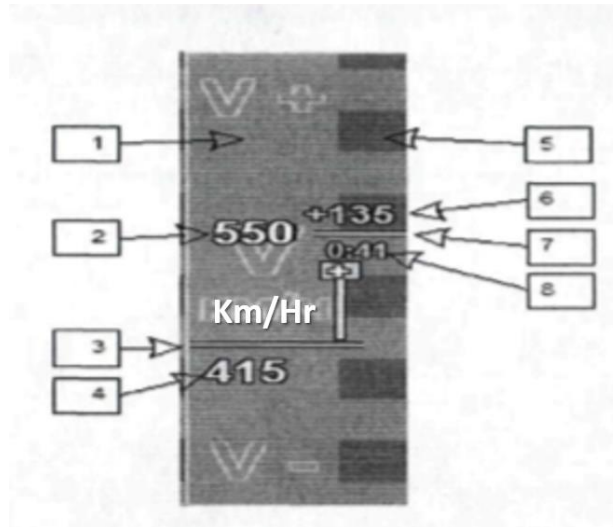


ნახ.4.22. საგზაო კუთხის დანიშნულების ფანჯარა.

1 - მობრუნების მიცემის ველი; 2 - მიმდინარე საგზაო კუთხე; 3 - მობრუნების მიცემის ველი; 4 - დისკრეტული სიდიდეებით მობრუნების მიცემის ველი (15-15 გრადუსი); 5 - საგზაო კუთხის მოცემული ცვლილება; 6 - მოცემული საგზაო კუთხე; 7 - მანევრის შესრულების პროგნოზირებული დრო.

ფანჯარა წარმოადგენს მრგვალ ველს რგოლისმაგვარი სკალებით. გარე სკალა იძლევა საგზაო კუთხის ცვლილებას. ცენტრალური სკალის დისკრეტულობა შეადგენს 15 გრადუსს.

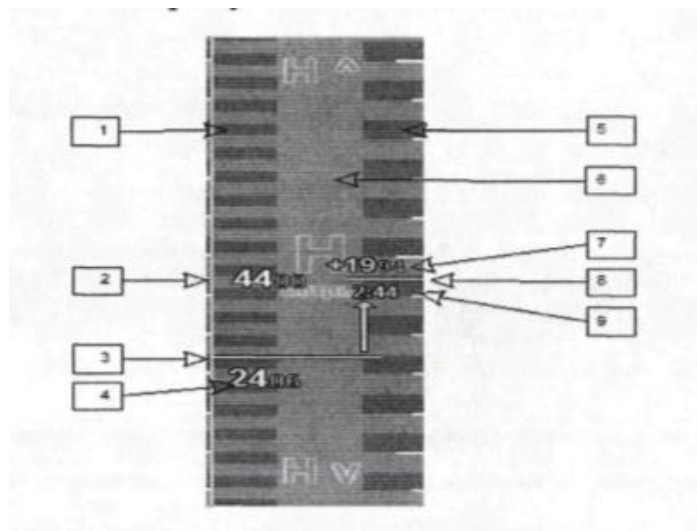
საგზაო სიჩქარის ცვლილება ხდება საგზაო სიჩქარის ფანჯრის გამოძახებით, რომელიც ნახ.4.23-ზეა წარმოდგენილი.



ნახ.4.23. საგზაო სიჩქარის დანიშნულების ფანჯარა.

1 - საგზაო სიჩქარის მითითების ველი; 2 - დასაყენებელი საგზაო სიჩქარის მნიშვნელობა; 3 - მიმდინარე საგზაო სიჩქარის ნიშნული; 4 - მიმდინარე საგზაო სიჩქარის მნიშვნელობა; 5 - საგზაო სიჩქარის დისკრეტული მითითების ველი; 6 - საგზაო სიჩქარის საჭირო მნიშვნელობა; 7 - დასაყენებელი საგზაო სიჩქარის ნიშნული; 8 - მანევრის შესრულების პროგნოზირებული დრო.

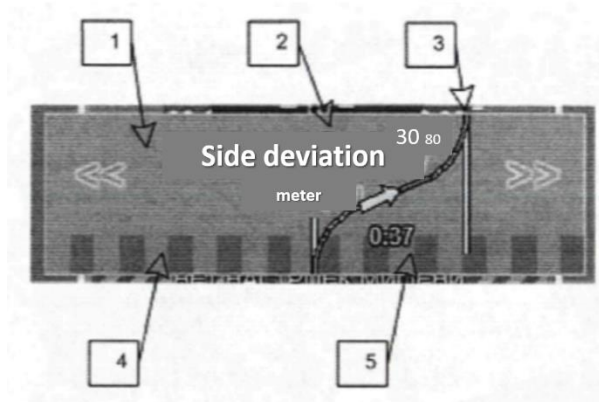
გეომეტრიული სიმაღლის ცვლილება ხდება ამ სიმაღლის ცვლილების ფანჯრის გამოძახებით. ფანჯრის საერთო ხედი წარმოდგენილია ნახ.4.24-ზე.



ნახ.4.24. სიმაღლის დანიშნულების ფანჯარა.

1 - გეომეტრიული სიმაღლის ფარდობითი ცვლილების ველი; 2 - დასაყენებელი გეომეტრიული სიმაღლის მნიშვნელობა; 3 - მიმდინარე გეომეტრიული სიმაღლის ნიშნული; 4 - მიმდინარე გეომეტრიული სიმაღლის მნიშვნელობა; 5 - გეომეტრიული სიმაღლის დისკრეტული მითითების ველი (ბიჯი 500მ.); 6 - გეომეტრიული სიმაღლის მითითების ველი; 7 - გეომეტრიული სიმაღლის საჭირო ცვლილების მნიშვნელობა; 8 - დასაყენებელი გეომეტრიული სიმაღლის ნიშნული; 9 - მანევრის შესრულების პროგნოზირებული დრო.

გვერდითი გადახრის კომანდა მიიღწევა გვერდითი გადახრის მანევრის პარამეტრების ფანჯრის გამოძახებით. ამ ფანჯრის საერთო ხედი ნაჩვენებია ნახ.4.25-ზე.



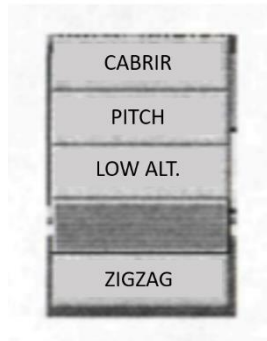
**ნახ.4.25. გვერდითი მონაცვლეობის მანევრის პარამეტრების ფანჯარა.**

1 - გვერდითი მანევრის სიდიდის მოცემულის ველი; 2 - მოცემული გვერდითი მანევრის მნიშვნელობა; 3 - მოცემული გვერდითი მანევრის ნიშნული; 4 - გვერდითი მანევრის სიდიდის დისკრეტული მოცემის ველი; 5 - მანევრის პროგნოზირებული დრო.

დამატებითი კომანდები დაჯგუფებულია და გამოტანილია დამატებით ფანჯრებში, რომლებიც გამოიძახება სპეციალურ ღილაკებზე თითის დაჭერით.

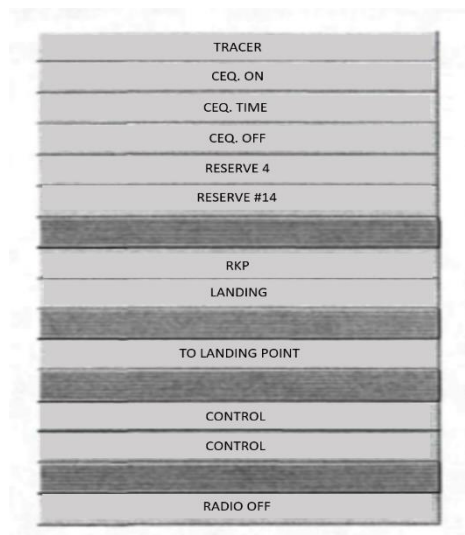
პირველ ჯგუფში გამოტანილია მანევრების კომანდები: „კაბრირება“, „პიკირება“, მცირე სიდიდე.

მოცემული კომანდები ერთჯერადია და მათი გაცემა ინიცირებას უკეთებს უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის შესაბამის რეჟიმების შესრულებას. კომანდების მოცემული ჯგუფის ფანჯარა ნაჩვენებია ნახ.4.26-ზე.



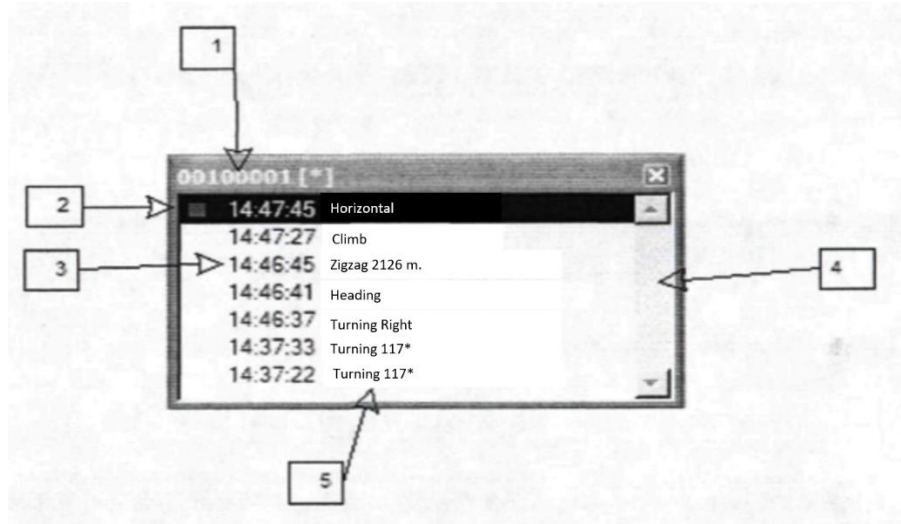
**ნახ.4.26. უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის რეჟიმების ფანჯარა.**

მეორე ჯგუფში გამოტანილია ყველა დანარჩენი კომანდები. მასში გაერთიანებულია, როგორც ის კომანდები, რომლებიც უშუალოდ მართავენ უპილოტო საფრენ აპარატს რადიოარხით ერთჯერადი კომანდების გადაცემით, ისე რეჟიმების მართვის კომანდებიც. ფანჯარა ნაჩვენებია ნახ.4.27-ზე.



**ნახ.4.27. კომანდების ფანჯარა.**

რადიოკომანდების ფანჯარა შეიცავს უპილოტო საფრენი აპარტის მართვის კომანდების სიას (ნახ.4.28.)

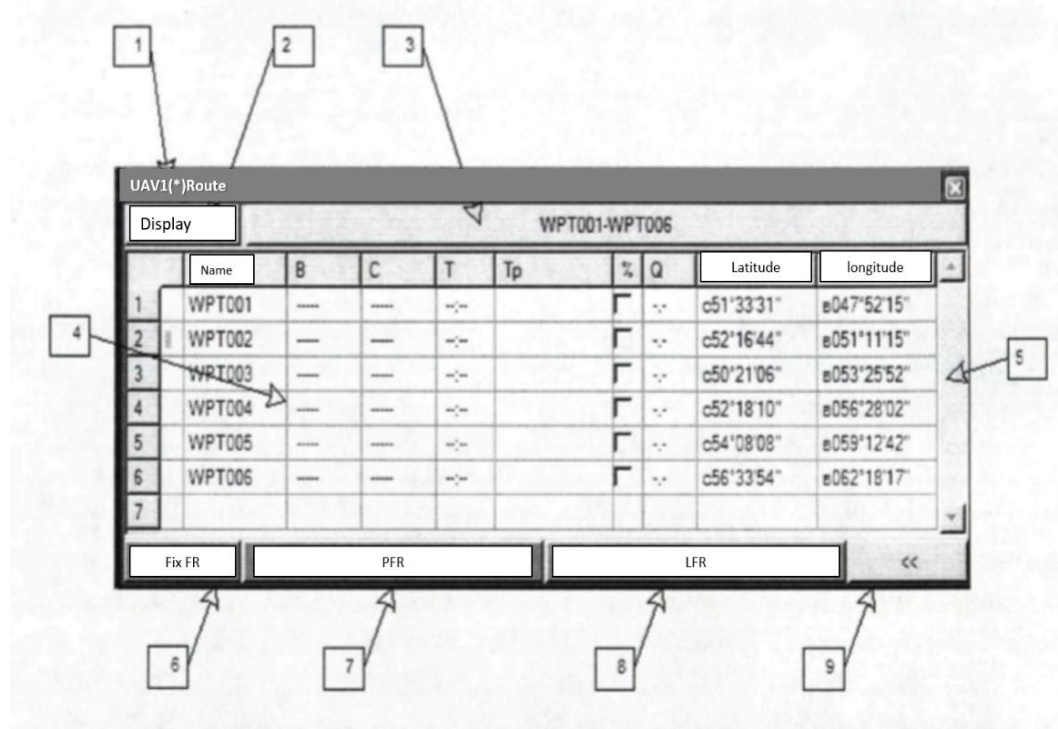


ნახ.4.28. რადიოკომანდების ფანჯარა.

1 - ფანჯრის სათაური უპილოტო საფრენი აპარატის იდენტიფიკატორი; 2 - რადიოკომანდის მიღების დადასტურების ლოდინის ნიშანი; 3 - რადიოკომანდის მიტანის დრო; 5 - რადიოკომანდის გაშიფვრის ტექსტი.

უპილოტო საფრენი აპარატის მარშრუტის ფანჯარა შეიცავს კონკრეტული უპილოტო აპარატის მარშრუტის ცხრილის მარშრუტის მობრუნების პუნქტის ცხრილისა და ფრენის მოცემული პარამეტრების სახით.

ფანჯარას აქვს ღილაკები, რომლებიც საშუალებას იძლევა შეიცვალოს აქტიური მობრუნების პუნქტი და რედაქტირება მოხდეს, როგორც მარშრუტის, ისე ფრენის მოცემული პარამეტრების. მარშრუტის ფანჯარა შეიძლება იყოს როგორც გაშლილი, ისე შევიწროვებული ფორმის, შესაბამისად ნახ.4.29 და ნახ.4.30.



ნახ.4.29. მარშრუტის სრული მონაცემების ფორმის ფანჯარა.

1 - ფანჯრის სათაური უპილოტო საფრენი აპარტის იდენტიფიკატორია; 2 - მარშრუტის საპაერო ვითარების ფანჯარაში ასახვის ღილაკი; 3 - მარშრუტის რედაქტირების ფანჯრის გამოძახების ღილაკი; 4 - მარშრუტის ცხრილი; 5 - მარშრუტის ცხრილის ვერტიკალური ბრუნვის ცხრილი; 6 - მარშრუტის მიმდინარე მობრუნების პუნქტის ფიქსირების რეჟიმის ღილაკი; 7 - მარშრუტის მობრუნების პუნქტისკენ სვლის რეჟიმის ღილაკი; 8 - მოცემული გზის ხაზის მოცემული მობრუნების პუნქტზე მიმართულებით დაცვის რეჟიმის ღილაკი; 9 - მარშრუტის ცხრილის ჩვენების გაფართოებულ/სტანდარტულ რეჟიმზე გადართვის ღილაკი.

	Name	B	C	T	Tp	%
1	WPT001	----	----	--:--		
2	@ WPT002			10:15		
3	WPT003	2000	----	--:--		
4	WPT004	---	450	--:--		
5	WPT005	---	---	--:--		<input checked="" type="checkbox"/>

**ნახ.4.30. მარშრუტის შემოკლებული მონაცემების ფორმის ფანჯარა.**

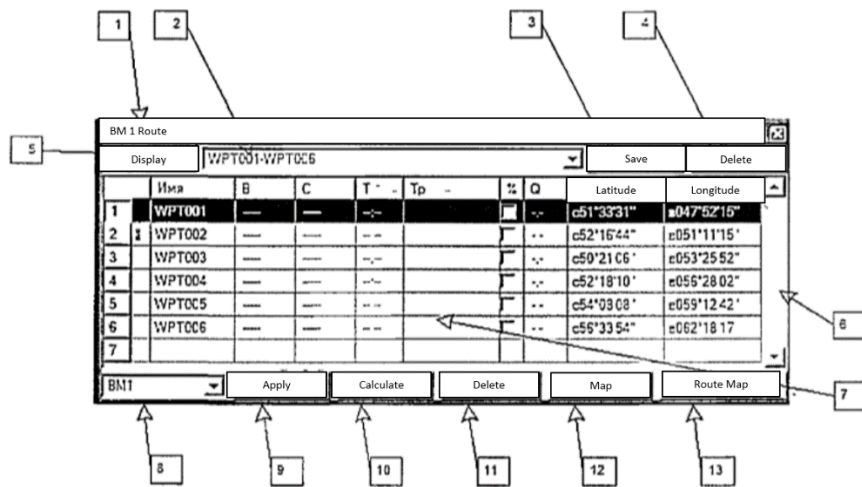
თითოეულ სტრიქონში მიეთითება მარშრუტის მოზრუნების პუნქტის იდენტიფიკატორი, მოცემული გეომეტრიული სიმაღლე მოცემული მოზრუნების პუნქტის გავლის შემდეგ (მ), უპილოტო აპარატის მოცემული საგზაო სიჩქარე მოცემული მოზრუნების პუნქტის გავლის შემდეგ (კმ/სთ), მარშრუტის მოზრუნების პუნქტზე გადაფრენის მოცემული დრო.

სტრიქონის მარცხნივ მიეთითება აქტიური მოზრუნების პუნქტის რიგითი ნომერი და აღნიშვნა.

ლილაკი „ფიქს“ ემსახურება მოცემული ტრაექტორიის სტაბილიზაციის რეჟიმის ჩართვას. ლილაკის „ფიქს“ მოქმედება შემდეგ შემთხვევაში გამოირთვება: მართვის ავტომატური რეჟიმიდან ხელით მართვის რეჟიმში გადასვლისას; ხელით მართვის რეჟიმიდან ავტომატურში გადასვლისას.

მარშრუტის სახელის შემცვლელი ლილაკის დანიშნულებაა მოცემული მარშრუტის ინდიკაციისათვის და მოცემული უპილოტო საფრენი აპარატის მარშრუტის შეცვლისთვის. მარშრუტის ლილაკზე თითის დაჭერისას იხსნება მარშრუტების რედაქტორის ფანჯარა და უპილოტო საფრენი აპარატების სიაში

მაშინვე დგინდება მიმდინარე უპილოტო აპარატი. მარშრუტის რედაქტორი ემსახურება უპილოტო აპარატისათვის მარშრუტის შექმნას და რედაქტირებას. რედაქტორის ფანჯარა შეიცავს მარშრუტის შექმნას და რედაქტირებას. რედაქტორის ფანჯარა შეიცავს მარშრუტის ცხრილს, მარშრუტის მობრუნების პუნქტების სიას მათი გავლის პარამეტრების სახით. ფანჯარა საშუალებას იძლევა მოცილებული იქნეს მობრუნების პუნქტი და შეცვლილი მათი პარამეტრები. რედაქტორის ფანჯრის საერთო ხედი ნაჩვენებია ნახ.4.31-ზე.



**ნახ.4.31. მარშრუტის რედაქტირების ფანჯარა.**

1 - ფანჯრის სათაური; 2 - მარშრუტის იდენტიფიკატორი; 3 - მიმდინარე მარშრუტის შენარჩუნების დილაკი; 4 - არჩეული მარშრუტის მოცილების დილაკი; 5 - ადგილმდებარეობის რუკაზე მიმდინარე მარშრუტის ასახვის დილაკი; 6 - მარშრუტის შემცველობის ვერტკალური ბრუნვის ზოლი; 7 - მარშრუტის შემცველობა (მარშრუტის ცხრილი); 8 - მარშრუტის დადგენისათვის დანიშნული უპილოტო საფრენი აპარატი; 9 - დანიშნული უპილოტო საფრენი აპარატისათვის მიმდინარე მარშრუტის დადგენა; 10 - დანიშნული უპილოტო საფრენი აპარატისათვის მობრუნების პუნქტზე გადაფრენის გამოთვლა; 11 - არჩეული მობრუნების პუნქტის მოცილების დილაკი; 12 - ახალი მარშრუტის მობრუნების პუნქტის დამატების დილაკი; 13 - ახალი მარშრუტის შეყვანის დილაკი.



მარშრუტის რედაქტორის ფანჯარა შეიცავს მარშრუტების იმავე ცხრილს, როგორც უპილოტო საფრენი აპარატის მარშრუტის ფანჯარა, მაგრამ ისინი რედაქტირებულია.

## მე-4 თავიდან გამოტანილი დასკვნები

1. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის შემოთავაზებული კომპლექსი(მოდელი) უზრუნველყოფს იმ ამოცანების ერთობლიობის გადაწყვეტას, რომლებიც დაკავშირებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვასთან, სააკორდინატო ინფორმაციის დამუშავებასთან, მიღებული ინფორმაციის ასახვასთან, უპილოტო საფრენი აპარატების ფრენის დაგეგმილი და რეალური მარშრუტების ასახვასთან ადგილმდებარეობის რუკის ფონზე, ხელით ფრენის რეჟიმში მართვის კომანდების ფორმირებასთან, თითოეული უპილოტო საფრენი აპარატიდან მიღებული მონაცემების და გადაცემული მართვის კომანდების მთელი მოცულობის ოპერატიულ რეგისტრაციასთან.

2. მართვის მოცემული კომპლექსი უზრუნველყოფს უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის ყველა რეჟიმის მუშობას. მასში რეალიზებულია მართვის აპარატურის უახლესი ნიმუშები, გამოყენებულია უახლესი საინფორმაციო ტექნოლოგიები.

3. მოცემული მართვის კომპლექსის გამოცდებმა აჩვენა, რომ მისი გამოყენება უპილოტო საფრენი აპარატების საერთო საჰაერო სივრცეში მართვისათვის შესაძლებელია დამოკიდებული დაკვირვების სისტემის გამოყენებით.

4. უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის დამუშავებული კომპლექს უნარი აქვს შეასრულოს თავისი ამოცანები საერთო საჰაერო სივრცეში სხვა საფრენ აპარატებთან ერთად ჯგუფური ფრენისას.

## დასკვნა

ჩემს მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგად შეიქმნა მეთოდოლოგია, რომელიც უზრუნველყოფს უპილოტო საფრენი აპარატების საერთო საჰაერო სივრცეში ფრენის უსაფრთხო მართვას. ამ დროს მიღებულია შემდეგი ძირითადი შედეგები:

1. შესრულებულია საჰაერო ხომალდების დამოკიდებული დაკვირვების სისტემის პერსპექტიული ტექნოლოგიების ანალიზი, რომელიც საჰაერო მოძრაობის მართვის დისპეტჩერს საშუალებას აძლევს რადიოლოკაციური მეთვალყურეობასთან ერთად გამოიყენოს მეთვალყურეობის (დაკვირვების) თანამგზავრული ველი, რომელიც გარანტირებულს ხდის კოორდინატების განსაზღვრის მაღალ სიზუსტეს, მიუხედავად ობიექტის მიმართულებისა და ობიექტამდე მანძილისა: 15 მეტრამდე ან 2 მეტრამდე ლოკალური საკონტროლო მაკორექტირებელი სადგურის გამოყენებისას.

2. უპილოტო საფრენი აპარატის საერთო საჰაერო სივრცეში ფრენის მართვის დამუშავებული ტექნოლოგია იმით გამოირჩევა, რომ მართვის კომანდები საფრენი აპარატის ბორტზე გადაიცემა ოპერატორის მიერ მართვის მიწისზედა პუნქტიდან მონაცემთა გადაცემის ხაზით.

3. დადგენილია, რომ სამაუწყებლო ავტომატიზებული დამოკიდებული დაკვირვების ერთმთლიანობის დონე შეიძლება შეფასდეს უპილოტო საფრენი აპარატის მდგომარეობის შესახებ მონაცემების დაკარგვის ან დამახინჯების ალბათობის მაჩვენებლით. შემოთავაზებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მდებარეობის შესახებ მონაცემების დამახინჯების შეფასების მეთოდი, რომელიც მდგომარეობს სიგნალის დაყოვნების განსაზღვრაში და უპილოტო საფრენ აპარატამდე მანძილის გაზომვაში, მანძილი გამოითვლება კოორდინატების მიხედვით. თუ გამოთვლილი კოორდინატების სხვაობა მოდულის მიხედვით აღემატება დასაშვებ სიდიდეს, მაშინ თვლიან, რომ მონაცემები დამახინჯებულია.

ამის ხარჯზე იზრდება მონაცემთა გადაცემის ხაზით გადაცემულ მონაცემთა უეჭველობა.

4. შემოთავაზებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მონაწილეობით პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციების თავიდან აცილების მეთოდები და ალგორითმები. უპილოტო საფრენი აპარატის მანევრები ოპტიმიზებულია ინფორმაციის გავრცელების ისეთი თავისებურებანის გათვალისწინებით, როგორცაა სიზუსტე, პერიოდულობა, თავისდროულობა.

5. შემოთავაზებულია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვის ხერხი და მისი რეალიზაციის მოწყობილობა. ეს მოწყობილობა ისეთი მართვის მეთოდების რეალიზებას ახდენს, რომლებშიც ხორციელდება უპილოტო საფრენი აპარატის ფრენის პარამეტრების გათვლილი პროგნოზირებული მნიშვნელობის შედარება კოორდინატთა მიმდინარე მნიშვნელობებთან, რომლებიც მიიღება თანამგზავრული სანავიგაციო სისტემის მიმღებიდან და მათი უტოლობის შემთხვევაში გამოიმუშავება შესაბამისი სიგნალები ბრუნვითი მოძრაობის მართვის სამი არხისათვის და გრძივი მოძრაობის არხისათვის.

6. განსაზღვრულია უპილოტო საფრენი აპარატის მართვისა და კონტროლის პროგრამულ-აპარატული კომპლექსის აგების პრინციპები და შემუშავებულია მოთხოვნები ინტერფეისისადმი: „ადამიანი-მანქანა“.

7. სამაუწყებლო ავტომატიზებული დაკვირვების სისტემა საშუალებას იძლევა მოხდეს უპილოტო საფრენი აპარატის საერთო საჰაერო სივრცეში ექსპლუატაცია, ვინაიდან ეს სისტემა ინტეგრირებულია საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში და უზრუნველყოფს ინფორმაციას მოძრაობის ყველა მონაწილისათვის უპილოტო საფრენი აპარატის მოძრაობის კოორდინატების ფართოსამაუწყებლო გადაცემის ხარჯზე.

მიზანშეწონილია განხორციელდეს შემდეგი კვლევები ავტომატური დაკვირვების სისტემის გაუმჯობესების მიმართულებით, რათა კიდევ უფრო დაიხვეწოს უპილოტო საფრენი აპარატის მართვა ერთიან საჰაერო სივრცეში.

## გამოყენებული ლიტერატურა

### ქართულენოვანი მასალები:

1. მ.ზოიძე, გ.სანაძე, დ.ბესტავაშვილი, მოიერიშე უპილოტო საავიაციო სისტემა. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა. თბილისი. ISSN 1512-3537, №2 (42) 2018, გვ. 81;
2. მ.ზოიძე, გ.სანაძე, უპილოტო საფრენი აპარატების გამოყენების და საჰაერო მოძრაობის რეგულირების მდგომარეობის მიმოხილვა სხვადასხვა ქვეყნებში და საქართველოში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა. თბილისი. ISSN 1512-3537, №1-№2 (47-48) 2020, გვ.48;
3. მ.ზოიძე, გ.სანაძე, პოტენციური კონფლიქტური სიტუაციების გამოთვლის მეთოდის საჰაერო მოძრაობის დაგეგმარების ავტომატიზირებულ სისტემაში. ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა. თბილისი. ISSN 1512-3537, №4 2020;
4. ს.ტეფნაძე, რ.ებრალიძე, ნ.თიკანაშვილი, საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, საჰაერო რადიონავიგაციის საფუძვლები, თბილისი 2018;
5. ს.ტეფნაძე, რ.ებრალიძე, გ.ნიკოლაშვილი, საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, საავიაციო და რადიოელექტრონული მოწყობილობების ტექნიკური ექსპლუატაცია, თბილისი 2010;
6. ს. ტეფნაძე, დ. ვეფხვაძე, საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ფრენის მართვის სისტემები, 2019;
7. სსიპ – სამოქალაქო ავიაციის სააგენტოს დირექტორის ბრძანება №52 2018 წლის 9 მარტი ქ. თბილისი საჰაერო მოძრაობის მომსახურების წესის დამტკიცების შესახებ.
8. რ.ებრალიძე, საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, ფრენის მართვის ავტომატური სისტემები;

*ინგლისურენოვანი მასალები:*

9. Federal Aviation Administration, 14 CFR §107, <https://www.federalregister.gov/documents/2016/06/28/2016-15079/operation-and-certification-of-small-unmanned-aircraft-systems>, August 2016. Retrieved October, 2016;
10. NASA (2015, November 19). First Steps Toward Drone Traffic Management. <https://www.nasa.gov/feature/ames/first-steps-toward-drone-traffic-management>. Retrieved October, 2016;
11. Miele A. and T. Wang. New Approach to the Collision Avoidance Problem for a Ship. // International Game Theory Review, Vol.6, No.1 (2014) 137-155pp;
12. Kumkov S.I. Conflict Detection and Resolution in Air Traffic Control // IFAC on-line Journal Automatic Control in Aerospace, 2009, paper AS-09-04;
13. Mitchel I.N. Application of Level Set Methods to Control and Reachability Problems in Continuous and Hybrid Systems. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. Stanford University, USA, 2012;
14. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Land mobile service; Radio equipment intended for the transmission of data (and/or speech) using constant or non-constant envelope modulation and having an antenna connector; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement. ETSI EN 300 113-1 VI.5.1, European Standard (Telecommunications series), 2013-09, 109 p;
15. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); VHF air-ground and air-air Digital Link (VDL) Mode 4 radio equipment; Technical characteristics and methods of measurement for aeronautical mobile (airborne) equipment; Part 4: Point to point functions. ETSI EN 302 842-4 VI. 1.1, European Standard (Telecommunications series), 2015-03, 188 p;
16. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); VHF air-ground\* and air-air Digital Link (VDL) Mode 4 radio; Technical" characteristics and methods of measurement for aeronautical mobile (airborne) equipment; Part 2: General description and

data link layer. ETSI EN 302 842-2 VI. 1.1, European Standard (Telecommunications series), 2005-03, 25 p;

17. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); VHF air-ground and air-air Digital Link (VDL) Mode 4 radio; Technical characteristics and methods of measurement for aeronautical mobile (airborne) equipment; Part 3: Additional broadcast a spect. ETSI EN 302 842-3 VI. 1.1, European Standard (Telecommunications series), 2015-03, 166 p;

18. Manual on VHF Digital Link (VDL) Mode 4. Doc 9816-AN/448, ИКАО, Издание первое, 2041 84p;

19. System and Method For Safely Flying Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Airspace", 2018-02-07, [http://v3 .espacenet.com](http://v3.espacenet.com);

*რუსულენოვანი მასალები:*

20. Токарев Ю.П., Фальков Э.Я. Полеты беспилотных летательных систем в гражданском воздушном пространстве в рамках существующих стандартов и методов ИКАО;

21. Базовые принципы формирования технического облика комплексов с БЛА в интересах ТЭЖ на основе систем военного назначения. // М. Экспоцентр, 2931 января 2008 г;

22. Беспилотные самолеты вертикального взлета и посадки: Выбор схемы и определение проектных параметров / Н. К. Лисейцев, В. З. Максимович и др.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н. К. Лисейцева.- Из-во МАИ-ПРИНТ, 2009.- 140с;

23. Дегтярев О.В., Кан А.В., Орлов В.С. Проблемы моделирования процессов выполнения управляемых потоков воздушного движения и пути их решения. Сб.трудов «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2005., т.П, 2005;

24. Кулик А.С., Гордин А.Г., Нарожный В.В., Бычкова И.В., Таран А.Н. Проблематика разработки перспективных малогабаритных летающих роботов.

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Украина, 2005 2;

25. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий /Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. - М.: Физматлит, 2003. 3. Вилкова Н. Н., Сухачев А;

26. Исследование технико-экономических характеристик перспективных комплексов беспилотных летательных аппаратовУ/Электросвязь,. №5, 2008, j с. 16-20. Балыко Ю. П;

27. Трубников Г. В. Опыт развития гражданских беспилотных систем и услуг в России. // Труды Второго Московского Международного Форума «Беспилотные многоцелевые комплексы в интересах ТЭК». - М. Экспоцентр, 29-31 января 2008 г. 142;

28. Беспилотные летательные аппараты. Состояние и тенденции развития/ Под ред. Иванова Ю.Л. - М.: Варяг, 2004;

29. Развитие, основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов (дистанционно-пилотируемые летательные аппараты)/ Под ред. Голубева И.С., Янкевича Ю.И. - М.: Изд-во МАИ, 2006;

30. Концепция и системы CNS/АТМ в гражданской авиации / Бочкарев В. В., Кравцов В. Ф., Крыжановский Г. А. и др.; Под ред. Г. А. Крыжановского.М.: ИКЦ «Академкнига», 2003.- 415 с. 14. Бабаскин В. В., Королькова М. А., Олянюк П. В., Чепига В. Е;

31. Воздушный транспорт в современном мире / под ред. П. В. Олянюка. С-Пб.: Государственный университет ГА, 2010-336;

32. Фальков Э.Я. Об организации полетов беспилотных летательных аппаратов в гражданском воздушном пространстве// Тезисы докладов 5международной конференции «Авиация и космонавтика - 2006». - М.: МАИ, 2006;

33. США разрабатывают самолет-убийцу./ Интерфакс-АВН. Известия №51,2015

34. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Справочник / Савицкий В.И., Василенко В.А. и др. - М.: Транспорт,Л 986. 192 с;

35. Токарев Ю.П. Автоматическое зависимое наблюдение в условиях интенсивного развития беспилотной авиации. Транспорт: наука, техника, управление. ВИНТИ. 2006, №8, с. 17-20;
36. Токарев Ю.П., Макеев М.И., Юмаев К.Р. Построение комплекса управления беспилотными летательными аппаратами с использованием стандартных компонент. - СПб: Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. №6 (113)/2010, с. 56-59;
37. Способ управления беспилотным летательным аппаратом и устройство для его реализации. Красов А.И. и др.; заявитель и патентообладатель ООО «Фирма «НИТА» (RU), опубл. 13.10.2008;
38. Руководство по применению линий передачи данных в цепях обслуживания воздушного движения: Дос/9694 - AN/ 995/ - Монреаль, 1999, Юс. 36. Привалов А. А;
39. Кумков СИ., Пацко Н.Л. Развитие полной модели обнаружения и анализа конфликтных ситуаций. Отчет по НИР "Разработка алгоритмов и программного обеспечения задач разрешения конфликтных ситуаций и обработки информации в целях УВД". - ИММ УрО РАН, Екатеринбург, 2005. 72с;
40. Кумков СИ. Алгоритмы разрешения конфликтных ситуаций (маневр на терминальное множество специального вида). Отчет по НИР "Разработка алгоритмического и программного обеспечения задач УВД на основе информационных множеств (обнаружение и разрешение потенциально конфликтных ситуаций)". - ИММ УрО РАН, Екатеринбург, 2002. 196 с;
41. Белкин А.М., Н. Ф. Миронов Н.Ф., Ю. И. Рублев Ю.И., Сарайский Ю.Н. - М: Воздушная навигация: справочник. Транспорт, 1998. 49. Токарев Ю.П. Применение фильтра Калмана при автоматическом зависимом наблюдении беспилотных летательных аппаратов. // Тезисы докладов XXXVIII научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти авиаконструктора И. И. Сикорского. 2006. с.8;



42. Токарев Ю.П. // Флуктуационные явления на ОВЧ линии передачи данных режима 4. Тезисы докладов XXXIX научной конференции студентов, аспирантов\* и молодых ученых, посвященной памяти авиаконструктора И. И. Сикорского. СПбГУГА, 2007. с. 14;
43. Токарев Ю.П. Особенности применения ОВЧ линии передачи данных режима 4 на беспилотных летательных аппаратах. // Тезисы докладов XXXIX научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 146 посвященной памяти авиаконструктора И. И. Сикорского. СПбГУГА, 2007. с.15;
44. Королев Е.Н. Технологии работы диспетчеров управления воздушным движением. - М: Воздушный транспорт, 2000, 155с;
45. Токарев Ю.П. Анализ автоматического зависимого\* наблюдения беспилотных летательных аппаратов. // Тезисы докладов XL научнотехнической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти авиаконструктора И. И. Сикорского. СПбГУГА, 2008. с.17;
46. Токарев Ю.П. Разрешение потенциально конфликтных ситуаций при использовании автоматического зависимого наблюдения. /// Тезисы докладов XLI научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти авиаконструктора И. И. Сикорского. СПбГУГА, 2009. с.32;
47. Токарев Ю.П. Применение АЗН-В в задачах обеспечения безопасности движения БПЛА. // Тезисы докладов XLII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти 147 авиаконструкторам. И. Сикорского. СПбГУГА, 2010. с.21. 60;
48. Пятко С.Г. Скользящая модернизация систем УВД. — СПб, Типография фирмы «НИТА», выпуск 2, 2013;
49. Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения. Дос 4444 АТМ/501. ИКАО. Издание пятнадцатое, 2007;

50. Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полетов воздушных судов. Том 1. Правила производства полетов. Дос 8168-OPS/611, Том 1. ИКАО, Издание пятое, 2016;
51. Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полетов воздушных судов. Том 2. Построение схем визуальных полетов. Дос 8168OPS/611, Том 2. ИКАО, Издание пятое, 2016;
52. Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN). Дос 9618-AN/937, ИКАО, Издание третье, 2018;
53. Токарев Ю.П., Громова Е.Г., Фальков Э.Я., Пятко С.Г. Организация полетов беспилотных летательных систем в общем воздушном пространстве. М: ВВИА, 20-21 ноября 2008;
54. Токарев Ю.П. Вопросы организации ИВП в РФ. М: МАКС, 19-21 августа 2009;
55. Токарев Ю.П. Беспилотные воздушные системы (UAS). Потребности и вызовы. Глобальный форум по организации ВД по вопросам гражданско-военного сотрудничества, ИКАО, октябрь 2009;
56. Бортовая аппаратура радиопередачи АЗН-В4Д. Технические условия. НКПГ.464211.001 ТУ. Санкт - Петербург, ООО «Фирма «НИТА», 2009, 41 с;
57. Бортовая аппаратура радиопередачи «АЗН-В4Д». Руководство по эксплуатации. НКПГ.464211.001 РЭ. Санкт - Петербург, 2008, 25 с;
58. Бабуров В.И. и др. Совместное использование навигационных полей спутниковых радионавигационных систем и сетей псевдоспутников. — СПб.: Агенство «РДК-Принт», 2005;
59. Кузьмин Б.И. Авиационная цифровая электросвязь в условиях 150 реализации «Концепция ИКАО-ИАТА CNS/АТМ». СПб.-Н. Новгород: ООО «Агентство ВиТ-принт», 2007.- 384 с;