

ს. ტეფნაძე, დ. ვეფხვაძე



ფრენის მართვის სისტემები

თბილისი
2020 წ.

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი

ს. ტეფნაძე, დ. ვეფხვაძე

ფრენის მართვის სისტემები

ლექციების კურსი

დამტკიცებულია საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის

საინჟინრო ფაკულტეტის საბჭოს მიერ



თბილისი 2020

ლექციების კურსში განხილულია: საჭაერო ხომალდების ფრენის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის ძირითადი ამოცანები და ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემების აგებისა და ფუნქციონირების პრინციპები; საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემებისა და საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების აგების პრინციპები, მათი სტრუქტურა და დაპროექტების ინფორმაციული ტექნოლოგიები, მათში გამოყენებული ტექნიკური და პროგრამული საშუალებები; ფრენის მართვის საბორტო ინტელექტუალური სისტემების არქიტექტურა და ფუნქციონირების პრინციპები, მათი როლი პერსპექტიული საჭაერო ხომალდების ფრენის მართვის ამოცანების გადაწყვეტაში; საჭაერო მოძრაობის ავტომატიზებული მართვის და ფრენის მართვის სისტემების სრულყოფის შესაძლო პერსპექტიული მიმართულებები და განვითარების ტენდენციები.

ყველა ძირითადი საკითხი განხილულია ერთიანი მეთოდური პოზიციებიდან საავიაციო მართვის სისტემების კომპიუტერიზაციის სფეროში არსებული მიღწევების გამოყენებით.

ლექციების კურსი განკუთვნილია საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტის საინჟინრო სპეციალობის ბაკალავრიატისა და მაგისტრატურის სტუდენტებისათვის.

გამოდის პროფესორ სერგო ტეფნაძის რედაქციით

კომპიუტერული უზრუნველყოფა: მზია ედიბერიძე

საქართველოს საავიაციო უნივერსიტეტი, 2020

შესავალი

საავიაციო ტრანსპორტის მუშაობაში არსებული სპეციფიკა დღის წესრიგში პერმანენტულად აყენებს საკითხს მოძებნილ იქნეს ის შესაძლებლობები, რომლებითაც მიღწეული იქნება მათში შემავალი ყველა სისტემის სრულყოფა და ნორმალური ფუნქციონირება. გამომდინარე აქედან, ამჟამად ერთ-ერთ მთავარ ამოცანას წარმოადგენს მოხდეს ფრენის მართვის საბორტო სისტემებსა და საჰაერო მოძრაობის მართვის მიწისზედა სისტემებში ფრენის ავტომატიზებული და ავტომატური მართვის მეთოდების ფართო მასშტაბით დანერგვა და გამოყენება.

ფრენის მართვის ავტომატიზაცია, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს მართვის პროცესში საბორტო კომპიუტერების ჩართვას როგორც საჰაერო ხომალდის ბორტზე, ისე საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემაში. ამ მიმართულებით დღემდე ჩატარებულმა მუშაობამ უკვე გამოიღო გარკვეული შედეგი ციფრული საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემების, ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსებისა და საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების სრულყოფის საქმეში. დღესაც ამ მიმართულებით მუშაობის გაგრძელება ძალზე აქტუალურია და მომავალში მიზნად ისახავს საჰაერო ხომალდების მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში მართვის ინტელექტუალური სისტემების ჩართვას.

კომპიუტერების გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა პირველ რიგში რეალიზებული ყოფილიყო ფრენის მართვის ოპტიმიზაციის ალგორითმები, შექმნილიყო ოპერატორის მიერ (საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟის მიერ) გადაწყვეტილების მიღების პროცესში ინფორმაციული მხარდაჭერის საშუალებები და ქვესისტემები, ამაღლებულიყო სისტემების საიმედოობა სტრუქტურული და ინფორმაციული სიჭარბის ხარჯზე.

წინამდებარე სალექციო კურსის ამოცანას წარმოადგენს სტუდენტებს შეასწავლოს: საჰაერო ხომალდების ფრენის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის ძირითადი ამოცანები, ფრენის მართვის ავტომატური და ავტომატიზებული სისტემების აგებისა და ფუნქციონირების პრინციპები; საბორტო საინფორმაციო-მმართველი და საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების სტრუქტურა და დაპროექტების ინფორმაციული ტექნოლოგიები; საჰაერო ხომალდების ფრენის მართვისათვის საბორტო ინტელექტუალური სისტემებისა და თანამედროვე საავიაციო რადიოელექტრონიკის გამოყენების საკითხები.

ლექცია 1. ფრენის მართვის პროცესების ავტომატიზაცია

1.1. ძირითადი ამოცანები

საჰაერო ხომალდის მართვის პროცესების ავტომატიზაცია წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად საშუალებას უსაფრთხო და რეგულარული ფრენის უმაღლესი დონის უზრუნველსაყოფად. ავტომატური მართვის საბორტო სისტემა მიეკუთვნება ე.წ. ერგატიკულ სისტემებს, რომელთა აუცილებელ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ადამიანი. ფრენის დიდ სიჩქარეს, გადაწყვეტილების მიღების დროის სიმცირეს, საბორტო მოწყობილობების შესაძლო მტყუნებებს და რთულ მეტეოროლოგიურ პირობებს მივყავართ საჰაერო ხომალდის მართვის პროცესის ეფექტური განხორციელების მოთხოვნების შეუსაბამისობამდე ადამიანის შესაძლებლობებთან მიმართებაში. შექმნილი ვითარებიდან გამოსავალი მდგომარეობს, უმთავრესად, რთული პროცესების მართვის ავტომატიზაციაში. ამიტომ განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს საჰაერო ხომალდის აფრენის, დასაფრენად შესვლისა და დაფრენის მართვის პროცესების ავტომატიზაცია რთულ მეტეოროლოგიურ პირობებში. ავტომატური საშუალებები უზრუნველყოფენ საჰაერო ხომალდის მდგრადობისა და მართვადობის საჭირო მახასიათებლების მიღებას ფრენის ყველა ეტაპზე. საჰაერო ხომალდის ავტომატიზებული მართვა მიღებულია დავყოთ ნახევრად ავტომატურად (დირექტორულად) და ავტომატურად.

ნახევრადავტომატური სისტემა უზრუნველყოფს სივრცეში საჰაერო ხომალდის მდებარეობის შესახებ იმ ინფორმაციის შეკრებასა და ანალიზს, რომელიც ნავიგაციური მოწყობილობიდან შემოდის და მფრინავისთვის გასცემს ბრძანებას თვითმფრინავის მართვის განხორციელების შესახებ. საჰაერო ხომალდის მართვა ასეთი საპილოტაჟო-სანავიგაციო სისტემების დახმარებით იწოდება ნახევრადავტომატურად. ასეთ შემთხვევაში ავტომატიზებულია მხოლოდ საჰაერო ხომალდის მდებარეობის შესახებ ინფორმაციის შეკრება და დამუშავება, ხოლო მისი მართვა ხდება ხელით.

ავტომატური მართვის სისტემა უზრუნველყოფს არამარტო საჰაერო ხომალდის მდებარეობის შესახებ ინფორმაციის ავტომატურად შეკრებასა და დამუშავებას, არამედ ასევე მართვის კანონების ფორმირებას და ახორციელებს თვით მართვის პროცესსაც. ადამიანზე კი დაკისრებულია ავტომატური მართვის სისტემის მუშაობის კონტროლის ფუნქცია და ამა თუ იმ პროგრამის ჩართვის გადაწყვეტილების მიღება.

საჰაერო ხომალდის მართვის პროცესის ავტომატიზაციისას არასწორია იმ აზრის გაზიარება, რომ თითქოს საუკეთესო საბორტო სისტემას წარმოადგენს ის, რომელიც მთლიანად გამორიცხავს ადამიანს, რასაც ჩვეულებრივ მივყავართ სისტემის არარაციონალურ გართულებასთან და მართვის საერთო საიმედოობის შემცირებასთან. ავტომატიზაციის აუცილებელი ხარისხი განისაზღვრება სწრაფვით შეთანხმებულ იქნეს პილოტის სენსორულ-აზრობრივი მახასიათებლები საბორტო სისტემებთან, იმისათვის რომ მივიღოთ ერთიანი კომპლექსური ერგატიკული სისტემა, რომელიც საუკეთესოდ განახორციელებს საჰაერო ხომალდის მართვას. ფრენის უსაფრთხოების საკითხების გამოკვლე-

ვისას მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის, რომ საბორტო სისტემის ავტომატური მართვა არ გამოირცხავს პილოტს მართვის კონტურიდან. მართვის ავტომატური სისტემის გამოყენების შემთხვევაში ის მუდმივად ახორციელებს მის ოპერატიულ მართვას და მუშაობის სისწორის კონტროლს. ავტომატური მართვის სისტემის მტყუნებისას პილოტი დაუყოვნებლივ ერთვება მართვის პროცესში ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად.

თანამედროვე საჰაერო ხომალდებზე ნაირსახოვანი საბორტო სისტემები და ფრენის მართვის ქვესისტემები მთლიანობაში შეადგენს ერთობლივ საპილოტაჟო – სანავიგაციო კომპლექსს, რომელიც უზრუნველყოფს საჰაერო ხომალდის აფრენას, ფრენას მარშუტით და დაფრენას ნებისმიერი ამინდის პირობებში. გამოყებული ელემენტური ბაზის, მართვის კანონების ფორმირების პრინციპებისა და რეალიზაციის სახის მიხედვით განასხვავებენ ანალოგურ და ციფრულ საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსებს.

1.2. ფრენის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის პრინციპები

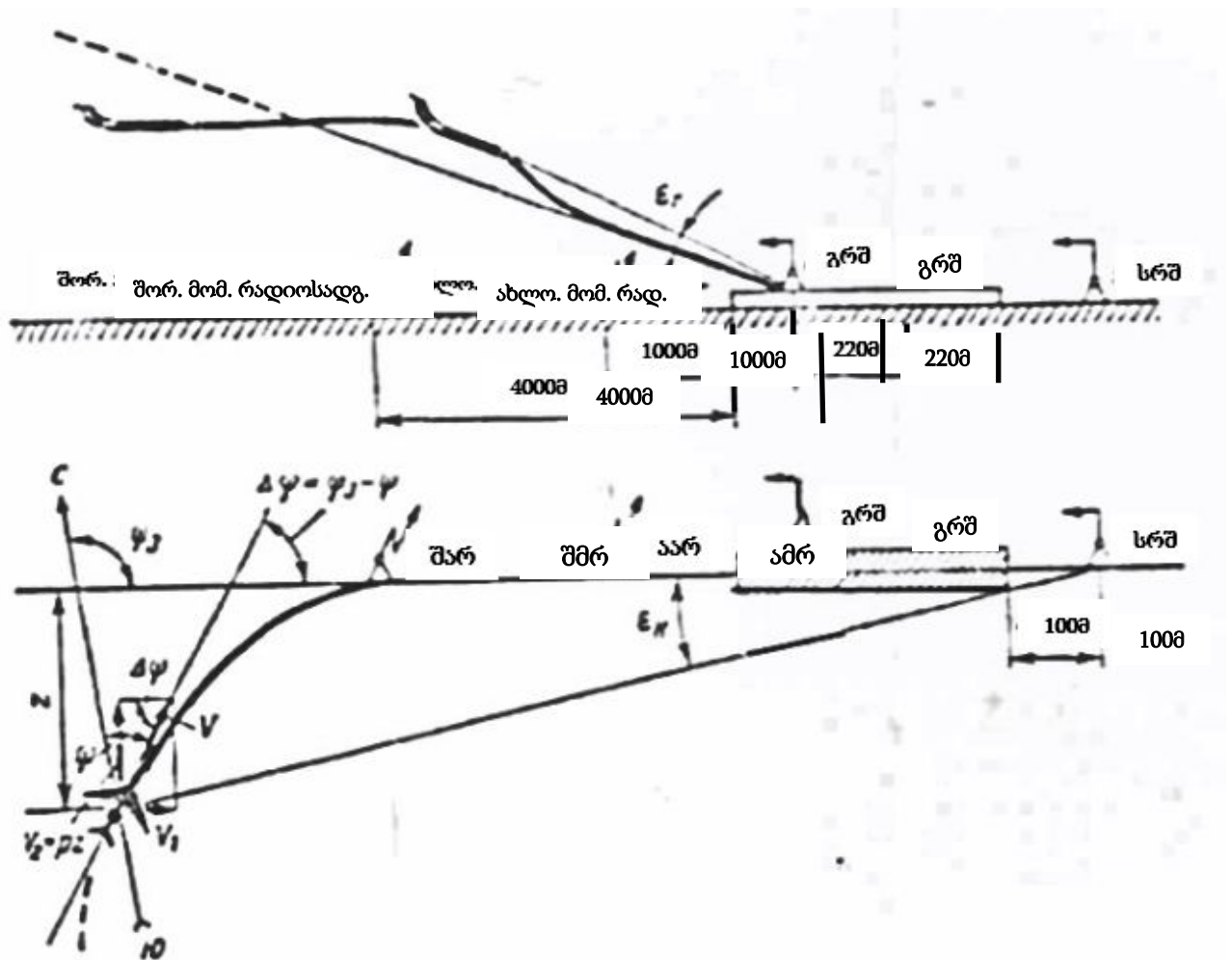
განვიხილოთ მართვის პროცესების ავტომატიზაცია დაფრენაზე შესვლისა და დაფრენის დროს. ეს ეტაპი განსაკუთრებით საპასუხისმგებლოა. მფრინავს შეზღუდულ დროში უხდება ერთდროულად მოახდინოს საჰაერო ხომალდის მართვა, როგორც მასის ცენტრთან მიმართებაში, ისე რთული ტრაექტორიული მოძრაობის შესრულების მიხედვით. დაფრენისას რეალური შეშფოთებების მოქმედების პირობებში საჰაერო ხომალდი უნდა მოხვდეს ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის (აღზ)-ის ზედაპირის გარკვეულ შემოსაზღვრულ ნაწილში, ამავედროულად, განსაზღვრული გადახრების გადაჭარბება იმუქრება ამ ნაწილში არ მოხვედრით. სიჩქარე და აჩქარება დაშვების ეტაპზე უნდა იყოს შეზღუდული საჰაერო ხომალდის სიმტკიცის თვალსაზრისით. დაშვებისა და დაფრენის პროცესის სირთულეზე მიუთითებს ისიც, რომ ყველა საავიაციო შემთხვევებისა დაახლოებით 60% ამ ეტაპზე მოდის.

დაფრენაზე შესვლა იწყება წინასადასაშვებო მანევრის შესრულების შემდეგ (ნახ.1.1) და განისაზღვრება ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მეოთხე მობრუნების დაწყების წერტილში გასვლით. ვერტიკალურ სიბრტყეში დასაფრენად შესვლის რეჟიმის დასაწყისი განისაზღვრება გლისადის გადაკვეთის მომენტით.

დაფრენაზე შესვლისა და დაფრენის დაწყების განხილვისას შეიძლება გამოვყოთ რამდენიმე უბანი. ჰორიზონტალურ სიბრტყეში: საკურსო ხაზზე გასვლა და ამ კურსით დაჯდომის შემდეგ გარბენა. ვერტიკალურ სიბრტყეში: გლისადაზე გასვლა, გლისადაზე სვლა, გასწორება, დაჯდომა და შასის წინა საყრდენის დაშვება.

ჰორიზონტალურ სიბრტყეში საკურსო ხაზზე გასვლისას საჰაერო ხომალდი იმართება, ისე, რომ შეზღუდული დაგვერდებისას საგზაო სიჩქარის ვექტორი შეთავსდეს საკურსო ხაზთან გლისადის გადაკვეთამდე. საკურსო ხაზზე გასვლა განისაზღვრება მე-3 და მე-4 მობრუნების წერტილებით. მაგ: მე-3 მობრუნების ნაადრევი შესრულება იწვევს ხელთარსებული დისტანციის შემცირებას, რაც ნიშნავს საკურსო ხაზზე გასვლის დროის

შემცირებას და ზღუდავს საკურსო ხაზზე სვლის ავტომატური სისტემის შესაძლებლობებს შეზღუდული დასაშვები დაგვერდების დროს. ასევე, მე-4 მობრუნების ნაადრევი შესრულება იწვევს დიდ საწყის გადახრას საკურსო ხაზიდან, რაც მოითხოვს მართვის სწრაფქმედების ამაღლებას ამ გადახრის თავიდან ასაცილებლად გლისადის გადაკვეთამდე. დაგვიანებული მე-4 მობრუნების შესრულება იწვევს გადარეგულირებას. საჭაერო ხომალდი ვერ ასწრებს დაამთავროს საკურსო ხაზზე გასვლის პროცესი გლისადაში შესვლამდე. მომდევნო უბანზე საჭაერო ხომალდის საკურსო ხაზზე სვლისას საჭაერო ხომალდის მართვა უნდა იყოს ისეთი, რომ საჭაერო ხომალდის საგზაო სიჩქარის ვექტორი ემთხვეოდეს საკურსო ხაზს.



ნახ. 1.1. დაფრენაზე შესვლის ტრაექტორია: ა – ვერტიკალური სიბრტყე
ბ – ჰორიზონტალური სიბრტყე

შეფერხება (ქარი, წვიმის ასიმეტრია) იწვევს საჭაერო ხომალდის საკურსო ხაზიდან გადახრას. ამ შემთხვევების პარირებისას საჭაერო ხომალდის გრძივი ღერძი საკურსო ხაზთან ქმნის დრეიფის კუთხეს. მაგრამ დაჯდომისას სასურველია საჭაერო ხომალდის გრძივი ღერძი ემთხვეოდეს ადზ-ის ღერძს. ამიტომ დაჯდომის წინ საჭიროა საჭაერო ხომალდის ისეთი მობრუნება, რომ გრძივი ღერძის პროექცია ემთხვეოდეს ადზ-ის

ღერძს. დაჯდომის შემდეგ გარბენის ეტაპზე საჭერო ხომალდის გრძივი ღერძის პროექცია ასევე უნდა ემთხვეოდეს ასაფრენ დასაფრენი ზოლის ღერძს. ვერტიკალურ სიბრტყეში გლისადაზე გასვლა ხასიათდება სიჩქარის ვექტორის მობრუნებით 2-4 გრადუსიანი კუთხით. ვექტორის მობრუნება უნდა იყოს საკმაოდ სწრაფი, მაგრამ შეზღუდული უნდა იყოს დაახლოებით 0,3 გ-ის ტოლი დასაშვები გადამეტებით. გლისადაზე გასვლის უბანზე, საჭერო ხომალდს შემოაბრუნებენ ისე, რომ შეზღუდული გადამეტებით დროს სიჩქარის ვექტორი შეუთავსდეს გლისადას. შემდეგი ეტაპი – გასწორება–იწყება 15-20 მეტრის სიმაღლეზე და მთავრდება (ავტომატური რეჟიმისათვის) ადრესთან საბურავებით შასის ძირითადი საყრდენის შეხების მომენტში. ეს ეტაპი ხასიათდება სწორხაზოვანი მოძრაობის ტრაექტორიიდან მრუდხაზოვანზე გადასვლით.

მრუდხაზოვან ტრაექტორიაზე მოძრაობა იწვევს სიჩქარის ვექტორის მობრუნებას სივრცეში ისე, რომ შეხების მომენტში სიჩქარის ვექტორის ვერტიკალურ შემადგენელს ჰქონდეს დადგენილი მნიშვნელობა (დაახლოებით 0,6 მ/წმ-ში).

დაფრენის მართვის ავტომატიზაციისათვის საჭიროა საჭერო ხომალდის მოძრაობის პარამეტრების შესახებ ინფორმაცია, რომელიც განსაზღვრავს დაფრენაზე შესვლას და დაფრენას. ამისათვის გამოიყენება ავტონომიური (გირომანტური კომპასი, სიმაღლის რადიოსაზომი, გიროვერტიკალი და ა.შ.) და არავტონომიური (კურსგლისადური მიმღებები) საინფორმაციო წყაროები. მიღებული ინფორმაციის სახის მიხედვით დასაფრენი საშუალებები შეიძლება დავყოთ საბორტო და მიწისზედა საშუალებებად. ჰორიზონტალურ სიბრტყეში სამართავად გამოიყენება გირომანტური კომპასის სიგნალი, გიროვერტიკალი, სიმაღლის რადიოსაზომის ერთჯერადი ჩვენებები და დაფრენის რადიოტექნიკური სისტემის საკურსო მიმღების სიგნალები.

საჭერო ხომალდის მართვისას ვერტიკალურ სიბრტყეში გამოიყენება გიროვერტიკალის სიგნალები, სიმაღლის რადიოსაზომის ჩვენებები, დაფრენის რადიოტექნიკური სისტემის გლისადის მიმღების სიგნალები. დაფრენაზე შესვლის სისტემებს ყოფენ ნახევრადავტომატურ (დირექტორულ) და ავტომატურ სისტემებად. მათ შორის პრინციპული განსხვავების განსაზღვრისათვის, დაშვების პროცესი განვიხილოთ ოპერატორ-პილოტის თვალსაზრისით.

ოპერატორმა ისე უნდა მართოს საჭერო ხომალდი, რომ მიიყვანოს იგი დაშვების დადგენილ ტრაექტორიაზე და დაიცვას ის მოცემულ ტრაექტორიაზე შემფოთებების ზემოქმედების პირობებში. პირველი ამოცანის შესასრულებლად ის უნდა ფლობდეს “სად ვარ მე?” ტიპის ინფორმაციას, რომელიც განსაზღვრავს საჭერო ხომალდის მასის ცენტრისა და სიჩქარის ვექტორის მდებარეობას მოცემულ ტრაექტორიასთან მიმართებაში, აგრეთვე “რა გავაკეთო?” ტიპის ინფორმაციას, ანუ ინფორმაციას, რომელიც განსაზღვრავს მის მოქმედებას საჭერო ხომალდის მდებარეობის ანალიზის საფუძველზე.

პირველი ტიპის ინფორმაციას პილოტი ღებულობს სხვადასხვა ხელსაწყოებიდან, რომლებიც განლაგებულია სახელსაწყო დაფაზე. მაგალითად, საჭერო ხომალდის მდებარეობა გვერდითი მოძრაობისას დაფრენის მოცემული ტრაექტორიის მიმართ

განისაზღვრება კურსგლისადის სისტემით და ავიაჰორიზონტით. ამ ხელსაწყოების ჩვენების ანალიზის საფუძველზე პილოტი თვითონ გამოიმუშავებს მეორე ტიპის ინფორმაციას “რა გავაკეთო?” ე.ი. როგორი დაგვერდება და ტანგაჟია საჭირო საჰაერო ხომალდის ტრაექტორიაზე სტაბილიზაციისათვის და მიღებული გადაწყვეტილების შესაბამისად გადახრის შესაბამის მართვის ორგანოს. ასეთი თანმიმდევრობით ინფორმაციის მიღება, მისი გადამუშავება და გადაწყვეტილების მიღება დამახასიათებელია დაფრენაზე შესვლის არაავტომატიზებული მართვისათვის.

განხილულ თანმიმდევრობით პროცესში ყველაზე უფრო რთულ ნაწილს წარმოადგენს ინფორმაციის დამუშავება საჰაერო ხომალდების მოძრაობის პარამეტრების შესახებ და გადაწყვეტილების მიღება. შეიძლება აიგოს გამომთვლელი, რომლის გამოსასვლელზე მიიღება სიგნალი, რომელიც პასუხობს კითხვას: “რა გავაკეთო?”. ასეთ შემთხვევაში პილოტის როლი იქნება მართვის ორგანოების გადაადგილება. მართვის სისტემა, რომელშიც ინფორმაცია დამუშავდება სპეციალური გამომთვლელით და პილოტი მხოლოდ გადაადგილებს მართვის ორგანოს ბრძანების სიგნალის მიხედვით, წარმოადგენს დაფრენაზე შესვლის ნახევრადავტომატურ (დირექტორულ) მართვის სისტემას.

ავტომატური მართვის სისტემაში დაფრენაზე შესვლის ინფორმაციის მიღება და დამუშავება ხდება ისევე, როგორც ნახევრადავტომატურში. განსხვავება იმაშია, რომ საჰაერო ხომალდის სტაბილიზაცია მასის ცენტრთან მიმართებაში და საჰაერო ხომალდის მართვა საბორტო გამომთვლელის გამოსასვლელი სიგნალებით წარმოებს ავტომატურად.

განვიხილოთ მართვის სისტემის აგების პრინციპი. სისტემა უნდა მოიცავდეს ინფორმაციის მოწყობილობებს, გამომთვლელს (ინფორმაციის დამუშავების მოწყობილობა) და მაჩვენებელ ხელსაწყოს. მასის ცენტრის მდებარეობის მართვა ხორციელდება აეროდინამიკური ზედაპირების მობრუნებით სიჩქარის ვექტორთან დამოკიდებულებაში, საჰაერო ხომალდის კუთხური მდებარეობის ცვლილებების შესაბამისად სივრცეში. პარამეტრის მნიშვნელობა, რომელიც განსაზღვრავს საჰაერო ხომალდის კუთხურ მდებარეობას (დაგვერდება, კურსი, ტანგაჟი), თავის მხრივ დამოკიდებულია შემფოთების ხასიათზე, რომლებიც იცვლებიან დროში და სივრცეში. ამ შემთხვევაში, როგორც დრეიფის კუთხე, ასევე შეტევის კუთხე დამოკიდებულია ქარის ზემოქმედებაზე, სიჩქარის ცვლილებაზე და ა.შ.

დაფრენაზე შესვლის მართვისას ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მართვის კონტურში მიმდინარე პროცესები შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად. საკურსო ხაზიდან $\varepsilon(t)$ და ადზ-ის კურსიდან $\Delta\psi(t)$ კუთხური გადახრისგან დამოკიდებულებით საჰაერო ხომალდს ეძლევა რაღაც დაგვერდება $\gamma(t)$, ე.ი. საჰაერო ხომალდის დაგვერდება წარმოადგენს ადზ-ის კურსიდან და კურსის ხაზიდან გადახრის სიგნალების ფუნქციას: $\gamma_3 = F(\Delta\psi, \varepsilon)$. მარტივ შემთხვევაში ეს დამოკიდებულება რეალიზდება $\Delta\psi$ და ε

მნიშვნელობების ალგებრული ჯამის სახით, გადაცემის k_ψ და k_ε კოეფიციენტების გათვალისწინებით:

$$\gamma_3 = k_\psi \Delta\psi + k_\varepsilon \varepsilon. \quad (1.1)$$

განტოლება (1.1) წარმოადგენს მართვის უმარტივეს ალგორითმს დაფრენაზე შესვლის პროცესის ავტომატიზაციისას. ხაზური გადახრა Z საკურსო ხაზიდან ε ფუნქციაში შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$z = D \sin \varepsilon \approx D_\varepsilon,$$

სადაც D არის მანძილი საკურსო შუქურამდე. აქედან გამომდინარეობს, რომ რადიოშუქურასთან მიახლოებისას ხაზური გადახრა Z კუთხური გადახრის ერთეულზე ε იზრდება, რაც შეესაბამება კოეფიციენტის k_ε გაზრდას. k_ε კოეფიციენტის გაზრდა სიშორის შემცირებისას აუცილებლად გამოიწვევს რხევითი მოძრაობის წარმოშობას საკურსო ხაზთან დამოკიდებულებაში, ამიტომ ადრე-თან მიახლოებისას უნდა შემცირდეს საჭის გადახრა (შემცირდეს საჭის გადახრის კუთხე საკურსო ხაზიდან კუთხური გადახრის ერთეულით).

მართვის კანონი (1.1) არ ითვალისწინებს გვერდითი ქარის ზემოქმედებას. თუ საჰაერო ხომალდზე მოქმედებს გვერდითი ქარი, მაშინ დაგვერდების დამოკიდებულება კურსზე, დრეიფის კუთხეზე და გადახრაზე საკურსო ხაზიდან მიიღებს ასეთ სახეს:

$$\gamma_3 = k_\psi (\Delta\psi - \beta) + k_\varepsilon \varepsilon. \quad (1.2)$$

საჰაერო ხომალდის საკურსო ხაზის მიხედვით მოძრაობის შემთხვევაში $\varepsilon = 0$, ე.ი. დამყარებულ რეჟიმში როცა დაგვერდება $\gamma = 0$ წარმოიქმნება დრეიფის კუთხე, რომელიც კომპენსირებული უნდა იქნეს საჰაერო ხომალდის მობრუნებით $\Delta\psi = \beta$ ტოლი კუთხით. ამ შემთხვევაში საგზაო სიჩქარის ვექტორი მიმართული იქნება საკურსო ხაზის გასწვრივ. საჰაერო ხომალდის დამყარებული მოძრაობის რეჟიმში გაყვანისათვის, რომელიც გამოსახულია (1.2) განტოლებით, სასურველია გავითვალისწინოთ არა მარტო თვით გადახრები ε და $\Delta\psi$, არამედ მათი ცვლილების სიჩქარეებიც, აგრეთვე გადახრების დაგროვება დროში, ე.ი. წარმოებულები და ინტეგრალები, რომელთა დამატება ხდება შესაკრებების სახით (1.2) განტოლებაში. მართვის კანონი ამ შემთხვევაში იძენს საკმაოდ რთულ სახეს.

საჰაერო ხომალდის მართვის დინამიკა გლისადის ზონაში ანალოგიურია. ძირითადი პარამეტრები საჰაერო ხომალდის გლისადაზე მოძრაობისას იქნება გადახრები გლისადიდან, მოცემული ტანგაჟის კუთხიდან და ვერტიკალური სიჩქარიდან, რომლებიც აითვლება პილოტის მიერ შესაბამისი ხელსაწყოებიდან.

ამგვარად, ნახევრადავტომატური მართვისას გვერდითი არხის მიხედვით გამოთვლითი მოწყობილობა აფორმირებს განსაზღვრულ ფუნქციურ დამოკიდებულებას, რომელსაც **მართვის კანონი** ეწოდება.

უმარტივეს მართვის კანონს შემდეგი სახე აქვს

$$\delta_{ck} = (\gamma - \gamma_3); \quad \gamma_3 = F(k_{\psi} \Delta \psi + k_{\varepsilon k} \varepsilon_k),$$

სადაც δ_{ck} საკომანდო ხელსაწყო დირექტორული ისრის გადახრაა; k_{ck} , k_{ψ} და $k_{\varepsilon k}$ - მართვის კანონის გადაცემის კოეფიციენტები; F - შეზღუდვის ფუნქცია.

მართვის კანონები განიხილებოდნენ იმ დაშვებით, რომ სიგნალები, რომლებიც აყალიბებს ამ კანონებს, არ შეიცავს დაბრკოლებებს. რეალურ პირობებში რადიოტექნიკური საშუალებების სიგნალები შეიცავს დაბრკოლებების გარკვეულ დონეს, რაც იწვევს საკომანდო ისრის რხევას. ამ მოვლენის შესამცირებლად იყენებენ ფილტრებს. ზემოხსენებულის გათვალისწინებით მართვის კანონი იღებს შემდეგ სახეს:

$$\gamma_3 = F \left\{ k_{\varepsilon_g} \varepsilon_g + k_{\varepsilon_g} + \frac{p \varepsilon_g}{Tp + 1} + k_{\psi} \Delta \psi \right\}. \quad (1.3)$$

ნახევრადავტომატური მართვის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა დაფრენაზე შესვლისას დაგვერდების არხის მიხედვით ნაჩვენებია **ნახაზზე 1.2**. საბორტო გამომთვლელის გადაცემის ფუნქცია შეიძლება მივიღოთ განტოლებიდან (1.3). საჭიერო ხომალდის დინამიკა ასახულია ხაზურად ძირითადი შემფოთების გათვალისწინებით - ქარის სიჩქარის გვერდითი შემადგენლის გათვალისწინებით. საკურსო არხის ანალოგიურად, გლისადური არხის მართვის კანონს გააჩნია ასეთი სახე:

$$\delta_{cg} = k_{cg} (\nu - \nu_3); \quad \nu_3 = F \left\{ k_{\varepsilon_g} \varepsilon_g + k_{\varepsilon_g} + \frac{p \varepsilon_g}{Tp + 1} \right\},$$

სადაც δ_{cg} - დირექტორული ისრის გადახრაა; k_{cg} , k_{ε_g} - გადაცემის კოეფიციენტები; ν - ტანგაჟის კუთხის მიმდინარე მნიშვნელობა, ε_g თვითმფრინავის გლისადიდან კუთხური გადახრის სიგნალი; ν_3 - ტანგაჟის საყრდენი მნიშვნელობა. როგორც წესი, ν_3 -ს ირჩევენ ტანგაჟის კუთხის ტოლად, საჭიერო ხომალდის მოძრაობის პარამეტრების ნომინალური მნიშვნელობების დროს გლისადაზე ფრენის რეჟიმში. გლისადის მიხედვით მართვის კანონს აქვს ისეთივე ნაკლოვანებები, როგორც საკურსო ხაზის მიხედვით მართვის კანონს. კერძოდ, გლისადის რადიოშუქურასთან მიახლოების მიხედვით წარმოიქმნება რხევები მართვის კონტურში კოეფიციენტის სიშორეზე დამოკიდებულების შედეგად k_{ε_g} . გარდა ამისა, $\varepsilon_g = 0$ პირობის შესასრულებლად, რაც გულისხმობს საჭიერო ხომალდის ზუსტ სვლას გლისადაზე, პილოტმა დადაბლების ეტაპზე უნდა შეარჩიოს კუთხის მნიშვნელობა

$$\nu = \theta_{gl} + a_{bal},$$

სადაც θ_{gl} - გლისადის დახრის კუთხეა; a_{bal} - ბალანსირებული შეტევის კუთხე. ν -ს აუცილებელი შერჩევა განპირობებულია ფრენიდან ფრენამდე a_{bal} -ის მნიშვნელობის

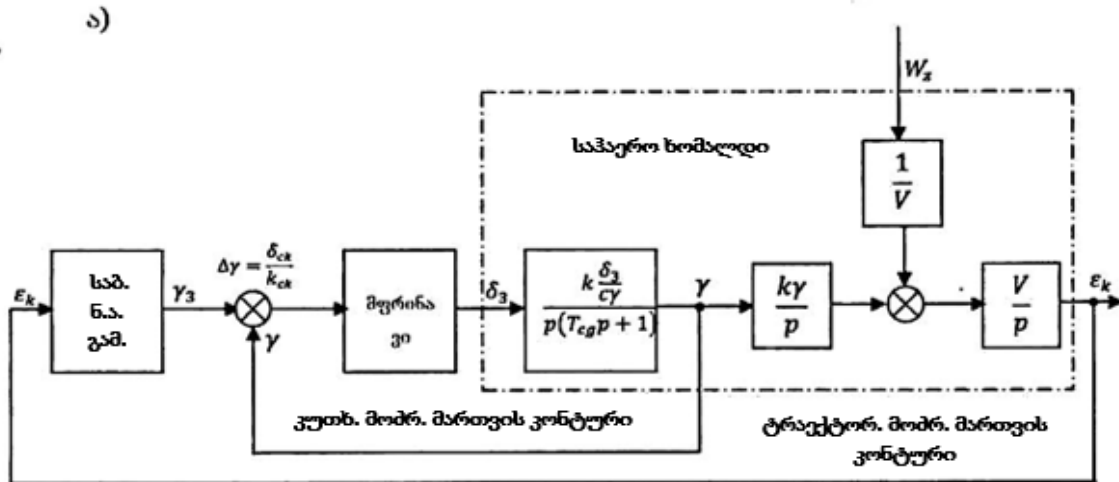
შეცვლით, იმდენად რამდენადაც, საჭაერო ხომალდის სხვადასხვა დაცენტრების და სხვადასხვა სიჩქარით დაფრენისას a_{bal} -ის მნიშვნელობა სხვადასხვაა. ამიტომ კუთხის საჭირო მნიშვნელობის შერჩევა ართულებს პილოტირების პროცესს.

განხილულ კანონებში გარე შემფოთებათა მოქმედება კომპენსირდება γ_3 და U_3 -ის სათანადო მნიშვნელობების შერჩევის გზით. ავტომატურ სისტემებში კი შემფოთებათა ზემოქმედება კომპენსირდება მათი ავტომატურად გამომუშავებული მნიშვნელობებით.

მართვის კანონები პრინციპულად არ იცვლება ნახევრადავტომატური მართვის კონტურში მფრინავის ავტომატით შეცვლისას აღსრულების მექანიზმით, ანუ ავტომატურ მართვაზე გადასვლისას. სტრუქტურული სქემა ავტომატური მართვის პროცესისა დაფრენაზე შესვლისას დაგვერდების არხის მიხედვით ძალიან მსგავსია ნახ. 1.2-ზე გამოსახული სქემისა. ეს აიხსნება იმით, რომ ერთის მხრივ, მფრინავი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ადაპტური სისტემა გადაცემის თვითაწყობადი კოეფიციენტებით, ხოლო მეორეს მხრივ – ამ “სისტემას” აქვს საკმაოდ დიდი დაყოვნება (0,2.....0,5 წმ). ავტომატური მართვის კონტურს არ აქვს ადაპტირების უნარი, მაგრამ აღჭურვილია დიდი სწრაფქმედებით, რაც იძლევა საშუალებას უზრუნველყოფილ იქნეს საჭაერო ხომალდის მართვა დაფრენაზე შესვლისას შესაბამისი აუცილებელი ხარისხობრივი მაჩვენებლებით.

ბოლოს დაწვრილებით განვიხილოთ მფრინავის (ადამიანი-ოპერატორი) დინამიკური თვისებები, რამდენადაც ის ნახევრადავტომატურად და ხელით მართვის დროს ხდება შეკრული მართვის კონტურის ერთ-ერთი ძირითადი რგოლი.

ადამიანი-ოპერატორი დინამიკურ ურთიერთობაში რთული რგოლია ცვალებადი სტრუქტურით და თვითშეგუებადობის განვითარებული თვისებებით. ამიტომ ადამიანი-ოპერატორის ქცევის ადეკვატური აღწერა დინამიკაში წარმოადგენს რთულ ამოცანას. ამჟამად შემოთავაზებულია მისი გადაწყვეტის გზები იმ შემთხვევებში, როცა ოპერატორი ასრულებს თვალთვალის ოპერაციას. ეს შემთხვევები შეესაბამება მფრინავის მუშაობას დირექტორული პილოტირების ნახევრადავტომატურ სისტემებთან და ხელით მართვის დროს .



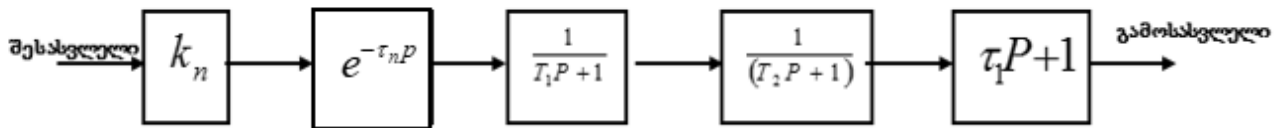
ნახ.1.2. დაფრენაზე წასვლის პროცესის ნახევრად ავტომატური მართვის გამართივებული სტრუქტურული სქემა გვერდითი არხის მიხედვით

მათემატიკური მოდელების (გადაცემითი ფუნქციების) განსახილველად, საჭიროა აღვნიშნოთ ძირითადი თავისებურებანი, რომლებიც ახასიათებს ადამიანი-ოპერატორის ქცევას მართვის სისტემაში: მუდმივი დროითი დაყოვნების არსებობა; გატარების შეზღუდული ზოლი (პრაქტიკულად შეუძლებელია 1.-1,5 ჰერც სიხშირეზე უფრო მეტი სიხშირის სიგნალების თვალმიდევნება); ფართო დიაპაზონში თავისი დინამიკური თვისებების შეცვლის უნარი; მახასიათებლების დამოკიდებულება განსწავლულობასა და ფსიქოფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე; წინასწარ ხედვის უნარი, შესასვლელი მონაცემების ექსტრაპოლაციის უნარი; არახაზური თვისებების გამოვლენა (შეუგრძნობლობის და გაჯერების ზონები და ა.შ); წყვეტილი ხასიათის თვალმიდევნების გამომჟღავნება, რაც იმას ნიშნავს, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში ოპერატორი იქცევა ისე, როგორც დისკრეტული სისტემა.

ადამიანი-ოპერატორის დინამიკური სისტემის საერთო არადეტერმინირებული ხასიათის მიუხედავად, რომელიც მჟღავნდება ექსპერიმენტის მონაცემების განსხვავებით ცდიდან ცდაზე გადასვლისას, შესაძლოა დეტერმინირებული მოდელის გამოყენება, რადგან მისი ცვალებადობა სიტუაციებში მცირეა, როცა სასწავლო დრო საკმარისია და გადასაწყვეტია მარტივი ამოცანა.

ადამიანი-ოპერატორის ჩამოთვლილი ძირითადი მახასიათებლების გათვალისწინებამ მიგვიყვანა მათემატიკური მოდელების მრავალ ნაირსახეობამდე. ცნობილია მათი შემდეგი სახეები: უწყვეტი ხაზური (წრფივი) მოდელი; დისკრეტული მართვის მოდელი; სტოქასტიკური მოდელი; მართვის არაწრფივი მოდელი; მართვის ადაპტური მოდელი; მართვის მოდელი სწავლებით.

უფრო გავრცელებულია პილოტის უწყვეტი ხაზური (წრფივი) მოდელი. (ნახ.1.3).



ნახ.1.3. პილოტის მოდელის სტრუქტურული სქემა

მისი გადაცემითი ფუნქციაა

$$W(p) = \frac{k_p e^{\tau_n p} (\tau_1 p + 1)}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)},$$

სადაც τ_n - მუდმივი დროითი დაყოვნებაა, რომელიც ახასიათებს შესასვლელი სიგნალის საპასუხო რეაქციის ფორმირებას; τ_1 - დროის მუდმივა, რომელიც ითვალისწინებს გამოცდილებას, ვარჯიშს, გადაღლას და ა.შ.; T_1, T_2 - დროის მუდმივები, რომლებიც ახასიათებენ სიგნალების ინერციულობას მათი გადაცემისას.

დაყოვნების დრო τ_n ჩვეულებრივ განისაზღვრება 0,1...0,25 წმ-ის შუალედებში. დროის მუდმივა T_1 განსაზღვრავს ადამიანის მაინტეგრირებელ თვისებებს და ექსპერიმენტული მონაცემებით აღწევს 10...20 წმ-ს. დროის მუდმივა $T_2=0.1...0,2$ წმ ასახავს ადამიანის მოძრავი (კუნთოვანი) სისტემის დაყოვნებას. საბოლოოდ, დროის მუდმივა $\tau \leq 1$ წმ ახასიათებს შემოსულ სიგნალზე ადამიანის რეაგირების სიჩქარეს. მფრინავის გადაცემის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ძალვაზე, რომელიც საჭიროა მართვის ორგანოს გადასახრელად. რაც მეტია ეს ძალვა, მით ნაკლებია k_p . k_p - ს საორიენტაციო მნიშვნელობები მდებარეობს 10...100 დიაპაზონში.

ადამიანი შემოსულ სიგნალზე რეაგირებს მართვის ორგანოს გადაადგილებით და არა ძალვით. არადა, ოპერატორის მიერ გადაადგილებული მართვის ორგანო, იტვირთება გადაადგილების პროპორციულად, ადამიანი ზუსტად გრძნობს მართვის ორგანოს მდებარეობას და უკეთესად აკონტროლებს თავის მოქმედებას. ამიტომ საჰაერო ხომალდის მართვის ბერკეტები (საჭევარი, სატერფულები, საჭევრის სვეტი) ყოველთვის იტვირთება გადაადგილების პროპორციულად. მფრინავის მუშაობის ყველაზე მარტივი რეჟიმია ის რეჟიმი, როცა არ არსებობს სიგნალის ინტეგრირება ($T_1 = 0$) და დიფერენცირება ($\tau_1 = 0$). ამასთან მფრინავი რეალიზებას უკეთებს გამაძლიერებელი რგოლის გადაცემის ფუნქციას შენელებით

$$W(p) = k_{\Pi} e^{\tau_{\Pi} p} / (T_2 p + 1).$$

ამრიგად, ადეკვატური მოდელების აგების ამოცანა აქამდე გადაუწყვეტელია მფრინავის საქმიანობის სირთულისა და მისი ფორმალიზაციისადმი დაუქვემდებარების გამო. ეს კიდევ უფრო მეტი ხარისხით ეხება საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟის მუშაობის მოდელებს.

ლექცია 2. საბორტო მართვის სისტემებისადმი წაყენებული მოთხოვნები და მართვის ავტომატიზებული პროცესებისას შემფოთებათა გავლენის გათვალისწინება

2.1. საბორტო მართვის სისტემებისადმი წაყენებული მოთხოვნები

ფრენის უსაფრთხოება არც ისე მაღალ სიმაღლეზე დაფრენაზე შესვლისას წარმოადგენს პილოტისათვის განკუთვნილი იმ დროის ფუნქციას, რომელიც სჭირდება მას გადაწყვეტილების მისაღებად, უზრუნველყოს მოცემული პროგრამით ფრენის გაგრძელება, ან შეწყვიტოს და წავიდეს მეორე წრეზე. შესასრულებელი ამოცანის სირთულეზე დამოკიდებულებით, რომელიც განისაზღვრება გადაწყვეტილების მიღების სიმაღლითა და ხილვადობით, საბორტო სისტემის მართვა შეიძლება შეესაბამებოდეს გარკვეულ კატეგორიას მისი სრულყოფის ხარისხთან დამოკიდებულების თვალსაზრისით. ბუნებრივია, რომ საჰაერო ხომალდის საექსპლუატაციო შესაძლებლობა ამა თუ იმ კატეგორიით განისაზღვრება არა მარტო საბორტო მოწყობილობების მდგომარეობით, არამედ ასევე აეროდრომის აღჭურვილობითა და ეკიპაჟის მომზადების დონით.

დაფრენის კატეგორიები ხასიათდებიან გადაწყვეტილების მიღების სიმაღლით და თავის მხრივ განსაზღვრავენ მეტეოროლოგიური პირობების მინიმუმს.

დაფრენის კატეგორიაზე დამოკიდებულებით იცვლება ავტომატური საბორტო სისტემების მართვის ფუნქციები. თუ დაფრენა წარმოებს I კატეგორიით, მაშინ საჰმარისია საჰაერო ხომალდი გავიყვანოთ საკურსო ხაზზე და გლისადაზე და დავასტაბილუროთ მისი მოძრაობა 60 მ-ის სიმაღლეზე დაფრენისას. საჰაერო ხომალდის ავტომატური მიყვანა 30 მ-ის (II კატეგორია) სიმაღლეზე, გარდა საჰაერო ხომალდის მდებარეობის სტაბილიზაციისა გლისადაზე და საკურსო ხაზზე, მოითხოვს კიდევ სახელსაწყო სიჩქარის სტაბილიზაციას, რადგან საჰაერო ხომალდის მოძრაობის ტრაექტორიის პარამეტრები 30 მ-ის სიმაღლეზე ფაქტიურად განსაზღვრავს გასწორების საწყის პირობებს, ასევე შესაძლებლობას მეორე წრეზე წასასვლელად. სისტემა, რომელიც იძლევა IIIა კატეგორიით დაფრენის საშუალებას, მოითხოვს გასწორების ავტომატიზაციას, დრეიფის კუთხის აღმოფხვრას დაფრენისას და მის შემდეგ. სისტემებმა, რომლებიც შეესაბამება IIIბ და IIIგ კატეგორიებს დამატებით უნდა განახორციელონ დაფრენის შემდგომი გარბენის, მიმოსვლის ბილიკზე მოძრაობის და სადგომზე შესვლის ავტომატიზაცია.

დაფრენის მართვის სისტემებისადმი წაყენებული მოთხოვნები განისაზღვრება საჭირო უსაფრთხოების, სამედოობისა და სიზუსტის უზრუნველყოფით. მხედველობაში უნდა ვიქონიოთ, რომ უსაფრთხოებასა და საიმედოობას შორის განსხვავებაა. მაგ: თუ სისტემას გააჩნია დაბალი საიმედოობა, ე.ი. სისტემის მუშაობის საათების რიცხვი ერთ მტყუნებაზე ცოტაა, მაშინ მეორე წრეზე წასვლის უზრუნველყოფის პირობებში ასეთ სისტემას შეუძლია დააკმაყოფილოს უსაფრთხოების მოთხოვნები. და პირიქით, მაღალი

საიმედოობის მქონე სისტემა, რომლის მტყუნება იწვევს ავარიულ სიტუაციას იმ ალბათური მახასიათებლებით, რომლებიც მოცემულზე უარესია, უსაფრთხოების მოთხოვნებს არ აკმაყოფილებს.

მიღებულია ჩაითვალოს, რომ წარუმატებელი დაფრენის ალბათობა ავტომატური მართვის სისტემის მტყუნების მიზეზით უნდა იყოს არაუმეტეს 10^{-7} . ამ პირობის უზრუნველსაყოფად ფრენის 30 წმ –ის ხანგრძლივობისას აუცილებელია, რომ ავტომატური მართვის სისტემის გამართული მუშაობის საშუალო დრო იყოს არანაკლები 83 300 საათისა. ასეთი მდგომარეობის მიღწევა შეიძლება მხოლოდ მაღალსაიმედო სარეზერვო სისტემების აგებით. მთლიანი სისტემის უსაფრთხოება განისაზღვრება არა მარტო ავტომატური მართვის სისტემების მახასიათებლებით, არამედ საჰაერო ხომალდის აეროდინამიკური მახასიათებლებითაც (სიჩქარე პლანირებისას და დაფრენისას), მანევრული მახასიათებლებით დაფრენაზე შესვლისა და მეორე წრეზე წასვლის შემთხვევაში, აგრეთვე ეკიპაჟის მომზადების დონით. მოთხოვნა საჰაერო ხომალდის ზუსტი მოძრაობის შესახებ კურსგლისადის რადიომუქურების ზონაში განისაზღვრება დასაშვები გადახრებით. გარდამავალი პროცესები ითვლება დამთავრებულად, თუ კუთხური გადახრა საკურსო ხაზიდან არ აღემატება $0,3^\circ$ (ინდიკატორზე ერთი წერტილით გადახრა). ეს მოთხოვნა გამომდინარეობს საჰაერო ხომალდის დაგვერდების მიხედვით დამყარებული მოძრაობის საჭიროებიდან გლისადის გადაკვეთისას, ვინაიდან საჰაერო ხომალდის დაუმყარებელი მოძრაობა ერთდროულად გრძივ და გვერდით სიბრტყეებში რთულია და შეუძლია შექმნას წინაპირობა გადაწყვეტილების მიღების სიმაღლის დაუშვებელი გადახრებისა. როგორც წესი, საჰაერო ხომალდი საკურსო რადიომუქურას ზონაში შედის მობრუნებით. მფრინავის ან ავტომატური მართვის არაზუსტი მუშაობისას ზონაში შესვლისას წარმოიშობა გადარეგულირება საკურსო ხაზთან მიმართებაში. ასეთი გადარეგულირებები დასაშვებია, თუმცა მათ არ უნდა გადააჭარბონ საკურსო რადიომუქურის სექტორის 1° -ს.

ვერტიკალურ სიბრტყეში გამოყოფილი დრო, რომლის მიმდინარეობისას უნდა დამთავრდეს გარდამავალი პროცესი, მცირეა. ეს აიხსნება იმით, რომ გლისადის გადაკვეთა ხდება 7....9 კმ-ის დაშორებით ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ტორსიდან. საჰაერო ხომალდი ჰორიზონტალური ფრენისას გადაკვეთს გლისადას და შემდეგ მმართველი ზემოქმედების გავლენით გადადის პლანირების რეჟიმზე. გლისადის გადაკვეთის პროცესში დასაშვებია გადარეგულირება კუთხური გადახრის ფარგლებში $0,15....0,25^\circ$ სხვადასხვა პირობებიდან (ტურბულენტურობა, დახრის კუთხე ა.შ.) გამომდინარე. “გლისადის ქვეშ” გადასვლა დასაშვებია ძალზე უმნიშვნელოდ – $0,05....0,07^\circ$. კუთხური გადახრა გლისადის მიხედვით აითვლება გლისადასა და იმ ხაზს შორის, რომელიც აერთიანებს საჰაერო ხომალდის მდებარეობის წერტილს სივრცეში და გლისადის ასაფრენ-დასაფრენ ზოლთან გადაკვეთის წერტილს, თანაც ორივე ხაზი უნდა მდებარეობდეს ვერტიკალურ სიბრტყეში.

მიწასთან მიახლოებისას მანევრირების შესაძლებლობა შემოიფარგლება უსაფრთხოების თვალსაზრისით. მაგ: შორი მომყვან რადიომუქურას გავლის შემდეგ დაგვერ-

დების დასაშვები მნიშვნელობები შემოიფარგლება 10^0 , ხოლო ახლო მომყვანი რადიო-შუქურის გავლის შემდეგ კი $3 \dots 5^0$ –ით. სიჩქარის მიხედვით დასაშვები გადახრების დიაპაზონი ასევე შეზუღულია. მცირე სიმაღლეებზე (60 მ-ზე ქვევით), სადაც მცირე ხაზურ გადახრებს შეესაბამება დიდი კუთხური გადახრები, გლისადიდან დასაშვები გადახრები დაიშვება 4 მ-მდე. III კატეგორიისათვის, გლისადიდან დასაშვები გადახრების გარდა, არის პარამეტრები, რომლებიც ახასიათებენ მიწაზე დაჯდომას: ადრ-თან შეხებისას ვერტიკალური სიჩქარე უნდა იყოს $(0,6 \pm 0,2)$ მ/წმ, მაქსიმალური გადახრა ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ღერძიდან $12 \dots 15$ მ, ტანგაჟის კუთხის გადახრა, ნომინალური დასაჯდომი მნიშვნელობიდან არ უნდა აღემატებოდეს 1^0 -ს. გარდამავალი პროცესების ხარისხისადმი მოთხოვნები დაიყვანება გადაწყვეტილების მიღების სიმაღლეზე რხევითი პროცესების არარსებობამდე და მთელი სისტემის გამოყოფამდე მდგომარეობათა სივრცის რაღაც დასაშვებ არეში. პრაქტიკულად, ეს უკანასკნელი მიუთითებს იმაზე, რომ საჰაერო ხომალდის ყველა ტიპისთვის არსებობს დასაშვები გადახრების არეები გადაწყვეტილების მიღების სიმაღლეზე, რომლის ნებისმიერი წერტილიდან დარჩენილი დროის განმავლობაში ის შეიძლება გაყვანილ იქნეს ასაფრენ-დასაფრენ ზოლზე.

2.2. მართვის ავტომატიზებული პროცესებისა შემფოთებათა გავლენის გათვალისწინება

მართვის პროცესების სწორი გაგებისათვის (მათ შორის ავტომატიზებული სისტემების) დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შემფოთებათა შეფასებას და მართვის ხარისხისადმი მოთხოვნათა ფორმირებას. საჰაერო ხომალდის სივრცეში მართვისას მასზე ზემოქმედებს თავისი ფიზიკური ბუნებიდან გამომდინარე სხვადასხვა ძალები.

ძრავების წევა დამოკიდებულია ძრავების მართვის ბერკეტების მდებარეობაზე, ჰაერის ტემპერატურასა და წნევაზე, ასევე ძრავას კვანძებისა და სისტემების ტექნიკურ მდგომარეობაზე. ძრავას ნორმალური მუშაობის დროს ყველა ეს პარამეტრები იცვლება ნელა იმ კუთხეების ცვლილების სიჩქარესთან შედარებით, რომლებიც ახასიათებენ საჰაერო ხომალდის კუთხურ მდებარეობას. ამიტომ პირველ მიახლოებაში შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ძრავების წევა არის მუდმივი. ამ ძალის მოდების წერტილი და მიმართულება საჰაერო ხომალდის კორპუსის მიმართ ასევე არ იცვლება დროში (გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ შემთხვევა, როცა ხდება ერთი ან რამდენიმე ძრავას უეცარი მტყუნება და ეს შემთხვევა განიხილება განსაკუთრებულად). ამიტომ ძრავების წევის მომენტი სიმძიმის ცენტრის მიმართ შესაძლებელია იცვლებოდეს მხოლოდ თვით მასის ცენტრის გადაადგილებით.

აეროდინამიკური ძალები განპირობებულია საჰაერო ხომალდის საჰაერო მასებით გარშემოძინების პირობებით და დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. მათი გათვალისწინების სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ საჰაერო ხომალდის გადაადგილება ჰაერის მიმართ დამოკიდებულია როგორც თვითონ საჰაერო ხომალდის მოძრაობაზე, ასევე

სივრცეში საჰაერო მასების გადაადგილებაზე. შემფოთებებს, რომლებიც იწვევენ საჰაერო ხომალდის აეროდინამიკური თვისებების შეცვლას, წარმოადგენს: თავსხმა ნალექი, საჰაერო ხომალდის და ადზ-ის შემოყინულობა, ატმოსფეროს სიმკვრივისა და ტენიანობის ცვლილება, ელექტრული დარტყმები ჭექა-ქუხილის დროს და ა.შ. შემფოთებებს, რომლებიც ცვლიან საჰაერო ხომალდის საჰაერო სიჩქარეს, მიეკუთვნება ქარის სიჩქარის ნებისმიერი ცვლილება, მათ შორის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური შემოქროლვა ან მიწისპირა შრეში ქარის ძვრები. ყველაზე უფრო არასასურველ შემფოთებებს წარმოადგენს ის შემფოთებები, რომელთაც გააჩნიათ დიდი სიდიდე და მათ მიაკუთვნებენ ექსტრემალურ შემფოთებებს.

აეროდინამიკური ძალები და მათ მიერ შექმნილი მომენტები იცვლება ასევე საჰაერო ხომალდის კონფიგურაციის ცვლილებისას (ფრთაუკანების გამოშვება ან აკეცვა, შასის გამოშვება ან აკეცვა, მმართველი ზედაპირების გადახრა და ა.შ.). ეს ძალები და მომენტები შესაძლებელია იცვლებოდეს ძალიან სწრაფად, განსაკუთრებით ტურბულენტურ ატმოსფეროში ფრენისას.

საჰაერო ხომალდის კუთხური მდებარეობის მართვის ძირითადი სიძნელე მდგომარეობს სწორედ ცვლადი აეროდინამიკური მომენტების კომპენსაციაში. ყველა შემაშფოთებელი მომენტი, რომელიც მოქმედებს საჰაერო ხომალდზე, იცვლება დროში წინასწარ უცნობი სახით. მაგრამ იმისათვის, რომ ვიმსჯელოთ საჰაერო ხომალდის ქცევის შესახებ ექსპლუატაციის პირობებში, აუცილებელია გვქონდეს ცნობა ზოგიერთი შესაძლო შემფოთების შესახებ. მიღებულია მოიცეს რაღაც შეზღუდვები, რომლებიც ყველა შესაძლო შემფოთებებიდან გამოყოფენ მხოლოდ ისეთებს, რომლებიც შესაძლოა შეგვხვდეს პრაქტიკაში. ასეთ შემფოთებებს დასაშვებ შემფოთებებს უწოდებენ. დასაშვებ შემფოთებათა სფეროს მოცემის ხერხები შეიძლება იყოს სხვადასხვა, კერძოდ, ყველა ცვლადი შემაშფოთებელი მომენტი, რომელიც მოქმედებს საჰაერო ხომალდზე, შესაძლებელია იცვლებოდეს მხოლოდ განსაზღვრულ ფარგლებში:

$$a_i \leq M_i(t) \leq b_i, \quad (1.4)$$

ამასთან a_i და b_i -ს მნიშვნელობები დგინდება საფრენოსნო ექსპლუატაციის ინსტრუქციებში საჰაერო ხომალდის თითოეული ტიპისათვის.

თუ დასაშვებ შემფოთებათა არე გამოიყოფა ერთადერთი შეზღუდვით (1.4), მაშინ შემაშფოთებელი მომენტების ცვლილების პროცესები შეიძლება იყო წყვეტადი. თუმცა შემაშფოთებელი ზემოქმედებებიდან მრავალი თავისი ბუნებით უწყვეტია. იმისათვის, რომ გათვალისწინებული იქნეს ეს, უმატებენ შეზღუდვას

$$a'_i \leq dM_i / dt \leq b'_i. \quad (1.5)$$

ეხლა შეზღუდულია $M_i(t)$ შემფოთების ცვლილების სიჩქარეც. შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ისეთი შეზღუდვებიც, რომლებიც წარმოქმნილი იქნება უფრო მაღალი რიგის შემაშფოთებელი მომენტებისგან, თუმცა ჩვეულებრივ არ ხდება მათი გათვალისწინება,

რამეთუ ამ დროს გართულებულია d'_i და b'_i -ის შესაბამისი ზღვრული მნიშვნელობების განსაზღვრა. (1.4) და (1.5) შეზღუდვები საშუალებას იძლევა ცალსახად და საიმედოდ განსხვავებული იქნეს დასაშვები და არადასაშვები შემფოთებები, მაგრამ არ შეუძლიათ გაარკვიონ, თუ რამდენად ხშირად შესაძლებელია შეგვხვდეს ესა თუ ის შემფოთება. ამიტომ დეტერმინირებულ მიდგომასთან ერთად ხშირად იყენებენ სხვა მიდგომასაც – სტოქასტიკურს. ამასთან არაა განსაზღვრული მკაცრი საზღვრები დასაშვები შემფოთებების სფეროს გამოსაყოფად, თუმცა მოიცემა რაღაც ალბათური მახასიათებლები, რომლებიც საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ ამა თუ იმ მოვლენის მოხდენის ფარდობითი სიხშირის შესახებ. ასეთი მიდგომა წარმოჩნდება როგორც ერთობ პროდუქტიული ატმოსფეროს ტურბულენტურობის ტიპის შემთხვევითი შემფოთების გათვალისწინების დროს.

დაფრენაზე შესვლის დროს ძირითად შემფოთებებს მიეკუთვნებიან ატმოსფერული შემფოთებები, ყველაზე ხშირად ქარის მიერ გამოწვეული W , და ინსტრუმენტული ინფორმაციის გადამწოდების ცდომილებების სახით $\Delta \varepsilon_k, \Delta \psi, \Delta \lambda, \Delta \varepsilon_g$. შემფოთებები, რომლებიც მოქმედებენ მართვის დინამიკურ კონტურზე საჰაერო ხომალდი – მართვის ავტომატიზებული სისტემა, როგორც წესი, შემთხვევით ხასიათს ატარებს. თავისი სპექტრული შემადგენლობის მიხედვით ისინი შეიძლება პირობითად დაიყოს დაბალ და მაღალსიხშირულ შემფოთებებად. დაბალსიხშირულ შემადგენელებს მიეკუთვნება: ქარის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური შემადგენელები, რომელთა სიჩქარე მუდმივია ან ნელა იცვლება; კურსის და გლისადის ტრაქტების ინსტრუმენტული ცდომილებები, საკურსო სისტემების გიროვერტიკალები და ა.შ.; მუდმივად მოქმედი შემფოთებები, რომლებიც გამოწვეულია ძრავას მტყუნებით, წვეის არასიმეტრიულობით, საჰაერო ხომალდის ცუდი ბალანსირებით ვერტიკალურ სიბრტყეში და ა.შ. მაღალსიხშირული შემფოთებები განისაზღვრებიან ატმოსფეროს ტურბულენტურობით, ქარის შემოქროლვებით და რადიოდაბრკოლებებით, რომლებიც არსებობენ კურსის რადიოშუქურის და გლისადის რადიოშუქურის სიგნალების სპექტრში. დაბალი და მაღალი სიხშირის დაბრკოლებები, რომლებიც არსებობენ კურსგლისადურ სისტემებში, არსებითად ამცირებენ საჰაერო ხომალდის ზუსტ სვლას დადგენილი ტრაექტორიის მიხედვით. რადიოდაბრკოლებების მიზეზებს წარმოადგენენ: რადიოშუქურების სიგნალების არეკვლა სხვადასხვა საგნებიდან (შენობა, დედამიწის რელიეფის გავლენა, ტყის გავლენა); ატმოსფერული პირობების ცვლილება (წვიმა, თოვლი, ქვენაფენი ზედაპირის ტიპი); მიმდებარედამცემი ტრაქტის შიგა ხმაური; ატმოსფერული და სამრეწველო დაბრკოლებები; კურსგლისადური ზონის მახასიათებლების დამახინჯება (კურსის ხაზის გამრუდება, არახაზურობა და ა.შ.).

კურსგლისადური რადიოშუქურების მნიშვნელოვანი პარამეტრებიდან ერთ-ერთ ძირითად პარამეტრს, რომელიც გავლენას ახდენს დაფრენაზე შესვლის ავტომატური და ნახევრავტომატური სისტემების მუშაობაზე, წარმოადგენს გლისადიდან ან კურსის ხაზიდან გადახრის სიგნალის დახრილობა. სიგნალის დახრილობის ცნების ქვეშ

გულისხმობენ საბორტო მიმღების გამოსასვლელზე დენის მნიშვნელობას, გაყოფილს გადახრასთან გრადუსებში:

$$S = I_{\text{მიმ}} / \varepsilon .$$

რეალურ სისტემებში კურსის ხაზიდან გადახრის კუთხეს (გლისადიდან) ზომავენ მიმღების გამოსასვლელზე დენის მნიშვნელობით, ე.ი.

$$\varepsilon_k = I_{\text{მიმლ } k} / S_k .$$

მაშინ მართვის K_{ε_k} კოეფიციენტი, რომელიც განსაზღვრავს კურსის ხაზიდან დაგვერდების დადგენილი კუთხის 1° -ით გადახრას, იქნება

$$K_{\varepsilon_k} = Y_{\text{დაფ}} / \varepsilon_k = Y_{\text{დაფ}} S_k / I_{\text{მიმლ } k} . \quad (1.6)$$

(1.6) განტოლებიდან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ისრის ერთი და იგივე გადახრის დროს (კურსის მიმღების ერთი და იგივე გამოსასვლელი დენისას). დიდი დახრილობისას მოითხოვება მცირე და პირიქით, მცირე დახრილობის დროს მოითხოვება საკომანდო ისრის მიხედვით მართვისათვის მეტი დაგვერდება. მცირე დახრილობისას მართვა ხდება მოდუნებული, ხოლო დიდი დახრილობისას – საკომანდო ისრის მიხედვით მართვას თან ახლავს ამაღლებული მგრძნობიარობა. სიგნალის დახრილობა ანალოგიურ ზეგავლენას ახდენს გლისადის არხზეც. ის შესაძლებელია იცვლებოდეს კურსის არხის მიხედვით 3-ჯერ, გლისადის არხის მიხედვით კი 5-ჯერ.

ხანდახან კურსის ხაზის მიხედვით სვლისას დაფრენაზე შესვლის ავტომატურ ან ნახევრაავტომატურ რეჟიმებში წარმოიშობა საჰაერო ხომალდის რხევა დაგვერდების მიხედვით, რომლის მიზეზს წარმოადგენს კურსის რადიომუქურის ზონის ვერტიკალური პოლარიზაცია. პოლარიზაცია წარმოიშობა საჰაერო ხომალდის დაგვერდების დროს კურსის რადიომუქურის ელექტრომაგნიტური ველების გადანაწილებისას და მისი აღმოჩენა ხდება გადახრის სიგნალის ცვლილების სახით დაგვერდებაზე დამოკიდებულებით, როცა საჰაერო ხომალდი იმყოფება საკურსო ხაზზე.

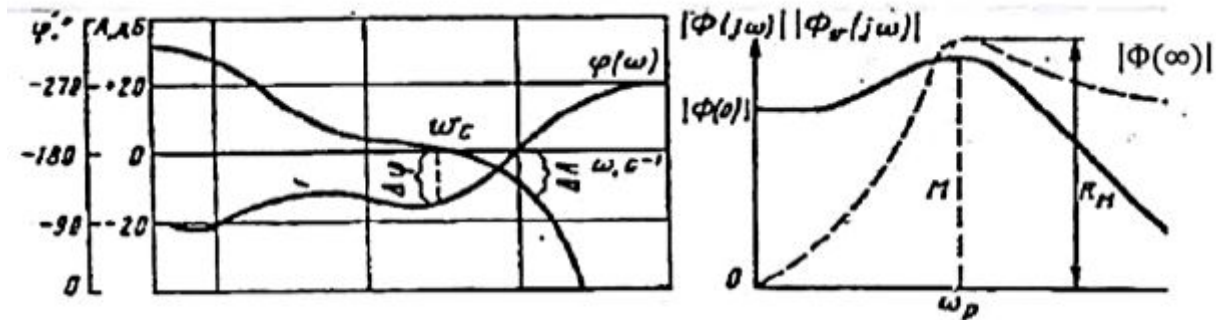
2.3. მართვის პროცესების ხარისხის შეფასება

მართვის ხარისხის კრიტერიუმები უშუალოდ უნდა ასახავდეს იმ საექსპლუატაციო მოთხოვნებს, რომლებიც სისტემას წაეყენება. ითვლება, რომ ის გარდამავალი პროცესი, რომელიც ქრება 1-2 რხევის განმავლობაში და აქვს გადარეგულირების მნიშვნელობა 40%-ზე ნაკლები, შეესაბამება მდგრადობის საკმარის მარაგს. გარდამავალი პროცესის ჩაქრობის დრო უშუალოდ განსაზღვრავს სისტემის სწრაფქმედებას. მეორე შემთხვევაში მდგრადობის მარაგისა და სწრაფქმედების შეფასება დაფუძნებულია სისტემის ზოგიერთი სიხშირული თვისებების გამოკვლევაზე. მეტად გავრცელებულ შეფასებებს მიეკუთვნება მდგრადობის მარაგი ამპლიტუდისა და ფაზის მიხედვით, ასევე რხევადობის მაჩვენებელი. მდგრადობის მარაგი ამპლიტუდის მიხედვით ΔA უნდა შეადგენდეს

6...12 დბ-ს და მეტს, ხოლო მარაგი ფაზის მიხედვით $\Delta\varphi \geq 30.40^\circ$ (ნახ. 2.1). რხევადობის მაჩვენებლები M და R_M განისაზღვრება შეკრული სისტემის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის რეზონანსული პიკის მიხედვით

$$M = \sup \frac{|\Phi(j\omega)|}{|\Phi(0)|},$$

სადაც სიმბოლო $\sup$ აღნიშნავს შეკრული სისტემის ამპლიტუდურ სიხშირული მახასიათებლის $|\Phi(j\omega)| = \left| \frac{W(j\omega)}{1+W(j\omega)} \right|$ - ის უდიდეს მნიშვნელობას.



ნახ.2.1. მდგრადობის მარაგის განსაზღვრა ამპლიტუდის ΔA , ფაზის $\Delta\varphi$ (ა) და რხევადობის მაჩვენებლების M და R -ის (ბ) მიხედვით

R_M -ის შეფასებისათვის გამოიყენება გამოსახულება: $R_M = \sup \frac{|\Phi_v(j\omega)|}{|\Phi_v(\infty)|}$,

სადაც $|\Phi_v(j\omega)| = \left| \frac{W_v(j\omega)}{1+W_v(j\omega)} \right|$ ამპლიტუდურ სიხშირული მახასიათებელია შეკრული სისტემის აღშფოთების მიხედვით.

მდგრადობის საკმარის მარაგებს შეესაბამება ΔA და $\Delta\varphi$ -ის მნიშვნელობები არაუმეტესი 1,7 -ისა. თუ სისტემას არ აქვს რხევადობის თვისებები ($R_M \leq 1$), მაშინ შემფოთებათა დაგროვების ეფექტი მასში არ არსებობს და ექსტრემალურ შემფოთებას წარმოადგენს მაქსიმალური მნიშვნელობის მუდმივი ზემოქმედება. რაც უფრო იშვიათადაა გამოსახული რხევადი თვისებები, მით უფრო ზუსტად შეიძლება მაქსიმალური გადახრის შეფასება შეკრული სისტემის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის მაქსიმუმის მიხედვით.

სწრაფქმედების ზომად შეიძლება მიღებულ იქნეს სისტემის რხევის საკუთარი სიხშირე, რომელიც ახლოსაა რეზონანსულ სიხშირესთან ω_p , ე.ი. სიხშირესთან, რომლის დროსაც $|\Phi(j\omega_p)|$ ან $|\Phi_v(j\omega_p)|$ მაქსიმალურია. რაც უფრო მეტია საკუთარი სიხშირე, მით უფრო მაღალია სისტემის სწრაფქმედება. ავტომატური მართვის სისტემის მუშაობის ზუსტი შეფასება ხდება დადგენილი ცდომილებების მნიშვნელობებით ტიპური ზემოქმედებების დროს. შემფოთებათა სტოქასტიკური მოცემისას მართვის სიზუსტის

შეფასებისათვის იყენებენ შემთხვევითი პროცესების თეორიის მეთოდებს. სიზუსტის მოცემის სხვა ფორმას განვიხილავთ საჰაერო ხომალდის კუთხური სტაბილიზაციის ამოცანის შემთხვევისათვის.

სისტემის $(0, T)$ მუშაობის ნებისმიერ მომენტში თითოეული ცდომილება Δ არ გამოდის განსაზღვრული საკმაოდ ვიწრო საზღვრებიდან:

$$|\Delta v(t)| \leq a_v; \quad |\Delta \gamma(t)| \leq a_\gamma; \quad |\Delta \Psi(t)| \leq a_\Psi. \quad (1.7)$$

ცდომილებები $\Delta v, \Delta \gamma, \Delta \Psi$ დამოკიდებულია შემფოთების მომენტებზე $M_i(t)$, ისე რომ უტოლობები (1.7) საჭიროა შესრულდეს ნებისმიერი დასაშვები შეფერხებისას. a_v, a_γ, a_Ψ -ის ზღვრული მნიშვნელობები განისაზღვრება საექსპლუატაციო მოთხოვნებით.

(1.7) უტოლობები (1.4) პირობების დაცვით საშუალებას იძლევა განისაზღვროს მოთხოვნები საჰაერო ხომალდის კუთხური მდებარეობის სტაბილიზაციის სისტემის მიმართ მკაცრ მათემატიკურ ფორმაში. ანალოგიური სახით შესაძლებელია განხილულ იქნეს ტრაექტორიული მართვის ამოცანები.

ლექცია 3. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა

3.1 ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ზოგადი დახასიათება და სტრუქტურული სქემა

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს რთულ მრავალრეჟიმიან შეკრულ სისტემას, რომლის ფუნქციონირების ხარისხი დამოკიდებულია მისი ელემენტების მდგომარეობაზე, მათ შორის კავშირებზე და გარე ფაქტორებზე. ამ სისტემის დიაგნოსტიკურმა მოდელმა უნდა ასახოს სისტემის ყველა ეს თვისება და გაითვალისწინოს მისი ექსპლუატაციის პირობები. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის – როგორც მართვის შეკრული სისტემის თვისებას წარმოადგენს მისი მუშაობის სიზუსტე დამყარებულ და გარდამავალ რეჟიმებში. საჭირო თვისებები უზრუნველყოფილია მართვის კანონების არჩევით. ექსპლუატაციის პირობებში მართვის კანონების სახისა და კოეფიციენტების ცვლილება, ასევე ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის როგორც შეკრული სისტემის სხვა ელემენტების ცვლილება იწვევს მისი ფუნქციონირების ხარისხის შემცირებას.

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა, როგორც მრავალელემენტიანი ტექნიკური კონსტრუქცია, ექვემდებარება მტყუნებებს. იმისათვის, რომ ელემენტების მტყუნებებმა არ გამოიწვიოს სისტემის ფუნქციური ან მისი მუშაობის რეჟიმების მტყუნებები პრაქტიკაში ფართოდ იყენებენ ინფორმაციული სიჭარბის შესაქმნელად სხვადასხვა მეთოდებსა და ტექნიკურ საშუალებებს მტყუნებების ავტომატური ლოკალიზაციის უზრუნველყოფით. ამ მეთოდებმა და საშუალებებმა უარყოფითი გავლენა არ უნდა მოახდინოს სისტემის მუშაობის ხარისხზე.

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის მართვისათვის ჩატარებული მუშაობის ინფორმაციული უზრუნველყოფა უნდა ახასიათებდეს მისი როგორც ავტომატური მართვის შეკრული სისტემის ყველა თვისებათა ერთობლიობას და იმავდროულად უნდა წარმოადგენდეს რთულ ტექნიკურ კონსტრუქციას განვითარებული ჩამენებული კონტროლის სისტემით. ფრენის ინფორმაციის გამოყენება ყველაზე უფრო ეფექტურ შედეგს იძლევა მაშინ, როცა ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა განიხილება როგორც შეკრული სისტემა, ამის საფუძველზე ხდება მისი თვისებების შეფასება და სისტემური მტყუნებების გამოვლენა. მტყუნების ადგილის დასადგენად მიზანშეწონილია გამოყენებული იქნეს კონტროლის ჩამენებული სისტემა და მტყუნებების ლოკალიზაციისა და სიგნალიზაციის სისტემა.

ფრენის ინფორმაციის გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია რეგისტრირებული პარამეტრების ნუსხაზე, მათი რეგისტრაციის სიზუსტეზე და ასევე ფრენის კონტროლის მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფაზე.

ფრენების უსაფრთხოების ამაღლება უზრუნველყოფილია საჰაერო ხომალდების მართვის ტექნოლოგიური პროცესების ავტომატიზაციის საფუძველზე. საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობებში გამოთვლითი ტექნიკური საშუალებების ფართო

გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის შექმნა, რომელმაც არსებითად გააფართოვა ეკიპაჟის შესაძლებლობები, როგორც ავტომატიზებული ტექნოლოგიური კომპლექსის ოპერატორისა. ფრენის ავტომატიზებული მართვის სისტემა წარმოადგენს საჰაერო ხომალდის მართვის შეკრულ ადამიანურ-მანქანურ სისტემას, რომელშიც ავტომატიზებულია საპილოტაჟო-სანავიგაციო ინფორმაციის შეკრების, დამუშავების და ასახვის პროცესები და რომლებიც გამოიყენება მმართველი ზემოქმედებების ფორმირებისათვის ფრენის გეგმის შესაბამისად.

ფრენის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში მართვის ობიექტს წარმოადგენს საჰაერო ხომალდი, ხოლო მართვად პარამეტრებს წარმოადგენენ მისი მოძრაობის ხაზური და კუთხური კოორდინატები. ობიექტის გარდა ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის შემადგენლობაში შედის:

- საპილოტაჟო-სანავიგაციო ხელსაწყოები და სისტემები;
- საპილოტაჟო-სანავიგაციო ინფორმაციის დამუშავების გამომთვლელი მოწყობილობები (სანავიგაციო გამომთვლელები, ტრაექტორიული მართვის სისტემის გამომთვლელები, ავტომატური მართვის სისტემის გამომთვლელი, წევის მართვის სისტემის გამომთვლელი);
- ავტომატური მართვისა და კონტროლის სისტემები;
- საშიში გადახრების შესახებ ინფორმაციის ასახვისა და სიგნალიზაციის სისტემები;
- ეკიპაჟი, როგორც მართვის ავტომატიზებული სისტემის ოპერატორი.

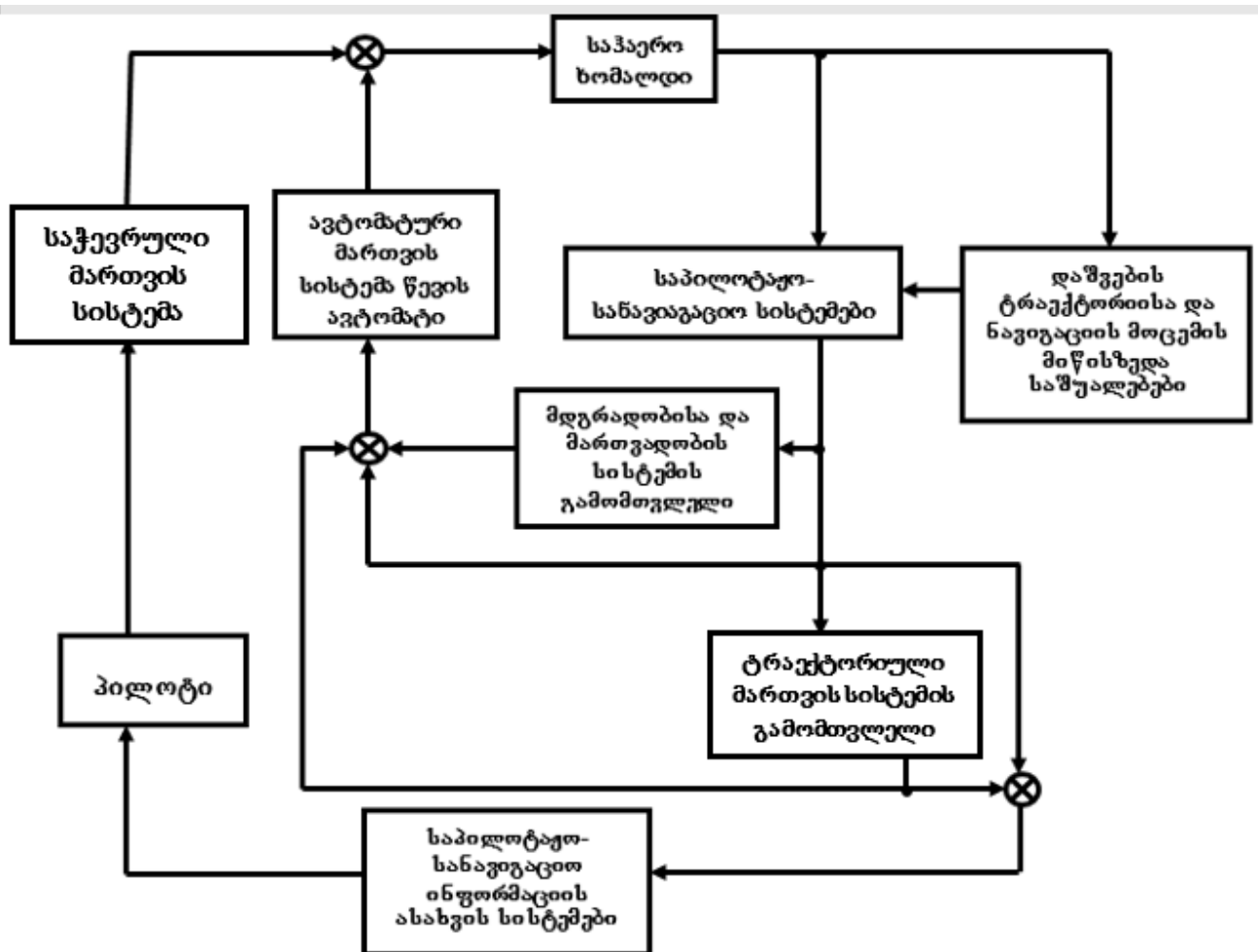
ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს მრავალრეჟიმულ და მრავალფუნქციურ სისტემას, რომლის შემადგენლობაში შედის მართვის რამდენიმე შეკრული კონტური, რომლებიც შეესაბამებიან ფუნქციონირების ძირითად რეჟიმებს (ნახ.3.1):

- საჰაერო ხომალდის მდგრადობისა და მართვადობის მახასიათებლების ავტომატური გაუმჯობესება;
- საჭევრული მართვა ტრაექტორიული მართვის სისტემის ხელსაწყოებისა და ბრძანებების მიხედვით;
- ავტომატური ავტონომიური მართვა;
- ავტომატური ტრაექტორიული მართვა.

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის თანამედროვე მდგომარეობა და განვითარების პერსპექტივები ხასიათდება საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობებისა და ძალური დანადგარების მართვის კომპლექსირებით, რომელიც უზრუნველყოფს საჰაერო ხომალდის მართვას და ფრენას ელექტრონული გამოთვლითი მანქანის ბაზაზე. საბორტო ციფრული გამოთვლითი მანქანებისა და მიკროპროცესორების გამოყენებას ინფორმაციის დამუშავებისა და ასახვისათვის, ასევე საჰაერო ხომალდის კუთხური და წრფივი კოორდინატების მართვის კანონების რეალიზაციისათვის, მივყავართ იქამდე, რომ ფრენის ავტომატიზებული მართვის სისტემა წარმოადგენს არამარტო უმნიშვნელოვანეს განმსაზღვრელ სისტემას ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, არამედ იგი წარმოადგება ასევე, როგორც თანამედროვე საჰაერო ხომალდის

შემადგენლობაში შემავალი რთული ტექნიკური სისტემა მისი ექსპლუატაციისათვის დამახასიათებელი სირთულეებით.

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემების საიმედოობა და მისი ექსპლუატაციის სტრატეგია წარმოადგენს მნიშვნელოვან ფაქტორებს, რომლებიც საბოლოო ჯამში განსაზღვრავს საჰაერო ხომალდის მზადყოფნას ფრენის შესრულებისათვის. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მტყუნებები, რომელთა უმრავლესობა არ იწვევს მისი მუშაობისუნარიანობის დაკარგვას, განაპირობებს დაახლოებით რეისების 60%-ის დაყოვნებას და 50%-მდე საავიაციო შემთხვევების წინაპირობების წარმოშობას. საჰაერო ხომალდზე წარმოშობილი მთელი მტყუნებების 50% მოდის ფრენის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში წარმოშობილ მტყუნებებზე, ამასთან, მათი უმრავლესობა (დაახლოებით 90%-მდე) წარმოიშობა ფრენის დროს. მტყუნებული სისტემის დიაგნოსტიკა იკავებს მტყუნების აღმოფხვრის დროის 60%-ზე მეტს, ხოლო სამოქალაქო ავიაციის საერთაშორისო ორგანიზაციის სტატისტიკის მიხედვით დემონტირებული ბლოკების მტყუნებების ლაბორატორიული შემოწმებების დროს არდადასტურებული მტყუნებების რაოდენობა შეადგენს 2/3-დან 3/4-მდე.



ნახ.3.1. რენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურული სქემა

ტექნიკური გადაწყვეტები, რომლებიც რეალიზებულია ამ სისტემაში, მისი მომსახურების და რემონტის მეთოდები და ტექნოლოგია განსაზღვრავს მთლიანობაში საავიაციო ტექნიკის განვითარების ტენდენციას. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის საიმედოობის მოდელირების პრინციპები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს საჰაერო ხომალდების სისტემების და მოწყობილობების დიაგნოსტიკური მოდელების შედგენისას.

3.2. საჰაერო ხომალდი როგორც მართვის ობიექტი

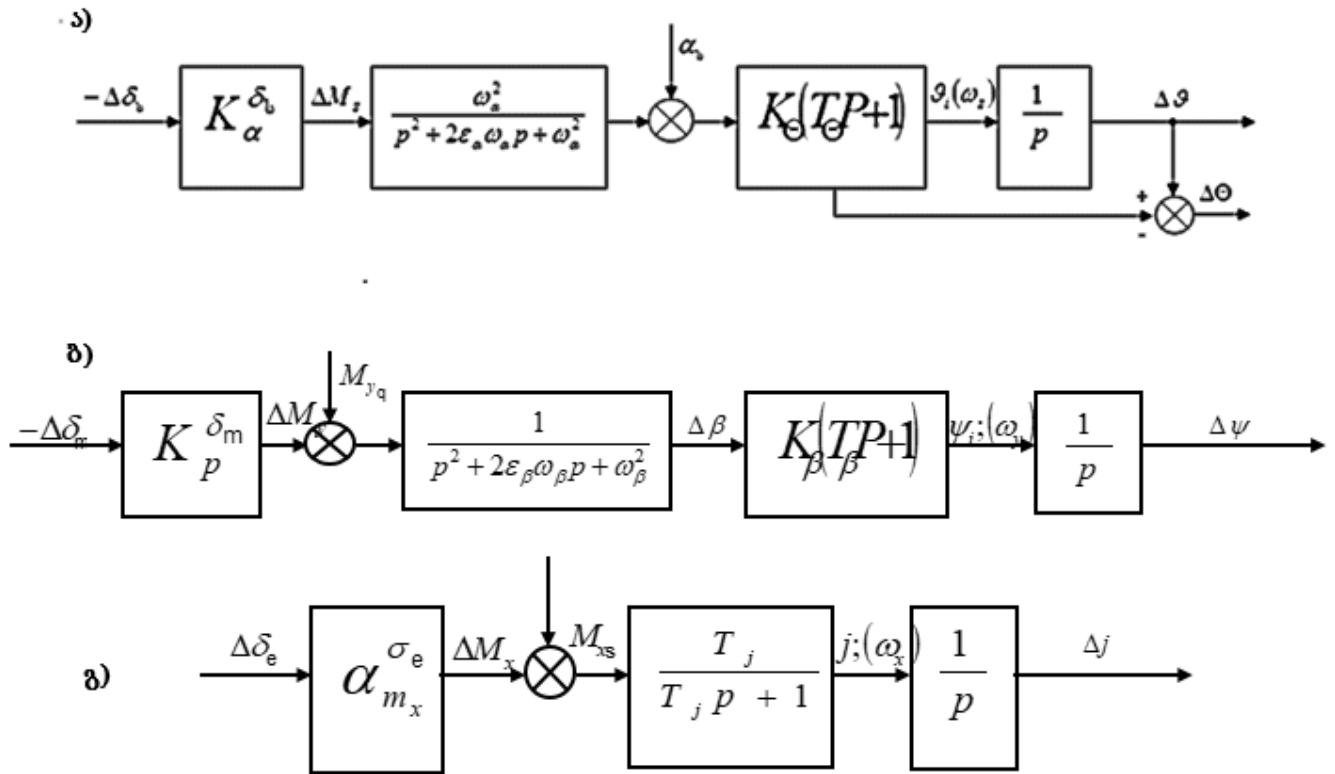
სივრცეში თვითმფრინავის მოძრაობა განისაზღვრება მისი დინამიკური თვისებებით, საწყისი პირობებით და მასზე მოქმედი ძალებით. თვითმფრინავზე მოქმედებს ძრავების წევის ძალა, აეროდინამიკური ძალები და სიმძიმის ძალა. ამ ძალებისა და დამატებითი ზემოქმედებების (ატმოსფეროს ტურბულენტურობა, გარე ჰაერის ტემპერატურა, დაცენტრების ცვლილება და ა.შ.) შედეგად თვითმფრინავის მოძრაობა უწყვეტად შფოთდება, ხოლო ფრენის პარამეტრები გადაიხრებიან საჭირო ზღვრებიდან. თვითმფრინავის მართვა მდგომარეობს ამ პარამეტრების გაზომვაში და მოცემული მნიშვნელობებიდან გადახრების აღმოფხვრაში. ამის შესაბამისად მართვა შეიცავს მოცემული ტრაექტორიის მიხედვით მოძრაობის მართვის (ნავიგაციის ამოცანები) და ფრენის სხვადასხვა ეტაპზე კუთხური კოორდინატების მართვის ან სტაბილიზაციის პროცესებს (პილოტირების ამოცანები).

პრაქტიკულად თვითმფრინავის მართვა ფრენის დროს დაიყვანება კუთხური და ხაზური კოორდინატების მართვის აეროდინამიკური ორგანოების, ძალური დანადგარების, შესაბამისი მმართველი ძალებისა და მომენტების მექანიზაციის საშუალებების მართვამდე.

ფრენის მართვისა და მისი კონტროლის პროცესების გამოკვლევისათვის აუცილებელია გვექონდეს თვითმფრინავის, როგორც მართვის ობიექტის მათემატიკური მოდელი. თვითმფრინავის მართვის პროცესების მთავარი კანონზომიერებისა და განსაკუთრებულობების განსაზღვრისას, ჩვეულებრივ, იყენებენ მთელ რიგ გამარტივებებს, რომელთა საფუძველზე შესაძლებელია ის განისაზღვროს როგორც ხაზური ობიექტი, რომლის მოძრაობა აღიწერება მუდმივკოეფიციენტებიანი დიფერენციალური განტოლებების სისტემით რეჟიმებისა და პირობების განსაზღვრულ არეში. ცვლადების ცვლილებაზე გარკვეული შეზღუდვების დადგენამ შესაძლებელია მოგვცეს საშუალება თვითმფრინავის სივრცული მოძრაობის მათემატიკური მოდელი დავანაწილოთ გრძივი და განივი მოძრაობის დამოუკიდებელ მოდელებად შემდგომი დეტალიზაციის შესაძლებლობით.

ფრენის მართვის პროცესების ანალიზის მოხერხებულობისათვის მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ ოპერატორულ ფორმაში წარმოდგენილი მათემატიკური მოდელები. თვითმფრინავის გრძივი, განივი და მიმობრუნებითი მოძრაობის უმარტივესი მოდელი შესაძლებელია წარმოდგენილ იქნეს ელემენტარული რგოლების კომბინაციის სახით –

პროპორციული, აპერიოდული, რხევითი და მადიფერენცირებელი (იხილეთ ნახაზი 3.2). ამ ნახაზზე წარმოდგენილი ასოითი სიმბოლოები შესაბამისად აღნიშნავენ:



ნახ.3.2. საჰაერო ხომალდის გრძივი (ა), მიმობრუნების (ბ) და განივი მოძრაობის (გ) გამართივებული მოდელების სტრუქტურული სქემები

$\Delta\delta_{\alpha}$, $\Delta\delta_{\beta}$, $\Delta\delta_{\theta}$ - სიმაღლის და მიმართულების საჭეების, ელერონების გადახრის კუთხეები მათი ბალანსირებული მნიშვნელობებიდან; $\Delta\alpha$, $\Delta\beta$, $\Delta\theta$, $\Delta\psi$, Δj , - შეტევის, სრიალის, ტანგაჟის, ტრაექტორიის დახრის, მიმობრუნების, დაგვერდების კუთხეების გადახრა დადგენილი მნიშვნელობებიდან; α_z , M_z , M_y - შეტევის კუთხის, მიმობრუნების და დაგვერდების მომენტების ცვლილება ქარის მოქმედების შედეგად; ΔM_z , ΔM_x , ΔM_y - მომენტების ნამატი (გრძივი დაგვერდების, მიმობრუნების), რომლებიც გამოწვეულია მართვის ოპერანოების გადახრით; $\mathcal{I}_z(\omega_z)$, $\mathcal{I}_{\beta}(\omega_{\beta})$, $j_x(\omega_x)$ - ტანგაჟის, მიმობრუნების და დაგვერდების სიჩქარეები.

ელემენტარული რგოლების გადაცემის ფუნქციები განისაზღვრება საჰაერო ხომალდის როგორც დინამიური ობიექტის პარამეტრებით (ინერციის მომენტები, სიმაღლე, ფრენის სიჩქარე, საფრენი მასა), ასევე აეროდინამიკური მახასიათებლებით (დაცენტრება, თვითმფრინავის კონფიგურაცია). გრძივი მოძრაობისათვის ეს პარამეტრები გაითვლებიან შემდეგი ფორმულებით:

$$\omega_{\alpha} = \sqrt{\frac{1}{I_z} \left(\frac{1}{T_{\theta}} \frac{\partial M_z}{\partial \omega_z} - \frac{\partial M_z}{\partial \alpha} \right)_0} \approx \sqrt{-\frac{1}{I_z} \left(\frac{\partial M_z}{\partial \alpha} \right)_0};$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2\omega_\alpha} \left(\frac{1}{T_\Theta} - \frac{1}{I_z} \frac{\partial M_z}{\partial \omega_z} \right);$$

$$T_\Theta = \left(\frac{mV}{\frac{1}{2}\rho V^2 S C_y^\alpha + P_{\cos\alpha}} \right);$$

$$K_\alpha^{\delta_b} \omega_\alpha^2 = -\frac{1}{I_z} \left(\frac{\partial M_z}{\partial \delta_b} \right)_0; \quad K_\Theta = \frac{1}{T_\Theta}; \quad C_y^\alpha = \left(\frac{\partial C_y}{\partial \alpha} \right)_0,$$

სადაც ω_α - საკუთარი მოკლეპერიოდული რხევების სიხშირეა; I_z, M_z - ინერციის მომენტი და თვითმფრინავის გრძივი მომენტი Z ღერძის მიმართ; T_Θ - თვითმფრინავის ტრაექტორიული მოძრაობის დროითი მუდმივა; ω_z - ბრუნვის კუთხური სიჩქარე; α - შეტევის კუთხე; ε - ჩაქრობის (მიღების) დეკრემენტი; $\frac{1}{2}\rho V^2$ - სიჩქარისეული დაწნევა; S - ფრთის ფართობი; P - ძრავების წევა. იმდენად რამდენადაც $T_\Theta > 0$, თვითმფრინავის მოკლეპერიოდული მოძრაობის მდგრადობა დამოკიდებულია ω_α^2 -ის ნიშანზე. თუ $\omega_\alpha^2 > 0$, მაშინ თვითმფრინავი სტატიკურად მდგრადია შეტევის კუთხის მიხედვით ან გადამეტტვირთვის მიხედვით, როცა $\omega_\alpha^2 = 0$ ნეიტრალურია, ხოლო როცა $\omega_\alpha^2 < 0$ - არამდგრადი.

შეტევის კუთხის მიხედვით მდგრადობა ფიზიკურად ხასიათდება თვითმფრინავის გრძივი მომენტის ისეთი ცვლილებით (გარე შემფოთებებით გამოწვეული შეტევის კუთხის ნამატის შემთხვევაში), რომელიც ცდილობს დააბრუნოს თვითმფრინავი წინანდელ მდგომარეობაში. ცნებები თვითმფრინავის მდგრადობა შეტევის კუთხისა და გადამეტტვირთვის მიხედვით ეკვივალენტური არიან, იმდენად რამდენადაც აჩქარება ნორმალური ღერძის გასწვრივ განისაზღვრება შეტევის კუთხით:

$$\Delta n_y = \frac{a_y}{g} = \frac{V_0}{T_\Theta g} \Delta \alpha.$$

გადამეტტვირთვის მიხედვით გაძლიერების კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება ფორმულით

$$K_n^{\delta_b} = \frac{K_\alpha^{\delta_b} V_0}{T_\Theta g} \approx \left(\frac{V \partial M_z}{T_\Theta g \partial \delta_b} : \frac{\partial M_z}{\partial \alpha} \right)_0,$$

უდიდეს როლს თამაშობს საჭევრული და ავტომატური მართვის პროცესებში. ფრენის სხვადასხვა რეჟიმში მისი მნიშვნელობების ცვლილება ართულებს პილოტირებას. ამიტომ თვითმფრინავზე მიიღება სპეციალური ზომები მისი ავტომატური შემცირებისათვის არასასურველი გავლენის თავიდან აცილების მიზნით, მაგალითად, აყენებენ

მდგრადობის ამალეების ავტომატებს და საჭევრიდან საჭისაკენ გადაცემის რიცხვის რეგულირების ავტომატებს.

თუ განვიხილავთ თვითმფრინავის განივ (გვერდულ) მოძრაობას, მაშინ აუცილებელია გათვალისწინებული იქნეს მიმობრუნებისა და განივი მოძრაობების ურთიერთ გავლენა. სრული ხაზური მოდელი, რომელიც დაკავშირებულია თვითმფრინავის განივ მოძრაობასთან, ნაჩვენებია **ნახ. 3.3**-ზე. სტრუქტურულ სქემაში კოეფიციენტების მნიშვნელობები განისაზღვრება თვითმფრინავის მახასიათებლების მიხედვით შემდეგი გამოსახულებების შესაბამისად:

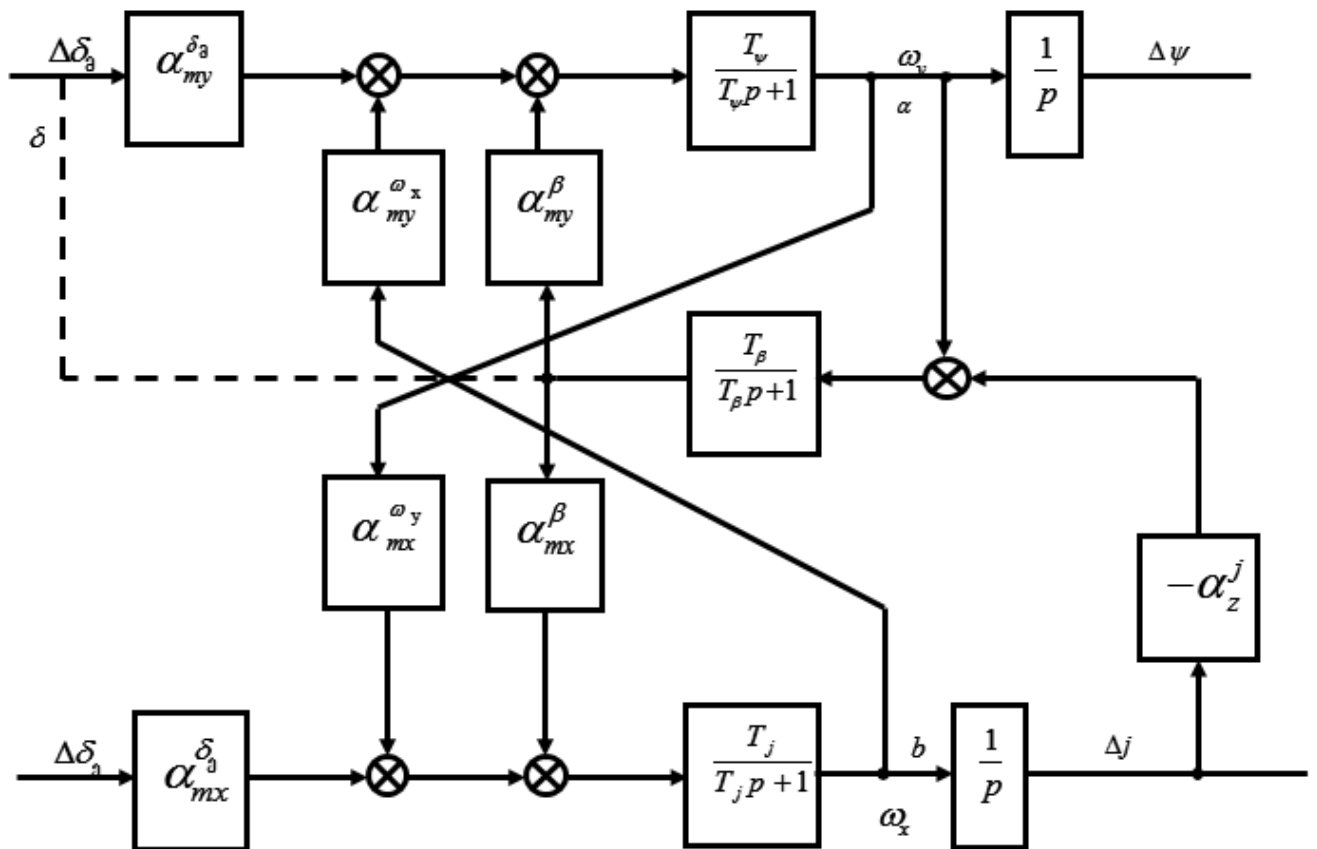
$$T_j = -\frac{I_x}{\left(\frac{\partial M_x}{\partial \omega_x}\right)_0}; \quad T_\psi = -\frac{I_y}{\left(\frac{\partial M_y}{\partial \omega_y}\right)_0}; \quad T_\beta = -\frac{mV_0}{\left(\frac{\partial Z}{\partial \beta}\right)_0};$$

$$a_{m_y}^\beta = -\frac{1}{I_y} \left(\frac{\partial M_y}{\partial \beta}\right)_0; \quad a_{m_x}^\beta = -\frac{1}{I_x} \left(\frac{\partial M_x}{\partial \beta}\right)_0;$$

$$a_{m_y}^{\omega_x} = -\frac{1}{I_y} \left(\frac{\partial M_y}{\partial \omega_x}\right)_0; \quad a_{m_x}^{\omega_y} = -\frac{1}{I_x} \left(\frac{\partial M_x}{\partial \omega_y}\right)_0;$$

$$a_z^j = -\frac{g}{V}; \quad a_{m_y}^{\delta_\beta} = \frac{1}{I_y} \left(\frac{\partial M_y}{\partial \delta_\beta}\right)_0; \quad a_{m_x}^{\delta_\beta} = \frac{1}{I_x} \left(\frac{\partial M_x}{\partial \delta_\beta}\right)_0,$$

სადაც M_i, I_i - საჰაერო ხომალდის i -ური ღერძების მიმართ ძალისა და ინერციის მომენტებია; ω_x, ω_y - თვითმფრინავის შესაბამისი ღერძების მიმართ ბრუნვის კუთხური სიჩქარეები; m - მასა; V_0 - საჰაერო სიჩქარე; β - სრიალის კუთხე; $\delta_\beta, \delta_\psi$ - ელერონების და მიმართულების საჭის გადახრის კუთხეები.



ნახ.3.3 . თვითმფრინავის განივი მოძრაობის სრული ხაზოვანი მოდელის სტრუქტურული სქემა

მიმობრუნების არხში არსებობს დინამიურად დაგვიანებული უკუკავშირი კუთხური სიჩქარის მიხედვით. ეს უარყოფითი კავშირი არსებით გავლენას ახდენს თვითმფრინავის საგზაო სტატიკურ მდგრადობაზე. მდგრად თვითმფრინავს სტატიკური საგზაო მდგრადობის კოეფიციენტი $a_{m_y}^{\beta}$ ყოველთვის მეტია ნულზე, რაც იწვევს კომპლექსური შეუღლებული ფესვების წყვილს უარყოფითი ნამდვილი ნაწილებით. ანალოგიური უარყოფითი კავშირი გამაძლიერებელი რგოლების გავლით a_z^{γ} და $a_{m_x}^{\beta}$ გადაცემის რიცხვებით ფრენის კონტურში სუსტ გავლენას ახდენს თვითმფრინავის თავისუფალ მოძრაობაზე, რომელიც თავის მხრივ მიმდინარეობს ნელა და ახლოსაა ექსპონენციალურთან. ჯვარედინი კავშირები ასევე მცირე გავლენას ახდენს თავისუფალ მოძრაობაზე და ძირითადად მათი გავლენა მჟღავნდება მის მაღალსიხშირულ შემადგენელზე და წარმოშობენ უარყოფით ფესვს.

მართვის მრავალი ამოცანების გადაწყვეტისათვის იყენებენ უმარტივეს მოდელებს, რომლებიც არ ითვალისწინებენ სუსტ კავშირებს. ერთ-ერთი ყველაზე უფრო გავრცელებული მოდელი დაფუძნებულია მობრუნების იდეალური კოორდინაციის ვარაუდზე.

თუ ჩავთვლით, რომ პილოტი (ავტოპილოტი), ზემოქმედებს რა მიმართულების საჭეზე (ნახ. 2.3) და ვარირებას უკეთებს წარმოშობილ სრიალს, მაშინ მიმობრუნების და განივი მოძრაობები დამოუკიდებელი არიან. ამ მოძრაობების მოდელები შეგვიძლია

წარმოვიდგინოთ სტრუქტურული სქემით, რომელიც მოცემულია ნახ. 3.2.გ-ზე თუ გამოიყენება ბრტყელი მობრუნება, მაშინ დაგვერდება ახლოსაა ნულთან. ასეთ შემთხვევაში გამორიცხულია დაგვერდების არხის გავლენა მიმობრუნების არხზე, და მიმობრუნების მოძრაობის მოდელი ღებულობს სახეს, რომელიც გამოსახულია ნახ. 3.2 ბ-ზე. ასეთ მოდელში

$$\omega_\beta^2 = a_{m_y}^\beta + \frac{1}{T_\beta T_\psi}; \quad 2\varepsilon_\beta \omega_\beta = \frac{1}{T_\psi} + \frac{1}{T_\beta};$$

$$K_\beta^{\delta_a} = a_{m_y}^{\delta_a}; \quad K_\beta = \frac{1}{T_\beta}.$$

ამრიგად, მიმობრუნების არხის მოდელის სტრუქტურა ბრტყელი მობრუნების რეჟიმში ანალოგიურია ტანგაჟის არხის უმარტივესი მოდელის სტრუქტურისა.

უნდა აღინიშნოს, რომ შეუძლებელია ყოველთვის თავიდან იქნეს აცილებული ტანგაჟისა და დაგვერდების არხებს შორის არსებული ჯვარედინი კავშირები. მაგალითად, დაგვერდების წარმოქმნა იწვევს, როგორც მინიმუმი ტანგაჟის მართვის ეფექტურობის შემცირებას, ე.ი.

$$K_{a^j}^\delta = f(|j|)$$

კოეფიციენტის შემცირებას, რაც მოითხოვს შეტევის კუთხის გაზრდას თვითმფრინავის 'ჩავარდნის' თავიდან აცილებისათვის სიმაღლის საჭის ზემოთ გადახრის გზით რაღაც კუთხით.

გრძივი და განივი მოძრაობების მოდელებში თავისუფალი და სუსტად დემპფირებული მაინტეგრირებელი რგოლების არსებობის გამო უმართავ (გაჭედილი საჭეებით) თვითმფრინავს არ აქვს თვისება დაიცვას უცვლელად კუთხური კოორდინატები (ϑ, ψ, j) მასზე გარე შეშფოთებების ზემოქმედებისას. მათი სტაბილიზაცია ხორციელდება პილოტის ან ავტოპილოტის მიერ უკუკავშირის შემოტანით ამ კოორდინატების მოცემული მნიშვნელობებიდან გადახრის შესაბამისად.

ადამიან-ოპერატორის თვითმფრინავთან მოხერხებულობის ზღვრები შეზღუდულია – პილოტს შეუძლია ეფექტურად მართოს თვითმფრინავი მართვადობის და მდგრადობის საკმარისად კარგი დინამიკური და სტატიკური მახასიათებლებით. მაგრამ საჰაერო ხომალდებისადმი წაყენებული წინააღმდეგობრივი მოთხოვნებიდან გამომდინარე (ფრენის სიჩქარისა და სიმაღლის დიდ დიაპაზონში ცვლილება, ყველა შესაძლო შეზღუდვები, რომლებიც დაკავშირებულია კომფორტთან, სიმტკიცესთან და ა.შ.) საჰაერო ხომალდების მხოლოდ აეროდინამიკურ და წონით გაერთმთლიანებას არ შეუძლია უზრუნველყოს მართვადობისა და მდგრადობის მისაღები მახასიათებლები.

ლექცია 4. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის დიაგნოსტიკური მოდელები

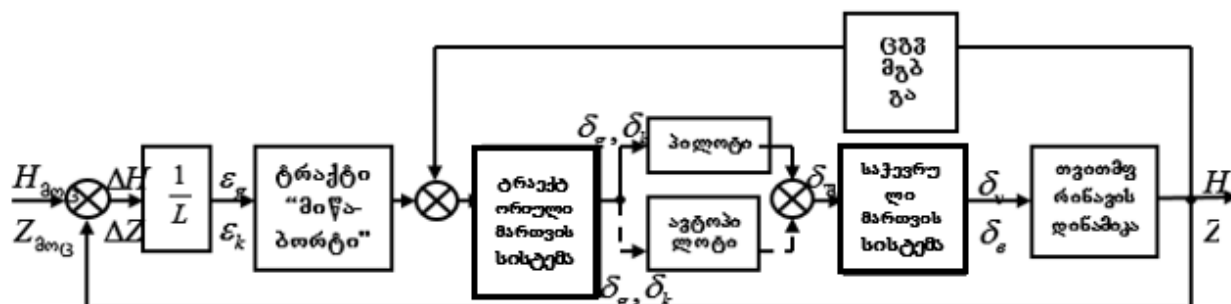
4.1. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება საჰაერო ხომალდის დაფრენაზე შესვლის დროს

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის დანიშნულებაა საჰაერო ხომალდის მდგრადობისა და მართვადობის მახასიათებლების გაუმჯობესება ავტომატიკის საშუალებებით, საპილოტაჟო-სანავიგაციო ინფორმაციის გადამუშავება ეკიპაჟის მოქმედებათა ეფექტურობის ასამაღლებლად (რომელიც გამოდის ამ სისტემის ოპერატორის როლში), ასევე საჰაერო ხომალდის კუთხური და ტრაექტორიული მოძრაობის ავტომატური მართვის განხორციელება ფრენის სხვადასხვა რეჟიმებში.

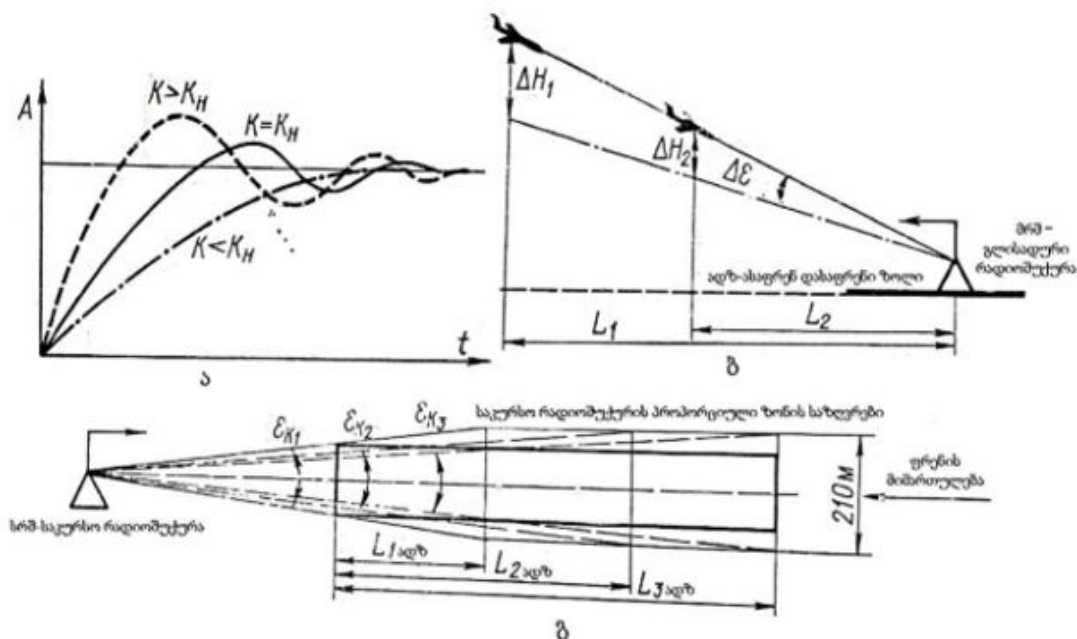
ფრენის მართვის ავტომატიზებულ სისტემას აფასებენ მისი ფუნქციონირების ხარისხით ფრენის დავალების შესრულების პროცესში. ფუნქციონირების ხარისხი პროდუქციის ხარისხის ეკვივალენტურია და ახასიათებს სისტემის მოთხოვნილებათა თვისებებს. ის არსებით გავლენას ახდენს ფრენის უსაფრთხოებაზე, რეგულარობასა და კომფორტაბელობაზე. რადგან ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს რთულ მრავალრეჟიმულ სისტემას, ამიტომ მასში მტყუნებათა გარკვეული ნაწილი (10%-მდე) ატარებს სისტემურ ხასიათს. სისტემური მტყუნებების წარმოშობის მიზეზს წარმოადგენს სისტემის გადაცემითი ფუნქციის კოეფიციენტებისა და სახის ცვლილება მართვის კანონების დარღვევის შემთხვევაში.

სისტემური მტყუნებები იწვევს მფრინავების უნდობლობას ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემებისადმი, რაც აუარესებს ეკონომიურობისა და უსაფრთხოების მაჩვენებლებს. ასეთი მტყუნებების წარმოშობის ალბათობა მით უფრო დიდია, რაც მეტია იმ ელემენტების რაოდენობა, რომლებიც მონაწილეობას იღებენ ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მუშაობის რეჟიმის რეალიზაციაში. განვიხილოთ ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მუშაობის ხარისხის ცვლილების მაგალითი საჰაერო ხომალდის დაფრენაზე შესვლის დროს (ნახ. 4.1, 4.2). დაფრენის სახმელეთო-საბორტო რადიოტექნიკური სისტემის მოწყობილობის ტრაქტის სტრუქტურა მნიშვნელოვანი ხარისხით განსაზღვრავს ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მუშაობის ხარისხს, გავლენას ახდენს რა მისი პირდაპირი წრედის გაძლიერების კოეფიციენტზე (ნახ. 4.1). მართვის ავტომატიზებული სისტემის გაძლიერების კოეფიციენტის გაზრდა იწვევს გამოსასვლელი კოორდინატების რხევებს, ხოლო შემცირება კი სისტემის მუშაობის “უხალისობას”, ასევე მართვის გარდამავალი პროცესების გაწელვას (ნახ. 4.2). თუ ცნობილი იქნება დაფრენაზე შესვლის სისტემის მიწისზედა საშუალებების მახასიათებლები, მაშინ შესაძლებელია თითოეულ კონკრეტულ შემთხვევაში გაკეთდეს მისი მუშაობის ხარისხის პროგნოზირება. ასეთი პროგნოზის განხორციელებისათვის აუცილებელია ცნობილი იყოს საჰაერო ხომალდის მართვის სისტემის საბორტო

მოწყობილობის ობიექტური მახასიათებლები, კერძოდ როგორიცაა მდგრადობა და მართვადობა. ტექნიკური მომსახურებისას სისტემის რეგულირება რთულდება არა მარტო იმიტომ, რომ მისი მუშაობის ხარისხზე გავლენას ახდენს ტრაექტორიული მართვის კონტურის აწყობა (სისტემის გარე კონტური), არამედ შიგა კონტურების აწყობაც (იხ. ნახ. 4.1), ასევე სიშორის ცვლილება ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ტორსამდე.



ნახ. 4.1. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურული სქემა დაფრენაზე შესვლისას ტრაექტორიული მართვის რეჟიმში



ნახ. 4.2. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის რხევადობის ცვლილება შუქურამდე მანძილსა და ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის სიგრძეზე დამოკიდებულებით

ნახ.4.1-ზე მითითებული სიდიდეები: $H_{\text{მომც}}$, $Z_{\text{მომც}}$, ΔH , ΔZ -შესაბამისად საჰაერო ხომალდის მოცემული მნიშვნელობები და ხაზური გადახრები დასაშვები მნიშვნელობებიდან გრძივი და გვერდით მოძრაობის დროს; ε_g , ε_k , - საჰაერო ხომალდის კუთხური

გადახრები მოცემული ტრაექტორიიდან; δ_g , - ბრძანებები სიმაღლის საჭის და ელერონების გადახრაზე; δ_{Ψ_0} - პილოტის (ავტოპილოტის) ზემოქმედება მართვის ორგანოებზე; δ_v , δ_e , - სიმაღლის საჭის და ელერონების გადახრა; **ცვვ** – ცენტრალური გიროვერტიკალი; **მგზ** – მადემპფირებელი გიროსკოპების ბლოკი; **გა** – გიროაგრეგატი.

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის პირდაპირ ნიშანთვისებებს წარმოადგენენ მახასიათებლები, რომლებიც ახასიათებენ საჰაერო ხომალდის ტრაექტორიული და კუთხური მოძრაობის პარამეტრების დადგენილი (მოცემული) მნიშვნელობების შენარჩუნებას. ამ პარამეტრების რეკომენდებული ზღვრებიდან გამოსვლა ჩვეულებრივ იწვევს ფრენის ეკონომიკური ეფექტურობისა და კომფორტაბელობის შემცირებას, ხოლო პარამეტრების საექსპლუატაციო შეზღუდვების ფარგლებიდან გამოსვლა არსებით გავლენას ახდენს ფრენის უსაფრთხოებაზე. ამიტომ იმ პარამეტრების საექსპლუატაციო შეზღუდვების ფარგლებიდან გამოსვლა, რომლებიც ახასიათებენ ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხს, მიზეზების მიუხედავად ეს მდგომარეობა განიხილება როგორც ფუნქციური მტყუნება. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციური მტყუნებები უნდა იყოს ნაკლებად ალბათური ან უკიდურესად ნაკლებად მოსალოდნელი მოვლენა. სისტემის კონკრეტული მტყუნებული მდგომარეობა შესაძლებელია გამოწვეული იყოს როგორც ცალკეული ელემენტების მტყუნებებით ან მათ შორის კავშირების მტყუნებებით, ასევე ამ მტყუნებების კომბინაციით.

ნახ.4.2-ზე ნაჩვენებია:

ა) სისტემის რხევადობა მისი პირდაპირი წრედის K გაძლიერების კოეფიციენტის სხვადასხვა მნიშვნელობისას; ბ) K -ს დამოკიდებულება მანძილზე L საჰაერო ხომალდსა და გლისადურ რადიოშუქურას შორის, როცა $\varepsilon_g = const$; გ) ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის სიგრძის გავლენა K სიდიდეზე გვერდითი მოძრაობის დროს; K_E – გაძლიერების კოეფიციენტის ნომინალური მნიშვნელობა; ΔH_2 - საჰაერო ხომალდის ხაზური გადახრა გლისადის ხაზიდან; $\varepsilon_{k_1}, \varepsilon_{k_2}, \varepsilon_{k_3}$ - კურსის ხაზიდან გადახრის კუთხეების მაქსიმალური მნიშვნელობები საკურსო რადიოშუქურას პროპორციულობის ზონის საზღვარზე; $L_{1ადზ}$, $L_{2ადზ}$, $L_{3ადზ}$ - მოკლე, საშუალო და გრძელი ასაფრენ-დასაფრენი ზოლების სიგრძეები.

4.2. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მაღალი საექსპლუატაციო საიმედოობის მიღწევის ხერხები და საშუალებები

ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მაღალი საექსპლუატაციო საიმედოობა მიიღწევა საჰაერო ხომალდების დაპროექტებისას ელემენტური ბაზის შესაბამისი არჩევით, ასევე დამზადებისა და ექსპლუატაციის სრულყოფილი ტექნოლოგიის გამოყენებით. იმისათვის, რომ ტიპური ელემენტების, ბლოკების, არხების, ქვესისტემების მტყუნებებმა არ გამოიწვიოს მუშაობის რეჟიმების ფუნქციური მტყუნებები ან

სისტემის მტყუნება მთლიანობაში, ფრენის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში იყენებენ სხვადასხვა მეთოდებს პარამეტრული, რეჟიმული, დროითი, ფუნქციური, ინფორმაციული, სტრუქტურული სიჭარბის (რეზერვირების) შექმნისათვის.

ამა თუ იმ სახის სიჭარბის გამოყენება, უმთავრესად დამოკიდებულია მართვის სისტემის ტექნიკური გადაწყვეტის მიღებულ ვარიანტზე და მისი რეალიზაციის ხერხზე. მაგალითად, დროითი სიჭარბე პრაქტიკულად ძნელად რეალიზებადია უწყვეტი ტიპის მართვის სისტემებში. იმავდროულად ციფრულ სისტემებში დროის დაყოფის წყალობით და ცალკეული ამოცანების თანმიმდევრობითი გადაწყვეტის დროს დროითი სიჭარბე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს მრავალჯერადი გამოთვლების შესამოწმებლად ერთი და იგივე ალგორითმის მიხედვით.

არარეზერვირებული სისტემების (მოწყობილობების) შედარებით მარტივი სქემების არჩევა განპირობებულია იმით, რომ მათი მტყუნებების ინტენსივობა და ალბათობა ელემენტების რაოდენობის პროპორციულია. მოწყობილობის სქემის სტაბილურობა მოქმედების პრინციპის მიხედვით შეინიშნება მაშინ, როცა ელემენტის პარამეტრებს შორის არსებობს მინიმალური კავშირები და მიიღწევა დიდი გადახრების (პარამეტრული სიჭარბე) მინიმალური გავლენა მოწყობილობის ცდომილების სიდიდეზე.

არარეზერვირებული სისტემების უმარტივესი სქემების არჩევა განპირობებულია იმით, რომ მათი მტყუნებათა ინტენსივობა და მტყუნებათა ალბათობები შესაბამისად ელემენტების მტყუნებათა ინტენსივობების ჯამისა და მტყუნებათა ალბათობების ნამრავლის ტოლია. შესაბამისად არარეზერვირებული სისტემების უმტყუნობა დამოკიდებულია ელემენტების არა მარტო რაოდენობაზე, არამედ მათ ხარისხზეც. სისტემის მაღალი უმტყუნობის მისაღწევად ირჩევენ ხარისხიან და პერსპექტიულ ელემენტებს. ამასთან ერთად ითვალისწინებენ მოწყობილობის დანიშნულებას და სხვა მახასიათებლებს, მაგალითად, ღირებულებას.

თავის მხრივ ელემენტების უმტყუნობა ბევრადაა დამოკიდებული ელემენტების მუშაობის რეჟიმზე. ამიტომ სისტემის უმტყუნობის მისაღწევად აუცილებელია ელემენტების მუშაობის რეჟიმი აირჩეს მნიშვნელოვნად მსუბუქი (რეჟიმული სიჭარბე), ვიდრე ნომინალური. ამასთან ერთად, დატვირთვების შემცირების ხარისხი დამოკიდებულია კონკრეტულ ამოცანებზე. სისტემის უმტყუნობაზე დიდ გავლენას ახდენს მისი მუშაობის პირობები, ანუ სისტემებსა და მის ელემენტებზე ზემოქმედი მექანიკური, კლიმატური და სხვა დატვირთვები. სისტემის დაპროექტებისას აუცილებელია მაქსიმალურად შემცირდეს გარე და შიგა დატვირთვების გავლენა როგორც მთლიან სისტემაზე, ისე მის შემადგენელ ელემენტებზე.

უმტყუნობის ამაღლების უზრუნველყოფის დამატებით კონსტრუქციულ ზომებს წარმოადგენს მექანიკური დატვირთვების გავლენის შემცირება საჭაერო ხომალდზე ხელსაწყოებისა და დანადგარების განთავსებისათვის შესაბამისი ადგილების არჩევის გზით, სადაც ნაკლები იქნება ეს გავლენა, ასევე გამოყენებული უნდა იქნეს მოწყობილობების სპეციალური კონსტრუქციული ფორმები, ამორტიზატორები და ა.შ. სისტემის საიმედოობაზე კლიმატური ფაქტორების გავლენა შესაძლებელია მნიშვნელოვნად

შემცირდეს კვანძებისა და ბლოკების სწორი კონსტრუქციული გაფორმების შემთხვევაში, მაგალითად, ამაღლებული თბოგაცემის (ხელოვნური გაცივება) ან ტენიანობისაგან დაცვის (ჰერმეტიზაცია) უზრუნველყოფით. ჩვეულებრივ, დაურეზერვებელი სისტემის ვარიანტში ვერ მიიღწევა მოთხოვნილი უმტყუნობა, ამიტომ მაღალი უმტყუნობის მისაღწევად ფართოდ გამოიყენება რეზერვირება (სტრუქტურული რეზერვირება).

მთლიანობაში რეზერვირებულ სისტემაში ერთი, ან ხშირ შემთხვევებში, მრავალი ელემენტის მტყუნება არ იწვევს მართვის სისტემის მტყუნებას. რეზერვირება შეიძლება დავყოთ მუდმივ რეზერვირებად და რეზერვირებად ლოგიკური მოწყობილობებით. მუდმივი რეზერვირების დროს მოწყობილობები მუდმივად არიან ჩართული მუშაობაში და მტყუნებების წარმოშობის დროს არ ხდება ცვლილება მათი შეერთების სქემაში. მუდმივი რეზერვირება ლოგიკური მოწყობილობებით რეზერვირებისაგან განსხვავდება შეერთებათა სქემის სიმარტივით, ასევე შესაძლებლობით კონსტრუქციათა უმრავლესობისათვის გამოყენებულ იქნეს შედარებით მცირე გაბარიტები და მასა. მუდმივი რეზერვირების არსებით ნაკლოვან მხარეს წარმოადგენს მუშაობის რეჟიმებისა და სქემის პარამეტრების ცვლილება რეზერვირებული ელემენტების მტყუნებისას. ელემენტების მტყუნებების მუდმივი ინტენსივობისას რეზერვირებული სქემის მტყუნებების ინტენსივობა წარმოადგენს დროის ზრდად ფუნქციას

$$\lambda(t) = \frac{m\lambda(1 - e^{-\lambda t})^{m-1} e^{-\lambda t}}{1 - (1 - e^{-\lambda t})^m},$$

სადაც $\lambda(t)$, λ - სქემისა და ელემენტის მტყუნებათა ინტენსივობებია; m - დარეზერვების ჯერადობა.

რეზერვირება ლოგიკური სქემების გამოყენებით საშუალებას იძლევა ნაწილობრივ თავიდან იქნეს აცილებული ის ნაკლოვანებები, რაც დამახასიათებელია მუდმივი რეზერვირებისათვის. ლოგიკური სქემების გამოყენება საშუალებას იძლევა რეზერვირებული სისტემების მტყუნებისას უზრუნველყოფილი იყოს პარამეტრების უცვლელობა. ასევე იძლევა საშუალებას ზოგიერთ შემთხვევაში ამაღლდეს სისტემის სიზუსტე, შეინახოს სათანადო მოწყობილობების რესურსი ლოდინის რეჟიმში ყოფნის დროს. რეზერვირება ლოგიკური სქემებით დაკავშირებულია დამატებითი მოწყობილობების გამოყენებასთან მტყუნებების ინდიკატორების, გადამრთველების, ჭარბი ინფორმაციის დამუშავების სქემების სახით და ა.შ.

ლოგიკური მოწყობილობების გამოყენება საშუალებას იძლევა საიმედოობის ასამაღლებლად გამოვიყენოთ ფუნქციური და ინფორმაციული სიჭარბე. თუმცა ლოგიკური მოწყობილობები შესაძლებელია გახდნენ მტყუნებების წყარო, იმავდროულად იწვევენ სისტემის მასისა და ღირებულების გაზრდას. ეს ნაკლოვანებები გათვალისწინებული უნდა იქნეს ფრენის ავტომატიზებული სისტემის ექსპლუატაციის პროცესში.

რეზერვირება ლოგიკური სქემების გამოყენებით შესაძლებელია კლასიფიცირებული იქნეს შენაცვლებით დარეზერვებად, ამორჩევითი ქვორუმ-ელემენტების გამოყენებით- ეგრეთწოდებული მაჟორიტარული დარეზერვებით.

შენაცვლებითი რეზერვირების დროს გამომავალი სიდიდე ყოველთვის მოიხსნება ერთი მოწყობილობიდან (ძირითადიდან ან რეზერვულიდან). ლოგიკური სქემა გადაკომუტირებას უკეთებს შესასვლელ და გამოსასვლელ სიგნალებს (შეიძლება მარტო გამოსასვლელ სიგნალებს) მტყუნებული მოწყობილობიდან რეზერვირებულზე და ინიცირებას უკეთებს მტყუნებას. ასეთი რეზერვირება გამოიყენება ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის შემადგენლობაში შემაჯავალი ციფრული გამოთვლითი კომპლექსების საიმედოობის უზრუნველსაყოფად.

რეზერვირება ქვორუმ-ელემენტების გამოყენებით ფართოდ გამოიყენება უწყვეტ სისტემებში, მოითხოვს ყველა რეზერვირებული მოწყობილობის მუდმივ მუშაობას. ამორჩევითი სქემები დროის თითოეულ მომენტში გასცემს გასაშუალებულ სიგნალს. ამიტომ თუ არხების გამოსასვლელი სიგნალები იმყოფებიან დასაშვებ ფარგლებში, მაშინ ამორჩევითი სქემის გამოსასვლელზე სიგნალი მათი საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობისა ტოლია. სამჯერადი რეზერვირების მქონე სისტემის ერთ-ერთ არხში პარამეტრების დასაშვები ფარგლებიდან გამოსვლა ფაქტობრივად გავლენას ვერ ახდენს რეზერვირებული მოწყობილობის გამოსასვლელ სიგნალზე. თუმცა სამჯერადი სქემისათვის ასეთი მტყუნება რეზერვის ამოწურვის ეკვივალენტურია, იმდენად, რამდენადაც მტყუნების მომდევნო არხის სწორი ლოკალიზაცია არ შეიძლება იყოს გარანტირებული. მუშაობისუნარიანი არხების მინიმალური რაოდენობა, რომლის დროსაც მიიღწევა რეზერვირებული სისტემის ნორმალური მუშაობა, განისაზღვრება ფორმულით

$$e = \frac{m+1}{2}.$$

ეს ტოლობა ადასტურებს, რომ არჩევითი სქემების გამოყენების შემთხვევაში რეზერვირებისას მიზანშეწონილია რეზერვული მოწყობილობის კენტი რაოდენობა. ასეთი სქემის მტყუნებამდე ნამუშევარის საშუალო დრო მცირეა, ვიდრე მუდმივი რეზერვირების დროს, რაც განპირობებულია როგორც რეზერვის ვადამდელი ამოწურვით, ისე ამორჩევითი სქემის მტყუნებების შესაძლებლობით.

რეზერვირება ფუნქციათა გადანაწილებით წარმოადგენს რეზერვირების ყველაზე უფრო სრულყოფილ ხერხს. ცალკეული ელემენტების მტყუნებისას სისტემის სტრუქტურის ცვლილება ჩვეულებრივ თხოულობს რთული ლოგიკური და გადამრთველი მოწყობილობების გამოყენებას, რომლებიც კომპლექსირებული არიან კომპიუტერის ბაზაზე.

რეზერვირების ამა თუ იმ ხერხის გამოყენება დამოკიდებულია კონკრეტულ სიტუაციებზე. მართვის ავტომატიზებული სისტემის მაღალი საიმედოობა მიიღწევა რეზერვირებისა და სიჭარბის შექმნის სხვადასხვა ხერხების კომპლექსური გამოყენების გზით, ასევე ეკიპაჟის აქტიური მონაწილეობით ამ საიმედოობის შენარჩუნების

პროცესში. დროულად ინფორმაციის მიწოდება ფრენის ავტომატიზებული სისტემის მუშაობაში გადახრების არსებობის შესახებ და ყველაზე უფრო მიზანშეწონილი მოქმედებების გატარება მათი ლოკალიზაციისათვის ამაღლებს ეკიპაჟის როგორც ოპერატორის საიმედოობას.

მტყუნებული სისტემის აღდგენის დროის მინიმალიზაციისათვის მისი ტექნიკური მომსახურების პროცესში და ეკიპაჟის ინფორმირებისათვის იყენებენ ავტომატური შემოწმების საბორტო ჩაშენებულ და ავტონომიურ საშუალებებს მოხსნად ბლოკებსა და კავშირების ხაზებში მტყუნებათა აღმოსაჩენად. ასეთ საშუალებებს წარმოადგენენ კონტროლის ჩაშენებული სისტემა და მტყუნების სიგნალიზაციისა და ლოკალიზაციის სისტემა. კონტროლის ჩაშენებული სისტემა საშუალებას იძლევა შეფასდეს ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მოწყობილობების საერთო მუშაობისუნარიანობა, შემოწმდეს მისი არხების მუშაობისუნარიანობა და გამოვლინდეს საშიში გადახრები. მტყუნებების სიგნალიზაციისა და ლოკალიზაციის სისტემა წარმოადგენს საექსპლუატაციო კონტროლის საბორტო ცენტრალიზებული სისტემის (კონტროლის საბორტო ავტომატიზებული სისტემის) სახესხვაობას.

საკაერო ხომალდიდან მოხსნილი მართვის ავტომატიზებული სისტემის მოწყობილობის შემოწმებისათვის გამოიყენება კონტროლის მიწისზედა ავტომატიზებული სისტემა.

რეზერვირების სიჭარბის სხვადასხვა მეთოდების კომპლექსური გამოყენება საშუალებას იძლევა შეზღუდულ დროში გამოყენებულ იქნეს ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა რეზერვირებული ელემენტების უეცარი მტყუნებების შემთხვევაში. თუ ასეთი მტყუნებები არ იწვევს პირდაპირი დიაგნოსტიკური ნიშან-თვისებების მნიშვნელობების ცვლილებას, მაშინ ეკიპაჟს შეუძლია მიიღოს გადაწყვეტილება ფრენის შესრულების შესახებ ბაზირების აეროპორტში დაბრუნებამდე. მტყუნების ადგილის ოპერატიული მოძებნის შესაძლებლობა ჩაშენებული კონტროლისა და მტყუნებათა სიგნალიზაციისა და ლოკალიზაციის სისტემის საშუალებით, მოწყობილობის მოდულური კონსტრუქციის შემთხვევაში მტყუნებული ბლოკის ოპერატიული შეცვლა, ასევე პირდაპირი დიაგნოსტიკური ნიშან-თვისებების ოპერატიული კონტროლი და პროგნოზირება ფრენის ინფორმაციის ავტომატიზებული გადამუშავების გზით საშუალებას იძლევა დროულად გააფრთხილოს ეკიპაჟი ფრენის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში ფუნქციური მტყუნებების წარმოშობის შესახებ. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიის ძირითად ელემენტებს წარმოადგენენ:

- სისტემის ჭარბი ელემენტების ექსპლუატაცია მტყუნებამდე, თუ ამ მტყუნების შედეგად ფრენისას არ წარმოიშობა რთული სიტუაცია, ხდება მტყუნების ადგილის განსაზღვრა კონტროლის ჩაშენებული სისტემისა და მტყუნებათა სიგნალიზაციისა და ლოკალიზაციის სისტემის საშუალებით.

- კონტროლის ჩაშენებული სისტემისა და მტყუნებათა სიგნალიზაციისა და ლოკალიზაციის სისტემის გამოყენებით პერიოდული კონტროლის ჩატარება სისტემის ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხის შესამოწმებლად.

- სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის პერიოდული კონტროლი, რომელიც მოიცავს ეკიპაჟის როგორც ოპერატორის მოქმედებებს, პირდაპირი დიაგნოსტიკური ნიშან-თვისებების მიხედვით ფრენის ინფორმაციის დამუშავების სისტემების გამოყენებით.

თითოეული ამ ელემენტის წვლილი ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფაში განისაზღვრება იმ საბორტო მოწყობილობების სტრუქტურით, საიმედოობით და საექსპლუატაციო ტექნოლოგიურობით, რომელიც კონტროლის პროცესში გამოიყენება.

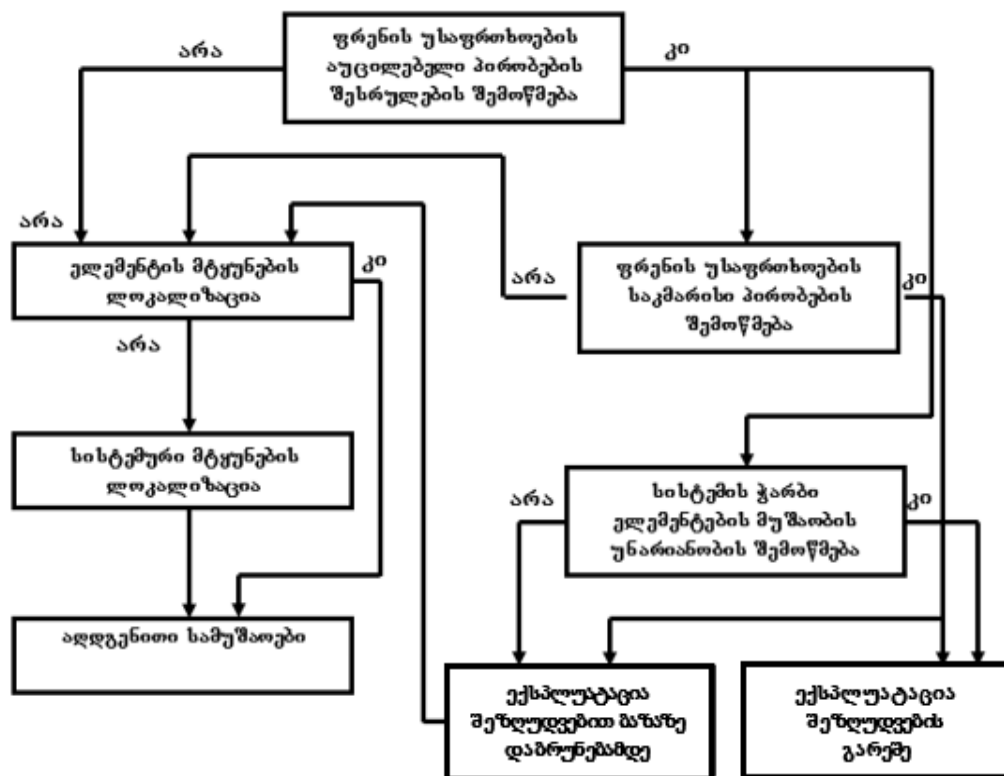
ტექნიკური მდგომარეობის დადგენისათვის მუშაობის შინაარსი და მოცულობა განისაზღვრება იმ ინფორმაციის საფუძველზე, რომელიც მიიღება კონტროლის პროცესში. ამ ინფორმაციამ უნდა დაახასიათოს ტექნიკური მდგომარეობის სახე და ნიშან-თვისებები, რომლებიც აუცილებელია მტყუნების ადგილის ლოკალიზაციისათვის დეტალიზაციის მოცემული დონით (სიღრმით). ვინაიდან ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს რთულ მრავალკონტურულ მრავალკავშირიან სისტემას, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა სირთულის ელემენტების დიდ რაოდენობას, ამიტომ დიაგნოსტიკური ნიშან-თვისებების რაოდენობა ჩვეულებრივ დიდია. მაგალითად, ზოგადად საშუალო სირთულის საბორტო მართვის ავტომატიზებული სისტემის კონტროლისათვის აუცილებელია შეფასებული იქნეს დაახლოებით 160 ასეთი ნიშან-თვისება. ყველა ეს ნიშან-თვისება და დასაშვები მნიშვნელობები, რომელთა ერთობლიობა შეადგენს დიაგნოსტიკურ მოდელს, მოყვანილია სისტემის ტექნიკური პარამეტრების ნორმებში.

ნიშან-თვისებათა უმრავლესობა უშუალოდ ახასიათებს სისტემის ცალკეული ელემენტების ფუნქციონირების ხარისხს, მაგალითად, მათი გაძლიერების კოეფიციენტები, დროითი მუდმივები, შეზღუდვები. მათი საექსპლუატაციო საზღვრებიდან გამოსვლა წარმოადგენს ელემენტის მტყუნების ნიშანს. ასეთი მტყუნებები ყოველთვის არ იწვევს სისტემის ფუნქციური მტყუნებების წარმოშობას. ამავდროულად მუშაობის უნარიანი ელემენტების პარამეტრების არასასურველმა შერწყმამ შეიძლება გამოიწვიოს ფრენის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის დაუშვებელი შემცირება. მაგალითად, თუ მიმდევრობით შეერთებული პროპორციული რგოლებიდან თითოეულის გაძლიერების კოეფიციენტი შემცირდება 20%-ით, ეს გამოიწვევს საერთო კოეფიციენტის შემცირებას 36%-ით და შესაძლებელია გავლენა მოახდინოს სისტემის მუშაობის ხარისხზე.

თუ მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხი ფასდება მისი ელემენტების დიაგნოსტიკური ნიშნების მნიშვნელობებით, მაშინ მათ უნდა დაედოთ მკაცრი შეზღუდვები. ეს მოითხოვს ელემენტების პარამეტრების კონტროლს მათი ექსპლუატაციის დროის მოკლე შუალედებში. თუმცა ელემენტების პარამეტრების ცვლილება საპირისპირო მიმართულებით პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს სისტემის

ფუნქციონირების ხარისხზე. განხილულ მაგალითში ერთი გამდიერების კოეფიციენტის გაზრდა და მეორის შემცირება 20%-ით იწვევს სისტემის 4%-ის ტოლ გამდიერების კოეფიციენტს. ამიტომ ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხისადმი კონტროლი ირიბი დიაგნოსტიკური ნიშნების მიხედვით ელემენტებს შორის კავშირების გათვალისწინების გარეშე პრინციპში ვერ უზრუნველყოფს ექსპლუატაციის მაღალ ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. მისი გამოყენება წარმოადგენს იძულებით ზომას, რომელიც განპირობებულია ზოგიერთი ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის დაბალი კონტროლვარგისობით და საექსპლუატაციო ტექნოლოგიურობით.

თუ ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის დამუშავების პროცესში შესრულებულია ძირითადი მოთხოვნები, რომლებიც აუცილებელია მისი ტექნიკური მომსახურების სტრატეგიის რეალიზაციისათვის, მაშინ სისტემის ფუნქციონირების ხარისხისა და მუშაობისუნარიანობის აღდგენის კონტროლი უნდა განხორციელდეს იმ სტრუქტურულ-ლოგიკური სქემის შესაბამისად, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 4.3-ზე.



ნახ. 4.3. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის კონტროლის სტრუქტურულ-ლოგიკური სქემა

სისტემის დანიშნულების მიხედვით გამოყენების შესძლებლობა განისაზღვრება ფრენის უსაფრთხოებისათვის აუცილებელი და საკმარისი პირობების შესრულებით. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფისათვის პროფილაქტიკური ღონისძიებები ტარდება მხოლოდ ხარისხის მაჩვენებლის კრიტიკული მნიშვნელობის მიღწევისას, რომელიც ახასიათებს ფრენის

უსაფრთხოების საკმარის პირობებს. მტყუნების შემდეგ ხდება სისტემის მუშაობის აღდგენა. კონტროლის ჩაშენებული სისტემა, მტყუნებათა სიგნალიზაციისა და ლოკალიზაციის სისტემა, საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობის კომპლექსი საშუალებას იძლევა მოხდეს პრაქტიკულად ყველა მტყუნების ლოკალიზება მოხსნადი ბლოკის და კავშირის ხაზების დონეზე. სისტემური მტყუნებებისა და ჩაშენებული და კონტროლის სხვა საბორტო საშუალებებში წარმოშობილი მტყუნებების ლოკალიზაცია ხდება ფრენის პარამეტრების რეგისტრაციის აპარატურის გამოყენებით.

ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად ყველა აუცილებელი და საკმარისი პირობის შესრულების შემოწმება ხორციელდება პირდაპირი დიაგნოსტიკური ნიშნების მნიშვნელობების კონტროლისა და ანალიზის გზით. ირიბი დიაგნოსტიკური ნიშნების კონტროლის ოპერაციის გამორიცხვა ამდღებს ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ექსპლუატაციის ეფექტურობას.

განვიხილოთ ხარისხის მაჩვენებლების ფორმირების მეთოდები, რომლებიც ახასიათებენ უსაფრთხოების პირობების შესრულებას.

ფრენის უსაფრთხოების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მუშაობაში საშიში გადახრების არარსებობა. საშიში გადახრების მიზეზები შეიძლება იყოს როგორც ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მოწყობილობების მტყუნებები, ისე საჰაერო ხომალდის კოორდინატების გადახრები, რომლებიც ახასიათებენ ფრენის ტრაექტორიის “დაჭერისა” და კომფორტაბელობის დონეს. ამიტომ ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც ახასიათებს ფრენის უსაფრთხოების აუცილებელ პირობის შესრულებას, შესაძლებელია აღიწეროს ფუნქციონალით:

$$Q(t) = N(t)B(t, q_i),$$

სადაც $N(t)$ ფუნქცია ახასიათებს ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მოწყობილობის ინტეგრალურ მუშაობისუნარიანობას და გამოითვლება იმ ინფორმაციის საშუალებით, რომელიც მიეწოდება კონტროლის ჩაშენებული სისტემიდან. კონტროლის ჩაშენებული სისტემა გასცემს მუშაობისუნარიანობის სიგნალს მხოლოდ მაშინ, როცა ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ყველა ელემენტი და კავშირი მუშაობისუნარიანია. ფუნქცია $B(t, q_i)$ ახასიათებს საჰაერო ხომალდის ფაზური კოორდინატების ფარდობით მნიშვნელობებს, რომლებზეც დადებულია შეზღუდვები გამომდინარე ფრენის უსაფრთხოების პირობებიდან:

$$B(t, q_i) = \prod_{i=1}^k q_i(x_{oi}; x_i),$$

$$q_i(x_{oi}; x_i) = \begin{cases} 1 & \forall \frac{x_{oi}}{x_i} > 1 \\ 0 & \forall \frac{x_{oi}}{x_i} \leq 1 \end{cases},$$

სადაც x_i, x_{oi} - საჰაერო ხომალდის ფაზური კოორდინატების მიმდინარე და ზღვრული მნიშვნელობებია შესაბამისად.

საჰაერო ხომალდის საფრენოსნო ექსპლუატაციის სახელმძღვანელოში გათვალისწინებულია გადამეტვრთვების, დაგვერდების კუთხის, M რიცხვის, ფრენის მინიმალური სიჩქარის, მექანიზაციის გამოშვების მაქსიმალური სიჩქარის, გარდამავალი პროცესის რხევადობის, რეგულირების დროის და სხვა შეზღუდვები, რომლებიც მთლიანობაში ახასიათებს ავტომატიზებული ტექნოლოგიური კომპლექსის “საჰაერო ხომალდი-ეკიპაჟი” მუშაობის უსაფრთხოებას. ფრენის უსაფრთხოების აუცილებელი პირობების შესრულებისას ხარისხის მაჩვენებელი $Q(t)=1$, წინააღმდეგ შემთხვევაში, თუ თუნდაც ერთი პირობა არ სრულდება, მაშინ $Q(t)=0$. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა შესაძლებელია გამოვიყენოთ დანიშნულების მიხედვით ჭარბი მოწყობილობის მტყუნებების დროსაც. გადაწყვეტილებას საჰაერო ხომალდის გაფრენის შესახებ იღებს საჰაერო ხომალდის მეთაური, რომელიც ითვალისწინებს ეკიპაჟის მომზადების დონეს და მზადყოფნას ფრენის შესრულებისათვის. თუ ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის შექმნისას რეალიზებულია უსაფრთხო მტყუნებების პრინციპი და სრულდება პირობა

$$Q(t)=1,$$

მაშინ სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის გაუარესება ხდება თანდათანობით. ის მჟღავნდება სისტემის კოორდინატების მნიშვნელობების შენარჩუნების სიზუსტის შემცირებაში და მათი საექსპლუატაციო და ზღვრული შეზღუდვების საზღვრებიდან გამოსვლის ალბათობის ამადლებაში. საშიში გადახრების წარმოშობის ალბათობა ფრენისას იზრდება არახელსაყრელი პირობების შემთხვევაში. ამიტომ თვითმფრინავის სივრცითი მდებარეობისა და მოძრაობის პარამეტრების ზუსტი დაცვა ახასიათებს ფრენის უსაფრთხოების საკმარის პირობებს. მთელი რიგი პარამეტრების სტაბილიზაციის ხარისხი განსაზღვრავს ფრენის კომფორტაბელურობას. კომფორტაბელურობის პირობათა შეუსრულებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს ეკიპაჟის წევრების და მგზავრების ფიზიკური და ფიზიოლოგიური სტრესი, რაც ასევე ამცირებს ფრენის უსაფრთხოებას.

ლექცია 5. მართვის საბორტო ციფრული სისტემები და მათი კონტროლი

5.1. ციფრული მართვის კანონების თავისებურებანი და მათი გამოყენება ფრენის მართვის ციფრულ სისტემებში

ფრენის მართვის სისტემა, რომელშიც საბორტო კომპიუტერი უშუალოდ ჩართულია თვითმფრინავის კუთხური ან ტრაექტორიული მოძრაობის შეკრულ კონტურში, მიეკუთვნება დისკრეტულ კლასს.

ციფრული მართვა მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს: გასაზომი სიდიდეების მონაცემების არჩევა გადამწოდების დახმარებით და ანალოგური სიგნალების გარდაქმნა ციფრულ ფორმაში; შეუთანხმებლობის სიგნალის გამოთვლა; შეცდომის სიგნალის გარდაქმნა მართვის ალგორითმის (კანონის) შესაბამისად გამოსასვლელ სიგნალად; გამოსასვლელი სიგნალის უკუგარდაქმნა ციფრული ფორმიდან ანალოგურში უწყვეტი მოქმედების შემსრულებელი მოწყობილობის გამოყენების შემთხვევაში.

ამრიგად, შეკრული სისტემის განსაზღვრულ ნაწილში ფუნქციონირებენ დისკრეტული სიგნალები. სიგნალის დისკრეტიზაცია, ანუ დაკვანტვა მდგომარეობს უწყვეტი სიგნალის შეცვლაში მისი ამა თუ იმ დისკრეტული მნიშვნელობით, რომელიც შეიძლება განხორციელებული იქნეს დროის, დონის ან დროისა და დონის მიხედვით. ციფრულ ავტომატურ სისტემაში აუცილებელია, რომ ერთ-ერთი სიდიდე, რომელიც ახასიათებს სისტემის მდგომარეობას, დაკვანტვას განიცდიდეს როგორც დროის ისე დონის მიხედვით.

დაკვანტვა დროში გულისხმობს უწყვეტი სიგნალის გარდაქმნას პერიოდულ იმპულსურში. შეიძლება წარმოვიდგინოთ, რომ ეს ოპერაცია ხორციელდება იმპულსური ელემენტით, რომლის ძირითადი პარამეტრია იმპულსის გამეორების პერიოდი, ან ინტერვალის (ბიჯის) დაკვანტვა დროში. დაკვანტვის ინტერვალი – მუდმივია, მაგრამ ზოგადად შეიძლება იყოს ცვალებადიც.

დაკვანტვის ინტერვალის არჩევა დროის მიხედვით ხდება კოტელნიკოვი-შენონის თეორემის შესაბამისად. სიგნალი $X(t)$ შეზღუდული სპექტრით 0-დან f_0 -მდე ჰერცი სიხშირის საზღვრებში მთლიანად განისაზღვრება თავისი დისკრეტული მნიშვნელობების თანმიმდევრობით, რომელთა შორის ინტერვალია

$$T_0 = 1/2(f_0),$$

სადაც T_0 - სიგნალის დაკვანტვის ინტერვალია დროში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დაკვანტვის ინტერვალი დროში უნდა იყოს ნაკლები ან ტოლი უმაღლესი სიხშირის f_0 ჰარმონიკის პერიოდის ნახევრისა, რომელიც შედის უწყვეტი სიგნალის შემადგენლობაში, ე.ი.

$$T_0 \leq 1/2(f_0).$$

დინამიკური პროცესების საუკეთესო მიმდინარეობის უზრუნველსაყოფად კარგია T_0 - ის მნიშვნელობა იყოს რაც შეიძლება მცირე. თუმცა საბორტო კომპიუტერის დატვირთვის მხედველობიდან გამომდინარე, სასურველია ეს ინტერვალი გაკეთდეს რაც შეიძლება დიდი. მაგალითად, თუ გათვლილი იქნება m ალგორითმები და თითოეულის გათვლის დრო განისაზღვრება სიდიდით τ_i , ($i=1,2,...,m$), მაშინ

$$T_0 > \sum_{i=1}^m \tau_i,$$

ე.ი. ინტერვალის სიდიდე უნდა იყოს მეტი ყველა ალგორითმის ერთჯერადი გათვლების ჯამურ მნიშვნელობაზე. დაკვანტვა დონის მიხედვით წარმოადგენს უწყვეტი ცვალებადი სიდიდის შეცვლას მასთან ახლოს მყოფი ფიქსირებული მნიშვნელობებით. დონის მიხედვით დაკვანტვის შემთხვევაში რაღაც x ცვლადი სიდიდის ცვლილებების მთელი დიაპაზონი შეიძლება დანაწილდეს N რაოდენობის ტოლ ინტერვალებად. დაკვანტვის ინტერვალის დროის მიხედვით ან გარდაქმნილი ფუნქციის კვანტი დამოკიდებულია საბორტო ციფრული გამოთვლითი მანქანის ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელების თანრიგიანობაზე, ასევე ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელების თანრიგიანობაზეც. რიცხვი N დაკავშირებულია ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელების თანრიგიანობასთან ფორმულით:

$$N = 2^n,$$

სადაც n არის ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელის თანრიგების რიცხვი. დაკვანტვის ინტერვალის დონის მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით

$$q = (x_{\max} - x_{\min}) / N,$$

სადაც $x_{\max} - x_{\min}$ შესაბამისად x ცვლადის მაქსიმალური და მინიმალური შესაძლო მნიშვნელობებია.

გამომთვლელის მოცემული სიზუსტის უზრუნველსაყოფად საბორტო კომპიუტერის თანრიგიანობას იღებენ ტოლს ან მეტს, ვიდრე ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელის თანრიგიანობაა. შეკრული ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელების თანრიგების რიცხვი ჩვეულებრივ ნაკლებია, ვიდრე ანალოგურ-ციფრულ გარდაქმნელებში, ვინაიდან ის დაყენებულია შეცდომის არხში. ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელი თანრიგების მცირე რიცხვის შემთხვევაში მართვის სისტემა საბორტო ციფრული გამომთვლელი მანქანით წარმოადგენს არახაზურ სისტემას. თუმცა ხშირად არ მიმართავენ დაკვანტვას დონის მიხედვით. ასეთ შემთხვევაში ციფრული ავტომატური სისტემები დაიყვანებიან იმპულსურ სისტემებზე ამპლიტუდური მოდულაციით.

წრფივი იმპულსური სისტემების თეორია დამუშავებულია ზედმიწევნით და წარმატებულად შეიძლება მისი გამოყენება ფრენის მართვის ციფრული სისტემების გასაანალიზებლად და გამოსათვლელად. ციფრულ სისტემებში დინამიკური პროცესების გამოკვლევა დაკავშირებულია სასრული სხვაობების განტოლებების ანალიზთან.

მართვის დისკრეტული ალგორითმი (კანონი) რეალიზდება ციფრულ გამოთვლით ხელსაწყოში, რომელიც გარდაქმნის შესასვლელზე მიწოდებულ დისკრეტული დროის დისკრეტულ ფუნქციას, შესაბამის დისკრეტულ ფუნქციად გამოსასვლელზე. ამიტომ მართვის ალგორითმები (კანონები), რომლებიც რეალიზდება საბორტო ციფრულ გამომთვლელ მანქანებში, შეიძლება წარმოვადგინოთ სხვაობითი განტოლებების სახით.

მართვის ობიექტი – საჰაერო ხომალდი გადამწოდებთან და შემსრულებელ მექანიზმებთან ერთად – აღიწერება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების

სისტემებით. დაკვანტვის მოცემული ინტერვალის შემთხვევაში დისკრეტულ მათემატიკურ მოდელზე გადასვლა სხვაობით განტოლებათა ფორმაში ცნობილი უწყვეტი მოდელის მიხედვით, დაკავშირებულია განსაზღვრულ სიძნელეებთან. რომ შევაფასოთ ისინი, განვიხილოთ ასეთი გადასვლის მარტივი მაგალითი. მოცემულია უწყვეტი მოდელი პირველი რიგის წრფივი დიფერენციალური განტოლების სახით (ნახ. 5.1ა)

$$T \frac{du}{dt} + u = x \quad \text{ან} \quad u = x - T \frac{du}{dt}.$$

დისკრეტულ (ციფრულ) მოდელში გადასასვლელად (ნახ.5.1ბ) საჭიროა განვსაზღვროთ

$$u(nT_0) = x(nT_0) - T \frac{du}{dt},$$

სადაც

$$T \frac{du}{dt} \approx T \frac{u(nT_0) - u[(n-1)T_0]}{T_0}.$$

მაშინ

$$u(nT_0) = x(nT_0) - \frac{T}{T_0} u(nT_0) - \frac{T}{T_0} u[(n-1)T_0].$$

მაშასადამე, დისკრეტულ (ციფრულ) მოდელში (ნახ. 5.1ბ) გამოსასვლელი სიდიდე $u(nT_0)$ ცნობილი შესასვლელი სიდიდის $x(nT_0)$ შესაბამისად გამოითვლება შემდეგი რეკურენტული დამოკიდებულების სახით

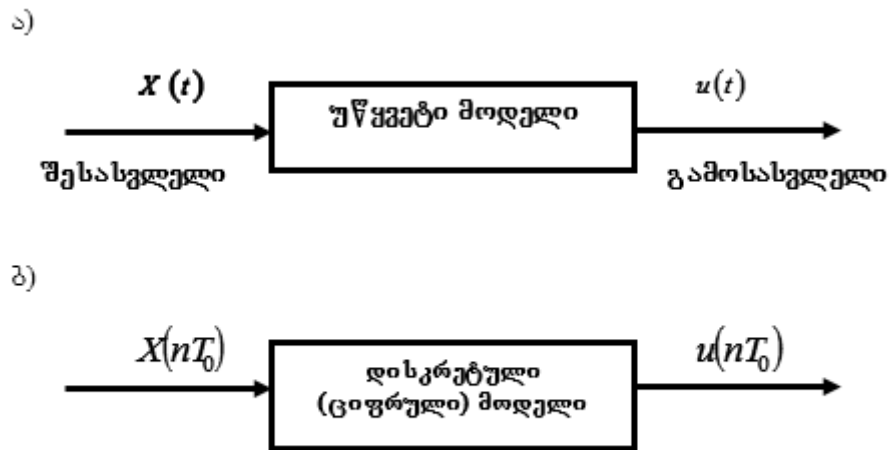
$$u(nT_0) = \frac{T_0}{T_0 + T} \left\{ x(nT_0) - \frac{T}{T_0} u[(n-1)T_0] \right\},$$

რომელიც წარმოადგენს სწორედ სხვაობით განტოლებას. ზოგადად, k რიგის წრფივი განტოლების რეკურენტული დამოკიდებულება შესაძლებელია წარმოვადგინოთ ასეთი სახით

$$u(nT_0) = \sum_{i=0}^{n-k} a_i x[(n-1)T_0] + \sum_{j=1}^{j=k} b_j u[(n-1)T_0]. \quad (5.1)$$

მართვის წრფივი ალგორითმების (კანონების) ზოგადი სახე, რომლებიც რეალიზდება ფრენის მართვის ციფრულ სისტემებში, (5.1) გამოსახულების მსგავსია.

საჭაერო ხომალდის ციფრული მართვის სისტემის გამოსაკვლევად დიდი მნიშვნელობა აქვს მათემატიკურ ციფრულ ნახევრადნატურულ და ციფრულ-ანალოგურ მოდელირებას. მათემატიკური და ნახევრადნატურული მოდელირება საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ სისტემის ისეთი პარამეტრების ვარირება და შემფოთებების მოცემა რომლებითაც გართულებულია ან საერთოდ შეუძლებელია ფრენის რეალურ პირობებში ექსპერიმენტირება უსაფრთხოების პირობების დაუცველობის გამო. დიდი ღირებულება აქვს ნახევრადნატურული მოდელირების მეთოდებს დროის რეალურ მასშტაბში ნახევრად ავტომატური მართვის პროცესების (დირექტორული მართვის პროცესების) რეალიზებისას, როცა შეკრულ კონტურში ჩართულია ადამიანი-ოპერატორი.



ნახ. 5.2 წყვეტი მოდელიდან (ა) ციფრულ მოდელზე (ბ) გადასვლა

5.2. ზოგადი ცნობები მართვის ციფრული სისტემების შესახებ

თანამედროვე ტექნიკის ყველა სფეროში ავტომატური მართვის სისტემების განვითარების დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს მათში მიკროპროცესორული მოწყობილობისა და ციფრული გამოთვლითი მანქანების (კომპიუტერების) სულ უფრო და უფრო ფართო მასშტაბით გამოყენება. ეს ტენდენცია განპირობებულია ციფრული ელემენტების ბაზის მნიშვნელოვნად დიდი გამოთვლითი და ლოგიკური შესაძლებლობებით ანალოგურთან შედარებით, ასევე პრაქტიკულად მართვის სისტემების ინტელექტუალიზაციის პერსპექტიული შესაძლებლობების აუცილებელი განხორციელებით. ცნობილია ასევე, რომ ანალოგური გამომთვლელების ღირებულება, მასა, გაბარიტული ზომები, საიმედოობა გადასაწყვეტი ამოცანების მოცულობისა და სიზუსტის გაზრდის შემთხვევაში ბევრად უარესია იმავე მახასიათებლების მქონე ციფრულ გამომთვლელებთან შედარებით. ამიტომ ფრენების უსაფრთხოებისადმი წაყენებულმა მაღალმა მოთხოვნებმა, ასევე თვით მართვის ობიექტების გართულებამ დღის წესრიგში დააყენა პრინციპულად ახალი საბოროტო ავტომატური მართვის სისტემების დამუშავება, რომლებიც დაფუძნებულია საჰაერო ხომალდების ციფრულ მართვაზე. ციფრული მართვის საპილოტო-სანავიგაციო კომპლექსები უზრუნველყოფს ავტომატიზაციის მაღალ დონეს ფრენის ყველა ეტაპზე. ისინი ითვალისწინებენ დირექტორული და ავტომატური აფრენის შესაძლებლობას, მარშუტზე მართვის სრულ ავტომატიზაციას, ასევე ავტომატურ შესვლას და დაფრენას იკაო –ს მოთხოვნათა შესაბამისად საჰაერო ხომალდის დაფრენის შემდგომი გარბენის ავტომატური მართვის უზრუნველყოფით.

ციფრულ საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობებზე გადასვლა განაპირობა შემდეგმა ფაქტორებმა:

- ციფრულ ელემენტური ბაზის მაღალი ტექნოლოგიურობა, მცირე გაბარიტული ზომები, მასა და ღირებულება;

- ლოგიკური ამოცანების დიდი რიცხვის გადაწყვეტის შესაძლებლობა და ჩაშენებული კონტროლის უფრო მარტივი, საიმედო და ღრმა ორგანიზაცია, რომელიც საშუალებას იძლევა პრაქტიკულად მოცული იქნეს კომპლექსის მთელი მოწყობილობები;
- მაღალი საიმედოობის მიღება, რომლის განხორციელება შესაძლებელია სტრუქტურული და ინფორმაციული სიჭარბის მეთოდების გამოყენებით.
- ეკიპაჟის სამუშაო დატვირთვის შემცირება, რომელიც მიიღწევა ინფორმაციის ელექტრონული ასახვის სისტემების გამოყენების გზით.

სტატისტიკით დადგენილია, რომ კომპლექსის საპილოტაჟო ნაწილში ციფრულ სისტემებზე გადასვლა საშუალებას იძლევა 20-40%-ით შემცირდეს მისი ღირებულება, 75%-ით შემცირდეს ტექნიკური მომსახურების შრომატევადობა, 30.....50%-ით მცირდება ფრენის პროგრამების შეუსრულებლობის შემთხვევების რიცხვი, რომელიც გამოწვეულია საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის გაუმართაობის გამო. ამავდროულად მნიშვნელოვნად მცირდება ეკიპაჟის დატვირთვა. ასე მაგალითად, ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსების გამოყენება საშუალებას იძლევა ფრენის ეტაპისგან დამოკიდებულებით საჰაერო ხომალდის მეთაურის დატვირთვა შემცირდეს 10.....35%-ით, ხოლო მეორე პილოტისა 25....45%-ით.

სამოქალაქო ავიაციაში მართვის პირველი ციფრული საბორტო სისტემები გამოყენებული იქნა გასული საუკუნის 70-იან წლებში თვითმფრინავზე B-757 და B-767, 80-იანი წლების ბოლოს თვითმფრინავზე A-310, A-320 და სხვ. სტანდარტული ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობების საბაზო კომპლექსი შეიქმნა თანამედროვე თვითმფრინავებისათვის.

გამოთვლითი ტექნიკის აპარატული და პროგრამული საშუალებების დამუშავებაში მიღწეულმა დიდმა წარმატებებმა განაპირობა ციფრული საბორტო სისტემების გავნითარების შემდგომი მიმართულებები. მათი გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ფრენის უსაფრთხოების დონეზე ადამიანური ფაქტორის არასასურველი გავლენის შესუსტების შესაძლებლობა და საბორტო მოწყობილობების (სისტემების) ინტელექტუალიზაციის განხორციელება.

საბორტო მართვის ავტომატური სისტემების ინტელექტუალიზაციის მიმართულებათა შორის ერთ-ერთი მთავარია ეკიპაჟის ინფორმაციული უზრუნველყოფის განხორციელება მის მიერ გადაწყვეტილების მიღებისათვის საჰაერო ხომალდის მართვის დროს საბორტო ექსპერტული სისტემების გამოყენების საშუალებით, რომელთა ცნების ქვეშ იგულისხმება გამოთვლითი სისტემები კონკრეტულ პრობლემურ სფეროში (ჩვენ შემთხვევაში საჰაერო ხომალდის ფრენის მართვის სფეროში) ცოდნის ბაზის საკმაოდ მაღალი ხარისხით ფლობის უნარით. საჰაერო ხომალდზე ექსპერტულ სისტემებში ეს ცოდნა ორგანიზდება, როგორც წესების განსაზღვრული ერთობლიობა, რომელთა ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია (საწყისი მონაცემების მიხედვით) გაკეთდეს დასკვნა ან მიეცეს მითითება ეკიპაჟს ფრენის დროს წარმოშობილი ექსტრემალური სიტუაციიდან გამოსვლის თაობაზე. უდაოა, რომ საჰაერო ხომალდებზე ექსპერტული სისტემების გამოყენება არსებით წილს შეიტანს ფრენის უსაფრთხოების

დონის ამაღლების საქმეში მისი ეკიპაჟთან შესაძლო „კონსულტაციების“ გამართვის გზით, ფრენის განსაკუთრებულ შემთხვევებში (კრიტიკულ სიტუაციებში) მიმდინარეობისას, განსაკუთრებით ისეთ კრიტიკულ სიტუაციებში, როცა წარმოიშობა რამდენიმე სხვადასხვაგვარი თანმიმდევრობითი მტყუნებები.

საბორტო მართვის სისტემების საიმედოობის ამაღლების მიღწევა და ფრენის უსაფრთხოების ამაღლების უზრუნველყოფა შესაძლებელია განხორციელდეს არა მარტო მტყუნებების დროული აღმოჩენისა და აღმოფხვრის გზით, არამედ მართვის რეკონფიგურაციის იდეის გამოყენებითაც. მართვის რეკონფიგურაციის ცნების ქვეშ იგულისხმება სისტემის სტრუქტურის ისეთი ცვლილება, როცა გადამწოდების, მართვის სისტემის ცალკეული კვანძების, საჭის ამძრავების, მართვის ორგანოების მტყუნებისას მიიღწევა და შესაძლებელი ხდება საჭიერო ხოდმალდის ხელით და ავტომატური მართვა თვით უსაფრთხო დაჯდომის უზრუნველყოფის გზით. რეკონფიგურაციის სისტემები შესაძლებელია განხილული იქნეს, როგორც თვითაღდგენადი სისტემები მტყუნების შემთხვევაში, ამასთან იგულისხმება, რომ აღდგენის სტრატეგია განისაზღვრება თვით ინტელექტუალური სისტემის მიერ. ბუნებრივია რომ სისტემები რეკონფიგურაციით გამოირჩევიან თავიანთი სირთულით და დიდი სიჭარბით.

ამრიგად, ციფრული მართვის პრინციპებზე დამყარებული თანამედროვე საბორტო მართვის ავტომატური სისტემების განვითარების ტენდენცია მჭიდროდაა დაკავშირებული ხელოვნური ინტელექტის სფეროში მიღწეულ პრაქტიკულ შედეგებზე. ეს გარემოება, უეჭველია, შესაბამისად აისახება თავისი დადებითი გავლენის კუთხით ფრენის უსაფრთხოების პრობლემების გადაწყვეტის საქმეში.

დასასრულს შეგვიძლია ავლნიშნოთ, რომ მართვის ციფრული გამოთვლითი სისტემების გამოყენება ფრენისა და ძრავების წევის მართვის თვალსაზრისით მაღალ მოთხოვნებს უყენებს როგორც საექსპლუატაციო დაწესებულებებს, ისე მფრინავ შემადგენლობას და მომსახურე ტექნიკურ პერსონალს.

5.3. ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობის სტრუქტურა, შემადგენლობა და ფუნქციონირება

საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობის სტანდარტული ციფრული კომპლექსი პრაქტიკულად წარმოადგენს მთლიანად ციფრულ კომპლექსს. განსხვავებით ანალოგური საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობისგან აქ გადამწოდები, გამომთვლელები და ინდიკატორები შესრულებულია ციფრულ ელემენტურ ბაზაზე, ასევე კომპლექსის შემადგენელ სისტემებს შორის კავშირები ციფრულია.

კომპლექსი ახორციელებს ავტომატურ და ნახევრად ავტომატურ თვითმფრინავ-ტარებას

დაპროგრამებული ტრაექტორიების მიხედვით, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ემელორინების მოთხოვნილი ნორმების დაცვას ფრენის ყველა ეტაპზე დაფრენაზე შესვლის ეტაპის ჩათვლით. ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის გამარ-

ტივებული ფუნქციური სქემა, რომელიც გამოიყენება ძირითადად თანამედროვე საჰაერო ხოლადებზე, წარმოდგენილია ნახ. 5.3 -ზე. იგი წარმოადგენს ინფორმაციულ-საზომ სისტემას, რომელიც შედგება ორი ნაწილისაგან: გამოთვლითი-მმართველი ნაწილი ანუ მართვის სისტემა (I ნაწილი) და ინფორმაციის გადამწოდები (II ნაწილი). ძირითადად მთელი ინფორმაცია, რომელიც მიეწოდება სტანდარტული ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობის კომპლექსიდან, გამოიტანება ხელსაწყოებზე, რომლებიც განლაგებულია ცენტრალური პულტის სახელსაწყო დაფაზე.

ელექტრონული ინდიკაციის სისტემა (ეის) და სიგნალიზაციის კომპლექსური საინფორმაციო სისტემა (სკსს) მთლიანობაში შესაძლებელს ხდის მნიშვნელოვნად შემცირდეს იმ ხელსაწყოების რიცხვი, რომლებიც განთავსებულია კაბინაში და უზრუნველყოფენ უფრო მაღალი ინფორმაციულობის კომპლექსურად მიწოდებას ინდიკატორების მცირე რიცხვის გამოყენებისას.

კომპლექსური პულტების გამოყენება (რადიოტექნიკური სისტემების კომპლექსური პულტი (რსკა), ფრენის მართვის გამოთვლითი სისტემის მართვის პულტი (ფმგსმა), წევის მართვის გამოთვლითი სისტემის მართვის პულტი (წმგსმ) და მათი განლაგება ცენტრალურ პულტზე საშუალებას იძლევა რაციონალურად განაწილდეს ეკიპაჟის მოვალეობები, ამაღლდეს მისი მუშაობის საიმედოობა, შემცირდეს სამუშაო დატვირთვა და უზრუნველყოფილ იქნეს კარგი ურთიერთკავშირი ეკიპაჟის წევრებს შორის.

სახელსაწყო დაფაზე განლაგებულია შემდეგი ხელსაწყოები. პილოტების წინ პანელებზე განლაგებულია ელექტრონული ინდიკატორების ორი კომპლექსი. თითოეულ კომპლექსში შედის კომპლექსური საპილოტაჟო ინდიკატორი (კსი) და სანავიგაციო ვითარების კომპლექსური ინდიკატორი (სგვი). ეკრანული ინდიკატორების ჰორიზონტალური განლაგება საშუალებას იძლევა ეკიპაჟმა უკეთესად აღიქვას ინფორმაცია როგორც ერთ ინდიკატორზე, ისე მეორეზე, მათგან ერთ-ერთის მტყუნების შემთხვევაში, ან განსაზღვრული ინფორმაციის გამოძახების აუცილებლობისას.

1. მართვისა და ინდიკაციის პულტი
2. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა
3. საკომანდო-საპილოტაჟო ინდიკატორი
4. ნავიგაციური ვითარების კომპლექსური ინდიკატორი
5. მრავალფუნქციური ინდიკატორი
6. ელექტრონული ინდიკაციის სისტემა
7. სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა
8. მართვის პულტი
9. მართვის პულტი
10. პარამეტრების რეგისტრაციის სისტემა
11. მტყუნების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემა
12. საჭის ამძრავი
13. მართვის გამოთვლითი სისტემა

14. ავტომატური ჩატვირთვის სისტემა
15. აქტიური დემპფირების სისტემა
16. ფრენის მართვის გამოთვლითი სისტემა
17. მართვის პულტი
18. გადამწოდები
19. ძრავას ელექტრონული რეგულატორი
20. ძრავას მართვის ბერკეტი
21. წევის მართვის გამოთვლითი სისტემა
22. კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა
23. კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა
24. მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემა
25. შეჯახების გაფრთხილების სისტემა
26. მოპასუხე
27. ავტომატური რადიოკომპასი
28. მეტეორადიოლოკატორი
29. ინერციალური სანავიგაციო სისტემა
30. საჰაერო სიგნალების სისტემა
31. ახლო ნავიგაციის რადიოტექნიკური სისტემა
32. რადიომაგნიტური ინდიკატორები
33. რადიო სიხშირული ბლოკი
34. შორეული ნავიგაციის რადიოტექნიკური სისტემა
35. ნავიგაციის თანამგზავრული სისტემა
36. საავიაციო ელექტრონული ქრონომეტრი
37. რადიოტექნიკური სისტემა
38. რადიოსიმაღლის საზომი
39. რადიოტექნიკური კურსი
40. დაფრენის მიკროტალღური სისტემა
41. რადიოტექნიკური სისტემების კომპლექსური პულტი
42. რადიომაგნიტური ინდიკატორი
43. სიმაღლის მაჩვენებელი
44. ვარიომეტრი
45. დრეიფის კუთხე
46. ავიაჰორიზონტი

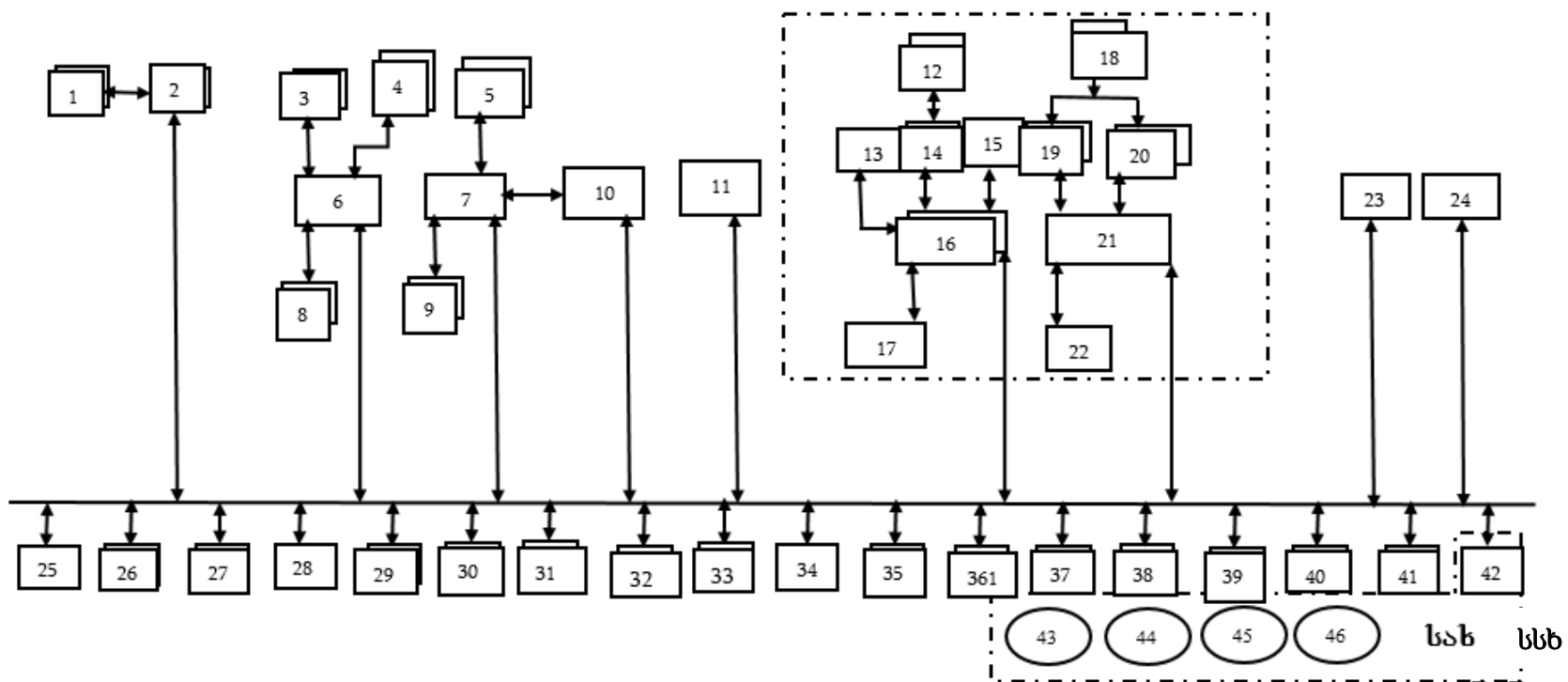
კომპლექსურ საპილოტაჟო ინდიკატორს გააჩნია 4 რეჟიმი: „მიწა“, „აფრენა“, „მარშრუტი“ და „დაფრენა“. შასის მიწასთან შეხებისას კომპლექსური საპილოტაჟო ინდიკატორი მუშაობს რეჟიმში „მიწა“. ამასთან ერთად, ხდება სახელსაწყო სიჩქარის, ბარომეტრული სიმაღლის, კურსის, აეროდრომზე წნევის, შასის დგარის აწევის სიჩქარის, გაქანებისას მინიმალურად დასაშვები სიჩქარის, რადიოსიმაღლის ინდიკაცია.

შეწყვეტილი აფრენის კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა (კრგს) გასცემს სიგნალს აფრენის შეჩერების შესახებ. ციმციმებს წარწერა „გაქანება შეწყვიტე“, მოიცემა მანძილი ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ბოლომდე, მინიმალური სიჩქარის ინდექსის მაგივრად ჩნდება მაქსიმალური სიჩქარის ინდექსი.

შასის წინა დგარის აწევისას კომპლექსურ საპილოტაჟო ინდიკატორზე ირთვება რეჟიმი „აფრენა“. ამ მომენტისათვის ინდიცირდება დაგვერდების, ტაგნაჟის და შეტევის კუთხეები, ვერტიკალური სიჩქარე, ბარომეტრული სიმაღლე, ვერტიკალური აჩქარება, M რიცხვი მარშრუტზე, დაგვერდების ზღვრული კუთხეების მნიშვნელობა.

კომპლექსურ საპილოტაჟო ინდიკატორზე რეჟიმ „მარშრუტის“ დაფიქსირებისას ინდიკაცია „აფრენის“ რეჟიმის ინდიკაციის ანალოგიურია.

რეჟიმში „რუკა“ არსებობს ორი ველი: ზედა ველზე ინდიცირდება საკურსო ინფორმაცია, ხოლო ქვედაზე – მარშრუტი. ხორციელდება ინდიკაცია: მოცემული კურსის, მოცემული საგზაო კუთხის, ქარის მიმართულების, ეშელონზე გავლის მოცემული სიმაღლის, მინიმალური უსაფრთხო სიმაღლის მარშრუტის მოცემულ მონაკვეთზე.



ნახ. 5.3 . ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობის ფუნქციური სქემა

რეჟიმი „მეტეო“ იძლევა ინფორმაციას მეტეოსაფრთხის აღმოჩენის შემთხვევაში.

ელექტრონული ინდიკაციის სისტემის ინდიკატორებს შორის განლაგებულია ელექტრომექანიკური საპილოტაჟო-სანავიგაციო ხელსაწყოების სათადარიგო კომპლექტი: ავიაჰორიზონტი, სიჩქარის მაჩვენებელი, ვარიომეტრი, რადიომაგნიტური ინდიკატორი, შასის მდგომარეობის სიგნალიზატორი, შუქსასიგნალო ტაბლო.

სიგნალიზაციის კომპლექსური საინფორმაციო სისტემის (სკსს) ინდიკატორებს შორის განლაგებულია სათადარიგო ელექტრომექანიკური ხელსაწყოები ძრავების ლილვის ბრუნვის სიხშირის კონტროლისა და ძრავების აირების ტემპერატურის კონტროლისათვის, ხოლო მარცხნივ და მარჯვნივ შესაბამისად ფრთაუკანების მდებარეობის და კაბინაში წნევის სხვაობის ინდიკატორები.

სათადარიგო ხელსაწყოების შემადგენლობა და რიცხვი განისაზღვრება არსებული სიტუაციის საშიშროების ხარისხის მიხედვით, როცა ადგილი ექნება ინფორმაციის ძირითადი წყაროების - სიგნალიზაციის კომპლექსური საინფორმაციო სისტემისა და ელექტრონული ინდიკაციის სისტემის მტყუნებას.

5.4. საბორტო მართვის სისტემების კონტროლი

საბორტო მართვის სისტემების კონტროლის აპარატურაზე დაკისრებული ფუნქციების შესრულება შესაძლებელია მხოლოდ მისი საიმედოდ ფუნქციონირების შემთხვევაში. საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის მაღალი საექსპლუატაციო საიმედოობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია შემცირდეს შემადგენელი ელემენტების მტყუნებების ინტენსიურობა და მიღწეული იქნეს სისტემის ნორმალური ფუნქციონირება მტყუნებების წარმოშობის შემთხვევაშიც კი.

პირველი მოთხოვნის შესრულება მიიღწევა მაღალი საიმედოობის მქონე ელემენტების გამოყენებით (ასეთი ელემენტები მედეგი არიან გარე ზემოქმედებისადმი). მეორე ამოცანის შესრულება დაკავშირებულია მტყუნებამდგრადი სისტემის აგებასთან, რომელსაც ექნება უნარი შეასრულოს თავისი ფუნქციები უწყისივრობებისა და მტყუნებების წარმოშობის შემდეგაც. ასეთი სისტემის ორგანიზაცია ითვალისწინებს რეზერვირების გამოყენებას, რომელსაც მიყვავართ მართვის სისტემაში სხვადასხვა სახის სიჭარბის გამოყენებასთან. თუ ანალოგური საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსისათვის სიჭარბის ერთადერთ სახეს წარმოადგენს აპარატურული სიჭარბე, ციფრული სისტემისთვის შესაძლებელია ინფორმაციული და ალგორითმული სიჭარბის გამოყენება.

სისტემის რეკონფიგურაციას, რომელიც დაკავშირებულია სარეზერვო ელემენტების ჩართვასთან, წინ უსწრებს საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის დიაგნოსტიკა, რომელიც განსაზღვრავს მის მდგომარეობას არსებული დროისთვის. საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის ფაქტიური ტექნიკური მდგომარეობის შესაბამისობის დადგენას მოცემულთან კონტროლი ეწოდება. კონტროლის მედეგი შეიძლება მიეწოდოს ან არ მიეწოდოს ეკიპაჟს. საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის მტყუნების შესახებ ინფორმაციის მიწოდება

ეკიპაჟისთვის, როგორც წესი, ხდება რეზერვირების სისტემის ფუნქციური შესაძლებლობების ფარგლებს გარეთ გასვლის შემდეგ. ამასთან პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს არა მარტო მტყუნების ფაქტის სიგნალიზაცია, არამედ ეკიპაჟისთვის კარნახი რეკომენდაციის სახით ან ბრძანებითი ინფორმაცია შემდგომი საჭირო მოქმედებისათვის.

ფრენის შესრულების პროცესში ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება სხვადასხვა საბორტო საშუალებების კონტროლი. მათი კლასიფიცირება შეიძლება მოხდეს შემდეგი ნიშნების მიხედვით: კონსტრუქციული რეალიზაცია, ავტომატიზაციის ხარისხი, ინფორმაციის დამუშავების ხერხი.

კონტროლის საბორტო სისტემას (კსს) კონსტრუქციული რეალიზაციის ნიშნის თანახმად ყოფენ ჩაშენებულ და მცირე კონტროლის სისტემებად. კონტროლის ჩაშენებულ საშუალებებს აქვთ საერთო კონსტრუქციული შესრულება საპილოტაჟო - სანავიგაციო კომპლექსთან, გარე საშუალებები გამოიყოფა ცალკეულ ბლოკებად. საბორტო კონტროლის სისტემები ავტომატიზაციის ხარისხის მიხედვით კვალიფიცირდებიან არაავტომატიზებულ, ავტომატიზებულ და ავტომატურ სისტემებად. ინფორმაციის დამუშავების ხერხის მიხედვით ასეთი სისტემები შეიძლება დაიყოს ანალოგურ, ციფრულ და ანალოგურ-ციფრულ კონტროლის სისტემებად. აგრეთვე უნდა მივუთითოთ მიწისზედა კონტროლის საშუალებების ჯგუფზე, რომელიც შეიცავს საჰაერო ხომალდის ფრენისას რეგისტრირებული ინფორმაციის გაშიფვრის აპარატურას. თანამედროვე საჰაერო ხომალდი აღჭურვილია ჩაშენებული კონტროლის საბორტო საშუალებებით.

ზოგადად საბორტო კონტროლის საშუალებები შემდეგ ფუნციებს ასრულებენ:

- ფრენისას კონტროლირებადი ბლოკების მტყუნების განსაზღვრა ეკიპაჟისთვის სათანადო ინფორმაციის მიწოდებით;
- მტყუნებული ელემენტის გამორთვა და საკონტროლო სისტემის რეკონფიგურაციის ჩატარება, მისი მუშაობის უზრუნველყოფისათვის;
- მტყუნებული პარამეტრების რეგისტრაცია და ელემენტების მტყუნებების შესახებ ინფორმაციის დაგროვება;
- მტყუნებების შესახებ ინფორმაციის ოპერატიული გადაცემა მიწაზე.

კონტროლის საბორტო საშუალებების (კსს) შემადგენლობაში ზოგადად უნდა შედიოდეს შემდეგი ბლოკები: მტყუნებების განსაზღვრა, ინდიკაცია და რეზერვის მიერთება; პარამეტრების რეგისტრაცია, მტყუნებების შესახებ ინფორმაციის დაგროვება; მიწაზე მტყუნების შესახებ ინფორმაციის ოპერატიული გადაცემა. დღესდღეობით არსებულ კონტროლის საბორტო საშუალებებში, როგორც წესი, გამოიყენება მხოლოდ პირველი ორი ბლოკი. ციფრული ტექნიკის საშუალებების გამოყენება იძლევა შესაძლებლობას მოხდეს კსს-ის ექსპლუატაცია ფუნქციური შესაძლებლობების სრული კრებულით, რასაც მივყავართ მართვის საბორტო სისტემების კონტროლის შედეგების უტყუარობის ამაღლებამდე.

მტყუნების დეტექტირებისთვის კსს-ში რეზერვის შემდგომი მიერთებით რეალიზდება სხვადასხვა მეთოდი, რომლებიც თავის მხრივ წარმოადგენს სპეციალური წესებისა და

პროცედურების ერთობლიობას. ამასთან, ანალოგური და ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსების კონტროლის მეთოდები არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისგან.

საბორტო ციფრული გამომთვლითი სისტემების კონტროლის მეთოდებს და საშუალებებს ყოველ აპარატურულ და პროგრამულ ნაწილებად. აპარატურული კონტროლის ყველა სახეობა მოითხოვს მოწყობილობების სიჭარბეს, ხოლო პროგრამული მეთოდები – სამანქანო დროის არასაწარმოო ხარჯებს. საბორტო ციფრულ გამომთვლით მანქანებში აპარატურული კონტროლის არსებული სახეობები ხშირად გამოიყენება პროგრამულ მეთოდებთან ერთად.

აპარატურული მეთოდები. დღესდღეობით საბორტო ციფრული გამომთვლითი სისტემის კონტროლისათვის, რომელიც შედის სსკ-ს შემადგენლობაში, გამოიყენება კონტროლის შემდეგი ძირითადი სახეობები: კონტროლი მოდულის მიხედვით, კონტროლი ლუწობაზე (კენტობაზე), ინფორმაციის გადაცემის წრედების ექო-კონტროლი; კონტროლის სისტემა ორი ერთნაირი ტიპის სინქრონულად მომუშავე საბორტო ციფრული გამომთვლითი მანქანით; სამმაგი მოწყობილობების კონტროლის სისტემა მაჟორიტარული ელემენტების გამოყენებით. მოდულის მიხედვით კონტროლის მეთოდს საფუძვლად უდევს შემდეგი დამოკიდებულება

$$A=r_a(\text{mod}M),$$

(იკითხება A შედარებადია M მოდულის r_a ნაშთთან), რომელიც ადგენს ურთიერთდამოკიდებულებას რიცხვებს შორის A , r_a და M :

$$A=Mi+r_a,$$

სადაც A , M , და r_a , - მთელი რიცხვებია; A - ნებისმიერი კონტროლირებადი n - თანრიგა რიცხვი; M - მოდული ან გამყოფი; l - განაყოფი; r_a - A რიცხვის M მოდულზე გაყოფის ნაშთი (A რიცხვის საკონტროლო კოდი).

მოცემული კონტროლის მეთოდით ყოველ კონტროლირებად რიცხვს ეძლევა კიდეც m დამატებითი თანრიგები, რომელშიც იწერება საკონტროლო კოდი ე.ი. ნაშთი r_a . თუ ჩავწერთ ყველა რიცხვს შერჩეული განტოლების სახით, მაშინ ამის შემდეგ შეიძლება მათი შეჯამება, გადამრავლება, ხოლო შედეგები ჩაიწერება როგორც

$$\sum_{i=1}^p A_i \equiv \sum_{i=1}^p r_{ai}(\text{mod}M); \quad (5.2)$$

$$\prod_{i=1}^p A_i \equiv \prod_{i=1}^p r_{ai}(\text{mod}M). \quad (5.3)$$

გამოსახულებები (5.2) და (5.3) ნიშნავს, რომ რიცხვების ჯამი (ნამრავლი) შედარებადია ამ რიცხვების ნაშთების ჯამთან (ნამრავლთან) M მოდულით. მოდულით კონტროლის ტექნიკური რეალიზება ხორციელდება სპეციალური სქემების დახმარებით, რომლებიც

წარმოქმნიან ნაშთს I_a . მოცემული სქემები უნდა ფლობდნენ სწრაფი მოქმედების უნარს ნაშთის მისაღებად, რომ არ შემცირდეს საბორტო კომპიუტერის სწრაფქმედება. მოდულით კონტროლის შემთხვევაში უწყისივრობების (მტყუნებების) აღმოჩენა ხდება მაღალი უტყუარობით, თუმცა ეს მეთოდი მოითხოვს საკონტროლო მოწყობილობის რიცხვის მნიშვნელოვან გაზრდას.

კონტროლი ლუწობაზე – ერთჯერადი შეცდომის აღმოჩენის მეტად მარტივი საშუალებაა. მის განსახორციელებლად აუცილებელია გადასაცემი რიცხვის კოდის საინფორმაციო თანრიგებს დაემატოს ერთი დამატებითი (საკონტროლო) თანრიგი. საკონტროლო თანრიგში იწერება საკონტროლო კოდი - რიცხვის კოდის ყველა თანრიგების ციფრების ჯამის მნიშვნელობა 2-ის მოდულით, როცა კონტროლის შემოწმება ხდება ლუწობაზე, ხოლო კონტროლის კენტობაზე შემოწმების შემთხვევაში კი ხდება ასეთი ჯამის უარყოფა, ე.ი.

$$k = a_1 + a_2 + \dots + a_n,$$

სადაც “+” არის ორობითი შეკრების სიმბოლო; a_i - i ორობითი კონტროლირებადი A რიცხვის i - ური თანრიგის მნიშვნელობაა. მიმღებ მოწყობილობაში ხდება მოდული 2-ით გადასაცემი რიცხვის ყველა თანრიგის ციფრების შეკრება, (რომლებშიც გათვალისწინებული უნდა იყოს საკონტროლო თანრიგის ციფრის მნიშვნელობა). თუ $k + a_1 + a_2 + \dots + a_n = 0$, მაშინ ლუწობაზე კონტროლისას შეცდომა არაა. ხოლო თუ მითითებული ჯამი 1-ის ტოლია, ეს მიუთითებს იმაზე, რომ რიცხვის კოდის გადაცემისას ადგილი აქვს შეცდომას.

ინფორმაციის გადაცემაში იგულისხმება მონაცემების, ბრძანებების და მმართველი ინფორმაციის გადაცემა. ექო კონტროლის მეთოდით ინფორმაციის გადაცემა მდგომარეობს იმაში, რომ მიმღები რეგისტრის შიგთავსი ბრუნდება გადამცემ რეგისტრში და ხდება გადამცემი რეგისტრის ყველა პოზიციათა თანრიგობრივი შეკრება მიმღები რეგისტრის შესაბამის პოზიციათა შიგთავსთან. შეცდომების არარსებობისას გადამცემი რეგისტრი ყველა პოზიციებში უნდა შეიცავდეს ნულებს. გადაცემისას ნებისმიერი შეცდომა გადამცემ რეგისტრზე იძლევა არანულოვან შედეგს.

კონტროლის მოწყობილობის მუშაობის პრინციპი ორი ერთტიპური საბორტო კომპიუტერებისგან შემდგარ სისტემაში მდგომარეობს შედარების სქემით შეცდომის სიგნალის გამოყოფაში, რომელიც შეერთებულია ორი სცგმ-ის ერთნაირსახელიანი ბლოკების გამოსასვლელებთან. შეცდომის სიგნალი გამოიყოფა მხოლოდ შედარების იმ სქემით, რომელიც აკონტროლებს გაუმართავ ორ ბლოკს. გამართულ ბლოკებს ამ დროს აქვთ ერთნაირი გამოსასვლელი სიგნალები და შესაბამისად შედარების სქემების შეცდომის სიგნალი არ არსებობს.

კონტროლის მოწყობილობებისადმი წარდგენილი ერთ-ერთი უმთავრესი მოთხოვნაა, რომ მან არ დააქვეითოს სისტემაში შემავალი ორი საბორტო კომპიუტერის სწრაფქმედება. ამის გარდა, საგულისხმოა მოთხოვნა დუბლირებული სისტემიდან ნებისმიერი ერთი საბორტო

კომპიუტერის ავტონომიური მუშაობის შესაძლებლობის უზრუნველყოფის შესახებ. ამ მოთხოვნის შესრულება საშუალებას იძლევა გაგრძელდეს ამოცანის გადაწყვეტა ერთი საბორტო კომპიუტერის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში მეორე გამართულ საბორტო კომპიუტერით.

ზემოთ ნაჩვენები კონტროლის მეთოდი მაღალეფექტურია მტყუნებების გამოვლენის თვალსაზრისით, იმდენად, რამდენადაც ერთი ტიპის ორ კომპიუტერში ორი ერთნაირი ბლოკის მწყობრიდან ერთდროული გამოსვლის ალბათობა მცირეა.

მოწყობილობათა გასამმაგების შემთხვევაში მაჟორიტარული ელემენტის გამოყენებით უმტყუნო მუშაობის ალბათობის ზრდასთან ერთად იზრდება ფუნქციონირების უტყუარობა. რეზერვირების ასეთი სახის (სამმაგი რეზერვირება) გამოყენება ფრენის მართვის ციფრულ გამოთვლით სისტემებში შეიძლება ჩაითვალოს კონტროლის თავისებურ სახედ იმდენად, რამდენადაც ამ შემთხვევაში წყდება კონტროლის უმნიშვნელოვანესი ამოცანა – საბორტო კომპიუტერის ფუნქციონირების უტყუარობა.

პროგრამული მეთოდები. ამ სახის მეთოდებს მიეკუთვნება საბორტო კონტროლის სისტემა, რომელიც გამოიყენება მხოლოდ ციფრული ტექნიკის საშუალებების გასაკონტროლებლად. ხშირად ამ მეთოდებს ალგორითმულს, ხანდახან ერთობლივ ალგორითმულს და პროგრამულს უწოდებენ.

სცგმ-ის დასამუშავებელი ინფორმაციის დაუშვებელი დამახინჯებების მაქსიმალურად შემცირებისათვის აუცილებელია გავზარდოთ მოცემული ალგორითმის უტყუარობის რეალიზაციის ალბათობა. მოცემული ამოცანის გადაწყვეტა შეიძლება ალგორითმული სიჭარბის შემოტანით, რომელიც განისაზღვრება, როგორც ალგორითმის გარდაქმნა ისეთ სახეში, რომელიც უზრუნველყოფს ინფორმაციის უფრო უტყუარ გადამუშავებას.

ალგორითმული სიჭარბე მოსახერხებელია დავყოთ ორ სახეობად: ალგორითმის სიჭარბე და პროგრამის სიჭარბე, რომლითაც რეალიზდება მოცემული ალგორითმი. ასეთი დაყოფის მიზანშეწონილობა აისახება იმაში, რომ ასეთ შემთხვევაში ალგორითმი კონკრეტულ სცგმ-თან არ არის დაკავშირებული და შეხება აქვს მხოლოდ ინფორმაციის გარდასახვის ეტაპთან. ალგორითმისგან განსხვავებით პროგრამა მთლიანად განისაზღვრება სცგმ-ს თვისებებით და ითვალისწინებს ინფორმაციის გადამუშავების ისეთ საჭირო ეტაპებს, როგორიცაა ინფორმაციის მიღება, შენახვა და გაცემა. მთლიანობაში საბორტო კომპიუტერის ფუნქციური საიმედოობის ასამაღლებლად საჭიროა ალგორითმული სიჭარბე დავუკავშიროთ პროგრამას, რომლითაც რეალიზდება მოცემული ალგორითმი.

ალგორითმული კონტროლის ერთ-ერთი გავრცელებული მეთოდი ესაა ალგორითმული სიჭარბის შემოტანა და ეგრეთწოდებული „წაკვეთილი“ ალგორითმის გამოყენება. ამ შემთხვევაში კონტროლი მდგომარეობს იმაში, რომ დავალება, შესრულებული რომელიმე ალგორითმით, მოწმდება შემოკლებული ე.წ. „წაკვეთილი“ ალგორითმით, მაგალითად, ინტეგრალის გამოთვლისას მოცემული სიზუსტით (ინტეგრირების ბიჯი) შეიძლება გამოვიყენოთ იგივე ალგორითმი, მაგრამ უფრო დიდი ინტეგრირების ბიჯით. ცხადია, რომ ამოცანის

გადაწყვეტისას შემცირებული ალგორითმით, გადაწყვეტის სიზუსტე იქნება უფრო დაბალი, ვიდრე ძირითადი ალგორითმის შემთხვევაში. პროგრამის სიჭარბე ითვალისწინებს პროგრამაში სარეალიზაციო ალგორითმის (ჭარბი ან არაჭარბი), დამატებითი საკონტროლო და შემსწორებელი პროგრამების შეყვანას. პროგრამაში სიჭარბის შეტანის მეთოდები შეიძლება დავყოთ ორ ჯგუფად: ტესტური კონტროლის მეთოდი და პროგრამულ-ლოგიკური მეთოდი.

ტესტური კონტროლის მეთოდი დაფუძნებულია საკონტროლო და იმიტაციური ამოცანების ამოხსნის სპეციალური პროგრამების რეალიზაციაზე. საკონტროლო ტესტები იძლევა საშუალებას განისაზღვროს უწყისივრობის არსებობა. ტესტ-პროგრამის შესრულებისას ხორციელდება მოცემული ოპერაციები და საბოლოო ჯამში ხდება შედეგების შედარება წინასწარ ცნობილ პასუხებთან. მოცემული პროგრამა მოიცავს კომპიუტერის ყველა კვანძის მუშაობას სხვადასხვა რეჟიმებში. ტესტური კონტროლი უზრუნველყოფს საკუთარ ხომალდის ბორტზე საბორტო კომპიუტერის მუშაობის ავტომატურ კონტროლს ფრენისწინა მომზადებისა და მისი ჩართვის მომენტიდან ფრენის მთელი დროის (პერიოდის) განმავლობაში.

პროგრამულ-ლოგიკური მეთოდი ითვალისწინებს პროგრამაში სპეციალურად ლოგიკური ან დამატებითი გამოთვლითი ოპერაციების შეტანას, რომლებიც კავშირში არაა ალგორითმთან და დაკავშირებულია ინფორმაციის დამუშავების უტყუარობის ამაღლებასთან. კონტროლის ეს სახეობა შეიცავს შემდეგ მეთოდებს: ორმაგი დათვლის, საკონტროლო ამოცანის, მრავალჯერადი დამახსოვრების და პროგრამის მიმდინარეობის შემოწმების მეთოდებს.

ორმაგი დათვლის მეთოდის არსია ამოცანის განმეორებითი ამოხსნა. ორმაგი დათვლის შედეგები ედრება ერთმანეთს და მათი დამთხვევა ითვლება უტყუარობის ნიშნად. მათი არ დამთხვევის შემთხვევაში ამოხსნა (გადაწყვეტა) შესაძლებელია განმეორდეს მანამ, სანამ მიღებული არ იქნება ორი ერთნაირი შედეგი. ასეთ შემთხვევაში ეს უკანასკნელი გადაწყვეტა მიიღება სწორად. მთელი პროგრამის განმეორება, პროგრამის დაყოფა უბნებად და თითოეული უბნის ორჯერ გათვლა (გაანგარიშება) წარმოადგენს ამ მეთოდის რეალიზაციის ვარიანტებს. მოცემული მეთოდი, როდესაც აღმოაჩენს უწყისივრობას, არ იძლევა საშუალებას განისაზღვროს აპარატურის მტყუნებები. იმ შემთხვევებში, როცა შესაძლებელია პროგრამაში მოიძებნოს რაიმე საკონტროლო თანაფარდობა, მიზანშეწონილია საკონტროლო ამოცანის მეთოდის გამოყენება. მაგალითად, თუ გამოითვლება ფუნქციები $\sin x$ და $\cos x$, მაშინ გაანგარშების შემოწმება შესაძლებელია მოხდეს $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ თანაფარდობის დახმარებით. სამწუხაროდ ყოველთვის ვერ ხერხდება მსგავსი საკონტროლო შესაბამისობის მოძებნა.

ინფორმაციის მრავალჯერადი დამახსოვრება ხორციელდება სცგმ-ის ოპერატიულ დამხსომებელ მოწყობილობაში იმ შემთხვევებში, როცა მოცემულ ინფორმაციას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. პრაქტიკაში ეს მეთოდი რეალიზდება მონაცემების სამმაგი შენახვით, რომლის დროსაც მეხსიერების თითოეული უჯრედი დუბლირდება ორმაგად. ამ შემთხვევაში სრულდება სამი უჯრედის შიგთავსის თანრიგობრივი შედარება და არჩევა

ხორციელდება მაჟორიტარული პრინციპის საფუძველზე. პროგრამის მიმდინარეობის შემოწმება დაფუძნებულია მისი შესრულების ხანგრძლივობაზე. ამ დროს შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს მთლიანი პროგრამის ან მისი ცალკეული მოდულების საშიში ჩაციკლვა. ხანგრძლივობის კონტროლი ხორციელდება დროის მრიცხველის (ტაიმერის) გამოყენებით. ტაიმერის ჩვენება ედრება პროგრამის შესრულებისათვის საჭირო წინასწარ ცნობილ დროს.

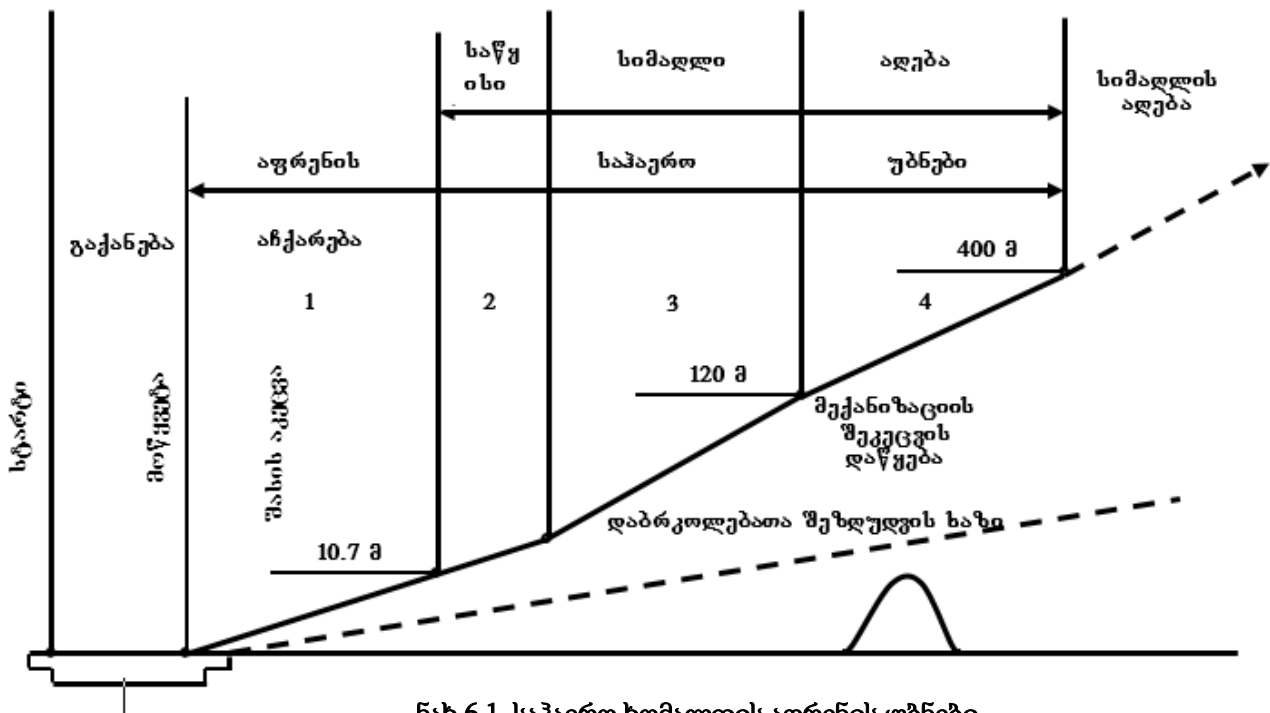
ლექცია 6. საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟის მოქმედების კონტროლი და ფრენის ავტომატიზებული კონტროლი

6.1. საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟის მოქმედების კონტროლი

ეკიპაჟის მოქმედების კონტროლი ხორციელდება ფრენის სხვადასხვა ეტაპზე (უბნებზე), რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სხვადასხვა ხანგრძლივობითა და სიგრძით და რომლებზეც ეკიპაჟის წევრების მხრიდან თავიანთ მოქმედებაში შედარებით უფრო გაზრდილია შეცდომათა დაშვების ალბათობა. ფრენის ძირითად ეტაპებს წარმოადგენს აფრენა, სიმაღლის აღება, ფრენა მარშრუტის მიხედვით, დაშვება და დაფრენა, რომლებიც თავის მხრივ შესაძლებელია შეიცავდეს მთელ რიგ მახასიათებელ უბნებს და წერტილებს.

აფრენა წარმოადგენს ფრენის საპასუხისმგებლო ეტაპს, რომელიც ეკიპაჟის წევრებზე იწვევს დიდ ფსიქოფიზიოლოგიურ დატვირთვებს. აფრენის ეტაპზე საჰაერო ხომალდი გაექანება, მოწყდება მიწას და აიღებს საჭირო სიმაღლეს, ამასთან, ამ დროს იცვლება მისი კონფიგურაცია და პარამეტრები, რომლებიც ახასიათებენ საჰაერო ხომალდის მოძრაობას. რაც შეეხება თვითონ საჰაერო ხომალდს, როგორც დინამიურ სისტემას, ამ დროს ხასიათდება მდგრადობისა და მართვადობის გაუარესებული მახასიათებლებით. თანამედროვე საჰაერო ხომალდების აფრენას, ჩვეულებრივ ყოფენ ორ ძირითად ეტაპად – საკუთრივ აფრენა და სიმაღლის საწყისი აღება (ნახ.6.1).

გაქანების ამოცანაა – გაზარდოს საჰაერო ხომალდის მოძრაობის წინსვლითი სიჩქარე ასაფრენ-დასაფრენ ზოლზე ნულიდან მოწყვეტის სიჩქარემდე $V_{მოწყ}$, რომლის დროსაც ამწევი ძალა გადააჭარბებს საჰაერო ხომალდის წონას, რაც უზრუნველყოფს მის უსაფრთხო მოწყვეტას ასაფრენ-დასაფრენი ზოლიდან. გაქანების სიგრძის შესამცირებლად პილოტი სტარტის ხაზზე ჩვეულებრივ იჭერს საჰაერო ხომალდს მუხრუჭებზე მანამ, სანამ ყველა ძრავა არ იქნება გაყვანილი ფრენის რეჟიმში, ხოლო ფრთის მექანიზაცია კი ასაფრენ მდგომარეობაში. გაქანება შეიძლება დაიწყოს საჰაერო ხომალდის სტარტზე გაჩერების გარეშეც. ასეთ შემთხვევაში მექანიზაციის გამოშვება ხდება გაქანების საწყის უბანზე. მცირე ასაფრენი მასის შემთხვევაში ძრავების მუშაობის რეჟიმი შეიძლება შემცირებულ იქნეს ნომინალურამდე.



ნახ.6.1. საპარო ხომალდის აფრენის უბნები

მექანიზაციის გამოშვება საშუალებას იძლევა გაიზარდოს საპარო ხომალდის ამწევი ძალა მოწყვეტისათვის საჭირო მნიშვნელობამდე მცირე სიჩქარეების დროს. წინა საყრდენიანი ხომალდებისათვის (0,6-0,7) $V_{მოწყ}$ სიჩქარემდე გაქანება, რომელიც თავის მხრივ განისაზღვრება აფრენის პირობებითა და საპარო ხომალდის ფაქტობრივი მასით თავდაპირველად ხდება ყველა საყრდენზე, ხოლო შემდეგ პილოტი, გადაწევს რა საჭევრის სვეტს თავისკენ, მოწყვეტს ასაფრენი ზოლიდან წინა საყრდენს და იმავდროულად აგრძელებს გაქანებას. ზოგიერთი ტიპის საპარო ხომალდისათვის წინა საყრდენის აწევის სიჩქარე პრაქტიკულად ემთხვევა მოწყვეტის სიჩქარეს $V_{მოწყ}$. წინა საყრდენის მოწყვეტის დროს უზრუნველყოფილი უნდა იყოს საპარო ხომალდის მდგრადობა და მართვადობა აეროდინამიკური საჭეების საშუალებით. თუ წინა საყრდენის აწევა მოხდება გაანგარიშებულზე უფრო ნაკლებ სიჩქარეზე, მაშინ დიდი ალბათობაა იმისა, რომ არ იქნეს შენარჩუნებული თვითმფრინავის მოძრაობის მიმართულება ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ღერძის გასწვრივ საჭეების მცირე ეფექტურობის გამო. არასაკმარის სიჩქარეზე თვითმფრინავის ადრეული მოწყვეტა იწვევს ფრენის შესრულებას შეტევის დაუშვებელი დიდი კუთხეებით. როცა მიღწეული იქნება მოწყვეტისათვის საჭირო გაანგარიშებული სიჩქარე, პილოტი საჭევრის სვეტის მდოვრე მოძრაობით თავისკენ ადიდება შეტევის კუთხეს და ახდენს საპარო ხომალდის მოწყვეტას ასაფრენ-დასაფრენი ზოლიდან.

აფრენის 1 საპარო უბანზე საპარო ხომალდი გაექანება აფრენის უსაფრთხო სიჩქარემდე, იმავდროულად ხდება 10,7 მეტრი სიმაღლის აღება ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის

დონიდან. ფრენის უსაფრთხო სიჩქარე საშუალებას იძლევა მოხდეს სიმაღლის შემდგომი აღება

მტყუნებული ძრავას შემთხვევაში, დაშვების შემდგომი განხორციელებისათვის. 5-10 მეტრი სიმაღლის მიღწევისას ხორციელდება შასის შეკეცვა. გაქანება და 1-ლი საჰაერო უბანი წარმოადგენს სახელდობრ აფრენას.

მე-2, მე-3 და მე-4 საჰაერო უბნებზე, რომლებიც წარმოადგენენ სიმაღლის საწყის აღებას 10,7 მეტრიდან 400-500 მეტრამდე, საჰაერო ხომალდის სიჩქარე იზრდება იმ სიჩქარემდე, რომელიც ყველაზე უფრო ხელსაყრელია (ეს სიჩქარე 20-25% მეტია ვარდნის სიჩქარეზე), ამ ეტაპზე იცვლება შეტევის კუთხე, ტრაექტორიის დახრის კუთხე, საჰაერო ხომალდის კონფიგურაცია, ძრავების მუშაობის რეჟიმი. აფრენის მე-2 საჰაერო უბნის ბოლოს საჰაერო ხომალდის სიჩქარე აღწევს ისეთ მნიშვნელობას, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხდეს სიმაღლის შემდგომი აღება გამოშვებული მექანიზაციით. აფრენის მე-3 უბანზე ხდება საჰაერო ხომალდის გაქანება მექანიზაციის შეკეცვის დაწყების მინიმალურ დასაშვებ სიჩქარემდე 120 მეტრ სიმაღლემდე მიღწევით ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის დონიდან. მე-4 უბანზე მთავრდება მექანიზაციის შეკეცვა და საფრენ კონფიგურაციაზე გადასვლა, ხოლო ძრავების მუშაობის რეჟიმი მცირდება ნომინალურამდე.

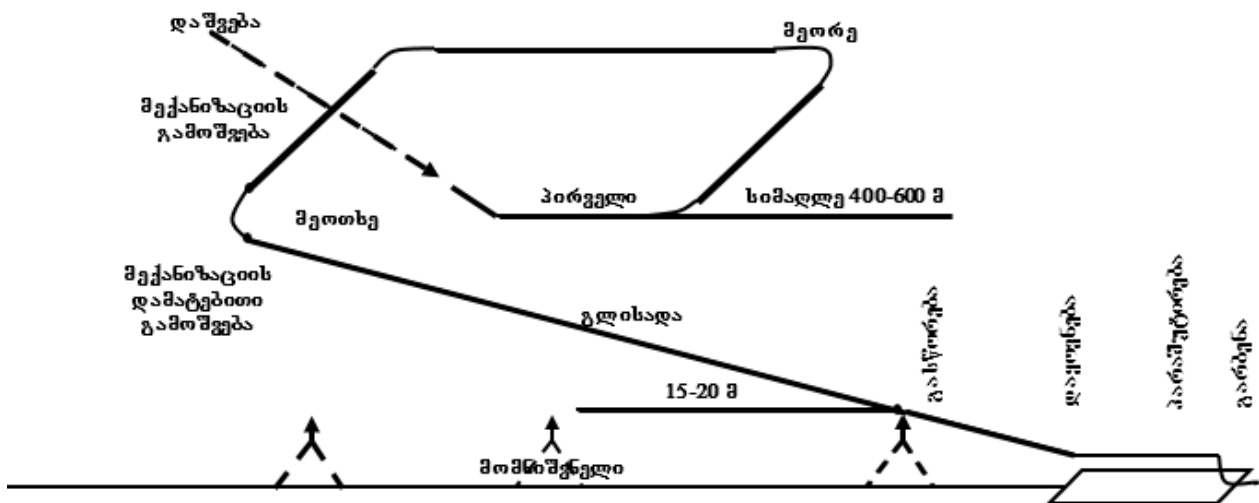
აფრენის პროცესში საჰაერო ხომალდის აეროდინამიკური მახასიათებლების უწყვეტ ცვლილებასთან დაკავშირებით პილოტირების საიმედოობა შემცირებულია ფრენის მომდევნო ეტაპებთან შედარებით (სიმაღლის აღება, ფრენა მარშრუტის მიხედვით და დაშვება). გამომდინარე აქედან, აუცილებელია განსაკუთრებულად გაკონტროლდეს გაწერილი სივრცით-დროითი თანმიმდევრობის ოპერაციები საჰაერო ხომალდის კონფიგურაციისა და ძრავების მუშაობის რეჟიმის მართვით, ასევე შასის შეკეცვის და ა.შ. კერძოდ, შასის გვიანი შეკეცვა ამცირებს სიმაღლის აღების გრადიენტს, დასაშვებზე დაბალ სიჩქარეზე მექანიზაციის შეკეცვა იწვევს ვერტიკალური სიჩქარის შემცირებას და ამან შეიძლება გამოიწვიოს საჰაერო ხომალდის ვარდნა; მექანიზაციის აკეცვის სიჩქარის გადაჭარბება კი საშიშია მისი დაზიანების შესაძლებლობის თვალსაზრისით, აფრენის რეჟიმში ძრავების მუშაობის დრო შეზღუდულია.

აფრენის მიმდინარეობის განმავლობაში საჰაერო ხომალდის ტრაექტორიის დახრის კუთხეს არ უნდა გააჩნდეს უარყოფითი მნიშვნელობები, ხოლო ტრაექტორია უნდა იყოს მიმართული დაბრკოლებათა შეზღუდვის ხაზის ზემოთ როგორც ნორმალური აფრენის დროს, ისე გახანგრძლივებული აფრენის დროს, ე.ი. მტყუნებული ძრავას დროსაც.

ფრენა მარშრუტის მიხედვით ზოგად შემთხვევაში შესაძლებელია შედგებოდეს ფრენის რამდენიმე ჰორიზონტალური უბნისაგან, რომლებიც გაერთიანებულია სიმაღლის ცვლილების უბნებით. ამიტომ სიმაღლის აღებისა და დაშვების ეტაპები ხშირად განიხილება როგორც ნაწილები მარშრუტის მიხედვით ფრენის ერთიანი ეტაპის ნაწილები. ასეთი ეტაპების განსაკუთრებულობას წარმოადგენს მათი ინდივიდუალურობა, ფრენას ერთსა და იმავე მარშრუტზედაც კი არ გააჩნია სივრცობრივ-დროითი რეგლამენტაცია, რაც გარკვეულწილად ართულებს ეკიპაჟის მოქმედების კონტროლს.

სამარშრუტო ფრენის ტიპურ საკონტროლო ელემენტებს წარმოადგენენ: ფრენის ეკონომიურად გამართლებული და უსაფრთხო სიჩქარე; სიმაღლის აღება (შემცირება) მოცემული კურსით; კურსის შეცვლა სიმაღლის აღებისას (დადაბლებისას); გადასვლა აღებიდან (დადაბლებიდან) ჰორიზონტალურ ფრენაზე; კურსის შეცვლა ჰორიზონტალური ფრენისას; ძრავების მუშაობის რეჟიმის შეცვლა; ფრენის მართვის ავტომატიზაციის საბორტო საშუალებების ჩართვა (გამორთვა) და ა.შ.

დაფრენა წარმოადგენს ფრენის განსაკუთრებულად რთულ და საპასუხისმგებლო ეტაპს, რომელიც საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟისაგან მოითხოვს ძალების დამაბვას და დიდ ყურადღებას. დაფრენა მოიცავს საჰაერო ხომალდის მოძრაობას 400-600 მეტრ სიმაღლეზე გლისადაზე გასვლის მომენტიდან (სიმაღლე 400-600 მეტრი აითვლება ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის დონიდან და წრის სიმაღლესაც უწოდებენ) დაწყებული, დამთავრებული მის სრულ გაჩერებამდე ასაფრენ-დასაფრენ ზოლზე გარბენის შემდეგ. ამ ეტაპს კი წინ უსწრებს დაფრენისწინა მანევრირება (ნახ. 6.2).



ნახ.6.2. დაფრენისწინა მანევრირება და საჰაერო ხომალდის დაფრენა

დაფრენისწინა მანევრირების პროცესში იცვლება საჰაერო ხომალდის კონფიგურაცია საფრენოსნოდან დასაფრენ კონფიგურაციაზე და მცირდება ფრენის სიჩქარე დაფრენაზე შესვლის სიჩქარემდე $V_{დაფ.წას.}$. საჰაერო ხომალდის კონფიგურაცია იწყებს შეცვლას შასის გამოშვებით მე-2 და მე-4 მობრუნებებს შორის შორეული მიმყვანი რადიოშუქურის ტრავერსზე, თუ რეალიზდება მართკუთხა მარშრუტი, რომლის დროსაც საჰაერო ხომალდი ასრულებს 4 მობრუნებას. დაფრენაზე პირდაპირი შესვლის შესრულებისას შასის გამოშვება ხდება 15-25 კმ-ზე ასაფრენ-დასაფრენი ზოლიდან. შასის გამოშვება იწვევს ფრენის სიჩქარის გარკვეულწილად შემცირებას, რაც თავის მხრივ თხოულობს მეჰანიზაციის შუალედურ

მდგომარეობაში დაყენებას იმისათვის, რომ შენარჩუნებული იქნეს აუცილებელი ამწევი ძალა (მე-3 და მე-4 მობრუნებებს შორის „კოლოფის“ აგებისას, და შემდგომ დასაფრენ მდგომარეობაშიც სიჩქარის შემდგომი შემცირების მიზნით.

მექანიზაციის გამოშვების რეგლამენტირებული სიჩქარეების გადამეტება დაუშვებელია იმდენად, რამდენადაც ამან შეიძლება გამოიწვიოს საჰაერო ხომალდის კონსტრუქციის ელემენტების რღვევა (დაშლა). ყველაზე უფრო რთულ და საპასუხისმგებლო უბანს დაფრენისწინა მანევრირებისას წარმოადგენს უკანასკნელი, რომელზეც საჰაერო ხომალდმა უნდა განახორციელოს მოძრაობა ვერტიკალურ სიბრტყეში, რომელიც გადის ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ღერძის გავლით.

დაფრენის ეტაპი შედგება ორი ძირითადი ეტაპისაგან: წრის სიმაღლიდან დაფრენა (დაშვება) გლისადაზე და თვით დაფრენა. გლისადაზე დაშვება იწყება მექანიზაციის გამოშვების შემდეგ დასაფრენ მდგომარეობაში. ამ დროს სიჩქარე შემცირებული უნდა იყოს დაფრენაზე შესვლის სიჩქარემდე - $V_{\text{დაფ.წას.}}$, რომელიც დაახლოებით 30%-ით მეტია ვარდნის სიჩქარეზე მოცემული კონფიგურაციის დროს, და თვითმფრინავი გადადის დახრილი ტრაექტორიით ფრენაზე მუდმივი სიჩქარით. უშუალოდ საჰაერო ხომალდის დაფრენა (მიწაზე დაშვება) იწყება 15-20 მეტრი სიმაღლიდან ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის დონიდან, მისი შესასვლელი ტორსის გადაკვეთისას და ხშირად ნაწილდება შედარებით უფრო წვრილ მახასიათებელ უბნებად:

- გასწორება, როცა საჰაერო ხომალდი მოძრაობს მრუდხაზოვანი ტრაექტორიით და უბნის ბოლოს ამცირებს ვერტიკალურ სიჩქარეს უსაფრთხო მნიშვნელობამდე;
- დაყოვნება, როცა საჰაერო ხომალდი მოძრაობს ჰორიზონტალურად ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის დონიდან 0,5-1 მეტრ სიმაღლეზე ჰორიზონტალური სიჩქარის შემცირების მიზნით დასაშვებ მნიშვნელობამდე;
- პარაშუტირება, როცა საჰაერო ხომალდი მოძრაობს მრუდხაზოვანი ტრაექტორიით მიწაზე შეხებამდე სიჩქარის შემცირების გაგრძელებისა და პილოტის მიერ შეტევის კუთხის გაზრდის შეწყვეტის გამო;
- გარბენა, რომელიც წარმოადგენს საჰაერო ხომალდის მოძრაობის მიწისეულ უბანს, რომლის დასრულების შემდეგ ხდება საჰაერო ხომალდის გაჩერება ასაფრენ-დასაფრენი ზოლზე.

გასწორების უბანზე საჰაერო ხომალდის ჰორიზონტალური სიჩქარის დასაშვებამდე შემცირების შემთხვევაში, საჰაერო ხომალდის ტიპსა და დაფრენის პირობებზე დამოკიდებულებით დაყოვნებისა და პარაშუტირების უბნები შესაძლებელია გამორიცხულ იქნეს.

დაფრენის ეტაპზე პილოტირების ხარისხის შესახებ შეიძლება ვიმსჯელოთ პარამეტრების მნიშვნელობების მიხედვით ისეთ მახასიათებელ წერტილებში, როგორიცაა: გლისადაზე გასვლის წერტილი; მომნიშნავი რადიომუქურების გავლის წერტილები, რომელთა მიხედვით ზუსტდება საჰაერო ხომალდის მდებარეობა და განისაზღვრება დაფრენის შესაძლებლობა; ასაფრენ- დასაფრენი ზოლის შეხების წერტილი; წვეის რევერსის ჩართვის და

გამორთვის წერტილები; აეროდინამიკური დამუხრუჭების საშუალებების გამოშვების წერტილები; გარბენის დამთავრების შემდეგ საჰაერო ხომალდის გაჩერების წერტილი და სხვა.

დაფრენის შეუძლებლობის შემთხვევაში, რომელიც შეიძლება გამოწვეული იყოს სხვადასხვა მიზეზებით (დაფრენისას რეჟიმისა და ტრაექტორიის შენარჩუნებაში დიდი გადახრების გამო, საჰაერო ხომალდის რაღაც სისტემის მტყუნების გამო, მეტეოროლოგიური პირობების გაუარესების გამო, ასაფრენ-დასაფრენ ზოლზე დაბრკოლებათა წარმოქმნის გამო და ა.შ.) სრულდება მანევრი მეორე წრეზე წასვლისათვის. მეორე წრეზე წასვლის მინიმალური სიმაღლე განისაზღვრება საჰაერო ხომალდის ვარდნით – სიმაღლის დაკარგვით მეორე წრეზე წასვლაზე გადაწყვეტილების მიღების მომენტიდან სიმაღლის აღების დაწყების მომენტამდე (ვერტიკალური სიჩქარის ნიშნის შეცვლა). გადაწყვეტილების მიღების მომენტში მეორე წრეზე წასვლისათვის ძრავები გადაიყვანება აფრენის რეჟიმში, საჰაერო ხომალდი გამოდის დაშვების რეჟიმიდან მისი მუდმივი სიჩქარის შენარჩუნებით სიმაღლის აღებაზე გადასვლამდე. დადებითი ვერტიკალური სიჩქარის მიღების შემდეგ ხდება შასისა და მექანიზაციის აკეცვა. ამის შემდეგ მეორე წრეზე წასვლის ეტაპი აფრენის ეტაპის მსგავსია.

ეკიპაჟმა, რომელიც ახორციელებს პილოტირებას ფრენის თითოეულ ეტაპსა და უბანზე, უნდა დაიცვას მართვის ყველა იმ ოპერაციის შესრულების თანმიმდევრობა, რომელიც გაწერილია სახელმძღვანელო ნორმატიულ დოკუმენტებში, კერძოდ შეინარჩუნოს ფრენის დადგენილი რეჟიმები, არ დაუშვას საჰაერო ხომალდების მოძრაობის პარამეტრებისა და მისი ფუნქციური სისტემების მუშაობის გამოსვლა საფრენოსნო და საექსპლუატაციო შეზღუდვების საზღვრების მიღმა.

6.2. ფრენის ავტომატიზებული კონტროლი

ფრენის ავტომატიზებული კონტროლის პროცესში ვლინდება:

- შეცდომები პილოტირებასა და თვითმფრინავტარებაში;
- ეკიპაჟის მიერ საავიაციო ტექნიკის არასწორი ექსპლუატაცია;
- ეკიპაჟის მიერ ფრენების წესების, მუშაობის ტექნოლოგიის და დისციპლინის დარღვევა.

ავტომატიზებული კონტროლის შედეგები გამოიყენება ეკიპაჟის მოქმედებებში გადახრების გამოვლენისათვის, საავიაციო შემთხვევებისა და წინაპირობების გამოძვევი მიზეზების გამოსაკვლევად, ასევე პილოტების პროფესიული ოსტატობის დონის შესაფასებლად. იმ დოკუმენტებს, რომლებიც ახასიათებენ ეკიპაჟის მოქმედებებს საჰაერო ხომალდის მართვის დროს თითოეული კონკრეტული ფრენისას წარმოადგენენ გრაფიკები და ცხრილები, რომელთა საშუალებით ხდება ფრენის პარამეტრების მნიშვნელობების აღწარმოება ფრენის შესრულების მთელი პერიოდის განმავლობაში. ასევე მოიცემა ეგრეთწოდებული ფრენის პორტრეტის წარმოდგენა ფრენის შესრულების მახასიათებელ წერტილებში ფრენის პარამეტრების მნიშვნელობების შედარების საფუძველზე ნორმატიული დოკუმენტებით გათვალისწინებულ შესაბამის ნომინალურ მნიშვნელობებთან. ფრენის პორტრეტი შეიძლება ფორმირებული იქნეს ფრენის ცალკეული ეტაპებისათვის ან მთლიანად მთელი ფრენისათვის.

საჭაერო ხომალდის აფრენისას კონტროლდება სიმაღლე, სიჩქარე, ფრენის მიმართულება, ტანგაჟის კუთხე ასაფრენ-დასაფრენ ზოლიდან მოწყვეტის მომენტი და ძრავების მუშაობის რეჟიმი. ოპერატორის ან შემკვეთის სურვილის შესაბამისად საკონტროლო პარამეტრების ნუსხა შესაძლებელია გაფართოვდეს. აფრენის ეტაპი განისაზღვრება გაქანების დაწყების მომენტიდან 400-500 მეტრი სიმაღლის მიღწევის მომენტამდე. აფრენის დროს მახასიათებელ წერტილებს წარმოადგენენ: აფრენის დასწყისი, შასის წინა საყრდენის აწევის მომენტი, ასაფრენ-დასაფრენი ზოლიდან თვითმფრინავის მოწყვეტა, შასის შეკეცვა, ფრთაუკანების და ფრთისწინების შეკეცვა.

სიმაღლის აღების დროს კონტროლდება გადასვლის ეშელონის სიმაღლე, დაგვერდება, სახელსაწყო და ვერტიკალური სიჩქარეები, ძრავების მუშაობის რეჟიმი, მათი მუშაობის დრო აფრენის რეჟიმში. ეტაპი განისაზღვრება აფრენის დამთავრების მომენტიდან ეშელონის სიმაღლის მიღწევამდე.

ეშელონზე კონტროლდება: ეშელონის სიმაღლის შენარჩუნება; დერეფნიდან გვერდითი გადახრები (ან კურსის შეცვლა მარშრუტის შუალედურ პუნქტებში); უსაფრთხო სიჩქარისა და M რიცხვის შენარჩუნება; ვერტიკალური სიჩქარე ეშელონის შეცვლისას. დაგვერდების კუთხე მოზრუნებისას. მახასიათებელი წერტილები განისაზღვრება ფრენის მნიშვნელოვნობის მიხედვით განსაკუთრებულად წონადი წერტილების გაანგარიშების საფუძველზე.

ეშელონის სიმაღლიდან დაშვებისას კონტროლდება M რიცხვი, სახელსაწყო და ვერტიკალური სიჩქარეები. დაშვების ეტაპი განისაზღვრება ეშელონის სიმაღლიდან დაშვების მომენტის დაწყებიდან წრის სიმაღლის მიღწევამდე.

დასაფრენად შესვლა განისაზღვრება საჭაერო ხომალდის დასაფრენ კონფიგურაციაში გადაყვანის დაწყების მომენტიდან ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის ტორსის გავლის მომენტამდე და შეიცავს დაფრენისწინა მანევრს და საკუთრივ დაფრენაზე შესვლას. სიდიდეები სიმაღლე, სახელსაწყო სიჩქარე, გადამეტტვირთვა, დაგვერდება, ძრავების მუშაობაში გადახრები, ვერტიკალური სიჩქარე, კურსოგლისადური სისტემის ტოლსიგნალოვანი ზონიდან გადახრა კონტროლდება შასის გამოშვების მომენტში და ფრთაუკანების გამოშვებისას. ასევე ხორციელდება ავტომატური მართვის რეჟიმების გამოყენება გლისადაზე გასვლის, შორი მომყვანი რადიოშუქურის და ახლო მომყვანი რადიოშუქურის გადაფრენის წერტილებში, გადაწყვეტილების მიღების სიმაღლეზე. დაფრენისას კონტროლდება სახელსაწყო სიჩქარე, ვერტიკალური გადამეტტვირთვა, დაჯდომის მომენტში კურსი და დაგვერდება, აგრეთვე წევის რევერსის ჩართვა, საჭაერო მუხრუჭების გამოშვება, წევის რევერსის გამორთვა, გამოითვლება ასაფრენ-დასაფრენ ზოლთან შეხებისა და გარბენის დამთავრების წერტილების მდებარეობა.

მეორე წრეზე საჭაერო ხომალდის წასვლა მოითხოვს ეკიპაჟისგან დიდ ყურადღებას და ამაღლებული სიზუსტით მოქმედებათა შესრულებას. შედარებით იშვიათი ასეთი მანევრის დასაწყისი განისაზღვრება ძრავების მართვის ბერკეტების ასაფრენ რეჟიმში გადართვის მომენტით ან ღილაკზე „წასვლა“ დაჭერით დაფრენაზე ავტომატური შესვლის დროს ძრავების მართვის ბერკეტების ნომინალურ რეჟიმში გადაყვანის მომენტამდე. ამ დროს

დამახასიათებელ წერტილებს წარმოადგენენ დაფრენაზე შესვლის დასწყისი, ფრენის მინიმალური სიმაღლის მიღწევის მომენტი, შასის, ფრთაუკანების და ფრთისწინების შეკეცვა, ძრავების მუშაობის ნომინალური რეჟიმის დაყენება. მეორე წრეზე წასვლის დროს კონტროლდება სიმაღლე, საჰაერო სიჩქარე, კურსი, დაგვერდება, ვერტიკალური გადამეტტვირთვა, შასის მექანიზმების შეკეცვის ოპერაციათა თანმიმდევრობა.

საშიში გადახრების ოპერატიული გამოვლენისათვის ფართოდ გამოიყენება დაფრენის კონტროლის ლოგიკური პროგრამები, რომლებიც ექსპრეს-ანალიზის პროგრამებად იწოდებიან. ექსპრეს-ანალიზის პროგრამებით დამუშავებული შედეგები გაიცემა მომხმარებლები-სადმი ექსპრეს-ქნალიზის ბლანკის სახით, რომელშიც დაფიქსირებულია კონტროლით გამოვლენილი გადახრები, მათი ექსტრემალური მნიშვნელობები და არსებობის დრო. ერთი შესრულებული ფრენის დროს გამოვლენილი გადახრების საშიშროების შეფასების საფუძველზე შესაძლებელია ვიმსჯელოთ შესრულებული ფრენის საიმედოობის შესახებ. თუ შესრულებული ფრენის დროს ეკიპაჟმა დაუშვა უხეში შეცდომები, მაშინ კონტროლის შედეგები მიიღება იმის საფუძველად რომ ჩატარდება მისი გამომწვევი მიზეზების დადგენა და გატარდება კონკრეტული პროფილაქტიკური ზომები, რომელიც მიმართული იქნება ფრენების უსაფრთხოების მაღალი დონის მისაღწევად.

ლექცია 7. საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემები და თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა

7.1. საინფორმაციო-მმართველი სისტემების დანიშნულება და ზოგადი სტრუქტურა

ტრადიციულ მიმართულებას, რომელიც დაკავშირებულია მართვის პროცესების ავტომატიზაციასთან, სამოქალაქო ავიაციაში წარმოადგენს ავტომატიზებული მართვის გამოყენება, რომლის დროსაც სამართავი ობიექტი (საჰაერო ხომალდი, ავიადაწესებულება) ექვემდებარება მოქმედებათა ერთობლიობას, რომლებიც ხორციელდება ტექნიკური საშუალებებით ალგორითმების მოცემული ნაკრების საფუძველზე. ამასთან, მართვის ავტომატიზებული სისტემის დანერგვა არ გულისხმობს იმას, რომ მართვის კონტურიდან ამოვარდეს ადამიანი, რამეთუ თვით მართვის ობიექტების გართულება და მათი ექსპლუატაციის პირობები აუცილებლად მოითხოვს შემოქმედებითი გადაწყვეტილების მიღებას საავიაციო ტექნიკის მტყუნებისას არასაკმარისი ან არაგანსაზღვრული ინფორმაციის პირობებში. აღნიშნული გარემოება, ასევე კომპიუტერების ფართო დანერგვა მართვის პროცესებში, განაპირობებს სწორედ ავტომატიზებული სისტემების სწრაფ განვითარებას, რომლებიც ასრულებენ როგორც მართვის ფუნქციებს, ისე უზრუნველყოფენ ადამიანი-ოპერატორის ინფორმირებას, რათა მან მიიღოს სათანადო რაციონალური გადაწყვეტილება სხვადასხვა სიტუაციებში. მართვის ავტომატიზებულმა სისტემებმა, რომლებიც ფლობენ ადამიანის საინფორმაციო უზრუნველყოფის ფართო შესაძლებლობებს, საინფორმაციო-მმართველი სისტემების სახელწოდება მიიღეს.

საინფორმაციო-მმართველი სისტემა წარმოადგენს მაკავშირებელ რგოლს ადამიან-ოპერატორს, მართვის ობიექტსა (მმართველი სისტემით) და გარემოს შორის. ამასთან ადამიანი-ოპერატორი ინიცირებას უკეთებს მმართველ ზემოქმედებას ხელით ნახევრად-ავტომატური მართვის დროს (ნახ. 7.1), ხოლო ავტომატური მართვისას ასრულებს კონტროლის ფუნქციას.

უშუალოდ, არამედ ეკიპაჟისადმი მითითებების დახმარებით, რომელიც უკვე თვითონ ახორციელებს მმართველ ზემოქმედებას.

ასეთი ორდონიანი საინფორმაციო-მმართველი სისტემის კომპლექსური გამოკვლევა ძალზე გაძნელებულია. ის უნდა განვიხილოთ როგორც “ბორტის” დონეზე ე.ი. საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის სახით, ისე “მიწის” დონეზე ე.ი. საინფორმაციო-მმართველი სისტემა, როგორც საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის შემადგენელი, სადაც მართვის ობიექტად უკვე იქნება დისპეტჩერის მიერ არხით “მიწა - ბორტი” გადაცემული ინფორმაცია.

თუ მართვის ობიექტს წარმოადგენს ავიადაწესებულება, მაშინ საინფორმაციო-მმართველი სისტემა შესაძლებელია ტრანსფორმირებულ იქნეს როგორც ტრადიციული მართვის ავტომატიზებული სისტემა. მართვის ობიექტის შემდგომი კონკრეტიზაციისას შესაძლებელია გამოვყოთ ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებული სისტემა და დაწესებულების ორგანიზაციულ-ეკონომიკური მართვის ავტომატიზებული სისტემა, როგორც ინტეგრირებული მართვის ავტომატიზებული სისტემის მნიშვნელოვანი კომპონენტები. ავიადაწესებულებაში ტექნოლოგიური პროცესების მართვის ავტომატიზებულმა სისტემამ შესაძლებელია იფუნქციონიროს როგორც საინფორმაციო-მმართველმა სისტემამ **ნახ. 7.1** და **ნახ. 7.2**-ზე წარმოდგენილი სქემების შესაბამისად, ხოლო დაწესებულების მართვის ავტომატიზებულმა სისტემამ კი **ნახ. 7.3**-ზე წარმოდგენილი სქემის მიხედვით. ამ სქემებში ადამიანი-ოპერატორი წარმოადგენს კონკრეტული სისტემის მომხმარებელს.

ნახ. 7.1-ზე მაგალითის სახით მოცემულია საინფორმაციო-მმართველი სისტემის სტრუქტურა, რომელიც წარმოადგენს აქტიურ სისტემას, რაც აიხსნება მასში პარალელურად ფუნქციონირებადი აქტიური არხების არსებობით, რომლებიც მიერთებულია მართვის ობიექტთან, ე.ი. ავიადაწესებულებასთან. საზომ სქემაში ფაქტობრივად შედის პირველადი ინფორმაციის ფორმირების ქვესისტემა (რომელიც ახორციელებს ინფორმაციის შეკრებას, რეგისტრაციას, დაგროვებას და პირველად დამუშავებას მისი წარმოშობის ადგილებში) და მონაცემების გადაცემის ქვესისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს შეკრებილი და წინასწარ დამუშავებული ინფორმაციის გადაცემას მისი წარმოშობის ადგილიდან დამუშავების ადგილამდე.

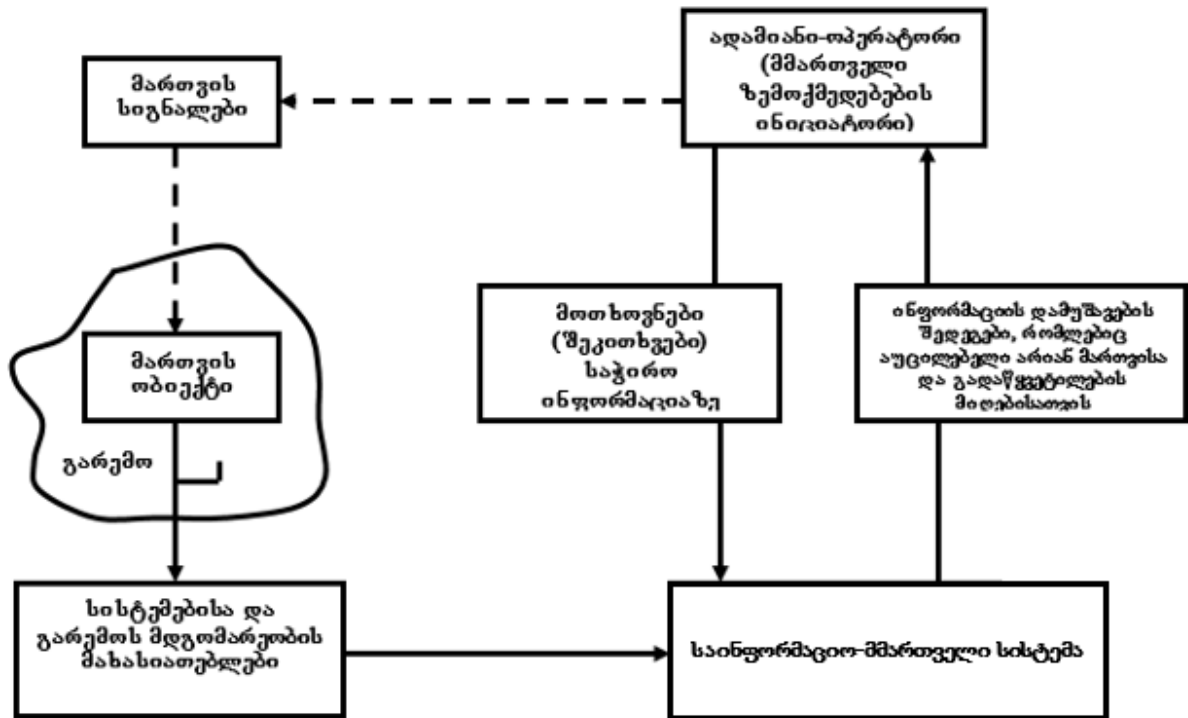
იმ მოწყობილობებიდან, რომლებიც შედიან ინფორმაციულ სისტემაში, შესაძლებელია გამოიყოს შემდეგი ტექნიკური საშუალებები:

- საშუალებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ელექტრონული გამოთვლითი მანქანის მუშაობას და უშუალოდ არიან განლაგებული გამოთვლით ცენტრში;
- საშუალებები, რომლებიც გამოიყენებიან ინფორმაციის დაგროვებისა და პირველადი დამუშავებისათვის და რომლებიც განლაგებული არიან უშუალოდ მონაცემთა ფორმირების ადგილებზე (საწყობი, საამქრო, სამსახური და ა.შ.).

საშუალებების ამ ჯგუფში მნიშვნელოვან ადგილს იჭერს მონაცემების ტელედამუშავების (სხვადასხვა ტიპის კომპიუტერები) და გადაცემის (ვიდეოტერმინალური მოწყობილობები, ანბანურ-ციფრული მოწყობილობები, გრაფამგებები) სისტემები.

საინფორმაციო-მმართველი სისტემის მომხმარებელი სხვადასხვა არასტანდარტულ სიტუაციებში აუცილებელი ინფორმაციული მხარდაჭერის უზრუნველყოფის მიზნით თავის განკარგულებაში შეიცავს გადაწყვეტილების მიღების ინფორმაციული მხარდაჭერის საშუალებებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს ინტერაქტიური რეჟიმი მმართველ ზემოქმედებათა კვალიფიციური გამომუშავებისათვის. ინტერაქტიური რეჟიმი მკვეთრად განსხვავდება პაკეტური დამუშავების რეჟიმისაგან, სადაც ადამინი ხშირად პასიურად ირჩევს დამუშავების საჭირო პროგრამებს. გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდაჭერის ინფორმაციული სისტემის საფუძველს წარმოადგენს ხელოვნური ინტელექტის საშუალებები. როგორც **ნახ. 7.3**-დან ჩანს მმართველ ზემოქმედებას აქ აფორმირებს სისტემის ხელმძღვანელ-მომხმარებელი, ხოლო კომპიუტერი გამოიყენება ინფორმაციის დამუშავებისა და კრიტიკულ სიტუაციებში ადამიანისათვის საინფორმაციო მითითებების გასაცემად.

მართვის ამოცანა შესაძლებელია ფორმულირებულ იქნეს როგორც აუცილებლობა იმ დავალებათა შესრულების უზრუნველსაყოფად, რომლებიც დადგენილია ავიადაწესებულების მიერ რაღაც მაჩვენებლების მიხედვით გარე შეშფოთებების (მეტეოფაქტორები, საწვავსაპოხი მასალებისა და სათადარიგო ნაწილების მიწოდებაში შეფერხებები, გადაზიდვებზე მოთხოვნათა რხევები და ა.შ.) და შიგა დაბრკოლებების (საავიაციო და მიწისზედა ტექნიკის მწყობრიდან გამოსვლა, სპეციალისტების უკმარისობა და ა.შ.) არსებობისას.

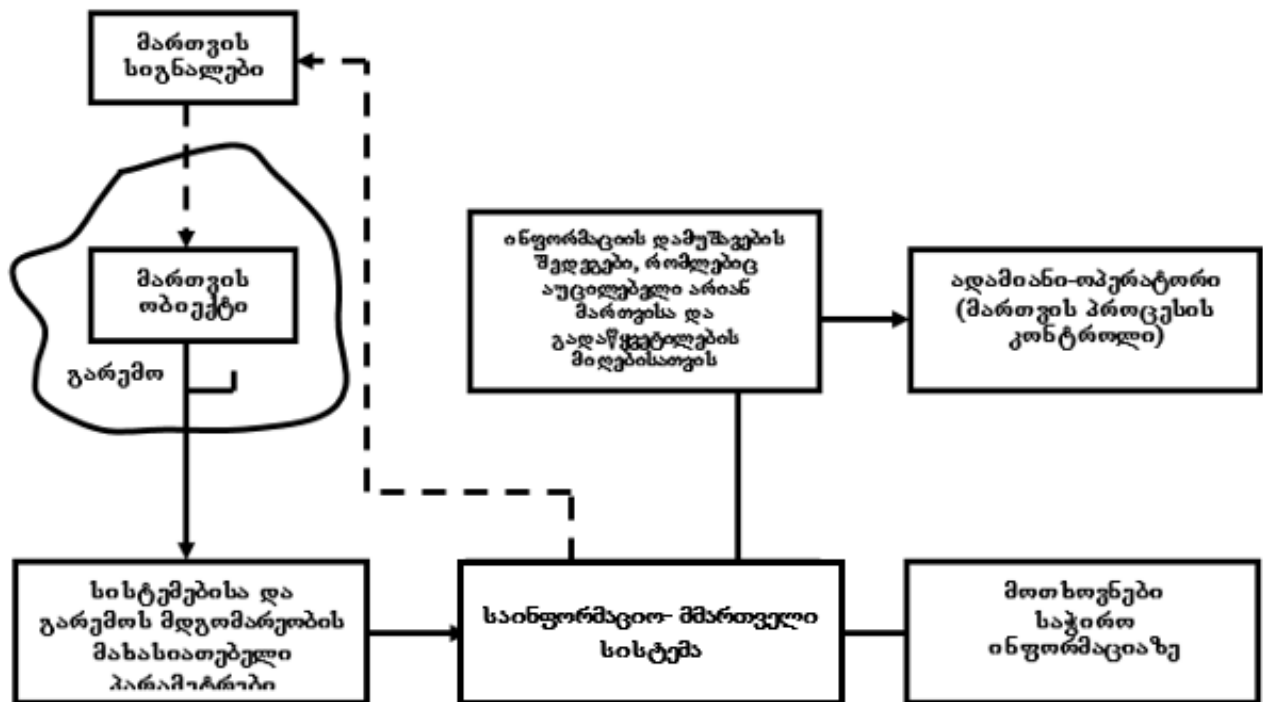


ნახ. 7.2. ხელით ან ნახევრავტომატური მართვისას ადამიანი-ოპერატორის მიერ მმართველი ზემოქმედების რეალიზაციის სქემა სმს-ში. უწყვეტი ხაზები-საინფორმაციო სიგნალები, წვეტილი ხაზები-მმართველი ზემოქმედებები

საბოროტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის ანალოგიის მიხედვით მოცემული საინფორმაციო მმართველი სისტემის ავტომატიზაციის დონეები შეიძლება განხილულ იქნეს ამ საინფორმაციო სისტემაში შემავალი სხვადასხვა საშუალებების ნაკრებისაგან, რომელთა სიმრავლე გულისხმობს ინფორმაციის წარმოდგენისა და დამუშავების ალგორითმებსა და საშუალებებს.

ნებისმიერი საინფორმაციო-მმართველი სისტემის საფუძველს წარმოადგენს კომპიუტერი (ან გამომთვლელი სისტემა), რომელიც აფორმირებს როგორც მართვის სიგნალებს, ისე საინფორმაციო სიგნალებსაც ადამიანი-ოპერატორისათვის, რათა ამ უკანასკნელმა მიიღოს შესაბამისი გადაწყვეტილება. მართვის ობიექტის სახის სხვადასხვაობის მიუხედავად საინფორმაციო-მმართველი სისტემების განვითარება უნდა მოხდეს ორი მიმართულებით:

1. მართვის ახალი პრინციპების (კანონების) ფორმირება;
2. ადამიანი-ოპერატორის მიერ გადაწყვეტილების მიღებისას საინფორმაციო მხარდაჭერის ახალი მეთოდების და საშუალებების დამუშავება.



ნახ. 7.3. ავტომატური მართვისას ადამიანი-ოპერატორის მიერ მართვის პროცესის კონტროლის სქემა სმს-ის სტრუქტურაში უწყვეტი ხაზები-საინფორმაციო სიგნალები, წყვეტილი ხაზები-მმართველი ზემოქმედებები

7.2. საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემები

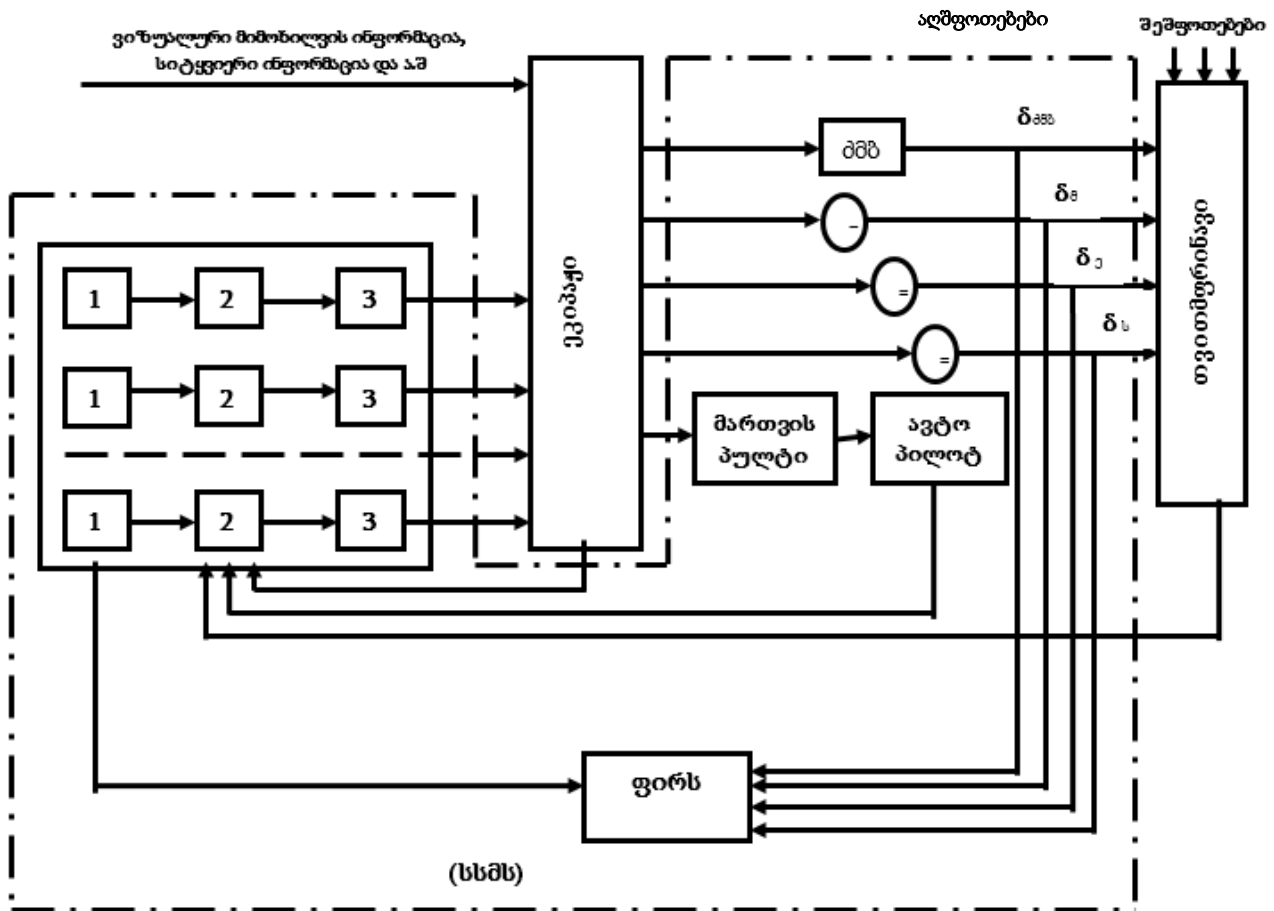
საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემა (სსმს) წარმოადგენს გადამწოდების, ინფორმაციის დამუშავების და ასახვის, და მართვის სისტემების ერთობლიობას, რომელთა დანიშნულებაა თვითმფრინავის პილოტირება და ნავიგაცია. ესაა მაკავშირებელი რგოლი ეკიპაჟს, თვითმფრინავსა და გარემოს შორის. საბორტო საინფორმაციო-მმართველ სისტემაში ასევე შედის ფრენის ინფორმაციის რეგისტრაციის სისტემა (ფირს), რომლის ერთ-ერთ ძირითად დანიშნულებას წარმოადგენს ეფექტური ღონისძიებების გატარება საავიაციო შემთხვევების თავიდან ასაცილებლად. ასეთი სისტემების ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს ფრენის პარამეტრების რეგისტრაციის სისტემა. საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის ძირითადი მიზანია საჰაერო ხომალდის უსაფრთხო მართვა, ფრენის სხვადასხვა ეტაპებზე გარეშე მაშფოთებელი ზემოქმედებების დროს (უწინარეს ყოვლისა ქარის ზემოქმედებების დროს) ან დანადგარების შესაძლო მტყუნებების შემთხვევაში. ამასთან, მართვა ხორციელდება დროის რეალურ მასშტაბში.

გადასაწყვეტი ამოცანების ავტომატიზაციის დონეზე დამოკიდებულების მიხედვით საბორტო საინფორმაციო მმართველი სისტემები შესაძლოა დაყოფილ იქნეს სისტემებად

დაბალი, საშუალო და მაღალი ავტომატიზაციის დონეებით. ავტომატიზაციის ქვეშ ამ შემთხვევაში ვგულისხმობთ, როგორც თვითმფრინავის მართვის პროცესს, ისე იმ ინფორმაციის დამუშავებასა და ეკიპაჟისთვის მიწოდებას, რომელიც აუცილებელია ეკიპაჟის მიერ რაციონალური გადაწყვეტილების მისაღებად.

საჰაერო ხომალდის პილოტირება ხორციელდება ან პილოტირების ორგანოებიდან (საჭევრული რეჟიმი) ან ავტოპილოტით (ავტომატური რეჟიმი). ავტოპილოტის მართვის პულტი, რომელიც უპირველეს ყოვლისა უზრუნველყოფს საჰაერო ხომალდის კუთხურ მოძრაობის სტაბილიზაციას, საშუალებას აძლევს ეკიპაჟს აირჩიოს საჰაერო ხომალდის მართვის საჭირო რეჟიმი.

ავტომატიზაციის დაბალი დონის საბორტო საინფორმაციო- მმართველ სისტემაში (**ნახ. 7.4**) ინფორმაციის გადამწოდების სიგნალები 1 როგორც წესი, გარდაიქმნებიან ინდივიდუალურ გამომთვლელებში ან გარდამქმნელებში 2. გარდაქმნილი სიგნალები მიეწოდება ინდიკაციისა და სიგნალიზაციის მოწყობილობებს 3, რომლებიც ასევე ინდივიდუალური არიან. ეს მოწყობილობები განლაგებულია საჰაერო ხომალდის სახელსაწყო დაფაზე და კაბინის სხვადასხვა ადგილებში. აქ მთელ ძირითად სამუშაოს ინფორმაციის შეპირისპირებისათვის ახორციელებს ეკიპაჟი. იგი აღიქვამს არამართო იმ ინფორმაციას, რომელიც მოცემულია ხელსაწყოების და სიგნალიზატორების მიერ, არამედ ასევე ვიზუალური დაკვირვების (მაგალითად აფრენისა და მიწაზე დაშვების რეჟიმებში) და სიტყვიერ ინფორმაციასაც. **ნახ. 7.4**-ზე წარმოდგენილ სტრუქტურულ სქემაზე აღნიშვნები დმ, დე და დს შესაბამისად გამოსახავს მიმართულების საჭის, ელერონებისა და სიმალდის საჭის გადახრის კუთხეებს.



ნახ. 7.4. საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის სტრუქტურული სქემა ავტომატიზაციის დაბალი დონით

საბორტო საინფორმაციო-მმართველ სისტემებში, დაბალი ავტომატიზაციით, ხელსაწყოებისა და ინფორმაციული ქვესისტემების მართვის ფუნქციები, რომელიც მდგომარეობს თვითმფრინავის სხვადასხვა რეჟიმებსა და სხვადასხვა სიტუაციებში ფრენისას ქვესისტემების ჩართვის და გამორთვის უზრუნველყოფაში, მნიშვნელოვან დატვირთვას წარმოადგენს ეკიპაჟის წევრებისთვის.

ნახ. 7.4-ზე წარმოდგენილი საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემა წარმოადგენს საჰაერო ხომალდის საპილოტაჟო-სანავიგაციო დანადგარს (და არა კომპლექსს). მექანიკური და ელექტრო-მექანიკური ხელსაწყოები ძირითადად აგებულია მარტივი სქემით: გადამწოდი-გარდამქმნელი-ინდიკატორი.

საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემები ავტომატიზაციის დაბალი დონით ვითარდებოდნენ დიდი ხნის განმავლობაში და ერთმანეთისგან იზოლირებული ხელსაწყოების მცირე ერთობლიობიდან გარდაიქმნენ რთული ქვესისტემების ერთობლიობად (საკურსო სისტემა, საჰაერო სიგნალების სისტემა, სანავიგაციო გამომთვლელი, ახლო და შორეული ნავიგაციის რადიოსისტემები და ა.შ.). საპილოტაჟო სანავიგაციო დანადგარებში თანდათანობითმა რაოდენობრივმა ცვლილებამ გამოიწვია ხარისხობრივი ნახტომი-საბორტო საინფორ-

მაციო-მმართველი სისტემის შექმნა ავტომატიზაციის საშუალო დონით, რომლის საფუძველს წარმოადგენს საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსი.

საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის შექმნა დაკავშირებულია სამოქალაქო ავიაციის თვითმფრინავების განვითარებასთან. თითოეული ახალი თაობის თვითმფრინავისადმი წაყენებული მოთხოვნები პილოტირებისა და ნავიგაციის სიზუსტის თვალსაზრისით სულ უფრო და უფრო იზრდება. აქედან გამომდინარე, მისი უზრუნველყოფა ტრადიციული მეთოდებით პრაქტიკულად შეუძლებელია. საპილოტაჟო-სანავიგაციო დანადგარების კომპლექსირება და ინტეგრაცია საბორტო გამოთვლითი მანქანების ბაზაზე, საშუალებას იძლევა რეალიზებულ იქნეს ინფორმაციისა და მართვის ოპტიმალური ალგორითმები და უზრუნველყოფს ნავიგაციისა და პილოტირების სიზუსტის არსებითად ამაღლებას.

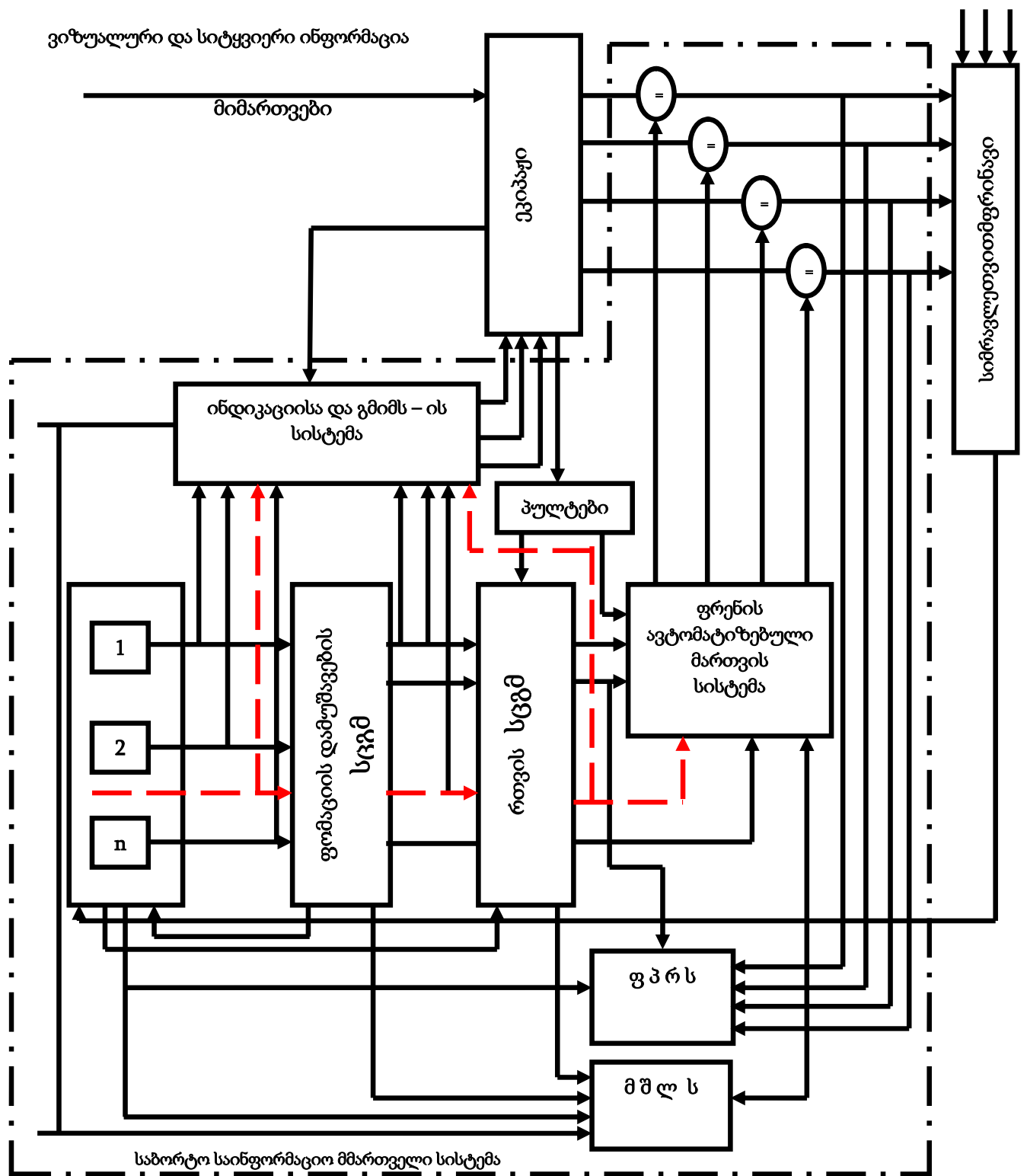
ის, რაც ადრე, იზოლირებულ ხელსაწყოებში ინდივიდუალური ანალოგური გამომთვლელებით მიუღწეველი იყო, ამჟამად შესაძლებელი ხდება საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის გამოყენების საშუალებით. ასეთი საინფორმაციო-მმართველი სტრუქტურა წარმოდგენილია **ნახ. 7.5-ზე**. სიგნალები ინფორმაციის გადამწოდებიდან (1, 2, 3....n) მიეწოდება, როგორც წესი, ანალოგური ტიპის ქვესისტემების გამომთვლელებში. ქვესისტემების და გადამწოდების გამოსასვლელი სიგნალები მიეწოდება საბორტო გამოთვლით მანქანას, ინდიკაციის და სიგნალიზაციის სისტემას, ასევე უშუალოდ ფრენის ავტომატური მართვის სისტემას, რომელიც უზრუნველყოფს არამართო კუთხურ, არამედ ტრაექტორიულ მოძრაობასაც.

ეკიპაჟი, რომელიც ღებულობს ინფორმაციას სიგნალიზაციისა და ინდიკაციის სისტემიდან, ასევე, ვიზუალური და სიტყვიერი ინფორმაციის საშუალებებიდან, იწყებს საჰაერო ხომალდის მართვას უშუალოდ მართვის ორგანოებზე ზემოქმედებით ან ფრენის ავტომატური მართვის სისტემის მართვის პულტის საშუალებით. ამასთან, შესაძლებელია საჰაერო ხომალდის მართვის საჭევრული, დირექტორული და ავტომატური რეჟიმების განხორციელება.

ამ თაობის საინფორმაციო-მმართველი სისტემები ჯერ კიდევ წარმოადგენენ ანალოგურ სისტემებს ინფორმაციის დამუშავებისა და მართვის რთული ალგორითმების რეალიზაციის შეზღუდული შესაძლებლობებით. თუ მასში გამოყენებულია საბორტო ციფრული ელექტრონული გამოთვლითი მანქანა, მაშინ იგი ემსახურება მხოლოდ ინფორმაციის დამუშავებისა და მართვის კერძო ამოცანების გადაწყვეტას. მუშაობის ერთი რეჟიმიდან მეორე რეჟიმში გადასვლა ხორციელდება ეკიპაჟის ბრძანების მიხედვით. ქვესისტემების ჩართვაც და გამორთვაც ასევე ხორციელდება ეკიპაჟის მიერ ხშირ შემთხვევაში. ასეთი საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემების ნაკლოვან მხარეებს მიეკუთვნება კაბინაში ძალზე დიდი რაოდენობის ჩართვის, აწყობის, მართვის, სიგნალიზაციისა და ინდიკაციის ორგანოების არსებობა.

ახალი თაობის თვითმფრინავების საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემა წარმოადგენს სისტემას ავტომატიზაციის მაღალი დონით (ნახ. 7.6).

მგრძნობიარე ელემენტებიდან - ინფორმაციის გადამწოდებიდან სიგნალები ფრენის კონტროლის პარამეტრების შესახებ მიეწოდება საბორტო ციფრულ გამოთვლით მანქანას ინფორმაციის დასამუშავებლად (ციფრული გამომთვლელი მანქანა შეიძლება იყოს ერთი ან რამდენიმე). გამოთვლით მანქანაში ხორციელდება სისტემის მდგომარეობის ვექტორის ოპტიმალური შეფასება სიზუსტის მიხედვით, გადამწოდების გამართულობის კონტროლი, შეზღუდვების პირობების დაცვის კონტროლი, ფორმირდებიან გადამწოდების მართვის სიგნალები. დამუშავებული ინფორმაცია მიეწოდება ინდიკაციის სისტემას და გადაწყვეტილების მიღების საინფორმაციო მხარდაჭერის სისტემას (გმიმს), ასევე საბორტო მმართველ კომპიუტერს, რომლის დანიშნულებაცაა მოცემული ოპტიმალური კრიტერიუმების მიხედვით, საჰაერო ხომალდის მართვის ალგორითმების რეალიზაცია და საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის შემადგენლობაში შემავალი ძალური დანადგარების და ქვესისტემების მართვა.



ნახ. 7.6. საბორტო საინფორმაციო მმართველი სისტემის სტრუქტურული
სქემა ავტომატიზაციის მარალი დონით

ასეთი ტიპის საინფორმაციო-მმართველი სისტემის განხილვისას საჭიროა გამოყოფილი იქნეს მისთვის დამახასიათებელი პრინციპული თავისებურებები, რომლებიც მართვის ქვესისტემებსა და ეკიპაჟის მიერ მიღებულ გადაწყვეტილებებისადმი ინფორმაციული მხარდაჭერის ქვესისტემის შესაძლებლობებს ეხება. მართვის მეთოდების მათემატიკური თეორიის განვითარება და ციფრული გამოთვლითი ტექნიკის სწრაფად მზარდი შესაძლებლობები რეალურ წინაპირობებს ქმნის მართვის არაწრფივი და ადაპტური მეთოდების რეალიზაციისათვის (თვითგადაწყობით, ცვლადი სტრუქტურით, რეკონფიგურაციით და ა.შ.). ეს საშუალებას იძლევა განხორციელდეს მართვის მაღალი ხარისხი, როგორც საჰაერო ხომალდის მახასიათებლების ფართო დიაპაზონში ცვლილების პირობებში, ისე საბორტო დანადგარების მტყუნებებისა და გარემოს ცვლილების დროსაც. ასევე, იძლევა საშუალებას, შემცირდეს საფრენოსნო გამოცდების ვადები, ამალდეს მართვის საიმედოობა და უნივერსალურობა. მართვის ქვესისტემის ფუნქციური შესაძლებლობების ასეთი არსებითი გაფართოება ერწყმის ეკიპაჟის ინფორმაციულ-ლოგიკური გადატვირთვის შემცირების საშუალებების გამოყენებას.

სიგნალიზაციის სისტემის გარდა იყენებენ გადაწყვეტილების მიღების ინფორმაციული მხარდაჭერის სისტემებს, რომლებიც ინფორმაციის დამუშავების საბორტო კომპიუტერთან ერთად საშუალებას იძლევა ეკიპაჟი უზრუნველყოს ახსნა-განმარტებითი ან სარეკომენდაციო ინფორმაციით ფრენის დროს განსაკუთრებული სიტუაციების წარმოშობისას. მსგავსი გადაწყვეტილების მიღების საინფორმაციო მხარდაჭერის სისტემის რეალიზაცია შესაძლებელია არა მარტო რთული ფორმალიზებული ამოცანების გადაწყვეტის საფუძვლებზე, არამედ ასევე ლოგიკურ-ლინგვისტური მოდელების დახმარებითაც ხელოვნური ინტელექტის შესაბამისი საშუალებების გამოყენების შემთხვევაში და უპირველეს ყოვლისა ექსპერტული სისტემების გამოყენებისას.

გადაწყვეტილების მიღების ინფორმაციული მხარდაჭერის სისტემის გამოსასვლელი მოწყობილობების სახით (რომლებიც აუცილებელია ეკიპაჟისადმი მითითებების ფორმირებისთვის) გამოიყენება ანბანურ-ციფრული და გრაფიკული დისპლეები და ადამიანის სიტყვის სინთეზის მოწყობილობები. რა თქმა უნდა, აქ, ინდიკაციის სისტემამაც განიცადა არსებითი ცვლილებები და ეხლა აგებულია თანამედროვე ფერად ელექტრონულ სხივურ მილაკებზე. ასეთი საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის მნიშვნელოვან შემადგენელ ფუნქციურ ელემენტს წარმოადგენს მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემა, რომლის დანიშნულებაც საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემის ქვესისტემების მუშაობის უნარიანობის შემოწმება სისტემის მიწისზედა კონტროლის დროს. საბორტო საინფორმაციო-მმართველ სისტემაში წარმოშობილი მტყუნებებისა და შეფერხებების შესახებ მიღებული ინფორმაციის შესაბამისად მიწაზე და ფრენისას ხორციელდება მათი ლოგიკურ დამუშავება სპეციალური ალგორითმების საშუალებით, გაიცემა ინფორმაცია მტყუნებების, შეფერხებების და ცალკეული ქვესისტემების დამაკავშირებელი ხაზების გაწყვეტის შესახებ. აღმოჩენილ მტყუნებებს ენიჭება შესაბამისი რიგითი ნომერი, ფიქსირდება მათი წარმოშობის დრო და ეს ინფორმაცია იგზავნება დამხსომებელ მოწყობილობაში.

უნდა აღინიშნოს, რომ დღესდღეობით სამოქალაქო ავიაციის საჰაერო ხომალდებზე არ არსებობს ხელოვნური ინტელექტის ბაზაზე აგებული საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემები გადაწყვეტილების მიღების საინფორმაციო მხარდაჭერის სისტემებით. თუმცა, ამ ბოლო დროს მსგავსი სისტემები გამოყენებულია სამხედრო საჰაერო ხომალდებზე.

7.3. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა

თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა აერთიანებს საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის (სსკ) ყველა სისტემას, შედგება ორი კომპლექტისაგან და გამოითვლის ყველა აუცილებელ პარამეტრს ავტომატური და დირექტორული პილოტირების უზურუნველყოფისათვის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში დაპროგრამებული ტრაექტორიების მიხედვით, იძლევა უწყვეტ ინფორმაციას ეკიპაჟისათვის საჰაერო ხომალდის ზუსტი აგომდებარეობის შესახებ და ავტომატურად მართავს კომპლექსში შემავალი ცალკეული სისტემების მუშაობის რეჟიმებს.

თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემის კომპლექტები ინფორმაციას გასცემენ ერთდროულად, მაგრამ მათგან ერთი წამყვანია და მისი მტყუნების შემთხვევაში ინფორმაცია მიეწოდება მეორე გამომთვლელიდან. კონტროლისათვის გამოყენებულია ინფორმაციის მანქანებსშორისი გაცვლა. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემებისათვის (თგს) გადაცემულია ასევე მოცემული საგზაო კუთხის მართვისა და სტაბილიზაციის ფუნქციები, ასევე დადგენილ ეშელონზე გასვლა ვერტიკალური და სახელსაწყო სიჩქარეებით. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა წყვეტს ასევე ოთხგანიზომილებიანი ზონალური ნავიგაციის (სივრცითი სამგანზომილებიანი და დროითი) ამოცანებს და უზრუნველყოფს მონაცემების გათვლებს ავტომატური მართვისათვის. გარდა ამისა, თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა წყვეტს ფრენის რეჟიმის ოპტიმალური ამოცანას საწვავის მინიმალური დანახარჯებით სიმაღლის აღების, კრეისერული ფრენის და დაშვების დროს. მართვისა და ინდიკაციის პულტზე გაიცემა ინფორმაცია სიჩქარისა და ეშელონის სიმაღლის ოპტიმალურობის შესახებ. თუ ეს მნიშვნელობები არ იქნება შენარჩუნებული, მაშინ მარშრუტის შუალედურ პუნქტებში გადაიცემა ინფორმაცია საწვავის გადახარჯვის შესახებ. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა გათვლის მარშრუტის მომდევნო შუალედური პუნქტების გავლის დროს თვით ბოლო პუნქტის ჩათვლით.

თავიდანვე საჰაერო ხომალდის თვითმფრინავტარების გამოთვლით სისტემას გააჩნია კორექციის რეჟიმები შორეული ნავიგაციის რადიოტენიკური სისტემის (შნრს) და ნავიგაციის თანამგზავრული სისტემის (ნთს) სიგნალების მიხედვით. უზურუნველყოფილია არა მარტო კორექცია, არამედ საინფორმაციო-საზომი სისტემების მუშაობის კონტროლიც ინფორმაციის კომპლექსური დამუშავების რეჟიმის გზით. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა უზურუნველყოფს მონაცემების გარდაქმნას კოორდინატების გეოგრაფიულ სისტემაში. ამ სისტემის სიგნალების მიხედვით თვითმფრინავტარების სიზუსტე განისაზღვრება საშუალო კვადრატული გადახრით $\delta = 1$ კმ.

თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემის ბირთვს წარმოადგენს ორი ციფრული გამოთვლითი მანქანა. თითოეული გამომთვლელი შეიცავს ორ პროცესორს. გამოთვლელის სწარმქმედება ხასიათდება ოპერაციის რეგისტრი-რეგისტრი შესრულების სიჩქარით, რომელიც ტოლია 800 000 ოპერაცია/ წამში. მუდმივი მეხსიერება შეიცავს 96 კილობაიტს, ოპერატიული მეხსიერება 19 კილობაიტს, მეხსიერება ელექტრული ჩაწერით 224 კილობაიტი (მათგან 192 კილობაიტი მოხსნადი მეხსიერება). მარშრუტის დაპროგრამებისათვის ჩვეულებრივ აუცილებელია დაახლოებით 3 კილობაიტი. ამრიგად, თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა უზურუნველყოფს დაახლოებით 70 მარშრუტის დაპროგრამებას. მეხსიერების კოდირება ხდება მიწაზე და შეიტანება გამომთვლელში. მარშრუტები კოდირდებიან, რათა სხვადასხვა საჰაერო ტრასებიდან შედგენილი იქნეს კონკრეტული მარშრუტი. მარშრუტის ნომერი შეიყვანება გამომთვლელის პულტის საშუალებით. მეხსიერების მოდულში ჩადებულია მარშრუტის ყველა შუალედური პუნქტის კოორდინატები.

ამრიგად, **თგს**-ში მარშრუტის ძირითადი პარამეტრები შეიტანება ავტომატურად. ზოგიერთი პარამეტრი, მაგალითად , რომელიც უზურუნველყოფს ასაფრენ-დასაფრენ ზოლზე (**ადზ**) გაქანების კონტროლს, შეიყვანება მართვისა და ინდიკაციის პულტიდან.

შეტანის ძირითადი რეჟიმი ავტომატურია. ამასთან თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემის პროცესორში დამხსომებული მოწყობილობიდან შეიტანება:

- მარშრუტის შუალედური პუნქტების ჩამონათვალი;
- მარშრუტის შუალედური პუნქტების კოორდინატები;
- ფრენის ეშელონები კრეისერული ფრენისას;
- ფრენის გეგმა;
- ინფორმაცია საჰაერო მოძრაობის მართვის ზონების მიხედვით ტრასის დანაწილების შესახებ;
- კავშირის რადიოსაშუალებების მუშაობის რეჟიმი და ა.შ.

მონაცემების ბაზასთან შემდგომი მიმართვა ხორციელდება მართვისა და ინდიკაციის პულტიდან. შეიტანება მარშრუტის ნომერი ტრასების კატალოგის მიხედვით. მარშრუტი თავის მხრივ წარმოადგენს სამ უბანს, კერძოდ აფრენის სტანდარტული მარშრუტი, კრეისერული მარშრუტი, დაფრენის სტანდარტული მარშრუტი. არსებობს აფრენისა და დაფრენის მარშრუტების მოცემის ხვადასხვა ვარიანტები: სიტყვიერი აღწერით, პოლარული კოორდინატების ნაკრებით, მარშრუტის პუნქტების კოორდინატების მითითებით.

გამომთვლელებში ჩადებული მონაცემების საფუძველზე ფორმირდება ფრენის პროგრამა. საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება საინფორმაციო-საზომი სისტემები (ინერციალური ნავიგაციური სისტემა, კორექციის რადიოტექნიკური სისტემა). მიმდინარე და მოცემული კოორდინატების შედარებისას ფორმირდება მმართველი სიგნალები ფრენის მართვის გამოთვლითი სისტემის მიერ (ფრენის მართვა) და წევის მართვის გამოთვლითი სისტემის მიერ (ძრავების წევის მართვა).

ლექცია 8. კრიტიკული რეჟიმებისა და მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემები

8.1 კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა

კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა უზრუნველყოფს პილოტების საპილოტაჟო ხელსაწყოებზე ფრენის საკონტროლო პარამეტრების დასაშვები მნიშვნელობების შესახებ ინფორმაციის ფორმირებას და გადაცემას, ასევე უზრუნველყოფს შესაბამისი შუქური და ხმოვანი სიგნალიზაციის ჩართვას საკონტროლო პარამეტრების ზღვრულად დასაშვები დონეების მიღწევის შემთხვევაში.

საბორტო ინდიკატორების სახით გამოიყენება: სიგნალიზაციის კომპლექსური სისტემა, ელექტრონული ინდიკაციის სისტემა, გაქანებისა და გარბენის ინდიკაციები. კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემიდან (კრგს) ინფორმაცია მიეწოდება მხოლოდ მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემას.

კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა უზრუნველყოფს:

- ფრენის პარამეტრების კონტროლს. ეს პარამეტრებია: გაქანებისა და აფრენის ეტაპზე სიჩქარეები; ტრაექტორიის დახრის კუთხე და ბარომეტრული სიმაღლე; აფრენისა და დაფრენის ეტაპებზე ქარის სიჩქარისა და მიმართულების ცვლილება (ქარის ძვრა); შეტევის, დაგვერდების კუთხეების ცვლილება; ნორმალური გადამეტტვირთვის და სახელსაწყო სიჩქარის ცვლილება; ემელონზე ფრენისას მოცემული სიმაღლიდან გადახრა;
- ფრენის საკონტროლო პარამეტრების ზღურბლური მნიშვნელობების გამოთვლას;
- ელექტრონული ინდიკაციის სისტემაში ფრენის პარამეტრების ზღურბლური მნიშვნელობების შესახებ ინფორმაციის გაცემას ორობითი კოდის სახით;
- სიგნალიზაციის კომპლექსურ ინფორმაციულ სისტემაში ერთჯერადი გამაფრთხილებელი სიგნალების ფორმირებას და გაცემას, რომლებიც თავის მხრივ ფლობენ ინფორმაციას ფრენის პარამეტრების შესაბამისი ზღურბლურ მნიშვნელობებთან მიახლოებისა და მიღწევის შესახებ მათი პრიორიტეტულობის გათვალისწინებით;
- სიგნალიზაციის კომპლექსურ ინფორმაციულ სისტემაში და მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემაში ინფორმაციის გაცემას კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილებების სისტემის გამომთვლელების მზადყოფნისა და და მუშაობისუნარიანობის შესახებ, ასევე ინფორმაციას კავშირის ხაზების გამართულობისა და თვით ინფორმაციის უტყუარობის შესახებ, რომელიც მიეწოდება თანმიმდევრობითი ორობითი ციფრული კოდის სახით გადამწოდების სისტემიდან;
- ერთჯერადი ბრძანებების ფორმირებას და გაცემას M რიცხვისა და სიმაღლის მოცემულ მნიშვნელობათა გადამეტების შემთხვევაში.

კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემის ძირითად ელემენტებს წარმოადგენს ორი იდენტური გამომთვლელი. გამომთვლელების დარეზერვება აუცილებელია სისტემის

საიმედოობის ამაღლებისათვის. სისტემა ფუნქციონირების პროცესში ურთიერთმოქმედებს მრავალ მოწყობილობასა და სისტემასთან (ნახ.8.1).

თანამედროვე კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემის შემადგენლობაში შედის:

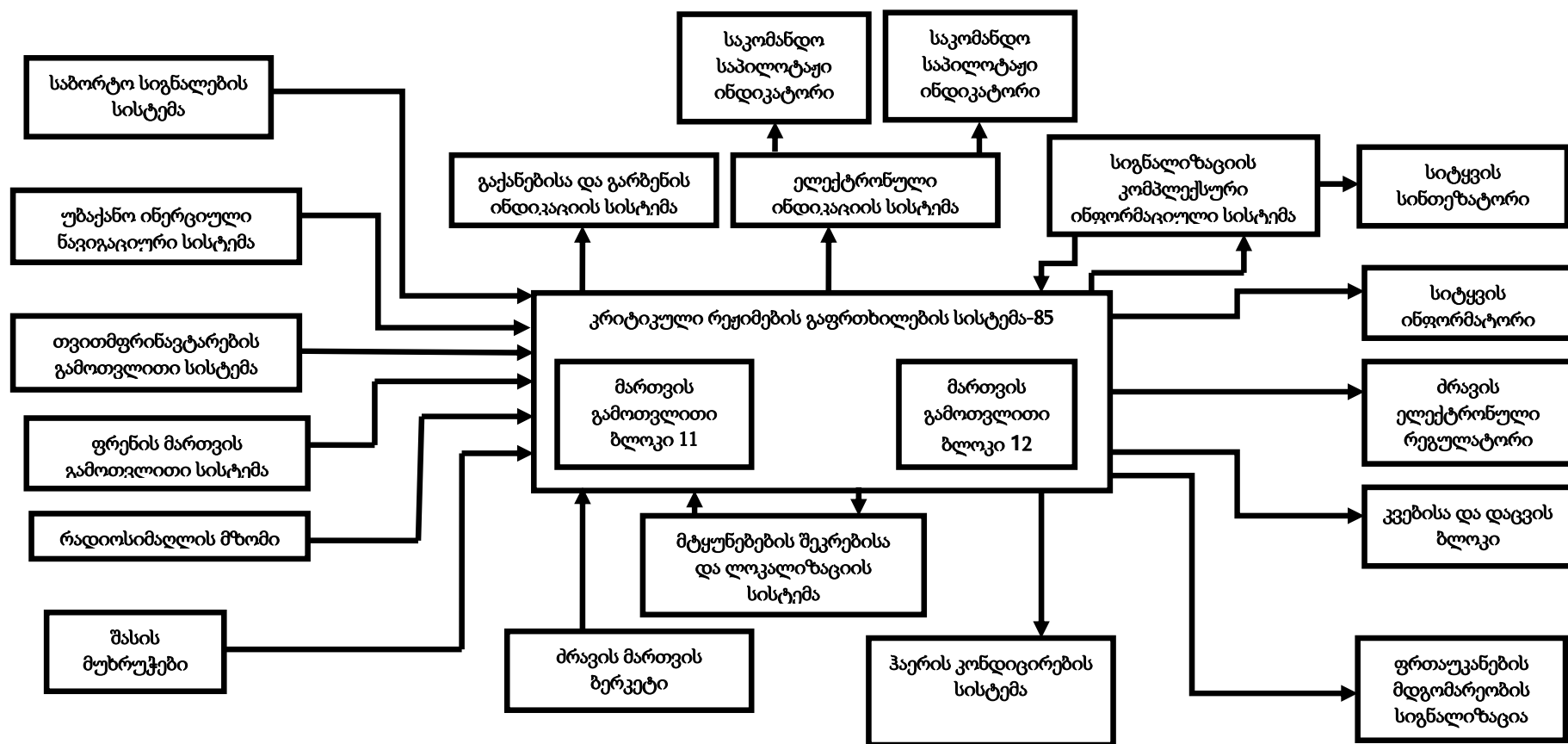
1. ორი გამომთვლელი;
2. საჰაერო სიგნალების სისტემა (სსს), რომელიც გასცემს ინფორმაციას ფრენის სიჩქარისეული-სასიგნალო პარამეტრების შესახებ;
3. ინერციალური სანავიგაციო სისტემა (ისს), რომელიც უზრუნველყოფს კუთხური სიჩქარეებისა და შესაბამისი კუთხეების მნიშვნელობათა ცვლილების შესახებ ინფორმაციის გაცემას;
4. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა, რომელიც გასცემს კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემაში ინფორმაციას გაქანებისა და აფრენის პარამეტრების კონტროლის შესახებ;
5. მართვის პულტი და ფრენის მართვის გამოთვლითი სისტემა. მართვის პულტიდან (მპ) ფრენის მართვის გამოთვლით სისტემაში (ფმგს) გაიცემა ინფორმაცია მოცემული (დადგენილი) ეშელონის შესახებ;
6. რადიოსიმაღლის საზომი, რომელიც უზრუნველყოფს სისტემებისადმი ფრენის ჭეშმარიტი სიმაღლის შესახებ ინფორმაციის მიწოდებას.

სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა წარმოადგენს ფრთაუკანების, ფრთისწინების გადახრის მიმდინარე კუთხისა და შასის ძირითადი დგარების მდგომარეობის გადამწოდს. თავის მხრივ სიგნალიზაციის კომპლექსურ ინფორმაციულ სისტემაში (სკის) კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემიდან მიეწოდება შემდეგი ინფორმაცია:

- ინფორმაცია კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემის გამომთვლელების მტყუნებების შესახებ;
- ხმოვანი ინფორმაცია შეტევის კუთხისა და მაქსიმალურად დასაშვები ნორმალური გადამეტებირთვის მნიშვნელობების შესახებ;
- სახელსაწყო სიჩქარე ნაკლებია V_{min} ან მეტია V_{max} ;
- მოცემული (დადგენილი) სიმაღლიდან ($H_g > 1500$) საშიში გადახრა;
- ეშელონზე გასვლა;
- სიჩქარე გაქანებისას V_1 -ზე ნაკლებია;
- V_R სიჩქარის მიღწევა;
- აფრენისას ტრაექტორიის დახრის პოტენციური კუთხე ნაკლებია დასაშვებზე;
- ქარის ძვრის მნიშვნელობა დასაშვებზე მეტია ან მეტია კრიტიკულზე;
- აფრენისას ფარდობითი ბარომეტრული სიმაღლე მინიმალურად დასაშვებზე ნაკლებია სიტყვის სინთეზატორზე გადაცემისათვის.

ელექტრონული ინდიკაციის სისტემის ინდიკატორზე აისახება კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემიდან მიღებულ შემდეგი ინფორმაცია:

- მანძილი, რომელიც დარჩენილია გადაწყვეტილების მიღების წერტილამდე და შეწყვეტილი აფრენის ხელთ არსებული დისტანციის დასრულებამდე;



ნახ. 8.1 . კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემის გარე კავშირები

- სახელსაწყო სიჩქარის დასაშვები მინიმალური V_{min} და მაქსიმალური V_{max} სიჩქარეები;
- შეტევის დასაშვები კუთხე $\alpha_{დას}$;
- გადმეტტვირთვის $\Pi_{მაქს}$ და დაგვერდების კუთხის მაქსიმალურად დასაშვები მნიშვნელობები;
- ქარის ძვრისას სახელსაწყო სიჩქარის მიმდინარე მნიშვნელობიდან პროგნოზირებადი გადახრა;
- $V_{მაქს}$, $\alpha_{დას}$, $\Pi_{მაქს}$ გადამეტება;
- მარცხენა (მარჯვენა) დაგვერდება დიდია;
- სახელსაწყო სიჩქარე $V_{მინ}$ -ზე ნაკლებია;
- დადგენილი სიმაღლიდან დაუშვებელი ($60\text{მ} < [\Delta H_g] < 150\text{მ}$) ან საშიში ($[\Delta H_g] > 150\text{მ}$) გადახრა;
- გაქანების შეწყვეტის აუცილებლობა;
- V_1 და V_2 სიჩქარეების მიღწევა;
- ქარის ძვრის მნიშვნელობა დასაშვებზე (კრიტიკულზე) მეტია;
- აფრენისას ფარდობითი ბარომეტრული სიმაღლე მინიმალურად დასაშვებზე მცირეა;
- კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემის გამომთვლელების მტყუნება.

მტყუნებების სიგნალიზაციის და ლოკალიზაციის სისტემა მიწისზედა კონტროლის ჩატარების დროს კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემაში გასცემს სიგნალს მის ჩართვაზე გაფართოებული კონტროლის რეჟიმში. გარდა ამისა, მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემა კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემიდან ღებულობს ინფორმაციას როგორც გამომთვლელების მტყუნებების შესახებ, ისე იმ სისტემების შემადგენელი ნაწილების მტყუნებების შესახებაც, რომლებიც ურთიერთმოქმედებენ კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემასთან. იმავდროულად ხორციელდება კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემასთან სხვა დაკავშირებული სისტემების კავშირის ხაზების კონტროლი და მათში წარმოშობილი მტყუნებების შესახებ ინფორმაცია გადაიცემა ფრენის პარამეტრების რეგისტრაციის სისტემაში. შასის სამუხრუჭო სისტემიდან კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა ღებულობს ინფორმაციას შასის მუხრუჭების მდგომარეობის შესახებ ერთჯერადი ბრძანებების სახით. ძრავას მართვის ბერკეტის მდგომარეობის გადამწოდებიდან კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემაში გაიცემა სიგნალები ერთჯერადი ბრძანებების სახით ძრავების მართვის ბერკეტების მდგომარეობის შესახებ. ხმოვანი ინფორმატორი (ხი) ახდენს ხმოვანი შეტყობინების აღწარმოებას კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემიდან წამოსული სიგნალების მიხედვით: „შეწყვიტე გაქანება“, „სიჩქარე დიდია“, „გადახრა ემელონიდან“.

კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა გასცემს ერთჯერად ბრძანებებს ფრენისას სიმაღლისა და სიჩქარეების დადგენილი მნიშვნელობებიდან გადამეტების შესახებ შემდეგ სისტემებში:

1. ჰაერის კონდიციონირების სისტემაში $H_g \geq 8000\text{მ}$;
2. ფარების დაცვისა და კვების ბლოკში $V_{\text{საბ}} \geq 400$ კმ/სთ;
3. ფრთაუკანების მდებარეობის სისტემაში $V_{\text{საბ}} \geq 480$ კმ/სთ;
4. ძრავას ელექტრონულ რეგულატორში $V_{\text{საბ}} \geq V_1$;
5. ჰაერნაკრების შებერვის სისტემაში $W > 50 \dots 60$ კმ/სთ.

8.2 მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემა

სისტემის დანიშნულებაა ეკიპაჟს შეატყობინოს და გააფრთხილოს თვითმფრინავის მიწის ზედაპირთან საშიში მიახლოების წარმოშობის შემთხვევაში. გაფრთხილების სიგნალების აღწარმოება ხდება სიტყვითი ბრძანებების სახით და სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემების ეკრანზე გამოტანილი წარწერების სახით. სისტემას გააჩნია მუშაობის რამდენიმე რეჟიმი, რითაც ხორციელდება გაფრთხილების სიგნალიზაციის გაცემა. კერძოდ ეს რეჟიმებია:

პირველი რეჟიმი. ამ რეჟიმში მუშაობისას სისტემა ადგენს დაშვების ვერტიკალური სიჩქარის დადგენილი ზღვრული მნიშვნელობის გადამეტებას. სისტემა გასცემს სიტყვიერ შეტყობინებებს „საშიში დაშვება“ და „აწიე ზევით“;

მეორე რეჟიმი. ამ რეჟიმში მუშაობისას სისტემა ადგენს მიწასთან მიახლოების სიჩქარის დადგენილი ზღვრული მნიშვნელობის გადამეტებას. ფრთაუკანების არადაფრენის მდგომარეობაში არსებობისას სისტემა გასცემს სიტყვიერ გაფრთხილებებს „მიწა“, „აწიე ზევით“, ხოლო ფრთაუკანების დაფრენის მდგომარეობაში ყოფნისას კი სიტყვიერ შეტყობინებას „მიწა“.

მესამე რეჟიმი. ამ რეჟიმში მუშაობისას სისტემა ადგენს სიმაღლის დაკარგვას აფრენის ან მეორე წრეზე წასვლის დროს. იგი გასცემს სიტყვიერ გაფრთხილებას „ნუ ეშვები“.

მეოთხე რეჟიმი. ამ რეჟიმში მუშაობისას სისტემა ადგენს საჰაერო ხომალდის ფრენას მიწის ზედაპირის სიახლოვეს აკეცილი შასით ან ფრთაუკანებით არა დაფრენის კონფიგურაციის შემთხვევაში. შეკეცილი შასის შემთხვევაში სისტემა გასცემს სიტყვიერ გაფრთხილებას „დაბალია შასი“ და „დაბალია მიწა“.

მეხუთე რეჟიმი. ამ რეჟიმში მუშაობისას სისტემა იძლევა გაფრთხილებას რადიოტექნიკური გლისადიდან მეტისმეტად ქვევით გადახრის შესახებ. სიტყვიერი გაფრთხილება ასეთი სახისაა „გლისადა“.

მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემა შედგება გამომთველელისა და გამაფრთხილებელი სიგნალების მაფორმირებლებისაგან, რომლებიც განლაგებულია

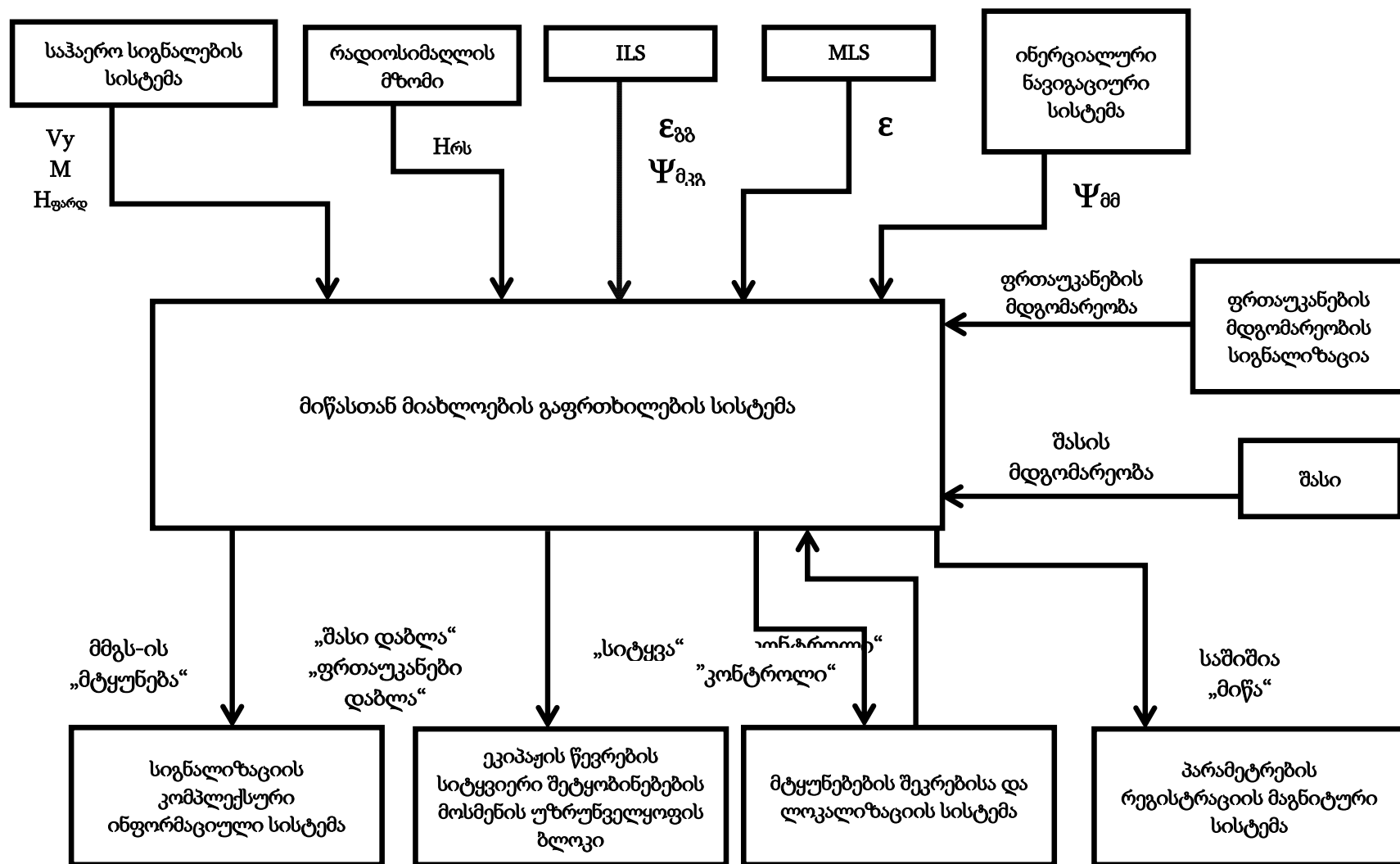
ერთ მონობლოკში. შესასვლელ ინფორმაციას სისტემა ღებულობს კოდური სიგნალებისა და ერთჯერადი ბრძანებების სახით (**ნახ. 8.2**).

შესასვლელი კოდური ინფორმაციის წყაროებს წარმოადგენენ სიტემები, რომლებიც გასცემენ შემდეგი სიგნალების პროპორციულ ინფორმაციას: საჰაერო სიგნალების სისტემა (**სსს**) გასცემს ინფორმაციას ვერტიკალური სიჩქარის V_y , მახის რიცხვის M და ფარდობითი ბარომეტრული სიმაღლის $H_{ფარდ}$ პროპორციულ სიგნალებს; რადიოსიმაღლის საზომი გასცემს $H_{რს}$ რადიოსიმაღლის პროპორციულ სიგნალს; **ILS** სისტემა გასცემს გლისადიდან გადახრის $E_{გგ}$ და ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის დადგენილი მაგნიტური კურსიდან გადახრის $\Psi_{მკგ}$ პროპორციულ სიგნალს; **MLS** სისტემა-გლისადიდან გადახრის პროპორციულ სიგნალს $E-ს$, ინერციალური ნავიგაციური სისტემა გასცემს მიმდინარე მაგნიტური კურსის შესაბამის პროპორციულ სიგნალს $\Psi_{მმ}$.

ერთჯერადი ბრძანებების წყაროებს წარმოადგენენ სისტემები, რომლებიც გასცემენ შემდეგი სიგნალების პროპორციულ ინფორმაციას: მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემა მიწისზედა კონტროლის ჩატარების უზრუნველყოფის სიგნალს; ფრთაუკანების მდგომარეობის სიგნალიზაცია, რომელიც აკონტროლებს ფრთაუკანების მდებარეობას დაფრენისას და აფრენისას; შასის მარცხენა დგარის მდგომარეობის ბოლო კიდურა ამომრთველი, შასის შეკეცილი ან გამოშვებული მდგომარეობის შესაბამის სიგნალებს.

მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემის ინფორმაციის მომხმარებ-ლებია შემდეგი სისტემები:

1. ეკიპაჟის წევრების სიტყვიერი შეტყობინებების მოსმენის ბლოკი, რომელიც ემსახურება ეკიპაჟის წევრების სიტყვიერი შეტყობინებების მოსმენის უზრუნველყოფას;
2. სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა (**სკის**), რომლის დანიშნულებაა ეკრანზე სიგნალების „დაბალია, შასი“, „დაბალია, ფრთაუკანები“ ასახვას მათი წარმოქმნის მომენტიდან გამომწვევი პირობების მოქმედების მოხსნამდე;
3. მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემა (**მშლს**), რომლის დანიშნულებაა ინფორმაციის მიღება მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემის მდგომარეობის, შესასვლელი ინფორმაციის წყაროებისა და მათ შორის კავშირების მდგომარეობის შესახებ;
4. პარამეტრების რეგისტრაციის სისტემა მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემის ამოქმედების რეგისტრაციისათვის.



ნახ.8.2. მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემის გარე კავშირები

მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემის გადაყვანა გაფართოებულ მიწისზედა კონტროლის რეჟიმში ხდება მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემიდან. მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემაში კონტროლის შედეგები გაიცემა და აისახება სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემის ეკრანზე ღილაკზე „ბლოკები“ თითის დაჭერის შემთხვევაში. მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემის მტყუნების შემთხვევაში ამ სისტემის წინა პანელის მონობლოკზე აინთება ინდიკატორი.

8.3. სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა, მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემა

სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა შედის კაბინური ინდიკაციის სისტემის შემადგენლობაში და უზრუნველყოფს თვითმფრინავის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის ასახვას.

სიგნალიზაციის სისტემის დანიშნულებაა ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა და ეკიპაჟისადმი ყველა საექსპლუატაციო ამოცანის საიმედოდ შესრულების მიზნით ინფორმაციის მიწოდება, მისთვის კომფორტულობისა და განტვირთვის პირობების შექმნა ლოგიკური ოპერაციების შესრულებისათვის, ასევე ყურადღების გამახვილება ფრენის განსაკუთრებულ პირობებში შესრულებისას ფერადი კოდირებული სიგნალებისა და ხმოვანი სიგნალიზაციის გამოყენების საშუალებით.

სისტემა უზრუნველყოფს: იმ სიგნალების მიღებას, გარდაქმნას და ლოგიკურ დამუშავებას, რომლებიც მიეწოდება გადამწოდებისა და საბორტო სისტემებისგან; საბორტო სისტემების მდგომარეობის და მათი პარამეტრების ცვლილების შესახებ ინფორმაციის ასახვას; თვითმფრინავის სისტემების უწყისივრობების სიგნალების ინდიკაციას; საბორტო სისტემების უწყისივრობების სიგნალების დამახსოვრებას და მათ გაცემას ფრენისშემდგომი კონტროლის ჩატარებისათვის; ხმოვანი (ბგერითი) სიგნალების ფორმირებას.

სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა შექმნილია ორი ფერადი ელექტრონულ-სხივური მონიტორის ბაზაზე, რომლებიც განთავსებულია სახელსაწყო დაფაზე.

ფუნქციონირების პროცესში სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა ფრენის დროს მარცხენა მონიტორის ეკრანზე ავტომატურად ახდენს მხოლოდ იმ სიგნალების ავტომატურ ინდიცირებას (გამონათებას), რომლებიც იძლევიან ინფორმაციას მტყუნებებისა და უწყისივრობების შესახებ და მოითხოვენ ეკიპაჟისგან მოცემულ მომენტში საჭირო მოქმედებების შესრულებას. მარჯვენა ეკრანი იძლევა ინფორმაციას ძრავების მუშაობის პარამეტრების შესახებ. ამა თუ იმ სიტუაციაში ეკიპაჟის მოქმედების სისწრაფისადმი დამოკიდებულების თვალსაზრისით სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა უზრუნველყოფს სამი კატეგორიის სასიგნალო ინფორმაციის გაცემას:

პირველი კატეგორიის სასიგნალო ინფორმაციის შემთხვევაში, რომელიც გულისხმობს ავარიულ სიტუაციას, მტყუნებაზე პარირების დრო 15 წამზე ნაკლები უნდა იყოს ე.ი. $T < 15$ წმ;

მეორე კატეგორიის სასიგნალო ინფორმაციის შემთხვევაში, რომელიც გულისხმობს ეკიპაჟის გაფრთხილებას, მტყუნების პარირებისათვის საჭირო დრო უნდა იყოს 15 წამის ტოლი ან მეტი;

მესამე კატეგორიის სასიგნალო ინფორმაციას არ გააჩნია შეზღუდვა დროის მიხედვით.

სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემის ეკრანებზე მტყუნებების შესახებ სიგნალები ინდიცირდება მინიჭებული კატეგორიების შესაბამისად.

სასიგნალო ინფორმაციის ტექსტების შედგენისას სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემის ეკრანზე მიეთითება იმ სისტემის შემოკლებითი აღნიშვნა, რომელშიც მოხდა მტყუნება, ხოლო შემდეგ ხდება იმის მითითება, თუ რა მოხდა სახელდობრ. მტყუნების შესახებ შეტყობინება ეკრანზე გამონათდება წითელი ან ყვითელი ფერით (კატეგორიების შესაბამისად), ეკიპაჟისადმი კარნახი-მითითების მიწოდება კონკრეტულ სიტუაციაში გაწერილი მოქმედებების შესახებ ეკრანზე აისახება ცისფრად. აფრენისა და დაფრენის ეტაპებზე მტყუნებების შესახებ ინფორმაცია ინდიცირდება კოდით „თვითმფრინავის კონფიგურაცია“. მარშრუტით ფრენისას მარცხენა ეკრანი მთლიანად დათმობილი აქვს სასიგნალო ინფორმაციას. მტყუნებების შესახებ სასიგნალო ინფორმაცია შესაძლებელია გაქრეს ეკრანიდან, იმ შემთხვევაში თუ გაქრება ამ სიგნალის ფორმირების პირობები. სასიგნალო ინფორმაციის ჩამოყრა ასევე შესაძლებელია ხელით მართვის პულტზე არსებულ „ჩამოყრა“ ღილაკზე თითის დაჭერით.

მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემის დანიშნულებაა საპილოტაჟო სანავიგაციო დანადგარების კომპლექსის ფრენისწინა და შემდგომი კონტროლის პროცედურის მართვა. სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა გამოთვლითი სისტემებიდან ღებულობს ინფორმაციას აპარატურის მტყუნებებისა და უწყესივრობების შესახებ, განსაზღვრავს აპარატურის მტყუნების ადგილს მოხსნადი ბლოკის სიზუსტით, იმავდროულად სისტემა უზრუნველყოფს მტყუნების ხასიათის შესახებ ინფორმაციის გამოტანას ეკრანზე და მის დამახსოვრებას.

ლექცია 9. ფრენის მართვის კომპიუტერი და ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა

9.1. ფრენის მართვის კომპიუტერი

საჰაერო ხომალდის მართვა ეკიპაჟს შეუძლია განახორციელოს დამოუკიდებლად მართვის ორგანოების დახმარებით ან ავტომატური პილოტირების სისტემით. უკანასკნელ შემთხვევაში ეკიპაჟს შეუძლია გამოიყენოს კონტროლისა და ასახვის მრავალფუნქციური ბლოკები საჰაერო ხომალდთან და ავტომატური პილოტირების სისტემასთან ურთიერთქმედების პრინციპული ინტერფეისის სახით.

ფრენის მართვის კომპიუტერი (**FMC-Flight Management Computer**) ეს არის კომპიუტერი, რომელთანაც ეკიპაჟი ურთიერთქმედებს კონტროლისა და ასახვის ბლოკების საშუალებით. ის დამოკიდებულია ავტომატური წევის სისტემასთან (ან წევის ავტომატთან) და ავტოპილოტირების სისტემასთან. ფრენის მართვის კომპიუტერი იზოლირებას უკეთებს ეკიპაჟს მართვის კონტურისაგან და მას აკისრია მხოლოდ კონტროლის როლი და ფრენის მართვის ჩაშენებული ავტომატური სისტემის ფუნქციონირებისადმი დაკვირვების მისია. ასეთი ავტომატური მუშაობა უზრუნველყოფს ფრენის ტრაექტორიის უფრო ზუსტ გზას და ძრავას მართვას.

ფრენის მართვის სისტემა ახდენს ნავიგაციის, მწარმოებლურობისადმი მართვის, ფრენის დაგეგმვის და ფრენის მთელი წინასწარ დაგეგმილი ტრაექტორიის კონტროლისა და ხელმძღვანელობის ფუნქციების თავის თავში მოყრას და მათ რეალიზებას.

მონაცემების ფართო სანავიგაციო ბაზასთან ერთად, სისტემა იყენებს დეტალიზებულ მონაცემთა ბაზას აეროდინამიკისა და საჰაერო ხომალდის ძრავას შესახებ. მონაცემთა ეს ბაზა შეიცავს ინფორმაციას ფრენის პროფილის შესახებ ისეთი ფაზებისთვის, როგორიცაა აფრენა, აფრენა შემცირებული (დადაბლებული) წევის დროს (**Flex-takeoff**), სიმაღლის აღება, კრეისერული რეჟიმი, დაშვება, მეორე წრეზე წასვლა. კრეისერული რეჟიმისთვის დაშვებადია სპეციფიური მონაცემები მაქსიმალური ეკონომიურობისათვის, დისტანციის სიგრძის და არჩეული სიჩქარის მიხედვით (თუ ამას მოითხოვს საჰაერო მოძრაობის მართვის სამსახური) ეკიპაჟი აყენებს ღირებულების ინდექსს, რომელიც წარმოადგენს შედარებით ანალიზს საწვავის ღირებულებასა და საფრენოსნო დროის ფარდობით ღირებულებას შორის. ფრენის ტრაექტორიის გასწორვ გამოიყენება ქარისა და ტემპერატურების პროფილების მოდელები, რომლებიც დაგეგმვის ფაზაში ეფუძნებიან მონაცემებს, რომლებიც შეტანილია ეკიპაჟის მიერ. შემდგომ, ფრენის დროს, სისტემა იყენებს პარამეტრების ფაქტობრივ სიდიდეებს, რომლებიც გაზომილია სენსორების დახმარებით.

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემას შეუძლია შეასრულოს პერსპექტიული დაგეგმვა მთელი ფრენისთვის, ისეთი ფრენის გეგმის შექმნით, რომელიც მინიმუმირებას გაუკეთებს დანახარჯებს. ფრენის დროს საგზაო დანახარჯების შესამცირებლად ხდება ფრენის გეგმის ალტერნატიული ვარიანტების შემოთავაზება, რომლებიც დაფუძნებულია

კონკრეტულ საფრენოსნო (ფრენის) მონაცემებზე. კონტროლისა და ასახვის მრავალფუნქციური ბლოკების დახმარებით პილოტები თვალს ადევნებენ ტრაექტორიის შესრულებას, ღებულობენ შეტყობინებებს და წინადადებებს (მაგალითად სიმაღლის საფეხურებრივად აღებისათვის) და იღებენ პროგნოზირებულ ინფორმაციას (მაგალითად, საწვავის ნარჩენის შესახებ). მათ შეუძლიათ ასევე გამოიკვლიონ ფრენის აქტიური გეგმის გარემოებები და ალტერნატივები.

ეკიპაჟის მიერ ფრენის მართვის სისტემის აქტივაციის შემდეგ, ის ავტოპილოტირებისა და წევის ავტომატის სისტემაში აგზავნის ბრძანებებს, რომლებიც გავლენას ახდენს ფრენის გეგმის შესრულებაზე. ფრენის მართვის კომპიუტერის მიერ ხდება ძრავას მუშაობის რეჟიმის ზუსტი გაანგარიშება ფრენის შესაბამისი ფაზისათვის წევის ავტომატის სისტემის მმართველი ზემოქმედების განხორციელების წინ. კრეისერული ფრენისას სიჩქარე M რიცხვის უმნიშვნელო კორექტირებები სრულდება არა წევასთან მანიპულაციების დახმარებით, არამედ სიმაღლის საჭის გადახრის დახმარებით ავტოპილოტის ბრძანების მიხედვით.

დასაშვებია სიმაღლის მდოვრე აღება ან საჰაერო ხომალდის დაშვება ± 50 ფუტის დიაპაზონის საზღვრებში საჰაერო სიჩქარის მცირე გადახრების კორექტირებისათვის. სიმაღლის საჭე უფრო მეტად მგძნობიარეა მცირე ცვლილების მიმართ ვიდრე ძრავა. ამიტომ მუშაობის რეჟიმი (წევის დონე) რჩება უცვლელი საჰაერო სიჩქარის ასეთი მცირე კორექტირებების დროს. ამრიგად ფრენის მართვის სისტემის მუშაობა უზრუნველყოფს ყველაზე უფრო ეკონომიურ ექსპლუატაციას.

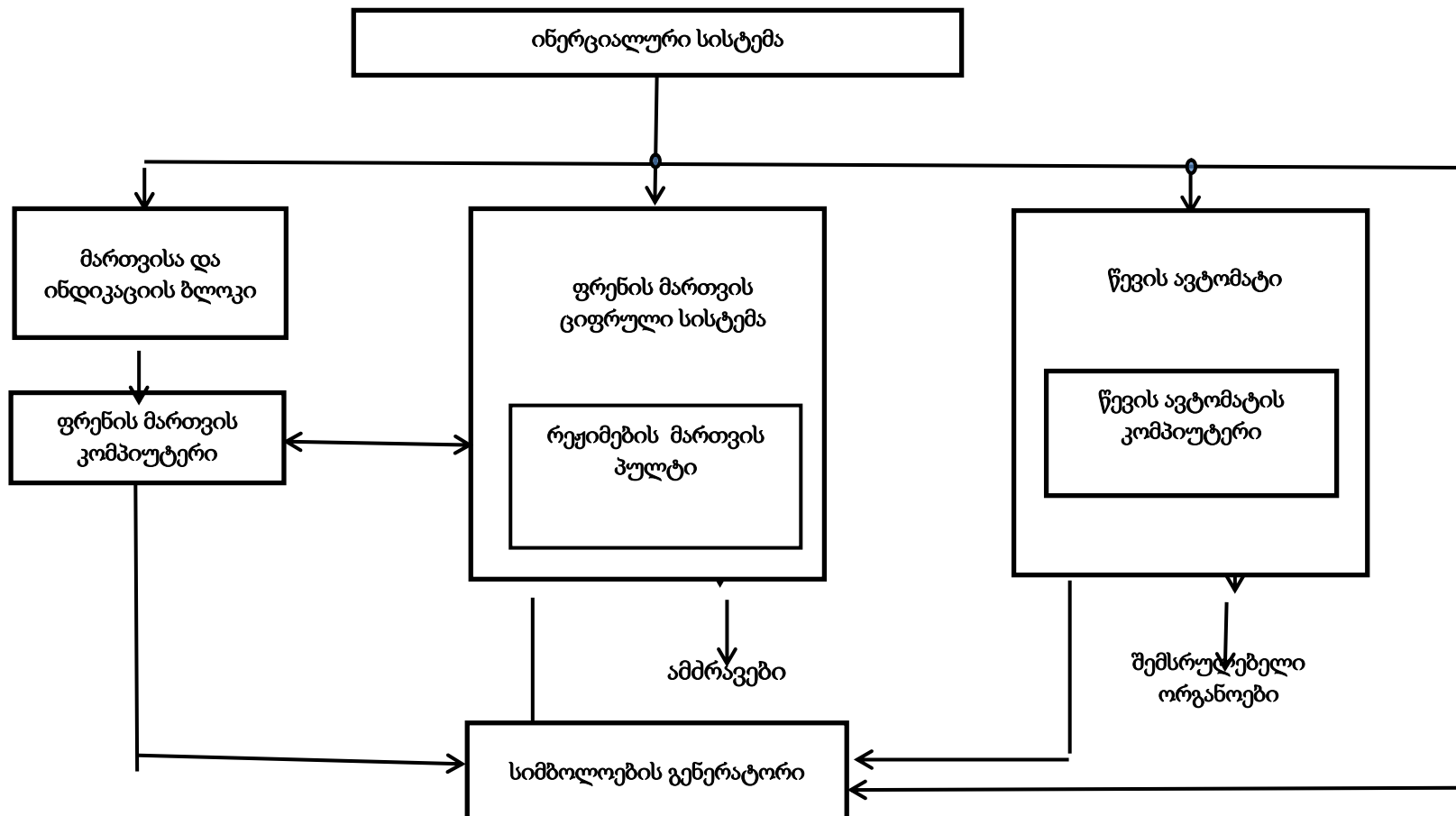
9.2. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა

9.2.1. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის ინტერფეისის აღწერა. ფრენის მართვის კომპიუტერში სიგნალების დამუშავება და მიმდინარე კონტროლი

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა (FMCS-Flight Management Computer System) წარმოადგენს ფრენის მართვის სისტემის ერთ-ერთ ქვესისტემას (ნახ.9.1). ფრენის მართვის სისტემის სხვა ქვესისტემებია ასევე: ინერციალური სისტემა (IRS-Inertion Reference System), ელექტრონული საპილოტაჟო ხელსაწყოების სისტემა (EFIS-Electroic Flight Instrument System), ფრენის მართვის ციფრული სისტემა (DFCS-Digital Flight Control System) და წევის ავტომატი (A/T). (FMCS -Flight Management Computer Sistem) უზრუნველყოფს ფრენის წინასწარ დაგეგმილი პროფილის მიხედვით პილოტირებას. მისი დანიშნულებაა საპილოტაჟო პროცედურების გამარტივება ნავიგაციის ფუნქციისა და ფრენის ხარისხის მართვის ფუნქციის გაერთიანებით. გარდა ამისა, ის წარმოადგენს ჩამოყალიბებული კონტროლის (FMS -Flight Management System) გაერთიანებული სისტემის ცენტრს.

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა შედგება ფრენის მართვის კომპიუტერისგან (**FMC -Flight Management Computer**) და მართვისა და ინდიკაციის (**CDU -Control Display Unit**) ორი ბლოკისგან. ინერციალური სისტემა უზრუნველყოფს ფრენის მართვის კომპიუტერულ სისტემას შესასვლელი ინფორმაციით საჰაერო ხომალდის სიჩქარის, მიმდინარე კოორდინატების და სივრცითი მდებარეობის შესახებ, ასრულებს სანავიგაციო ამოცანების და დადგენილი მახასიათებლების გათვლას (გაანგარიშებას), ასევე ამუშავებს სხვა დანარჩენ ინფორმაციას. ეს ინფორმაცია აისახება ელექტრონულ საპილოტაჟო ხელსაწყოების სისტემის საშუალებით ეკიპაჟის მიერ შემდგომი გამოყენებისათვის. გარდა ამისა მოცემული მახასიათებლებისა და ნავიგაციის გაანგარიშების ფუნქციები შეიძლება დაკავშირებული იყოს ფრენის მართვის ციფრულ სისტემასთან და წევის ავტომატთან, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს საჰაერო ხომალდის ავტომატური მართვა. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ავტომატური პილოტირების ფუნქციას ფრენის მართვის კომპიუტერის დახმარებით.

ფრენის მართვის ციფრული სისტემა ასრულებს დირექტორული პილოტირებისა და ავტოპილოტის ფუნქციებს. სანავიგაციო მონაცემები გამოიტანება ფრენის მართვის კომპიუტერიდან დირექტორული მართვის სისტემაზე ან ავტოპილოტზე ჰორიზონტალური ნავიგაციის რეჟიმში (**LNAV-Lateral Navigation**). ფრენის მახასიათებლები გამოიტანება



ნახ. 9.1. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა

ფრენის მართვის ციფრულ სისტემაზე და წევის აგრეგატზე რეჟიმში (VNAV-Vertical Navigation) (ვერტიკალური ნავიგაცია). ამრიგად, როცა ამოქმედებულია LNAV და VNAV საჰაერო ხომალდის ავტომატური მართვის ფუნქცია ხორციელდება ფრენის მართვის კომპიუტერის დახმარებით ელერონებისა და სიმადლის საჭის საშუალებით (დირექტორული მართვისას), ხოლო წევის მართვისათვის გამოიყენება წევის ავტომატი.

მართვის და ინდიკაციის ბლოკი მომსახურე პერსონალისათვის წარმოადგენს ჩატარებული შემოწმებების შედეგების ასახვის საშუალებას ჩაშენებული კონტროლის საშუალებების დახმარებით. ჩაშენებული კონტროლის თითოეული შემადგენელი აღჭურვილია საკუთარი ჩაშენებული კონტროლის საშუალებით. ჩაშენებული კონტროლის სისტემასთან დაშვება ხორციელდება მართვისა და ინდიკაციის ბლოკისა და ფრენის მართვის კომპიუტერის დახმარებით.

ახლა უფრო დაწვრილებით შევხვით ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის შესახებ ზოგად ცნობებს, მუშაობის ძირითად ფუნქციებს, მონაცემების სანავიგაციო ბაზას, ფრენის მახასიათებლების მონაცემების ბაზას, პროგრამების მუშაობის პრინციპს და გარე ინტერფეისებს.

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა წარმოადგენს ქვესისტემას, რომლის დახმარებითაც ეკიპაჟს შეუძლია შენახული მონაცემებიდან ამოირჩიოს ფრენის ტრასის სამგანზომილებიანი კონფიგურაცია, გააქტიუროს და შეცვალოს ის. კომპიუტერული სისტემა ათავისუფლებს ეკიპაჟს რუტინული სამუშაოსგან, რაც დაკავშირებულია სამარშრუტო რუკებთან და ხელმძღვანელობასთან უწყვეტი შეჯერების პროცესის გამორიცხვასთან, ასევე უზრუნველყოფს აუცილებელი რადიოსანავიგაციო სისტემების ავტომატურ აწყობას. ახორციელებს პილოტირების ბრძანებების გადაცემას და წევის მართვას, უზრუნველყოფს ავტომატური ფრენისას არჩეული ტრასის შესაბამისი ინფორმაციის ასახვას და შესაბამისად ფრენის მიმდინარე პირობების ვიზუალურ თვალმიდევნებას.

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის ძირითადი ფუნქციაა არჩეული ტრასის (ჰორიზონტალის და ვერტიკალის მიხედვით) მონაცემების შედარება საჰაერო ხომალდის მიმდინარე კოორდინატებთან და ამ მონაცემების გამოყენების საფუძველზე ბრძანებების გამომუშავება პილოტირებისა და წევის მართვის სიგნალების სახით, ისეთნაირად, რომ საჰაერო ხომალდმა იმოძრაოს ტრასის მონიშნული პროფილის მიხედვით.

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის მიერ თავისი ფუნქციების შესრულება დამოკიდებულია ორ ცალკეულ მონაცემთა ბაზებისგან (ნახ.9.2). ფრენის მახასიათებლების მონაცემთა ერთი ბაზა მუდმივია და ის არ არის ხელმისაწვდომი ეკიპაჟისთვის. რაც შეეხება მეორე- მონაცემთა სანავიგაციო ბაზას, ის შეიძლება იყოს ან მუდმივი (საავიაციო ტრასების კონფიგურაცია), ან დროებითი (შეტანილი საფრენოსნო ეკიპაჟის მიერ), ან კიდევ შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მათ (მუდმივი და დროებითი სანავიგაციო ბაზების) კომბინაციას.

მონაცემების სანავიგაციო ბაზა განსაზღვრული გეოგრაფიული რაიონისთვის შეიცავს შემდეგ მონაცემებს:

- 1) აერონავიგაციური საშუალებების მონაცემები:

- ICAO-ს იდენტიფიკატორი;
- სიხშირე;
- საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობა;
- კლასი;
- მაგნიტური ვარიაცია;
- სიმაღლე ზღვის დონიდან.

2) აეროპორტის მონაცემები:

- ICAO-ს იდენტიფიკატორი;
- დანიშნულების პუნქტის ადგილმდებარეობა;
- სიმაღლე ზღვის დონიდან;
- ასაფრენ-დასაფრენი ზღვრების მდებარეობა, ასაფრენ-დასაფრენი ზოლის სიგრძე;
- შუალედური და გარე რადიოშუქურები (გრძელი/განედი);
- მაგნიტური ვარიაცია.

ფრენის მახასიათებლების მონაცემების ბაზა წარმოადგენს საჰაერო ხომალდის ძრავასა და პლანერის მოდელს. ის თავის თავში შეიცავს ისეთ ინფორმაციას როგორიცაა: ძრავას წევა, საწვავის ხარჯი, მუშაობის რეჟიმების შეზღუდვები და აეროდინამიკური მახასიათებლები.

მუშა პროგრამა შეიცავს ფრენის მართვის კომპიუტერის ოპერაციულ ინსტრუქციებს, ასევე უზრუნველყოფს შეუღლებას (ინტერფეისს) შესასვლელებისა და გამოსასვლელების მიხედვით საჰაერო ხომალდის სხვა სისტემებთან. მუშა პროგრამა განსაზღვრავს გამოთვლებისათვის თუ ინფორმაციის წყაროების რა მონაცემები გამოიყენება, როგორ სრულდება გამოთვლები და გაცემს ფრენის ტრასის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდებარეობის ბრძანებებს ფრენის მართვის ციფრულ სისტემაში.

ფრენის მართვის კომპიუტერის გარე ინტერფეისი მოიცავს მართვისა და ინდიკაციის ბლოკს, ასევე სათადარიგო სანავიგაციო ბლოკს.

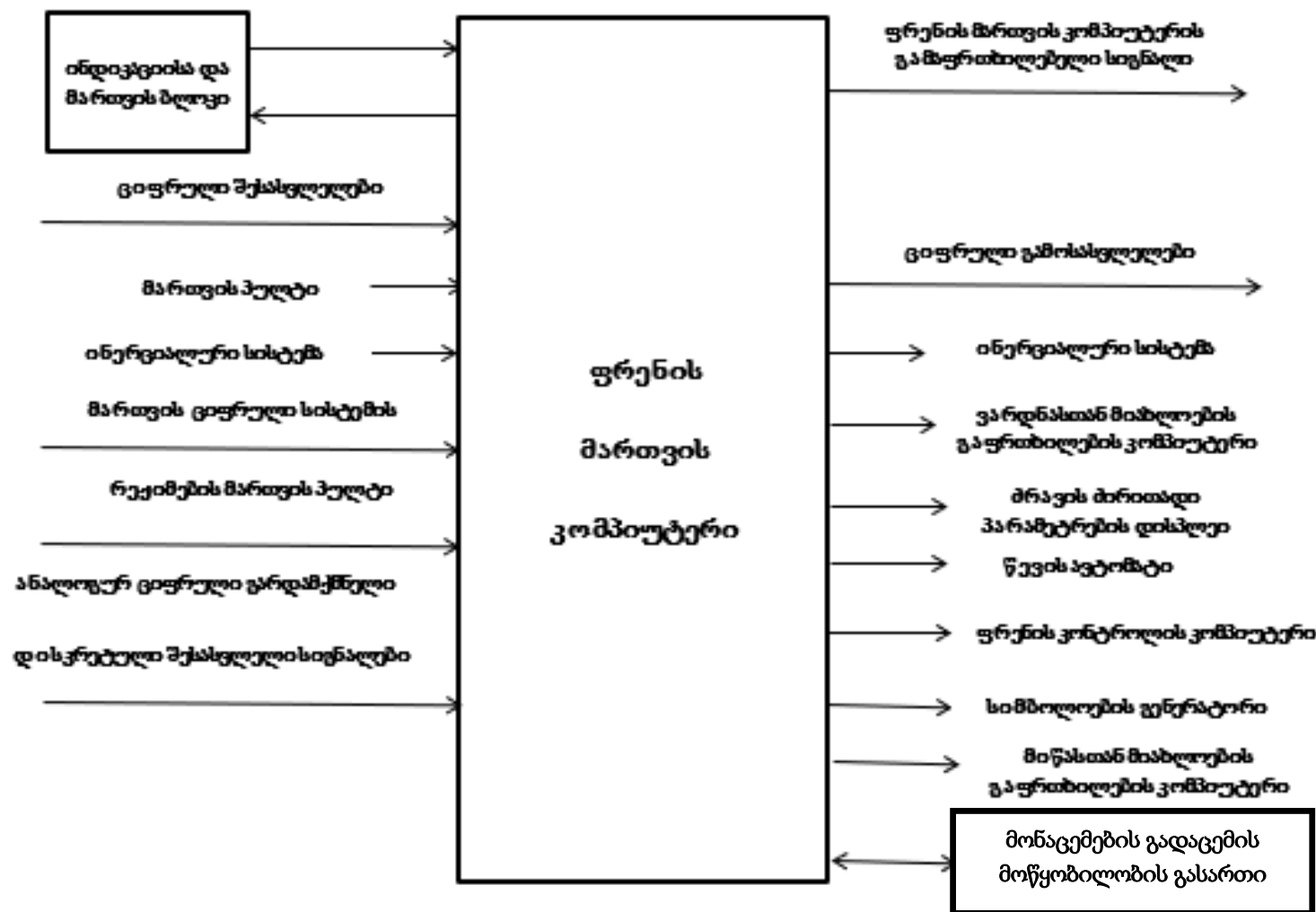
მართვისა და ინდიკაციის ბლოკი საშუალებას იძლევა ფრენის მართვის კომპიუტერში ეკიპაჟმა შეიტანოს ინფორმაცია და მისი დამუშავების შედეგად მიიღოს რეკომენდაციები.

ფრენის მართვის კომპიუტერისთვის ინფორმაციის წყაროებს წარმოადგენს სხვა სისტემებიც, მაგალითად, ინერციალური სისტემა, რომელიც ასევე აგზავნის ინფორმაციას ფრენის მართვის კომპიუტერში. ეს უკანასკნელი კი ამ ინფორმაციას იყენებს საჰაერო ხომალდის კოორდინატების განსაზღვრისათვის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში.

ფრენის მართვის კომპიუტერის გამოსასვლელ სიგნალებს წარმოადგენს ფრენის ტრასის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელების ბრძანებები ფრენის მართვის ციფრულ სისტემაში (რომელიც უზრუნველყოფს საჰაერო ხომალდის მმართველი ზედაპირების ადეკვატურ გადაადგილებას) და წევის ავტომატის კომპიუტერში (რომელიც გაცემს ბრძანებას ძრავების მართვის ბერკეტების გადაადგილებაზე). ფრენის მართვის

კომპიუტერი ასევე გასცემს მონაცემებს პილოტების სახელსაწყო დაფაზე მათი ინფორმირების მიზნით.

ფრენის მართვის კომპიუტერი ღებულობს ციფრულ და დისკრეტულ შესასვლელ სიგნალებს ინფორმაციის მრავალი წყაროდან და სხვა სისტემებიდან (ნახ.9.3). ის ასრულებს შესასვლელი და გამოსასვლელი სიგნალების დამუშავებას, რაც აუცილებელია საჰაერო ხომალდის ფრენის პროცესის მთელი პერიოდის განმავლობაში სისტემების მუშაობისათვის. ფრენის მართვის კომპიუტერის გამოსასვლელი სიგნალები წარმოდგენილია ციფრულ ფორმატში **ARINC 429**.



ნახ. 9.3. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის ინტერფეისი

ინერციალური სისტემა წარმოადგენს პირველ კომპონენტს სივრცეში საჰაერო ხომალდის კუთხური მდებარეობის გაზომვისა და კოორდინატების განსაზღვრისათვის. ის ფრენის მართვის კომპიუტერში გასცემს მონაცემებს მიმდინარე კოორდინატების, კურსის, კუთხური მდებარეობის, სიჩქარის, სიმაღლის, საგზაო სიჩქარის და ვერტიკალური სიჩქარის შესახებ ARINC 429 სალტის გამოყენებით.

საჰაერო მონაცემების ორი ციფრული კომპიუტერი (სმცვ) შეუღლებულია ფრენის მართვის კომპიუტერთან. თითოეული ციფრული კომპიუტერი ARINC 429 სალტის საშუალებით ფრენის მართვის კომპიუტერზე გასცემს მონაცემებს სიმაღლის, საჰაერო სიჩქარის, M რიცხვის და ტემპერატურის შესახებ.

პილოტის საათები ფრენის მართვის კომპიუტერზე გასცემს მონაცემებს მიმდინარე დროის შესახებ.

ინფორმაცია ორი FCC-დან გადაიცემა რეჟიმების მართვის პულტზე და შემდეგ კი ფრენის მართვის კომპიუტერში.

ფრენის მართვის ციფრული სისტემის (ფმცს) რეჟიმების მართვის პულტი (რმპ) უზრუნველყოფს ფრენის მართვის კომპიუტერში ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ნავიგაციის რეჟიმის ლოგიკის შესახებ მონაცემების გადაცემას, ასევე მონაცემების გადაცემას არჩეული სიმაღლისა და ელერონების გადახრის კუთხის შესახებ.

შეჯამების საწვავის ბლოკი გასცემს მონაცემებს საწვავის რაოდენობის შესახებ ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელის საშუალებით.

სიგრძის მზომი მოწყობილობის შემკითხავი გასცემს ფრენის მართვის კომპიუტერში ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელების საშუალებით მონაცემებს მანძილის შესახებ.

სანავიგაციო ულტრამოკლე ტალღების მიმღებები უზრუნველყოფენ ფრენის მართვის კომპიუტერზე მონაცემებს გადახრებისა და პელენგის შესახებ ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელების დახმარებით.

მონაცემების ჩატვირთვის გასართი იძლევა საშუალებას გამოყენებულ იქნეს მონაცემების გარე პორტატული ჩამტვირთავი ფრენის მართვის კომპიუტერთან შეერთებისათვის (შეუღლებისათვის), ამ უკანასკნელის საჰაერო ხომალდიდან დემონტირების გარეშე. მონაცემების ჩამტვირთავი გამოიყენება ფრენის მართვის კომპიუტერის სანავიგაციო ბაზის მონაცემებში ცვლილებების შეტანისათვის. შეუღლება ხდება როგორც შესასვლელ, ისე გამოსასვლელ სალტესთან.

ფრენის მართვის კომპიუტერი ღებულობს დისკრეტულ შესასვლელ სიგნალებს ფრთების და ძრავების შემოყინულობის საწინააღმდეგო სისტემებიდან. ამ სისტემების ამოქმედება იწვევს ძრავების წვევის შემცირებას. ფრენის მართვის კომპიუტერი იყენებს ყველა ამ სიგნალებს შესაბამისი შესწორებების შეტანისათვის ძრავების წვევის გამოთვლითი მნიშვნელობებისთვის.

ფრენის მართვის კომპიუტერის გამოსასვლელი სქემები გასცემენ შესაბამის ინფორმაციას მართვისა და ინდიკაციის ბლოკზე ეკიპაჟის ინფორმირებისათვის.

ფრენის მართვის კომპიუტერი აგზავნის ინფორმაციას ძრავას ძირითადი პარამეტრების შესახებ დისპლეიზე და ასევე ახორციელებს რადიონავიგაციური სისტემების ულტრამოკლე რადიოტალღების სიხშირის აწყობას შესაბამისი ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელების საშუალებით. გაფრთხილების კომპიუტერი "ვარდნასთან" მიახლოების შესახებ ფრენის მართვის კომპიუტერიდან იღებს ინფორმაციას სრული წონის შესახებ.

ფრენის მართვის კომპიუტერი შეპირაპირებულია ფრენის კონტროლის კომპიუტერთან (ფკვ). ფრენის მართვის კომპიუტერის გამოსასვლელი ინფორმაცია გადასცემს ფრენის კონტროლის კომპიუტერს გამოთვლილი საჰაერო სიჩქარის და M რიცხვის გაანგარიშებულ მნიშვნელობებს, სიმაღლის და ვერტიკალური სიჩქარის გაანგარიშებულ მნიშვნელობებს და მართვის ბრძანებას დაგვერდების მიხედვით.

ფრენის მართვის კომპიუტერი გასცემს სანავიგაციო მონაცემებს, დამიზნების მონაცემებს და საწყის სანავიგაციო მონაცემებს სიმბოლოების გენერატორზე ამ მონაცემების ასახვისათვის.

ფრენის მართვის კომპიუტერს შეუძლია დამუშავებისათვის მიიღოს 28 ციფრული სიგნალი და გასცეს 14 გამოსასვლელი სიგნალი **ARINC 429**-ში. ყველა გამოსასვლელი დამუშავებულია მოკლე ჩართვის დაცვისაგან, ხოლო პორტები ერთმანეთისგან იზოლირებულია ისეთნაირად, რომ მათგან ერთ-ერთის უწყისივრობამ არ უნდა მოახდინოს სხვა დანარჩენებზე გავლენა.

ფრენის მართვის კომპიუტერი ასრულებს სამ ფუნქციას, რომლებსაც საფუძვლად უდევს კომპიუტერში შენახული ინფორმაცია და სხვადასხვა სახის ციკლური და დისკრეტული შესასვლელი მონაცემები. ფრენის მართვის კომპიუტერის ფუნქციებს წარმოადგენს:

- ფრენის მონაცემების დამუშავება;
- სანავიგაციო მონაცემების დამუშავება;
- მართვის მონაცემების დამუშავება.

ფრენის მონაცემების, სანავიგაციო მონაცემების და მართვის მონაცემების გამოსასვლელი ინფორმაცია გამოიტანება ციფრული მონაცემების გამოსასვლელ სალტეებზე. ფრენის მართვის კომპიუტერში დამახსოვრებული (შენახული) ინფორმაცია წარმოდგენილია საფრენოსნო და სანავიგაციო ბაზების სახით. მონაცემთა ეს ბაზები შესაძლებელია შეიცვალოს მონაცემთა ბაზების გარე ჩამტვირთავის დახმარებით.

ფრენის მართვის კომპიუტერის მუშაობის კონტროლი ხორციელდება მუშა საფრენოსნო პროგრამის ერთი ნაწილით, რომელიც ითვალისწინებს ჩაშენებული კონტროლის ფუნქციის შესრულებას. ეს ფუნქცია გულისხმობს ფრენის მართვის კომპიუტერის მუშაობისადმი უწყვეტი დაკვირვების პროცესს.

გარდა ამისა ამ ფუნქციის საშუალებით ხორციელდება მუდმივი თვალმიდევნება საჰაერო ხომალდის სისტემების მუშაობაზე, რომლებთანაც ფრენის მართვის კომპიუტერის სისტემის შეუღლება უზრუნველყოფს როგორც ნავიგაციური ისე ეკონომიური ასპექტების ოპტიმიზაციას. ასეთი სახის შემოწმებათა საშუალებით, კონტროლის ჩაშენებული სისტემა იძლევა გარანტიას ფრენის მართვის კომპიუტერის ფუნქციათა

ნაკრების შესრულებაზე და გამორიცხავს საჭიერო ხომალდის სხვა სისტემების მონაცემების შესაძლო არაკორექტულ გავლენას მასზე. ფრენის მართვის კომპიუტერის თვითკონტროლის ფუნქციები იყოფა რეალური მუშაობის რეჟიმში (ფრენისას on line რეჟიმში) და ინიციალიზაციის პროცესში შესასრულებელ ქვეფუნქციებად (ტესტები, რომელთა გაშვება ხდება ფრენის მართვის კომპიუტერზე კვების ძაბვის მიწოდების შემდეგ).

9.2.2. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემით ფრენის მონაცემების გამოთვლა

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის პროგრამის საშუალებით ხორციელდება ფრენის მონაცემების ოპტიმალური მნიშვნელობების გამოთვლა, რომლებიც განსაზღვრავს სიმაღლის ადების, კრეისერული ფრენის და დაშვების გრაფიკებს. ისინი ავტომატურად გასცემენ სიჩქარის მოთხოვნილ მნიშვნელობებს და გაანგარიშებული წევის საზღვრებს, რომლებიც თავის მხრივ შეიძლება დაკავშირებული იყოს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მართვის ბრძანებებთან ავტოპილოტისა და წევის ავტომატური რეგულირების სისტემებით. ძირითადი ეკონომიური რეჟიმი ავტომატურად აირჩევა სისტემის მიერ ოპერატორის ჩარევის გარეშე.

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის ფრენის მონაცემების ბაზა განლაგებულია მის მუდმივ პროგრამულ მეხსიერებაში. ის შედგება:

- საჭიერო ხომალდის აეროდინამიკური მოდელისგან, რომელიც მოიცავს მაღალი სიჩქარეების ძირითად პოლარებს, ფრენის რეჟიმების არეს და დამტკიცებული მონაცემების დამახსოვრებულ მნიშვნელობებს მოცემული ტიპის საჭიერო ხომალდის მუშაობისათვის;
- საჭიერო ხომალდზე დაყენებული ძრავას ტიპისთვის საწვავის ხარჯვისა და წევის მოდელისგან. ეს მოდელები გამოიყენება საწვავის ხარჯის გამოთვლის, ძრავასათვის წევის ზღვრული და გამოთვლითი მნიშვნელობების, ასევე საჭიერო გარემოს მდგომარეობის გავლენის კომპენსაციისა და შემოყინულობის საწინააღმდეგო სისტემებისათვის ჰაერის არინებისათვის.

ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა თავის ძირითად გამოსასვლელებზე გასცემს სიჩქარისა და წევის გაანგარიშებულ მნიშვნელობებს ფრენის მუშა რეჟიმის არჩეული ფაზისათვის და წევის გადამეტრეგულირებისგან ძრავების დაცვის მიზნით.

ფრენის მართვის კომპიუტერი წარუდგენს მონაცემებს გაფრთხილების კომპიუტერს საჭიერო ხომალდის ვარდნის მოახლოების შესახებ. მართვის კომპიუტერი გასცემს ასევე ინფორმაციას ფრენის მონაცემების სიმბოლოების გენერატორზე დისპლეის ეკრანზე შემდგომი ასახვისათვის.

ფრენის მართვის კომპიუტერის ერთ-ერთი უმთავრესი ფუნქციაა ეკონომიურობის კოეფიციენტის დადგენა, რომლის არსი მდგომარეობს შემდეგში. სიჩქარეების გრაფიკები საჭიერო ხომალდის მიერ სიმაღლის ადების, კრეისერული ფრენის და დაშვების ფრენის

ფაზების შესრულებისას ძირითადში განისაზღვრება როგორც ცვლადის ფუნქცია, რომელიც ცნობილია ღირებულების ინდექსის სახელწოდებით. ეს არის რიცხვი, რომელიც ადგენს დამოკიდებულებას პირდაპირ ოპერატორულ საათურ საფრენოსნო დანახარჯებსა და საწვავის ფასს შორის, რათა დადგინდეს მათ შორის კომპრომისი. ღირებულების ინდექსი მუშავდება როგორც შესატანი ცვლადი, რომლის შეცვლა შესაძლებელია ოპერატორის მიერ. ეს ოპერატორს აძლევს საშუალებას ოპტიმიზირება გაუკეთოს ეკონომიკის თვალსაზრისით სიჩქარეების გრაფიკებს სიმაღლის ალების, კრეისერული ფრენის და დაშვების ფაზებისათვის კონკრეტული მუშა პირობების ნაკრების შემთხვევაში, რომლებიც შესაძლებელია შემოსაზღვრული იყოს ფრენის რეალიზაციის დროს წარმოშობილი მოთხოვნათა სიმრავლით.

ოპერატორის მიერ არჩეული ღირებულების ინდექსის ნებისმიერი მნიშვნელობისათვის საფრენოსნო მონაცემების ბაზა შეიცავს ინფორმაციას ფრენის კრეისერული სიჩქარის გრაფიკის შესახებ, რომელიც უწყვეტად ფასდება კრეისერული ფრენის ფაზაში ისეთნაირად, რომ მიღებულ იქნეს ყველაზე უფრო ეკონომიური კრეისერული სიჩქარე.

სიმაღლის ალებისა და დაშვების ეკონომიური სიჩქარეების გრაფიკები გამომუშავებულია აეროდინამიკური ინფორმაციის ანალიზის ჩატარების შემდეგ, რეისის მინიმალური ღირებულების მიღების მიზნით, რომელიც დაფუძნებულია ღირებულების ინდექსის გათვალისწინებაზე და საჰაერო ხომალდის სრულ წონაზე ფრენის უბნების მონაკვეთების საზღვრებში, რომლებიც შეთანხმებულია ფრენის ნორმალურ შესრულებასთან.

საჰაერო ხომალდის სრული წონა გამოითვლება პილოტის მიერ საწვავის და ზეთის გარეშე საჰაერო ხომალდის წონის შეტანით, რომელიც მიღებულია საწვავმზომიდან ბორტზე. ის აღიქვამს საწვავის რაოდენობას ყველა ინდიკატორიდან, რომლებიც გადაიცემა იმპულსების თანმიმდევრობის სახით. ხდება იმპულსების დეკოდირება, შემდეგ კი მათი შეჯამება პროცესორში. გამოსასვლელი მნიშვნელობა შეესაბამება ბორტზე საწვავის მარაგს, შემდეგ გარდაიქმნება ანალოგურ სიგნალში და იგზავნება ციფრულ-ანალოგურ გარდამქმნელში. ბოლოს ეს სიგნალი დემოდულირდება, იფილტრება და იგზავნება ფრენის მართვის კომპიუტერში სალტე 429-ის საშუალებით.

ლექცია 10. საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის დაპროექტების ინფორმაციული ტექნოლოგიები

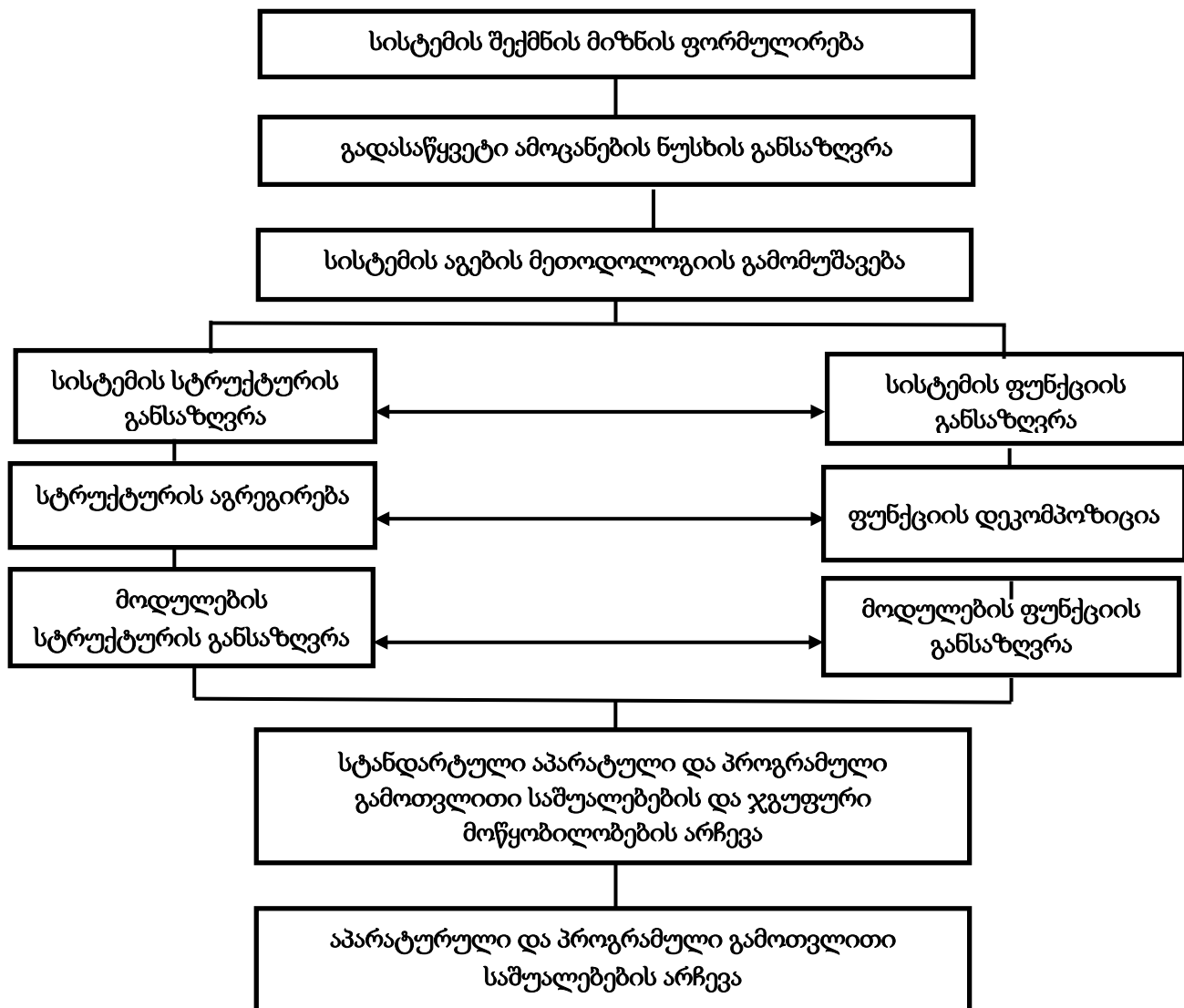
10.1. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა, როგორც საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემა. საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის დამუშავებისას გადასაწყვეტი ამოცანების ნუსხა, სინთეზი და რეალიზების საინფორმაციო ტექნოლოგიები

ახალი თაობის საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების შექმნა წარმოადგენს რთულ და შრომატევად სამეცნიერო-ტექნიკურ პრობლემას. მისი გადაწყვეტა მოითხოვს მნიშვნელოვან ძალებისა და საშუალებების ჩართვას ამ საქმეში. ასეთი სისტემების შექმნა დაფუძნებულია შემდეგი პრინციპული მოთხოვნების შესრულებაზე:

- საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა განიხილება როგორც საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემა;

- მთელი ინფორმაცია წარმოდგენილია ციფრულ ფორმაში;
- სისტემას გააჩნია ქსელური სტრუქტურა;
- სისტემა ტოპოლოგიურად ერთგვაროვანია და შედგება მოდულებისგან;
- სისტემის ტექნიკური რეალიზაცია გათვლილია სტანდარტული აპარატული და პროგრამული საშუალებების გამოყენებაზე, სამრეწველო წარმოების ელემენტურ ბაზაზე.

სისტემის დამუშავებისას გადასაწყვეტი ამოცანების ნუსხა წარმოდგენილია ნახ.10.1-ზე.



ნახ.10.1. სისტემის დამუშავებისას გადასაწყვეტი ამოცანების ნუსხა

ამ ბოლო წლებში მონაცემების დამუშავების სისტემების შექმნის მეთოდოლოგიამ განიცადა ძირფესვიანი ცვლილება. ტერმინის „ტექნოლოგია“-ს გამოყენება თანამედროვე მეთოდოლოგიებთან მიმართებაში აჩვენებს, რომ ის დაფუძნებულია ფორმალიზებულ დისციპლინებზე ზუსტ და კარგად მოფიქრებულ მეთოდებზე, და არა საქმის მსვლელობისას გამოგენებულ და ხშირად არაკორექტულ მეთოდებზე. მკაცრი გაგებით ტერმინი „ინფორმაციული ტექნოლოგია“ მიეკუთვნება ურთიერთდაკავშირებულ დისციპლინათა ნაკრებს, რომელიც საჭიროა კომპიუტერიზებული სისტემების შექმნისა და აგებისათვის და დაფუძნებულია თანამედროვე ინტეგრირებულ მონაცემთა ბაზებზე. ინფორმაციული ტექნოლოგიის საფუძველია-მონაცემები, ასევე ინფორმაცია, რომელიც ამოღებულია ამ მონაცემებისაგან.

ინფორმაციული ტექნოლოგია თანამედროვე ეტაპზე იძლევა საშუალებას მოხდეს თანამედროვე რთული ავტომატიზებული სისტემების შექმნა ფორმალიზებული მეთოდების საშუალებით.

სამოქალაქო ავიაციაში ავტომატიზებული სისტემების ინფორმაციული ტექნოლოგიების შექმნის პირველი და ძირითადი წინაპირობაა ის, რომ საჰაერო მოძრაობის მართვის თანამედროვე ცენტრში უნდა არსებობდეს სატრანსპორტო სისტემის ფუნქციონირების შესახებ სრული ინფორმაცია საჭირო მონაცემების სახით. ეს მონაცემები ინახება და გამოიყენება მონაცემთა ბაზების მართვის სხვადასხვა სისტემების საშუალებებით.

უკანასკნელ ხანს მსოფლიო პრაქტიკაში სამოქალაქო ავიაციაში რთული მეცნიერულტექნიკური პროდუქციის შექმნისას გამოიყენება ტექნოლოგია, რომელმაც მიიღო **PDM (Product Data Management)**-ის სახელწოდება. ვიწრო გაგებით **PDM** ტექნოლოგია ეს არის ნაკეთობისა და მისი წარმოების პროცესის საჭირო სრული მონაცემების შესახებ ელექტრონულ სახეში წარმოდგენილი მეთოდების ერთობლიობა.

შესაბამისად **PDM** სისტემა განიხილება როგორც ნაკეთობის შესახებ მონაცემების ინტეგრირებული ერთიანი ლოგიკური მოდელი, რომელიც მხარდაჭერილია მონაცემების შენახვის შესაბამისი პროგრამული საშუალებებით და მათდამი დაშვებით.

მონაცემებისადმი სრული დაშვებადობა წარმოადგენს სწორედ **PDM** სისტემების იმ თვისებას და პირველ წინაპირობას რომელმაც განაპირობა არსებითი დადებითი ეფექტი, რომელიც მდგომარეობს ნაკეთობათა დამუშავების ვადების შემცირებაში, დაპროექტებისა და ტექნოლოგიური უზრუნველყოფის შრომატევადობის შემცირებაში. **PDM** ტექნოლოგიის ზემოთ ჩამოყალიბებული და ფორმირებული არსი, რა თქმა უნდა კონკრეტიზებული უნდა იქნეს განსაზღვრული საგნობრივი სფეროს შესაბამისად (ჩვენს შემთხვევაში იგულისხმება-საჰაერო მოძრაობის მართვის საგნობრივი სფერო).

უნდა ხაზგასმით აღინიშნოს, რომ აღნიშნული ტიპის ინფორმაციული ტექნოლოგიის შექმნის წინაპირობას (მეორე წინაპირობა) წარმოადგენს ასევე ის, რომ გამოყენებული მონაცემების ტიპები საკმაოდ ხანგრძლივი დროის პერიოდის განმავლობაში სტაბილურია. ობიექტი არის ის, რის შესახებაც ინახება მონაცემები, მაგალითად: „საჰაერო ხომალდი“, „აეროპორტი“, „რადიოლოკატორი“, „რადიოშუქურა“ და ა.შ. ობიექტის ტიპები არ იცვლება დიდი დროის განმავლობაში, თუმცა ეს შესაძლებელია იშვიათად, კერძოდ მაშინ, როცა მოხდება ახალი ტიპის ობიექტების დამატება. ამ ობიექტების ატრიბუტების ტიპები ასევე იცვლება იშვიათად. რაც შეეხება მონაცემების მნიშვნელობებს ისინი მუდმივად იცვლებიან, თუმცა ამ მონაცემების სტრუქტურა ასევე ძალზე იშვიათად იცვლება, თუ თავიდანვე სისტემა კარგად იყო დაპროექტებული.

თუ გვექნება მონაცემების ელემენტების ტიპების რაღაც განსაზღვრული ნაკრები, მაშინ შესაძლებელია მოიძებნოს მათი ლოგიკური აგების ოპტიმალური ხერხი, რითაც შესაძლებელი იქნება მონაცემების მდგრადი მოდელის შექმნა.

და ბოლოს, სისტემის დამუშავების ინფორმაციული ტექნოლოგიის შექმნის მესამე წინაპირობა მდგომარეობს მის ეკონომიურ მიზანშეწონილობაში.

ცხადია, რომ ყველა აღნიშნული სამი წინაპირობის დაკმაყოფილება მოითხოვს მნიშვნელოვან დანახარჯებს. ინფორმაციული ტექნოლოგიაზე გაწეული მოკლევადიანი დანახარჯების მინიმიზაცია იწვევს მომავალში ინფორმაციული ტექნოლოგიების მომსახურებაზე მაღალ ღირებულებას და რაც რა თქმა უნდა, ხელს უშლის მოხდეს სისტემის

ინფორმაციული ტექნოლოგიის ფუნდამენტი იქნება სიცოცხლისუნარიანი, მხოლოდ მაშინ, თუ მონაცემები იქნება სწორად იდენტიფიცირებული და სტრუქტურირებული ისეთნაირად, რომ შესაძლებელი იქნება საკმარისი მოქნილობით მათი გამოყენება. ეს არ არის მარტივი ამოცანა. საინფორმაციო-გამთვლითი სისტემის აგების ზოგადი მეთოდოლოგია შესაძლებელია წარმოვიდგინოთ **ნახ.10.2**-ზე წარმოდგენილი რამდენიმე ბლოკის სახით.



პირველი (ზედა) ბლოკი წარმოადგენს სისტემის საინფორმაციო - ტოპოლოგიური მოდელის აგებას. სისტემის მოდელმა უნდა ასახოს არა მარტო არსებული ურთიერთკავშირი, მაგალითად, ინფორმაციის წყაროებთან, არამედ გაითვალისწინოს ასევე მომავალშიც შესაძლო ურთიერთკავშირებიც. მოდელის აგების დროს საჭიროა შესწავლილი იქნეს სისტემის ფუნქციონირებისთვის აუცილებელი ინფორმაციის ყველა წყარო, იმ ინფორმაციის ჩათვლითაც კი, რომელიც მიმდინარე მომენტში არ გამოიყენება (მაგალითად თვალმიდევნებისა და კავშირის თანამგზავრული სისტემები).

მეორე ბლოკი - ეს არის მონაცემების სტრატეგიული გეგმა, ორივე ეს ბლოკი ერთად წარმოადგენს კომპიუტერიზებული ორგანიზაციის ფუნდამენტს და შეადგენენ მოცემული პროექტის საგანს. ისინი იძლევიან გარანტიას, რომ ცალკეული ავტომატიზებული სამუშაო ადგილების სიმრავლის ნაცვლად (რომლებიც დამუშავებულია სხვადასხვა მომხმარებლების მიერ) არათავსებადი მონაცემებით, აიგება ისეთი მონაცემების ინტეგრირებული სისტემა, რომელიც პასუხისმგებელი იქნება ასეთი სისტემებისადმი წაყენებული ყველა მოთხოვნის დაკმაყოფილებაზე.

მესამე ბლოკი დაკავშირებულია მონაცემების სტაბილური დეტალური მოდელების აგებასთან. ამ ამოცანის გადაწყვეტაზე შესაძლოა იმუშაოს სხვადასხვა შემსრულებლებმა, რომელთაც საქმე აქვთ ობიექტის ჯგუფებთან ან მონაცემების საგნობრივ ბაზებთან, მაგრამ უკვე სისტემის ერთიანი ინფორმაციული მოდელის ჩარჩოში.

სამი ქვედა ბლოკი ქმნის იმ საფუძველს, რომელზეც აიგება ავტომატიზებული სისტემა. მას შემდეგ, როგორც კი აგება ისინი მთლიანად ან ნაწილობრივ, მაშინვე შესაძლებელია დაიწყოს გამოთვლითი პროცედურების და მონაცემების დამუშავების ალგორითმების დამუშავება. შემდეგ პროცედურები და ალგორითმები რეალიზდება მონაცემთა ბაზების ფიზიკური პროექტის სახით, და მხოლოდ ამის შემდეგ, მონაცემთა ბაზების ფიზიკური პროექტი დაპროგრამდება პროცედურული ენებიდან ერთ-ერთზე და დამუშავდება გამოყენებითი პროგრამები ფუნქციური ამოცანების გადაწყვეტისთვის.

საჭაერო მოძრაობის მართვის ფუნქციების ავტომატიზაცია წარმოადგენს ძირითად ფაქტორს ფრენის უსაფრთხოების ამაღლების საქმეში საჭაერო ხომალდების ფრენის ყველა ფაზაში. საჭაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს დისპეტჩერული შეცდომების რისკის შემცირება.

გარდა ამისა, ავტომატიზაცია საშუალებას იძლევა შემცირდეს სისტემის საექსპლუატაციო დანახარჯები, მოხდეს ინფორმაციის დიდი მოცულობით დამუშავება, შენახვა და გაცვლა მუდმივად მზარდი სიჩარეებით, იმავდროულად მისი უტყუარობისა და სიზუსტის ამაღლების უზრუნველყოფით.

საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზაციის წინაშე მდგარი საექსპლუატაციო ამოცანების გადაწყვეტა გულისხმობს საჭაერო მოძრაობის მართვისას საჭაერო დერეფნის გატარების უნარიანობის გაზრდისა და ფრენების უსაფრთხოდ შესრულების მიზნების განხორციელებას, იმავდროულად ინფორმაციის სხვადასხვა წყაროებიდან მიღებული ინფორმაციის შეკრების, დამუშავების და შენახვის პროცესების გაუმჯობესებას, მათ ანალიზს და მის საფუძველზე სწორი გადაწყვეტილების მიღებას კონკრეტულ სიტუა-

ციებში ხელოვნური ინტელექტის ელემენტების (ექსპერტული სისტემების) ჩართვის მეშვეობით.

მაღალი დონის საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც კორპორაციული საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის ერთ-ერთი სახეობა. ასეთი საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემებისთვის დამახასიათებელია დიდი გამოთვლითი სიმძლავრე, განვითარებული ინტერფეისი და პერიფერიული მოწყობილობების არსებობა.

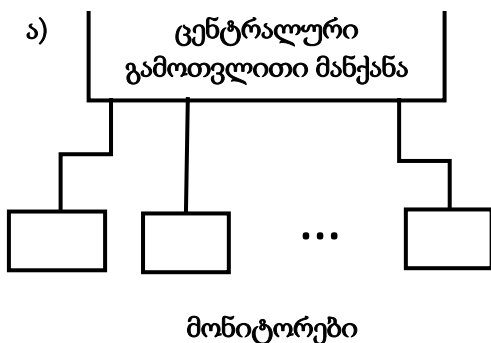
საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემების ერთ-ერთ ძირითად მახასიათებელს წარმოადგენს მათი არქიტექტურა. სტრუქტურისა და პროექტურის ცნებების გარკვეული მსგავსების მიუხედავად, მათ საინფორმაციო-გამოთვლით სისტემასთან მიმართებაში გააჩნიათ სხვადასხვა აზრი, კერძოდ თუ სტრუქტურა-ფუნქციური ცნებაა, მისგან განსხვავებით არქიტექტურა ასევე ითვალისწინებს საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის შემადგენელი ნაწილების სივრცით განლაგებას (ამასთან დაკავშირებით ზოგჯერ იყენებენ ტერმინს „საინფორმაციო-ტოპოლოგიური სტრუქტურა“).

10.2. საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის არქიტექტურა

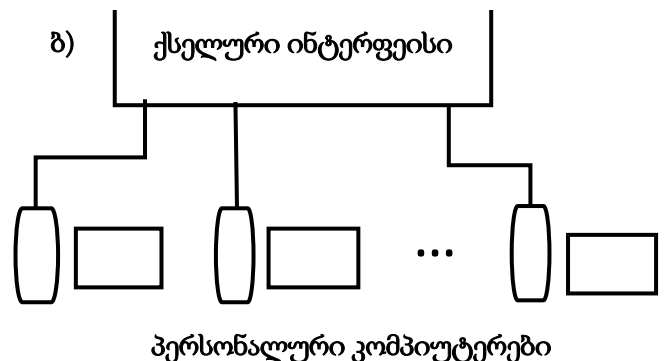
ცნობილია ოთხი ტიპის არქიტექტურის მქონე საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემა ისინი ძირითადად ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან გამოთვლითი რესურსების ორგანიზაციისა და კონფიგურაციის ხერხის მიხედვით. ნახ.10.3-ზე მოცემულია საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის სამი ტიპის არქიტექტურა.

პირველი ტიპის არქიტექტურის მქონე საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემა წარმოადგენს მთლიანად ცენტრალიზებულ საინფორმაციო-გამოთვლით სისტემას, რომელიც აგებულია მეიფრეიმების (ცენტრალური ელექტრონული გამოთვლითი მანქანების) ბაზაზე პრინციპით „ერთი დაწესებულება-დამუშავების ერთი ცენტრი“.

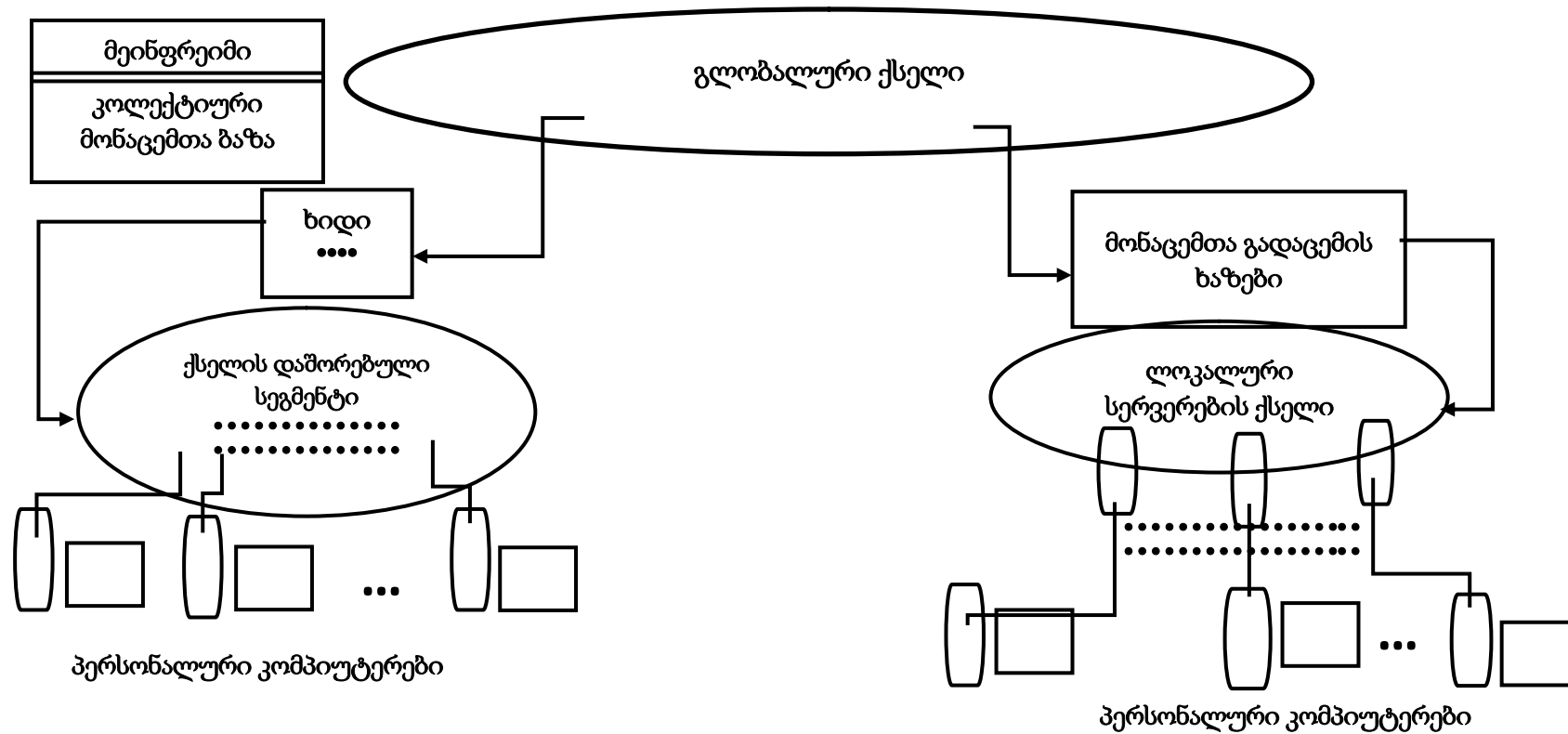
ა) ცენტრალიზებული საინფორმაციო გამოთვლითი მანქანა



ა) ერთრანგიანი ქსელური საინფორმაციო გამოთვლითი სისტემა



გ) საინფორმაციო გამოთვლითი სისტემის იერარქიული სტრუქტურა



ნახ.10. 3. საინფორმაციო გამოთვლითი სისტემის არქიტექტურის სამი ტიპი: ა) ცენტრალიზებული საინფორმაციო გამოთვლითი სისტემა; ბ) ერთგვაროვანი ქსელური საინფორმაციო გამოთვლითი სისტემა; გ) საინფორმაციო გამოთვლითი სისტემის იერარქიული სისტემა

საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის ორგანიზაციის ეს ტიპი ისტორიულ ფართო გამოყენებას პოულობდა გასული საუკუნის 60-70-იან წლებში (IBM და ერთიანი სისტემის ელექტრონული გამოთვლითი მანქანების გამოყენებით).

მეორე ტიპის საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემებისთვის დამახასიათებელი იყო მათი არქიტექტურის ორდონიანი ორგანიზაციის პრინციპის რეალიზაცია „ცენტრალური კომპიუტერი-მინი კომპიუტერები“ მონაცემების ცენტრალური ბაზით და გამოყენებითი პროგრამების პაკეტით. ამ ტიპის საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემები ვითარდებოდნენ 1970-1980-იან წლებში, მინი კომპიუტერებისა და მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემების გამოყენების საშუალებით.

მესამე ტიპის საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემა წარმოადგენს მთლიანად განაწილებულ სისტემას აგებულს ერთდონიანი ქსელის სახით პერსონალური კომპიუტერებისგან (მუშა სადგურები), რომელიც რეალიზებას უკეთებს, შესაბამისად, განაწილებული დამუშავების პრინციპს.

საინფორმაციო-გამოთვლით სისტემის მეოთხე ტიპის არქიტექტურის განვითარება დაიწყო უკანასკნელ წლებში, ის მიეკუთვნება ორდონიან სტრუქტურას. ასეთი არქიტექტურის მქონე საინფორმაციო-გამოთვლით სისტემაში მისი რესურსების ერთიანი მართვა და ცენტრალიზებული დამუშავება ხდება მაღალ დონეზე, რომელიც შერწყმულია ქვედა დონეზე ინფორმაციის განაწილებულ თვდაპირველ (წინასწარ) დამუშავებასთან.

მაღალ დონეზე ცენტრალური კომპიუტერი ასრულებს შემდეგ ფუნქციებს:

- სისტემის მართვა;
- მიმართვების ფორმირება;
- საწყისი მონაცემების ანალიზი;
- გამოსასვლელი მონაცემების ფორმირება;

ქვედა დონეზე ლოკალური სერვერები უზრუნველყოფენ:

- ინფორმაციის კოდირება;
- დანართების შესრულება;
- მაქსიმალური კავშირი;
- ბეჭდვა და არქივირება.

ასეთი სახის სტრუქტურის საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის შექმნა განაპირობა თვით თანამედროვე წარმოების განვითარების ლოგიკამ, რომელიც გადარჩენისა და განვითარებისთვის საბაზრო ეკონომიკის პირობებში მოითხოვს კონიუნქტურის სიღრმისეულ და ოპერატიულ ანალიზს, მის ცვლილებაზე გამახვილებულ რეაგირებას.

ყველაფერმა ამან განსაზღვრა ინფორმაციული რესურსების კონცენტრაციაში მზარდი მოთხოვნების აუცილებლობა, რომელიც პასუხისმგებელია სისტემის კორპორაციულ მონაცემთა ბაზის ადმინისტრირების მხარდაჭერაზე და მასთან დაკავშირებული დანართების (შეფასება, ანალიზი, ოპტიმიზაცია და ა.შ.) შესრულებაზე. „კლიენტი-სერვერი-ს არქიტექტურის ასეთი იერარქიული მოდელი შესაძლოა განვიხილოთ, როგორც გონივრული და

ბუნებრივი გადაწყვეტა, ერთის მხრივ მონაცემებთან დაშვების ოპერატიულობის, მათი დამუშავების სიჩქარის ამაღლების, ადმინისტრირების სიმარტივისა და საექსპლუატაციო დანახარჯების შემცირების თვალსაზრისით, ისე მეორეს მხრივ, ქვედა დონის მომხმარებლებისათვის მაქსიმალურად კარგი პირობების შექმნას მონაცემების შეტანა-გამოტანის ოპერაციების შესრულებისათვის შესაბამისი თანამედროვე აპარატული და პროგრამული საშუალებების გამოყენებით. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ისეთი სერვისის გამოყენება, როგორიცაა, მაგალითად, „მეგობრული“ გრაფიკული (ვიზუალური) ინტერფეისი, არა მარტო უზრუნველყოფს ერგონომიულობას, არამედ, ასევე, მნიშვნელოვნად ამაღლებს შრომის მწარმოებლურობას და ინფორმაციის უტყუარობას შეცდომების დონის შემცირების ხარჯზე.

ასეთი ტიპის საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემებისთვის დამახასიათებელია ასევე შემდეგი სახის განსაკუთრებულობები:

- სისტემის მოდულური აგება, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხდეს სტრუქტურული გადაწყვეტების სხვადასხვა ტიპების შემოთავაზება ერთიანი კომპლექსის ჩარჩოებში მათი ერთიმეორეში გადასვლის ადვილი შესაძლებლობებით;
- პერსონალური კომპიუტერების პოტენციური შესაძლებლობებისა და განაწილებული დამუშავების გარემოს სრული გამოყენება;
- სისტემის რესურსების ეკონომია ზედა იერარქიულ დონეზე მონაცემების შენახვისა და დამუშავების ცენტრალიზაციის ხარჯზე;
- ქსელის ფუნქციონირებისა და მართვის გამჭოლი კონტროლის განხორციელება ყველა დონეზე ქსელური ეფექტური ცენტრალიზებული საშუალებებისა და სისტემური ადმინისტრირების დახმარებით;
- სისტემის კონფიგურაციის ცვლილების შესაძლებლობა სისტემის ქვედა დონის სტრუქტურის არასიხისტობიდან გამომდინარე, რაც საშუალებას იძლევა სისტემას დაემატოს ახალი ტერმინალები, ერთი შეიცვალოს მეორეთი, გაიცვალოს მათი ფუნქციები და ა.შ.

10.3. რეალური დროის მასშტაბი

ტერმინი „რეალური დრო“, რომელიც გამოიყენება საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული გამოთვლითი სისტემიდან შემოსულ ინფორმაციაზე ოპერატორის (ავიადისპეტჩერის) მხრიდან რეაგირების რეალური დროის სიდიდით, მოითხოვს მის მკაფიო განმარტებას.

თუ მას განვიხილავთ როგორც ქმედებას დროში ტერმინის ზუსტად შესატყვისი მნიშვნელობით, მაშინ ის აუცილებლად გულისხმობს რეალური ფიზიკური პროცესით წარმოშობილ აქტზე მყისიერ და ადეკვატურ რეაქციას. ჩვენს შემთხვევაში რეალურ ფიზიკურ პროცესს წარმოადგენს-დაკვირვების ობიექტის მიმდინარე მდგომარეობის ასახვა, ე.ი. საჰაერო ვითარების მდგომარეობა.

რეალურ დროში მუშაობა სრულიადაც არ ნიშნავს იმას, რომ თითქოს ასეთ შემთხვევაში ადგილი არ აქვს არავითარ დაყოვნებას. თუ განვიხილავთ ნებისმიერ ფიზიკურად განხორციელებულ სისტემას, რომელსაც გააჩნია შესასვლელი და გამოსასვლელი, მაშინ ჩვენ უნდა გავითვალისწინოთ გამოსასვლელის გარდაუვალი სივრცითი და დროითი დაგვიანება შესასვლელზე ცვლილებასთან დამოკიდებულებით. ელექტრონული გამოთვლითი მოწყობილობებისთვის იქნება ეს სუპერ კომპიუტერი თუ ჩვეულებრივი „საყოფაცხოვრებო“ კომპიუტერი გამოსასვლელი სიგნალის დაგვიანება შესასვლელზე მოქმედებასთან მიმართე-ბაში აიხსნება არა მარტო მის თითოეულ ელემენტში დაყოვნებით, არამედ იმ გარემოებითაც, რომ ყველა კომპიუტერი მუშაობს პროგრამის მიხედვით, რომელიც შედგება ბრძანებების ჯაჭვისგან და მათი შესაბამისი ოპერაციებისგან, რომლებიც სრულდებიან განსაზღვრული თანმიმდევრობით და მოითხოვენ შესრულებისათვის გარკვეულ დროს.

კომპიუტერისთვის დაყოვნება (საპატენტო დრო) ასევე შეიცავს რამდენიმე შემდგენელს. ის დამოკიდებულია როგორც მისი სიმძლავრისგან, ტიპისგან, შეტანა-გამოტანის მახასიათებლებისგან, ოპერაციული სისტემებისგან, არამედ ასევე ინფორმაციის ნაკადის სახისგან და თვისებებისგან.

ქსელური ტიპის ინფორმაციულ და გამოთვლით სისტემაში, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება საჰაერო მოძრაობის მართვის თანამედროვე ავტომატიზებული სისტემები, აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იქნეს ის დრო, რომელიც იხარჯება ინფორმაციის გადაცემაზე ქსელში. ინფორმაციის გადაცემა ხდება კადრებით, რომლებიც აიგება განსაზღვრული წესების მიხედვით - პროტოკოლებით.

ძირითადი წყაროდან - მიმოხილვითი რადიოლოკატორიდან ინფორმაციის გადაცემისას მათი დაყოვნების პრობლემას ადგილი ჰქონდა შედარებით წინა თაობების საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში. ამ თაობების სისტემების მონაცემთა ბაზებში ინფორმაციის გადაცემის შემოსაზღვრული სიჩქარის გამო მათი პირველადი დამუშავების აპარატურაში საჭირო იყო ჩართული ყოფილიყო სპეციალური ბუფერი. ასეთ შემთხვევაში დაყოვნება განპირობებული იყო მისი შევსების ხარისხით, ხოლო გადავსების შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ინფორმაციის დაკარგვის საშიშროებას.

იმის მიუხედავად, რომ მნიშვნელოვნად გაიზარდა მონაცემების გადაცემის სიჩქარე და გამომთვლელების სწრაფმედება თანამედროვე საინფორმაციო-გამოთვლით ქსელებში, მაინც არსებობს გარკვეული „ვიწრო ადგილები“ ამ კუთხით და მათი მონახვა და აღმოფხვრა არც თუ ისე ადვილი საქმეა.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში მთავარი ბოლო მოწყობილობა - ვიდეომონიტორია, ხოლო ძირითადი მომხმარებელი კი ავიადისპეტჩერი. ამიტომ დაყოვნების დროის დასაშვები მნიშვნელობის კრიტერიუმის სახით ამოსავალ წერტილს წარმოადგენს საჰაერო მოძრაობის სურათის დამახინჯების მიღების ხარისხი, რომელიც თვის მხრივ იცვლება ძალზე დინამიურად. რეალური საჰაერო ვითარების

ადეკვატური ასახვა ეკრანზე უნდა იყოს ისეთი, რომ დისპეტჩერის მხრიდან უნდა მოხდეს საკონტროლო საჰაერო სივრცეში მიმდინარე ცვლილებების უშეცდომო და დროული აღქმა. ინტუიციურად გასაგები ტერმინების გამოყენების საფუძველზე შეიძლება დამტკიცდეს, რომ რეალურ დროსთან მიმართებაში ინფორმაციის დამუშავების საშუალო სიჩარე უნდა იყოს უფრო მაღალი, ვიდრე მისი მიწოდების საშუალო სიჩარე დროის განსაზღვრულ ინტერვალში. ამ პირობის დარღვევა აუცილებლად გამოიწვევს ინფორმაციის აღქმასთან მიმართებაში ჩმორჩენას და დაკარგვასაც კი. ეს მითითებული პირობა სიჩქარეებს შორის დამოკიდებულობის თავსაზრისით წარმოადგენს აუცილებელ პირობას ნებისმიერი გამოთვლითი სისტემის ინფორმაციის დაკარგვის გარეშე მუშაობისთვის.

რეალური დროის სისტემის ასეთი განსაზღვრება აქტუალურია მხოლოდ კონკრეტულ მაგალითთან მიმართებაში. ზოგადად კი რეალური დროის სისტემად იწოდება ოპერაციული სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს რეაქციის გარანტირებულ დროს გარე მოვლენებზე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ასეთი სისტემა იძლევა იმის გარანტიას, რომ რაღაც მოვლენის მხრიდან წყვეტის მოთხოვნის შემოსვლის შემდეგ სამომხმარებლო ფუნქცია - მოცემული მოვლენის დამუშავებაზე რეაგირებას მოახდენს არაუგვიანეს t დროის შემდეგ. სადაც t არის მოცემული ტიპის პროცესორის და მოცემული ოპერაციული სისტემის კონსტანტა. იმსათვის, რომ სისტემა ჩაითვალოს რეალური დროის სისტემად, უნდა ვიგულისხმოთ, რომ მის შესასვლელზე ადგილი აქვს მონაცემების (მიმართვების) დისკრეტული ნახკადის მიწოდებას, რომელთა მიწოდებებს შორის ინტერვალი შემოსაზღვრულია ქვემოდან (ე.ი. მინიმუმის მიხედვით). ნათელია, რომ შემოსული მიმართვები ანუ ამოცანები დაკვირვებისა და მართვის დროს, არ შეიძლება გადაიდოს, რადგან ასეთ შემთხვევაში დასაშვებია მხოლოდ აქტივიზაციის შეზღუდული დაყოვნებები და დამუშავების პერიოდები (ამასთან არ გამოირიცხება წყვეტები).

ამრიგად, რეალური დროის მასშტაბში მუშაობა ითვალისწინებს გარანტირებულ (მაქსიმალურად შესაძლებელ) დროითი დაყოვნებების არსებობას გამოთვლითი სისტემის მიერ აქტივიზაციის, წყვეტების და ინფორმაციის დამუშავების პროგრამების შესრულებისას და მონაცემების გადაცემის დროს. რეალური დროის მასშტაბი მიიღწევა, როგორც პროცესორების სწრაფქმედებით, ისე გამოთვლითი პროცესის შასაბამისი ორგანიზაციით (ოპერაციული სისტემისა და პროტოკოლების ამორჩევით).

ლექცია 11. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა

11.1. საჭაერო მოძრაობის მართვის პროცესი და საჭაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის ეტაპები

საჭაერო მოძრაობის მართვის პროცესი, ისე როგორც სხვა ნებისმიერი მართვის პროცესი გულისხმობს ცალკეული ამოცანების ციკლურ შესრულებას, სახელდობრ:

- საჭაერო ვითარების შესახებ ინფორმაციის შეკრება, რაც გულისხმობს მოცემულ ზონაში მყოფი ყველა საჭაერო ხომალდის კოორდინატების შესახებ ინფორმაციას მოპოვებას;
- ინფორმაციის დამუშავება, რაც საშუალებას იძლევა შეფასდეს მიღებული ცნობების უტყუარობა, გამოთვალოს საჭაერო ხომალდის მოძრაობის პარამეტრები (სიჩქარე და კურსი), დაჯგუფდეს ყველა ინფორმაცია, რომელიც ეხება ერთ კონკრეტულ საჭაერო ხომალდს;
 - ინფორმაციის ასახვა ისეთ ფორმაში, რომელიც მოხერხებულია დისპეტჩერისთვის;
 - საჭაერო ვითარების ანალიზი (რომელიც წარმოიდგინება ცალკეული, ზოგჯერ სხვადასხვაგვარი ცნობების საფუძველზე საჭაერო ვითარების ერთიანი სურათის მისაღებად) და საშიში სიტუაციების გამოვლენა;
 - გადაწყვეტილების მიღება ცალკეული საჭაერო ხომალდების ფრენის რეჟიმების ცვლილების აუცილებლობის შესახებ;
 - გადაწყვეტილებათა გადაცემა საჭაერო ხომალდზე;
 - გადაწყვეტილებათა შესრულების კონტროლი.

საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების ტექნიკურ საშუალებებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია კომპიუტერს. საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების პირველ ეტაპზე კომპიუტერი არ ასრულებდა უშუალოდ საჭაერო მოძრაობის პროცესების მართვის ფუნქციებს. ასეთ შემთხვევაში გამოიყენებოდა სპეციალიზებული კომპიუტერები, რომელთა ძირითადი ფუნქცია მდგომარეობდა პროცესის მრავალრიცხოვანი პარამეტრების ცენტრალიზებულ კონტროლში. ასეთი კომპიუტერის ამოცანა მდგომარეობს საჭაერო მუდმივი და დინამიკური მახასიათებლებისა და პარამეტრების შესახებ ინფორმაციის შეკრების, დაგროვების, დამუშავების და რეგისტრაციის ოპერაციების შესრულებაში. ამასთან, კომპიუტერი უზრუნველყოფს საჭაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის არა მარტო ასახვას და იდენტიფიკაციას, არამედ ასევე ახორციელებს გამოთვლით ოპერაციებსაც. კერძოდ, ხდება საჭაერო ხომალდის სივრცესა და დროში ეშელონირების ნორმების დაცვის ანალიზი, ასევე რეალიზდება მისი ადგილმდებარეობის პროგნოზირების ფუნქცია დროის დადგენილი მომენტისათვის. დამუშავებული ინფორმაცია მიეწოდება დისპეტჩერის მიერ აღქმისათვის ყველაზე მოხერხებულ ფორმაში. ამ ინფორმაციის ანალიზის და დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე დისპეტჩერი ღებულობს გადაწყვეტილებას კონკრეტულ სიტუაციებში საჭაერო ხომალდის მოძრაობის პროცესის მართვის შესახებ. ამასთან, გადაწყვეტილების გადაცემა ეკიპაჟისადმი და მომიჯნავე დისპეტჩერული პუნქტებისადმი, როგორც წესი, ხორციელდება კომპიუტერის მონაწილეობის გარეშე.

საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის დონის ამაღლება აძლიერებს კომპიუტერის როლს და ადგილს საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში. ფუნქციური ამოცანების გაფართოება წარმოშობს ახალ მოთხოვნებს საბორტო კომპიუტერების მიმართ. ინფორმაციული ტიპის სპეციალიზებული კომპიუტერების შესაძლებლობები უკვე ხდება არასაკამრისი დასმული ამოცანების გადაწყვეტისათვის. კომპიუტერების სწრაფქმედებისა და მეხსიერების მოცულობისადმი წაყენებულ მოთხოვნებთან ერთად მკვეთრად რთულდება კომპიუტერის ფუნქციები თვით გამოთვლითი პროცესების მართვის მიხედვით სხვადასხვაგვარი ამოცანების დიდი რიცხვის გადაწყვეტის აუცილებლობის პირობებში, როცა გამოიყენება სხვადასხვა სახის და ხასიათის ინფორმაცია. ეს გარემოება და ასევე ამოცანების შეთანხმებული წესით, გადამწყვეტის მოთხოვნა, რომელიც თავის მხრივ განპირობებულია ტექნოლოგიური პროცესით, იწვევს განსაზღვრულ შეზღუდვებს დროის დანაწილების თვალსაზრისით ამოცანების გადაწყვეტის დინამიკაში.

საჰაერო მოძრაობის მართვის განხორციელების პროცესში კომპიუტერმა უნდა უზრუნველყოს ინფორმაციის დამუშავება და გადაწყვეტილების გამომუშავება დროის რეალურ და უფრო მეტიც დროის დაჩქარებულ რეჟიმშიც კი. ამოცანების გადაწყვეტის პერიოდულობამ და დასაშვებმა ხანგრძლივობამ არ შეიძლება არ გამოიწვიოს კომპიუტერის ტაქტიკურ-ტექნიკური მონაცემებისადმი სპეციალური მოთხოვნების წაყენება, რომლებიც ასე აუცილებელია საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების სხვადასხვა ქვესისტემებში პროცესების ავტომატიზაციისათვის. გასხვავებულია ასევე მათდამი წაყენებული მოთხოვნები მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის თვალსაზრისითაც. ნათქვამიდან გამომდინარეობს, რომ მიზანშეწონილია საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციისათვის გამოყენებული იქნეს არა ერთი, არამედ რამდენიმე კომპიუტერი, რომლებიც უზრუნველყოფენ გამოთვლით კომპლექსებს ან სისტემებს შორის აუცილებლობის შემთხვევაში ინფორმაციის გაცვლას. ასეთი გართიანება არ წარმოადგენს მარტივ ტექნიკურ ამოცანას და დაკავშირებულია მრავალ სამეცნიერო-ტექნიკურ პრობლემებთან. ყველაზე უფრო რთულს ამ თვალსაზრისით წარმოადგენს: გამოთვლითი სისტემის სტუქტურის სინთეზი; კომპიუტერების ვარიანტების არჩევა, რომლებიც ქმნიან გამოთვლით სისტემას; სისტემის კომპიუტერებს შორის ამოცანების განაწილება; გამოთვლითი პროცესის ორგანიზაცია და უზრუნველყოფა და სხვა. ეს პრობლემები განსაკუთრებით რთულია დროის რეალურ და აჩქარებულ მასშტაბებში გამოთვლებისა და მართვის ოპერაციების შესრულებისას საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესების მდგომარეობის ანალიზის ფუნქციების ავტომატიზაციისას ბრძანებებისა და რეკომენდაციების გამოსამუშავებლად კომპიუტერმა უნდა იმუშაოს ეგრეთწოდებულ დისპეტჩერის მრჩეველის რეჟიმში, ე.ი. არსებითად ასეთი კომპიუტერი უნდა იყოს მმართველი კომპიუტერი.

საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის ძირითადი პრინციპების შესაბამისად მისი მართვა ხორციელდება რამდენიმე ეტაპად. ავტომატიზებადი ამოცანების შემადგენლობა თითოეულ ეტაპზე განისაზღვრება ავტომატიზაციის აუცილებელი და

დასაბუთებული მოთხოვნის საფუძველზე ურთიერთდაკავშირებული და ურთიერთგანპირობებული პროცესების ინფორმაციული ანალიზის გზით, შესაბამისი ტექნიკური, მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით.

საპაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზაციის პირველი ეტაპი წარმოადგენს საინფორმაციო პროცესების ავტომატიზაციის უზრუნველყოფას, რომლის მიზანია დისპეტჩერები გათავისუფლდნენ შრომატევადი და არაკვალიფიციური სამუშაოებისგან, რომლებიც დაკავშირებულია საპაერო ვითარების შესახებ საკმაოდ დიდი ინფორმაციის მიღებაზე, დაჯგუფებაზე, განზოგადებასა და დამუშავებაზე. ამ ეტაპზე უნდა მოხდეს საპაერო ხომალდების ფრენის გეგმების ამოცანების გადაწყვეტა შესაბამისი ინფორმაციის

ავტომატიზებული დამუშავების საშუალებით საპაერო ხომალდის ჰაერში ადგილმდებარეობის გასარკვევად და მისი მოძრაობის პარამეტრების განსასაზღვრისათვის, ავტომატიზებული ხდება საპაერო ხომალდების მოძრაობის მართვის ოპერაციები მოძრაობის მთელი მარშრუტის განმავლობაში მეზობელი ზონების ან სექტორების ფარგლებში, ასევე უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ინფორმაციის მიღება მეტეოროლოგიური პირობების შესახებ და მისი შესაბამისი ასახვა მონიტორის ეკრანზე. საპაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზაციის პროცესების მეორე და შემდგომი ეტაპები დაკავშირებულია გამოთვლითი პროცესების რეალიზაციასთან, რომლებიც წარმოადგენენ დისპეტჩერის პროფესიული მოქმედების ყველაზე უფრო რთულად ფორმალიზებად ნაწილს.

მეორე ეტაპზე განიხილება და წყდება საპაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის გადახრის შეფასება დაგეგმილი მდებარეობიდან (მარშრუტიდან), ამ დროს ხდება სისტემის მიერ დისპეტჩერის გაფრთხილება მოსალოდნელი კონფლიქტური სიტუაციის შესახებ. ამ ამოცანების გადაწყვეტა დისპეტჩერს უზრუნველყოფს ინფორმაციით არსებული საპაერო ვითარებისა და მდგომარეობის განზოგადებული მახასიათებლების შესახებ, ამცირებს მისი ანალიზის დროს და დისპეტჩერს შესაბამისად ეძლევა საკმარისი დრო ოპტიმალური გადაწყვეტილების მისაღებად.

მესამე ეტაპზე ხორციელდება საფრენი აპარატის მოძრაობის მართვის გადაწყვეტის ვარიანტების გამომუშავების პროცესების ავტომატიზება, რის შედეგად გამოირიცხება დისპეტჩერის მიერ არასწორი გადაწყვეტილების მიღება საპაერო ხომალდის მოძრაობის მართვის დროს. ავტომატიზაციის დონე, გარდა ამისა, საშუალებას იძლევა მიღებული იქნეს საპაერო მოძრაობის მართვის ზონაში საპაერო სიტუაციის არა მარტო ხარისხობრივი, არამედ ზოგიერთი რაოდენობრივი შეფასება, რაც უზრუნველყოფს დისპეტჩერის მოქმედების ობიექტური კონტროლის ავტომატიზაციას.

მომდევნო ეტაპების მთავარ ამოცანას საპაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის თვალსაზრისით წარმოადგენს მართვის ავტომატიზებული სისტემების სრულყოფა ოპტიმალურ გადაწყვეტილებათა მეთოდების თეორიის ფართო გამოყენებით, რაც უზრუნველყოფს დისპეტჩერისათვის საპაერო მოძრაობის მართვის შესახებ საუკეთესო სახით ინფორმაციის მიწოდებას. ამ ეტაპებზე მოძრაობის ამოცანების გადაწყვეტა მნიშვნე-

ლოვნად ათავისუფლებს დისპეტჩერს გადაწყვეტილების მიღების დროს გამოთვლითი და ლოგიკური ოპერაციების შესრულებისაგან. ეს კი საშუალებას იძლევა მოხდეს გადასვლა საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის უფრო მაღალ დონეზე.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ამოცანების ავტომატიზებული გადაწყვეტის ხარისხისა და ეფექტურობის ამაღლება განუყრელადაა დაკავშირებული საჰაერო მოძრაობის მართვის ორგანიზაციის პროცესების ავტომატიზაციასთან, მაშასადამე საჰაერო სივრცის ეფექტურ გამოყენებასთან და დაფუძნებულია სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის შედეგების დამუშავებაზე, რომლებიც თავის მხრივ დაგროვილია საჰაერო მოძრაობის მართვის დაგეგმვისა და განხორციელების დროს. აქ წარმოიქმნება ისეთი ამოცანები, როგორიცაა: საჰაერო მოძრაობის მართვის ზონების ანალიზი და რაციონალური ორგანიზაცია, ფრენის ოპტიმალური სქემების გაანგარიშება ტრაექტორიის სხვადასხვა უბნებზე, ტრასების ქსელების რეორგანიზაცია საჰაერო სივრცეში საჰაერო ხომალდების ნაკადების რაციონალური განაწილების მიღწევით, საჰაერო მოძრაობის მართვის რადიოტექნიკური საშუალებების რაციონალური განლაგება და სხვა.

11.2. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების სტრუქტურული განსაკუთრებულობები

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემები მიეკუთვნებიან დიდი სისტემების კლასს რთული სტრუქტურით. საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის ძირითადი პრინციპების შესაბამისად ამ სისტემების სტრუქტურა იცვლება ავტომატიზაციის დონეზე დამოკიდებულებით. საჰაერო მოძრაობის მართვის სხვადასხვა პროცესების ავტომატიზაციის ეტაპების დროში არ დამთხვევა განსაზღვრავს ავტომატიზებული სისტემების გარდამავალ სტრუქტურებს.

დაგეგმვის (წინასწარი და მიმდინარე) პროცესების ავტომატიზაციის პირველი რიგის ამოცანაა მიღებული კონცეფციის შესაბამისად საჰაერო მოძრაობის მართვის განხორციელება საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის საშუალებით. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის თანდათანობითი სრულყოფა შესაძლებელია დეკომპოზიციის პრინციპის გამოყენებით, რის შედეგადაც ავტომატიზებული სისტემა შესაძლებელია წრამოდგენილი იქნეს, როგორც რამდენიმე ქვესისტემის გაერთიანება. თითოეული ამ ქვესისტემიდან, თავის მხრივ შესაძლებელია განხილულ იქნეს, როგორც რთული სისტემა მისთვის დამახასიათებელი განსაკუთრებულობით. განსაკუთრებით ნათლად ეს განსაკუთრებულობები მჟღავნდება მათი კლასიფიკაციის მცდელობისას იმ პრინციპების შესაბამისად, რომლებიც დამუშავებულია რთული სისტემების ზოგად თეორიაში.

ფართოდაა გავრცელებული საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის კლასიფიკაცია ფუნქციური ნიშნის მიხედვით. თუმცა ასეთი დაყოფა არ იძლევა საჰაე-

რო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის დანიშნულების ყველა შესაძლო ასპექტის გათვალისწინებას და მოითხოვს მისი სტრუქტურული განსაკუთრებულობების აღსაწერად ნიშან-თვისებათა სულ უფრო ფართო სპექტრს.

ავტომატიზებული სისტემიდან მიზნობრივი დანიშნულებისა და შესასრულებელი ფუნქციების მიხედვით შესაძლებელია გამოვყოთ: საჭაერო მოძრაობის მართვის ორგანიზაციის სისტემები; საჭაერო ხომალდების მოძრაობის დაგეგმვის სისტემები; სისტემები, რომლებიც ახორციელებენ საჭაერო მოძრაობის მართვას. ყველა ჩამოთვლილი სისტემის დანიშნულება განისაზღვრება ამოცანათა ერთობლიობის შინაარსით, რომელიც წყდება საჭაერო მოძრაობის მართვისათვის დამახასიათებელი მიმდინარე პროცესების სპეციფიკის გათვალისწინებით.

ყველა სახის საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემისათვის იერარქიისა და ავტომატიზაციის ეტაპების ნებისმიერ დონეზე მათთვის საერთოს წარმოადგენს ინფორმაციის შეკრების, დამუშავების და ასახვის ქვესისტემების არსებობა.

ინფორმაციის შეკრებისა და ასახვის ქვესისტემის ფუნქციონირება დაფუძნებულია სხვადასხვა ტექნიკური საშუალებების გამოყენებაზე (კომპიუტერები; მონიტორები; ხელსაწყოები, რომლებიც უზრუნველყოფენ დისპეტჩერისათვის საჭირო ინფორმაციის მიწოდებას მისთვის მოსახერხებელ ფორმაში).

საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების ტექნიკურ საშუალებათა შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია კომპიუტერს. ავტომატიზებული ხარისხის გაზრდა სულ ურო და უფრო ზრდის კომპიუტერების გამოყენების როლს საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში.

საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზაციის პირველ ეტაპზე გამოთვლითი მანქანა არ ასრულებდა უშუალოდ საჭაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ფუნქციებს. ამ ეტაპზე გამოთვლითი მანქანა, რომელიც სპეციალიზებული დანიშნულებისაა, გამოიყენებოდა პროცესის მრავალრიცხოვანი პარამეტრების კონტროლის ცენტრალიზაციისათვის. ასეთი გამოთვლითი მანქანის დანიშნულებაა საჭაერო ხომალდის მუდმივი და დინამიური მახასიათებლების და პარამეტრების შესახებ ინფორმაციის შეკრება, დაგროვება, დამუშავება და რეგისტრაცია. ამასთან ერთად, უზრუნველყოფს საჭაერო ხომალდის არა მარტო ადგილმდებარეობის ასახვას და მის იდენტიფიკაციას, არამედ გამოთვლით ოპერაციასაც. დამუშავებული ინფორმაცია მოხერხებული ფორმით მიეწოდება დისპეტჩერს მისი აღქმისათვის. ამ ინფორმაციის ანალიზისა და დაგროვილი გამოცდილების საფუძველზე დისპეტჩერი იღებს გადაწყვეტილებას კონკრეტულ სიტუაციაში საჭაერო ხომალდის მოძრაობის პროცესის მართვისათვის.

საჭაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის დონის ამაღლება ზრდის კომპიუტერის როლს და მნიშვნელობას საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში. ფუნქციური ამოცანების გაფართოება კომპიუტერს ახალ მოთხოვნებს უყენებს. ამ შემთხვევაში კომპიუტერებს წაეყენება მკაცრი მოთხოვნები სწრაფქმედებასა და მეხსიე-

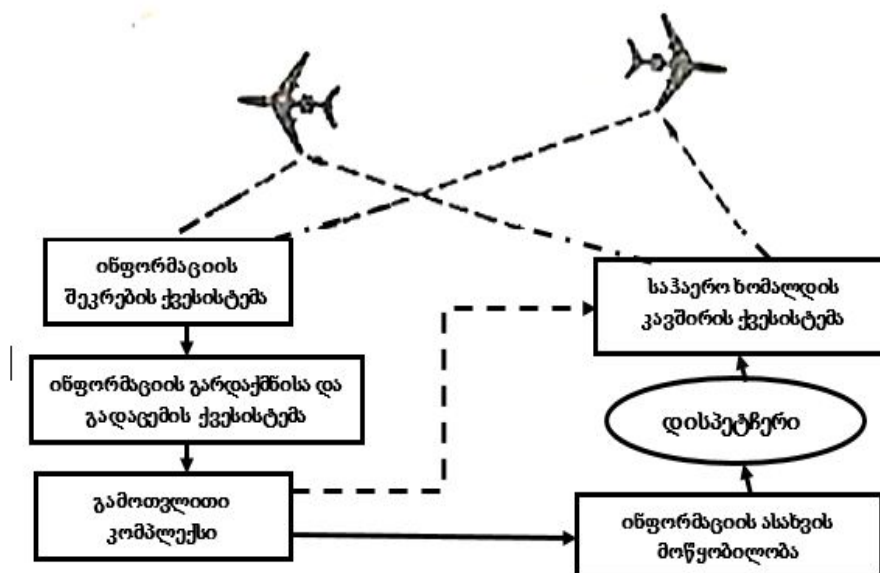
რების მოცულობასთან დაკავშირებით, ასევე გამკაცრებულია მოთხოვნები იმ თვალსაზრისით, რომ მან უნდა შესძლოს მრავალი სხვადასხვაგვარი ამოცანების გადაწყვეტა, სხვადასხვა ტიპის და ხასიათის ინფორმაციის გამოყენების შემთხვევაში. გარდა ამისა საჭირო მოძრაობის მართვის განხორციელების პროცესში კომპიუტერმა უნდა უზრუნველყოს ინფორმაციის დამუშავება დროის რეალურ მასშტაბში, უფრო მეტიც, დროის დაჩქარებულ მასშტაბში. საჭირო მოძრაობის მართვისადმი წაყენებული განსაკუთრებული მოთხოვნები განაპირობებენ რა თქმა უნდა მათ მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის თვალსაზრისით. აქედან გამომდინარეობს, რომ მიზანშეწონილია საჭირო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციისათვის გამოყენებული იქნეს არა ერთი, არამედ რამდენიმე გამოთვლითი მანქანა, რომელთა საშუალებით მოხდება სისტემების ან კომპლექსების ქვესისტემებს შორის ინფორმაციის გაცვლა. ასეთი გაერთიანება არ წარმოადგენს მარტივ ტექნიკურ ამოცანას და დაკავშირებულია მრავალი სამეცნიერო-ტექნიკური პრობლემების გადაწყვეტასთან. მათგან განსაკუთრებით რთულს მიეკუთვნებიან: გამოთვლითი სისტემის სტრუქტურის სინთეზი; კომპიუტერის ვარიანტების არჩევა, რომლებიც მთლიანობაში ქმნის გამოთვლით სისტემას; სისტემის ამოცანების განაწილება სისტემაში გამოყენებული გამოთვლითი მანქანების მიხედვით; გამოთვლითი პროცესის ორგანიზაცია და უზრუნველყოფა. და ა.შ. განსაკუთრებით ძნელია ამის განხორციელება დროის რეალურ და დაჩქარებულ მასშტაბებში გამოთვლების და მართვის შესრულების თვალსაზრისით. ამასთან, რაც მთავარია გამოყენებულმა გამოთვლითმა მანქანამ უნდა იმუშაოს ეგრეთწოდებულ დისპეტჩერის მრჩეველის რეჟიმში, ე.ი. არსებითად იგი უნდა წარმოადგენდეს მმართველ გამოთვლით მანქანას.

11.3. საჭირო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა

საჭირო მოძრაობის მართვას ავტომატიზებული სისტემა ინფორმაციის დიდი ნაკადების დამუშავების გზით ასრულებს სხვადასხვანაირ ფუნქციებს და შესაძლებელია ის წარმოადგენილი იქნეს ცალკეული კომპლექსების ან ქვესისტემების ერთობლიობით. ქვესისტემებად დაყოფა გარკვეულწილად ატარებს პირობით ხასიათს და ის შესაძლებელია მოხდეს სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით. მიზანშეწონილია ეს დაყოფა იყოს ისეთნაირი, რომ ცალკეულ ქვესისტემას გააჩნდეს თავისი მკვეთრად გამოხატული ფუნქციური დანიშნულება. ამასთან, შესაძლებელია ერთი ქვესისტემის ელემენტები ტერიტორიულად ერთმანეთისაგან იყოს დაშორებული, თუმცა ეს ხელს არ უშლის განხილული იქნეს ისინი ერთი და იგივე მათემატიკური მეთოდებით.

ავტომატიზებული სისტემა შედგება (ნახ.11.1) ინფორმაციის შეკრების, გარდაქმნისა და გადაცემის, საჭირო ხომალდთან კავშირის ქვესისტემების, გამომთვლელი კომპლექსების და ინფორმაციის ასახვის მოწყობილობისაგან. საჭირო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მნიშვნელოვან რგოლს წარმოადგენს დისპეტჩერი, რომელიც შედის მართვის ჩაკეტილ კონტურში. ავტომატიზაციის ხარისხიდან გამომდინარე თითოეულ

ქვესისტემას შეიძლება გააჩნდეს სხვადასხვა შემადგენლობა და ფუნქცია, თუმცა ზოგიერთი ნიშანი საერთო უნდა იყოს ყველა არსებული საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემებისათვის. განვიხილოთ ისინი უფრო დაწვრილებით.



ნახ.11.1. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურული სქემა

ინფორმაციის შეკრების ქვესისტემებში სხვადასხვა სახის გადამწოდების არსებობა საშუალებას იძლევა გაიზომოს საჰაერო ხომალდის კოორდინატები, მეტეოროლოგიური მონაცემები, მიღებული იქნეს ინფორმაცია საჰაერო მოძრაობის მართვის მეზობელი ცენტრებიდან და ა.შ. ზოგიერთი პარამეტრი შესაძლებელია ერთდროულად იზომებოდეს რამდენიმე გადამწოდის მიერ საიმედოობისა და სიზუსტის ამაღლების მიზნით.

ინფორმაციის შეკრების ქვესისტემის ცალკეული გადამწოდების გამოსასვლელებზე სიგნალებს გააჩნიათ სხვადასხვაგვარი ბუნება. ზოგიერთი მათგანი შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს ანალოგურ ფორმაში, ზოგიერთი კი დისკრეტულში, ამასთან, ინფორმაციის დისკრეტული ფორმით წარმოდგენისას კოდირების მეთოდები შეიძლება იყოს სხვადასხვა. ასეთი სიგნალები შეუძლებელია უშუალოდ მიეწოდოს საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრის გამომთვლელ კომპლექსს. მით უმეტეს, რომ ზოგიერთი მათგანი არ შეიძლება მიეწოდოს კავშირის ჩვეულებრივი სადენური ხაზებით, რამეთუ ასეთ შემთხვევაში ხაზის გატარების ზოლი არასაკმარისი აღმოჩნდება.

გადამწოდების შეუღლებისათვის კავშირის ვიწროზოლიან ხაზებთან და გამომთვლელი კომპლექსის შემტან მოწყობილობებთან გამოიყენება ინფორმაციის გარდაქმნისა და გადაცემის სისტემის ელემენტები. გარდაქმნის პროცესში ხდება ასევე დაბრკოლებების ფილტრაციის ამოცანის გადაწყვეტაც (დაბრკოლებები ყოველთვის არსებობს ინფორმაციის

გადამწოდების გამოსასვლელ სიგნალებში). ინფორმაციის გარდაქმნისა და გადაცემის ქვესისტემის გამოსასვლელზე ყველა მონაცემი გამოსახულია კოდებში, რომლებზეც ოპერირებენ კომპლექსის კომპიუტერები.

გამომთვლელი კომპლექსი აწარმოებს ცალკეული გადამწოდებიდან მიღებული მონაცემების ერთობლივ დამუშავებას. აქ გამომუშავდება ინფორმაციის მასივები ინფორმაციის ასახვის მოწყობილობისათვის, ხოლო ავტომატიზაციის უფრო მაღალი დონის შემთხვევაში ასევე ხდება საჰაერო მოძრაობის ანალიზის ამოცანის გადაწყვეტაც და ბოლოს საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატურ სისტემებში გამომუშავდება გადაწყვეტილებები ცალკეული საჰაერო ხომალდების მოძრაობის პარამეტრების ცვლილებების შესაბამისად. ამრიგად, გადამწოდების სიგნალების დამუშავება ხორციელდება ორ ეტაპად. პირველი ეტაპი ხორციელდება მონაცემების გარდაქმნისა და გადაცემის ქვესისტემის საშუალებით და ჩვეულებრივ იწოდება ინფორმაციის პირველად დამუშავებად. აქ ძირითადი მიზანია – დაბრკოლებების ფილტრაცია და მონაცემების მიღება მანქანური კოდების ფორმაში. მეორე ეტაპი მიმდინარეობს საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრის გამოთვლითი კომპლექსის მეშვეობით და იწოდება ინფორმაციის მეორად დამუშავებად. ამდენად, ხდება მრავალი კერძო ამოცანების გადაწყვეტაც, თუმცა ძირითად მიზნად მაინც რჩება თითოეული საჰაერო ხომალდის მოძრაობის ტრაექტორიის შესახებ რაც შეიძლება სრული ინფორმაციის მიღება.

ინფორმაციის ასახვის მოწყობილობის დანიშნულებაა რაც შეიძლება უფრო მოხერხებული ფორმით წარუდგინოს დისპეტჩერს საჰაერო ვითარების მდგომარეობა. ასახვის მოწყობილობების დახმარებით ხორციელდება ასევე დისპეტჩერის გამოთვლით კომპლექსთან აქტიური ურთიერთქმედებების ამოცანების გადაწყვეტა და ბოლოს, კავშირის ქვესისტემა საშუალებას იძლევა დისპეტჩერის მიერ გამომუშავებული ბრძანებები (ან გამოთვლითი კომპლექსის მიერ ავტომატურ რეჟიმში გამოთვლილი ბრძანებები) გადაიცეს საჰაერო ხომალდზე. იგი საშუალებას იძლევა ასევე გამოთვლით კომპლექსში მიღებულ და შეტანილი იქნეს ასევე ზოგიერთი მონაცემები საჰაერო ხომალდის ბორტიდან.

11.4. ფირმა „ბოინგის“ ციფრული ინფორმაციულ-მმართველი სისტემა ფანს-1

ფირმა „ბოინგის“ გადაწყვეტილებით თავიანთ საჰაერო ხომალდებზე გამოიყენეს ინფორმაციული მმართველი სისტემა სახელწოდებით **ფანს-1**, რაც ნიშნავს ფედერალურ მიწისზედა საავიაციო სამსახურს. დასახელების აზრი იმაში მდგომარეობს, რომ ამ სამსახურმა უნდა განახორციელოს ერთიან კონცეფციაში საჰაერო მოძრაობის რეგულირებისათვის კავშირის, ნავიგაციის და დაკვირვების ოპერაციების უზრუნველყოფა იკაოს მოთხოვნათა შესაბამისად.

ფანს-1 უზრუნველყოფს შემდეგ ფუნქციებს:

- ავტომატური დაკვირვების განხორციელება **ARINC-745**-ის იმ მახასიათებლების შესაბამისად, რომლებიც იყენებს მონაცემებს საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის შესახებ, მართვის საბორტო კომპიუტერიდან. ეს ფუნქცია შესრულებულია მათემატიკური

უზრუნველყოფის სახით ფრენის მართვის საბორტო კომპიუტერში და თავის თავში შეიცავს **ARINC-622**-ის მახასიათებლების ფუნქციას, რომელიც საშუალებას იძლევა გადაიცეს ბიტური ფორმატის მონაცემები **ACARS** ტიპის მიწისზედა ქსელებით.

საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის სიზუსტის ამაღლება **GPS** მიმღებების დახმარებით. ეს თავის მხრივ საშუალებას აძლევს ფრენის მართვის კომპიუტერულ სისტემას მოახდინოს ფრენის მართვის ინფორმაციის გენერირება ამაღლებული ხარისხით, რომლის შედეგადაც იზრდება ფრენის დადგენილი პროფილის შენარჩუნების სიზუსტე. ფრენის მართვის სიზუსტე ასეთ შემთხვევაში საკმარისია დაფრენაზე არაინსტრუმენტული შესვლის შესრულებისათვის გადაწყვეტილების მიღების სიმაღლეზე.

ფრენის მართვის კომპიუტერს შეუძლია მიიღოს და ასახოს საჰაერო მოძრაობის მართვის შეტყობინებები მართვა-ასახვის მრავალფუნქციურ ბლოკზე. საჰაერო მოძრაობის მართვის შესახებ მიწოდებული შეტყობინებები შეიცავენ ხმოვან და ვიზუალურ სიგნალებს უშუალოდ პილოტის მხედველობის არეში. ვიზუალური სიგნალი ჩართული რჩება მანამ, სანამ ეკიპაჟი არ დაამთავრებს ყველა შეტყობინებების დათვალიერებას. ფრენის მართვის კომპიუტერი (**ფმკ**) ეკიპაჟს აწვდის თითოეული შეტყობინებისათვის საჭირო პასუხის ვარიანტს. ეკიპაჟს შეუძლია მომზადებულ შეტყობინებას დაუმატოს თავისუფალი ტექსტი. საჰაერო მოძრაობის მართვის ყველა შეტყობინება, რომელიც მიღებული და გადაცემული იქნება მონაცემთა გადაცემის არხებით, არქივირდება ფრენის მართვის კომპიუტერში. ეკიპაჟს შეუძლია ამოირჩიოს ნებისმიერი შეტყობინება და დაბეჭდოს ის საბორტო პრინტერზე.

ფანს-1-ის დახმარებით ეშელონის ცვლილების განხორციელებისათვის მასთან მიმართვა უნდა მოხდეს ეშელონის შეცვლამდე 1 წუთით ადრე. არსებული სისტემის მიხედვით, როცა გამოიყენება მაღალსიხშირიანი კავშირი (ძველი სახელწოდება: მოკლეტალღიანი კავშირი), ამისათვის მოითხოვება, როგორც წესი, 5 წუთზე მეტი. უფრო რთული ოპერაციები მოითხოვენ ავტომატიზაციის უფრო მაღალ ხარისხს, რათა მიღწეული იქნეს დისპეტჩერის ან პილოტის შეცდომების გამორიცხვა. აღნიშნულის შედეგად **ფანს-1**-ის დახმარებით შესაძლებელია გადაცემული იქნეს მიწიდან ბორტზე სრული ფლაიტ-გეგმები უშუალოდ ფრენის მართვის კომპიუტერში.

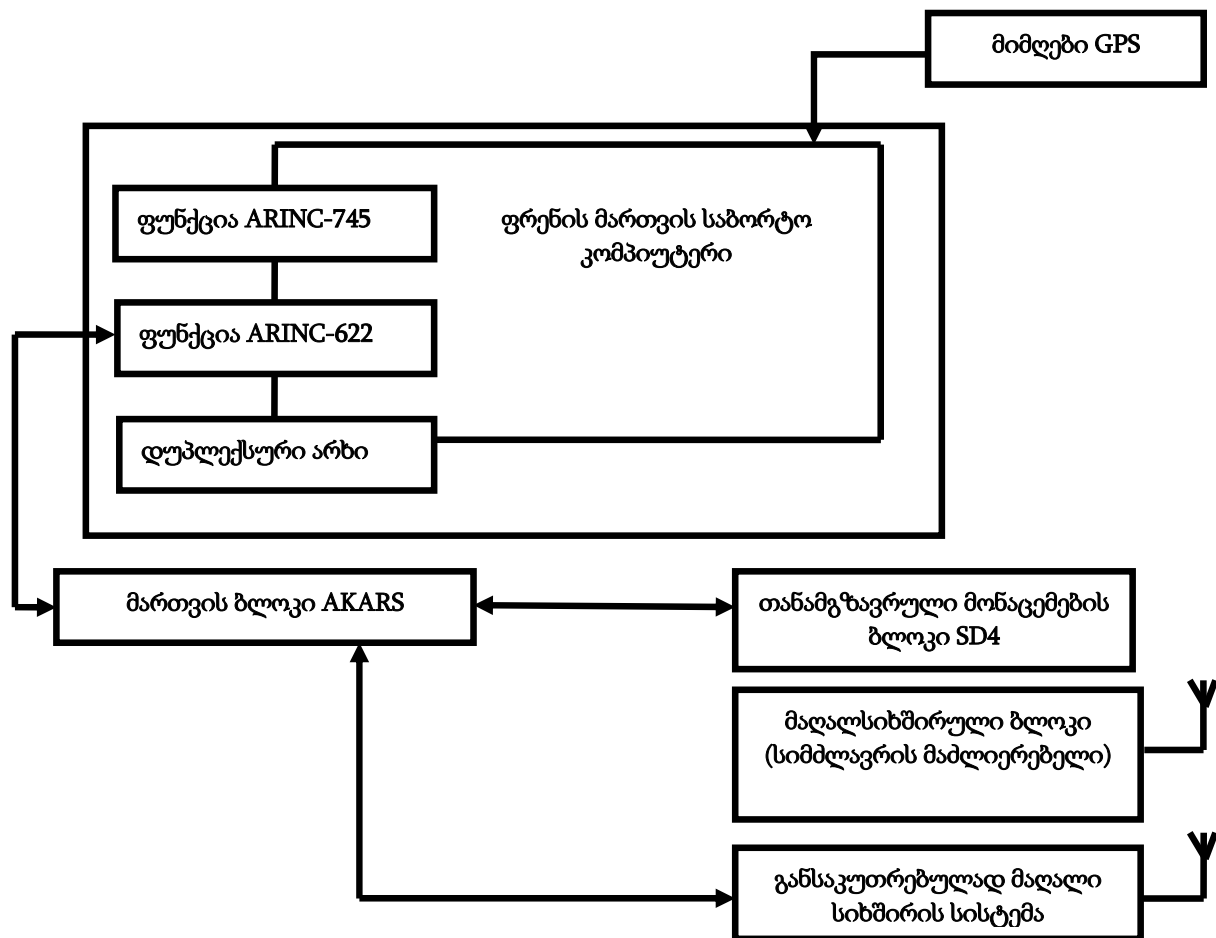
ფანს-1-ის სისტემის გამოყენების სარგებელი ძირითადად გამოიხატება საწვავის დანახარჯის შემცირებაში, ფრენის დროის შემცირებაში და სასარგებლო დატვირთვის გაზრდაში იმ საჰაერო ხომალდებისათვის რომლებისთვისაც რეისების შესრულების დროს დადგენილია ასაფრენი წონის ლიმიტი. ჯერ კიდევ ამ სისტემის ყველაზე ადრეულ ეტაპზე დანერგვისას წყნარი ოკეანის რაიონში მისი გამოცდის დროს მიღებული იქნა ეკონომიის შემდეგი საშუალო მაჩვენებლები: 3000 ფუნტი (1360კგ) საწვავის ეკონომია; დაახლოებით 6 წუთის ტოლი საფრენოსნო დროის ეკონომია; 1% საერთო დროის ეკონომია მარშრუტის სტრუქტურისა და ქარის პირობებიდან გამომდინარე. საწვავის დანახარჯის შემცირება ნიშნავს მასზე დანახარჯების უშუალო შემცირებას, თუმცა სარგებელი სინამდვილეში

უფრო მეტია, იმის გამო, რომ ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელია გავზარდოთ საჰაერო ხომალდის დატვირთვა, რომელიც ტოლი იქნება ამ საწვავის მასისა.

სისტემა **ფანს-1** ძირითადად ურთიერთქმედებს საბორტო კომპიუტერთან, თუმცა ასევე მოითხოვს ცვლილებათა შესრულებას ასახვის ინტეგრირებულ სისტემაზე და ელექტრონული საშუალებებისა და შეტყობინებების მოდულურ ტაბლოზე. ფირმა „ბოინგი“ რეკომენდაციას იძლევა **ფანს-1** დანადგარი გამოყენებული იქნეს **GPS** სისტემასთან ერთად ურთიერთშეცვლადობის სახით იმ მოსაზრებიდან გამომდინარე, რომ დასმული ამოცანის გადაწყვეტისას მიღებული იქნეს სარგებელი ამ ორი სისტემიდან. **GPS**-ის (კავშირის თანამგზავრული სისტემის) დაყენება შეუძლებელია მოხდეს **ფანს-1**-ის გარეშე. ამ შემთხვევაში აუცილებელია შესრულდეს ფრენის მართვის კომპიუტერის პროგრამული უზრუნველყოფის მოდიფიკაცია. მითითებული ცვლილებების განხორციელება **GPS**-ისა და **ფანს-1**-ის ფირმებს შორის კოორდინირებულია.

ფანს-1-ის ფუნქციათა გამოყენება დაფუძნებულია მონაცემების გადაცემის არხების გამოყენებაზე, და შესაბამისად, მოითხოვს ასევე ბორტზე სისტემა **ACARS**-ის არსებობას და მართვის ბლოკის არსებობასაც. ფრენებისათვის ოკეანეების რაიონებში და ასევე ყველგან, სადაც არ არსებობს მონაცემების გადაცემის განსაკუთრებულად მაღალი სიხშირის არხების მოქმედების ზონა, აუცილებელია ასევე არსებობდეს კავშირის თანამგზავრული სისტემა.

ფანს-1 კომპლექტის ფუნქციები ისეა კონსტრუირებული, რომ იგი გამოყენებადია, არა მარტო ბოინგის ყველა სერიის საჰაერო ხომალდისათვის (ბოინგი 747, 767, 777), არამედ, შესაძლებელია მისი დაყენება ასევე სხვა მოდელის საჰაერო ხომალდებზეც.



ნახ. 11.2. ფანს-1-ის ტიპური სტრუქტურული სქემა

ლექცია 12. საჰაერო ხომალდის ფრენის ავტომატიზებული მართვა საპილოტაჟო –სანავიგაციო კომპლექსის საშუალებით

12.1. საჰაერო ხომალდის საპილოტაჟო სანავიგაციო კომპლექსი ტრაექტორიული და საჭერული მართვის სისტემები

საჰაერო ხომალდის სივრცის ერთი წერტილიდან მეორეში ფრენა უზრუნველყოფილია საპილოტაჟო –სანავიგაციო კომპლექსით, რომელიც ასრულებს შემდეგ ძირითად ოპერაციებს:

- საჰაერო ხომალდის სივრცეში მდებარეობის კოორდინატების უწყვეტი ან დისკრეტიული განსაზღვრა და მათი შედარება პროგრამულ მნიშვნელობებთან მათ შორის განსხვავების განსაზღვრისათვის;
- მმართველი ზემოქმედების ფორმირება, რომლის დახმარებით ხორციელდება ფრენის მართვა პროგრამული ტრაექტორიის მიხედვით.

საპილოტაჟო სანავიგაციო კომპლექსის გამარტივებული ბლოკ-სქემა რომელიც წარმოდგენილია ნახ.12.1-ზე ასახავს მართვის პროცესის და ნავიგაციის ძირითად ფუნქციურ და ლოგიკურ კავშირებს. როგორც ნახაზიდან ჩანს კომპლექსი შედგება სხვადასხვა ტექნიკური მოწყობილობებისგან და ისინი გამიზნულია შემდეგი ოპერაციების შესრულებისათვის:

- საჰაერო ხომალდის სივრცეში ადგილმდებარეობის, სიჩქარის, აჩქარების და ნავიგაციური ვითარების შესახებ ინფორმაციის შეკრება;
- პროგრამული ინფორმაციის და სხვა დამატებითი მონაცემების შენახვა;
- ინფორმაციის გამოთვლითი და ლოგიკური დამუშავება;
- მართვა, ინდიკაცია და სიგნალიზაცია.

საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსები წარმოადგენენ მნიშვნელოვანი სირთულის დიდ სისტემებს. მათი შესწავლისათვის მიზანშეწონილია ისინი დაყოფილი იქნეს შედარებით მარტივ კომპლექსებად და ქვეკომპლექსებად, რომელთა შორის ძირითადია საპილოტაჟო და სანავიგაციო კომპლექსები.

საპილოტაჟო კომპლექსი

საპილოტაჟო კომპლექსი ახორციელებს მოცემულ (დადგენილ) ტრაექტორიაზე საჰაერო ხომალდის მასის ცენტრის სტაბილიზაციას, მისი მასის ცენტრის გარშემო მობრუნების მართვას მოთხოვნილი საპილოტაჟო მახასიათებლებით და ფრენის უსაფრთხოების უზრუნველყოფით ავტომატური, ნახევრადავტომატური და ხელით პილოტირების დროს. ხშირად საპილოტაჟო კომპლექსს უწოდებენ ფრენის ავტომატური მართვის საბორტო სისტემას (ფაშს).

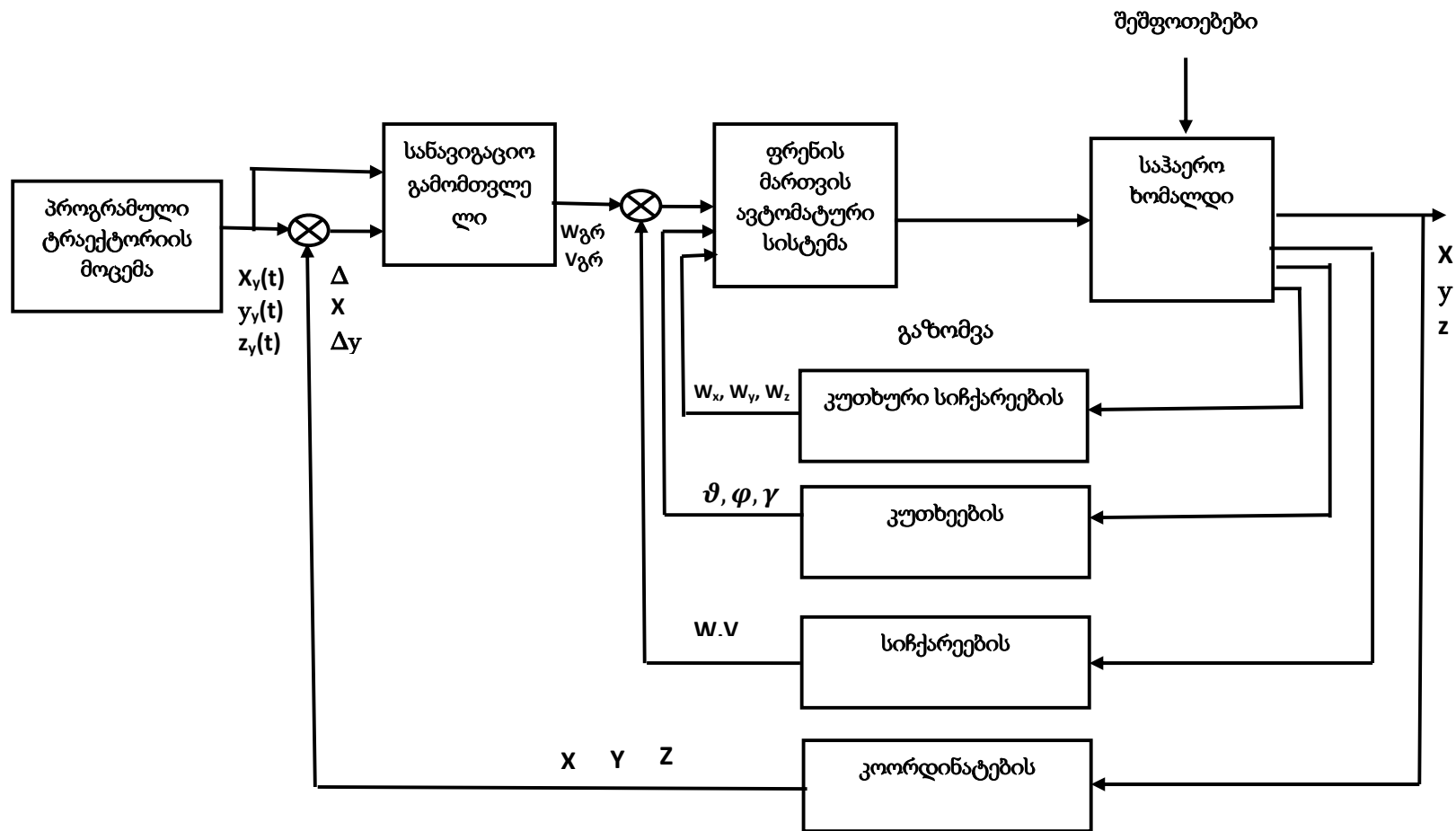
სანავიგაციო კომპლექსი

სანავიგაციო კომპლექსი განსაზღვრავს საჰაერო ხომალდის მასის ცენტრის მოძრაობის ტრაექტორიას, იძლევა ინფორმაციას საჰაერო ხომალდის მასის ცენტრის ტრაექტორიიდან გადახრისა და მისი სივრცეში მიმდინარე მდებარეობის შესახებ. სანავიგაციო კომპლექსის შემადგენლობაში უნდა შედიოდეს ციფრული კომპიუტერი, რომელიც გამოიმუშავებს მმართველ სიგნალებს საპილოტაჟო კომპლექსისათვის.

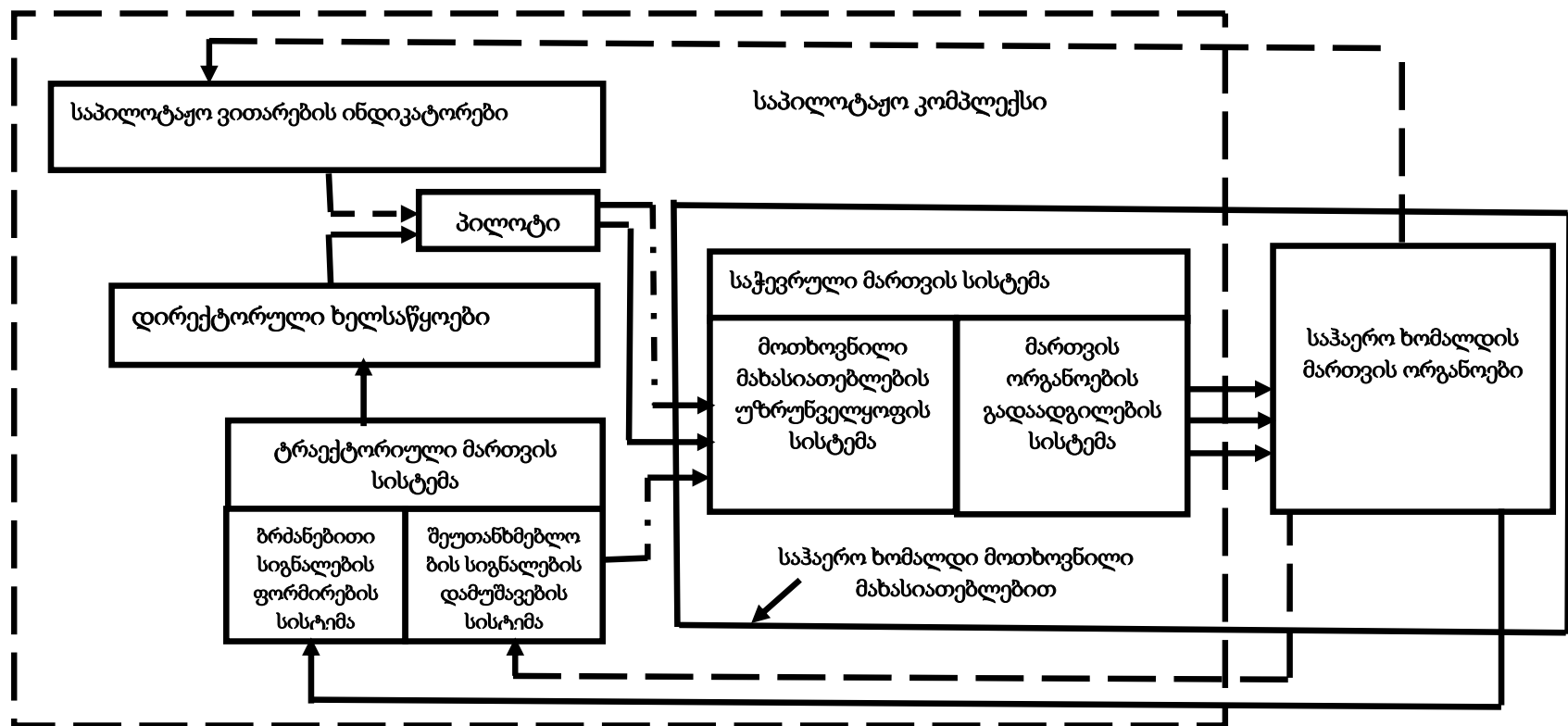
საპილოტაჟო და სანავიგაციო კომპლექსებს შორის საზღვარს წარმოადგენს გადამრთველი მოწყობილობები, რომლებიც გამორთავენ საჰაერო ხომალდის მასის ცენტრის პროგრამული ტრაექტორიიდან გადახრის სიგნალს მუშაობის ნახევრად ავტომატურ და ავტომატურ რეჟიმებში.

ჩვეულებრივ მიღებულია საპილოტაჟო კომპლექსი დაიყოს ორ ქვეკომპლექსად (ნახ.12.2): ტრაექტორიული მართვის სისტემა და საჭევრული მართვის სისტემა.

ტრაექტორიული მართვის სისტემა შედგება ბრძანებითი სიგნალების ფორმირების სისტემისა და შეუთანხმებლობის სიგნალების შემუშავების სისტემისაგან. მისი დანიშნულებაა მოცემულ ტრაექტორიაზე საჰაერო ხომალდის მასის ცენტრის სტაბილიზაცია და მასის ცენტრის ირგვლივ საჰაერო ხომალდის ბრუნვის მართვა. ტრაექტორიული მართვის სისტემის შემადგენლობა და სტრუქტურა განისაზღვრება გადასაწყვეტი ამოცანების ერთობლიობით, რომელთაც მიეკუთვნება: ავტომატური და ნახევრადავტომატური აფრენა; ავტომატური ფრენა დადგენილი კურსის მიხედვით; საჰაერო ხომალდის კუთხური მდებარეობის, სიმაღლის და ფრენის სიჩქარის სტაბილიზაცია;



ნახ.12.1. საპილოტაჟო სანავიგაციო კომპლექსის გამართივებული ბლოკ-სქემა



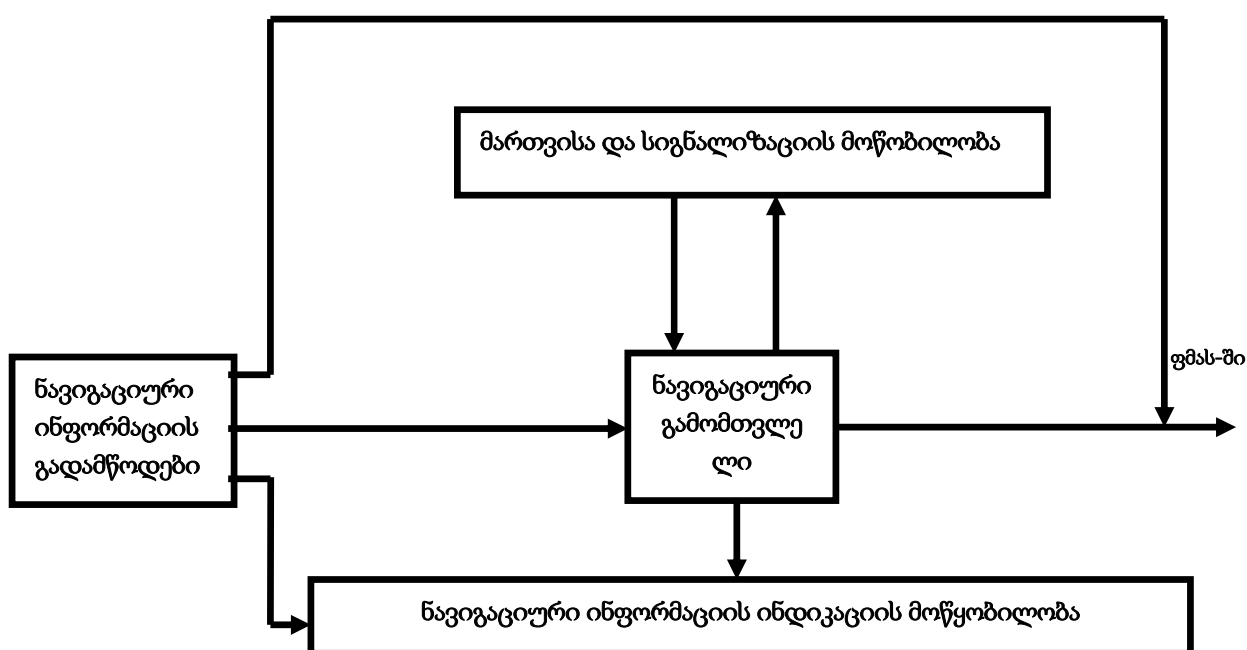
ნახ.12.2. საპილოტაჟო კომპლექსის ფუნქციური სქემა

დაფრენაზე ავტომატური, ნახევრადავტომატური შესვლა და მეორე წრეზე წასვლა; მიწაზე ავტომატური დაფრენა და ასაფრენ-დასაფრენ ზოლზე გარბენა.

საჭევრული მართვის სისტემა შედგება მართვის ორგანოების გადაადგილების სისტემისა და საპილოტაჟო მახასიათებლების გაუმჯობესების სისტემისაგან. იგი ემსახურება მოთხოვნილი საპილოტაჟო მახასიათებლების (დემპფირების, მდგრადობის და მართვადობის) უზრუნველყოფას და საჰაერო ხომალდის საშიშ რეჟიმებში შესვლის თავიდან აცილების შესაძლებლობას პილოტირების ავტომატურ, ნახევრადავტომატურ და ხელით მართვის რეჟიმებში. საჭევრული მართვის სისტემის შემადგენლობა და სტრუქტურა განისაზღვრება კონკრეტული საჰაერო ხომალდის აეროდინამიკური და გეომეტრიული განსაკუთრებულობით. საზღვარს ტრაექტორიული და საჭევრული მართვის სისტემებს შორის წარმოადგენს ის გადამრთველი მოწყობილობები, რომელთაც შეუძლიათ გამორთონ ის ბრძანებები, რომლებიც მიეწოდება ტრაექტორიული მართვის სისტემიდან საჭევრული მართვის სისტემას ავტომატური პილოტირების პროცესში. ამ შემთხვევაში დადგენილი ინფორმაცია საჰაერო ხომალდის ტრაექტორიიდან გადახრის შესახებ ტრაექტორიული მართვის სისტემიდან მიეწოდება მხოლოდ ინდიკატორებსა და სიგნალიზატორებს. საჭევრული მართვის სისტემა უნდა მუშაობდეს პილოტირების ნებისმიერი საში შესაძლებელი ხერხის შემთხვევაში (ავტომატური, ნახევრადავტომატური, ხელით მართვა). იგი ორგანულადაა დაკავშირებული საჰაერო ხომალდთან და მასთან ერთად ქმნის საჰაერო ხომალდს საჭირო საპილოტაჟო მახასიათებლებით. ეს ეხება საჰაერო ხომალდებს ისრისებრი ფრთებით. თუ საპილოტაჟო მახასიათებლები აკმაყოფილებენ აუცილებელ მოთხოვნებს, მაშინ არაა აუცილებელი სპეციალური ქვესისტემის შექმნა საპილოტაჟო მახასიათებლების გაუმჯობესებისათვის. საპილოტაჟო კომპლექსის დაყოფა საჭევრული მართვის და ტრაექტორიული მართვის სისტემებად იძლევა უფრო ფართო შესაძლებლობას განხორციელდეს საპილოტაჟო კომპლექსის მოწყობილობების უნიფიკაცია, იმდენად, რამდენადაც საჭევრული მართვის სისტემის სტრუქტურა განისაზღვრება კონკრეტული საჰაერო ხომალდის კონკრეტული განსაკუთრებულობებით, ხოლო ტრაექტორიული მართვის სისტემის სტრუქტურა კი გადასაწყვეტი ამოცანებით, ამიტომ სხვადასხვა კონსტრუქციის საჰაერო ხომალდებს, რომლებიც ემსახურებიან ერთი და იგივე ამოცანების გადაწყვეტას, შესაძლებელია ჰქონდეთ სხვადასხვანაირი საჭევრული მართვის სისტემა, მაგრამ ერთნაირი ტიპის ტრაექტორიული მართვის სისტემა. შესაძლებელია საპირისპირო შემთხვევაც, როცა ერთი და იგივე კონსტრუქციის საჰაერო ხომალდების დანიშნულებაა სხვადასხვა ამოცანების გადაწყვეტა, შესაძლებელია ჰქონდეთ ერთნაირი საჭევრული მართვის სისტემა და სხვადასხვა ტიპის ტრაექტორიული მართვის სისტემა. საჭევრული მართვის სისტემის დინამიკური კონტურები ტრაექტორიული მართვის სისტემის დინამიკურ კონტურებთან მიმართებაში წარმოადგენენ შიგა კონტურებს.

სანავიგაციო კომპლექსის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა (ნახ. 12. 3) შედგება სანავიგაციო ინფორმაციის გადამწოდებებისგან, სანავიგაციო მოწყობილობებისგან, მართვის მოწყობილობებისგან, ინდიკაციისა და სიგნალიზაციის მოწყობილობებისგან. სანავიგაციო ინფორმაციის დანიშნულებაა სხვადასხვა ფიზიკური ველების პარამეტრების გაზომვა, რომელთა საფუძველზე განისაზღვრება ფრენის სანავიგაციო ელემენტები.

სანავიგაციო ინფორმაციის გადამწოდებს პირობითად ყოფენ ორ ჯგუფად. პირველი ჯგუფი უზრუნველყოფს მოძრაობის სანავიგაციო ელემენტების განსაზღვრას (კურსი, სიჩქარე, სიმაღლე, დრეიფის, დაგვერდების, და ტანგაჟის კუთხეები). მე-2 ჯგუფი უზრუნველყოფს იმ სანავიგაციო პარამეტრების განსაზღვრას, რომლებიც ახასიათებს საჰაერო ხომალდის მდებარეობას საყრდენი ხაზებისა და სანავიგაციო წერტილების მიმართ ან ობიექტების მდებარეობას საჰაერო ხომალდის მიმართ (აზიმუტი, სიშორე, საკურსო კუთხე, სიშორეთა სხვაობა). პირველი ჯგუფის გადამწოდებს მიეკუთვნება საკურსო ხელსაწყოები და სისტემები, რომელთა დანიშნულებაა დადგენილი (მოცემული) ან გაანგარიშებული კურსის განსაზღვრა, მობრუნების შესრულება მოცემული კუთხეებით, ასევე საკურსო სიგნალების გაცემა სანავიგაციო გამომთვლელებში, სანავიგაციო-საპილოტაჟო და სხვა სისტემებში, ინდიკატორებზე.



ნახ. 12.3. სანავიგაციო კომპლექსის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა

საპილოტაჟო ზუსტი საკურსო სისტემა (სზსს) წარმოადგენს იმ სისტემების ტიპიურ წარმომადგენელს, რომლებიც აგებულია საკურსო ინფორმაციის სხვადასხვა გადამწოდების გაერთიანების პრინციპზე. ბოლო ხანს გავრცელებას პოულობს უფრო სრულყოფილი საკურსო ხელსაწყოები, რომლებიც შეუძლებადი არიან საპილოტაჟო – სანავიგაციო კომპლექსის (სსკ) სანავიგაციო გამომთვლელთან (სგ). ესენი არიან კურსის ფორმირების საბაზო სისტემები და კურსისა და ვერტიკალის საბაზო სისტემები. კურსის ფორმირების საბაზო სისტემა (კფსს) აფორმირებს კურსის მნიშვნელობას გირონახევარკომპასის, კურსვერტიკალის ან საჰაერო ხომალდის ინერციალური კურსვერტიკალის მონაცემების მიხედვით, კურსის გარე წყაროებიდან კორექციის შესაძლებლობით. კურსისა და ვერტიკალის საბაზო სისტემა ინერციალური სისტემის, კურსვერტიკალის ან ინერციალური კურსვერტიკალის მონაცემების მიხედვით აფორმირებს საჰაერო ხომალდის კურსის

მნიშვნელობას და უზრუნველყოფს სიგნალების ფორმირებას, რომლებიც ასაბუთებენ კურსისა და ვერტიკალის სიგნალების უტყუარობას ცალკეული სისტემებისგან მიღებული მნიშვნელობების შედარების მეთოდით. ორივე საბაზო სისტემა ავტომატურია და ნავიგაციურ გამომთვლელთან შერწყმით უზრუნველყოფს საპილოტაჟო - სანავიგაციო კომპლექსის მომხმარებლების დაკმაყოფილებას საიმედო და ზუსტი საკურსო ინფორმაციით. ძირითადი პრინციპული განსხვავება კურსის ფორმირების საბაზო სისტემისა და კურსისა და ვერტიკალის საბაზო სისტემების სხვა დანარჩენი საკურსო სისტემებისაგან, მდგომარეობს მათ უნარში შეუღლდნენ სანავიგაციო გამომთვლელთან და მიიღონ მისგან ინფორმაცია (გარე კორექციის სიგნალები). სხვაგვარი პრინციპული განსხვავება სხვა სისტემებისაგან არაა, გარდა ზოგიერთი ტექნიკური გადაწყვეტისა. კურსის ფორმირების საბაზო და კურსისა და ვერტიკალის საბაზო სისტემებისათვის ნიშანდობლივია საკურსო სისტემის ყველა ძირითადი ელემენტი: ინდუქციური გადამწოდი, კორექციული მექანიზმი, საკურსო გიროსკოპი და ა.შ.

ამჟამად საჰაერო ხომალდებზე დაყენებულია ინერციალური სანავიგაციო სისტემები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნეს, როგორც ნავიგაციის ავტონომიური საშუალებები, ასევე როგორც საჰაერო ხომალდის კურსის, კუთხური მდებარეობის და სიჩქარის გადამწოდების სახით საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის ნავიგაციური გამომთვლელისათვის.

თანამედროვე სანავიგაციო კომპლექსის მნიშვნელოვან შემადგენელ ელემენტს წარმოადგენს დოპლერული რადიოლოკაციური სისტემა (სიჩქარის დოპლერული საზომი, დრეიფის კუთხის დოპლერული საზომი). მათ მიერ გაზომილ დოპლერულ სიხშირეებს ხშირად იყენებენ ფრენის სიჩქარისა და დრეიფის კუთხის გამოთვლისათვის ან სანავიგაციო სისტემის კოორდინატთა ღერძებზე სიჩქარის ვექტორის გეგმილების გამოთვლისათვის.

ნავიგაციის ინერციალურ და დოპლერულ სისტემებთან ერთად გავრცელებას პოულობენ ინერციალურ-დოპლერული სანავიგაციო სისტემები, რომლებშიც შერწყმულია ინერციალური-ნავიგაციური სისტემისა და სიჩქარისა და დრეიფის კუთხის დოპლერული საზომების ღირსებები. ასეთი კომპლექსირება უზრუნველყოფს სისტემის ახალ ხარისხს ინერციალურ-ნავიგაციურ სისტემებთან შედარებით (მაგალითად, ინერციალურ-დოპლერული სისტემა არ მოითხოვს იმდენად ხანგრძლივ დაყენება-გასწორებას გაფრენის წინ).

თვითმფრინავტარების ამოცანების გადაწყვეტისათვის საჰაერო ხომალდზე აუცილებელია იყოს ინფორმაცია სახელსაწყო და ჭეშმარიტი სიჩქარეების შესახებ მოცემულ სიმაღლეზე, სიმაღლის აღებისა და დაშვების სიჩქარეების შესახებ, ტემპერატურის შესახებ. ეს მონაცემები გაიცემა ინფორმაციის შეკრებისა და დამუშავების სისტემის მიერ, რომელიც შედგება აეროდინამიკური გადამწოდებისაგან, საჰაერო სიგნალების გარდაქმნის მოწყობილობისაგან და ინდიკაციის მოწყობილობისაგან ეკიპაჟის მიერ ინფორმაციის გამოყენებისათვის. საჰაერო პარამეტრების ნამდვილი (ჭეშმარიტი) მნიშვნელობების მისაღებად ადრე ეკიპაჟს უწევდა ფრენის დროს შესაბამისი გაანგარიშებების ჩატარება, რათა

თავიდან ყოფილიყო აცილებული მეთოდური, აეროდინამიკური და ინსტრუმენტული ცდომილებები.

თანამედროვე საჰაერო ხომალდების დიდი სიჩქარეები არ იძლევა საშუალებას ეკიპაჟმა ჩაატაროს რთული გაანგარიშებები. გარდა ამისა გაზომვების დიაპაზონის გაფართოებამ და საჭირო სიზუსტის ზრდამ, ხელსაწყოების გაბარიტული ზომებისა და მასის მკაცრად შეზღუდვებმა, აგრეთვე საპილოტაჟო-სანავიგაციო ინფორმაციის ელექტრული სიგნალების სახით გაცემის საჭიროებამ მოითხოვა ცალკეული სხვადასხვაგვარი ტიპის ხელსაწყოების კომპლექსირება სისტემებისა და კომპლექსების სახით. ასეთი სისტემებისა და კომპლექსების წარმომადგენლებია საჰაერო სიგნალების სისტემა (სსს) და მაღლივ-სიჩქარეული პარამეტრების ინფორმაციული კომპლექსები (მსპიკ). ამ სისტემებში გათვალისწინებულია ინსტრუმენტული, აეროდინამიკური და მეთოდური შესწორებების ავტომატური შეტანა.

12.2. საჰაერო ხომალდის ფრენის ავტომატიზებული მართვა საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემისა და საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის საშუალებით

ყველა მონაცემი, რომელიც გამოიყენება საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესში, შეიძლება დაიყოს სტატიკურ და დინამიკურ მონაცემებად. სტატიკური მონაცემები ისეთი მონაცემებია, რომლებიც არ იცვლება სისტემის მუშაობის პროცესში. დინამიკური მონაცემები უწყვეტად განახლდებიან სისტემის მუშაობის პროცესში.

სტატიკური ინფორმაცია წარმოადგენს თავის მხრივ საჰაერო ხომალდებისა და ტრასების მახასიათებლებს. საჰაერო ხომალდის მახასიათებლებს მიეკუთვნება ვერტიკალური სიჩქარეების დიაპაზონი სიმაღლის აღებისა და დაფრენის დროს, საწვავის ხარჯის დამოკიდებულება სიმაღლესა და სიჩქარეზე. ტრასების მახასიათებლებს მიეკუთვნება საკონტროლო პუნქტების კოორდინატები, ტრასების გადაკვეთისა და გამრუდების წერტილები, მაგნიტური საგზაო კუთხეები, ცალკეული უბნების სიგრძე, სიგანე და ქვედა უსაფრთხო ეშელონი, ტრასის პირობითი ნიშანი. სტატიკური ინფორმაცია სისტემაში უნდა ინახებოდეს მუდმივად.

სტატიკურ და დინამიკურ ინფორმაციებს შორის შუალედური მდებარეობა უკავია ინფორმაციას, რომელიც შედის ფრენის გეგმების შემადგენლობაში, იმდენად, რამდენადაც ფრენის გეგმა შესაძლებელია დაკორექტირდეს ფრენის პროცესში. ფრენის გეგმა უნდა შეიცავდეს საჰაერო ხომალდისა და ტრასების ნომრებს, გაფრენის დროს, ასევე საკონტროლო პუნქტების გავლისა და დანიშნულების აეროპორტში დაფრენის დროს, საწვავის მარაგს, ცნობებს ბორტზე რადიოლოკაციური მოპასუხის არსებობის შესახებ.

დინამიკურ ინფორმაციას მიეკუთვნება რეისის ნომერი, საჰაერო ხომალდის კოორდინატები და სიმაღლე, საწვავის ნარჩენი. თუ საჰაერო ხომალდი არაა აღჭურვილი მოპასუხით, მაშინ ეს ცნობები ეკიპაჟის მიერ გადაიცემა რადიოარხული კავშირით და შეიტანება ავტომატიზებულ სისტემებში პულტიდან დისპეტჩერის ან ოპერატორის მიერ.

საჰაერო მოძრაობის მართვის კონტროლის უმარტივეს სქემაში (ნახ.12.4) დისპეტჩერი იღებს გადაწყვეტილებას და წარმართავს მართვას. ინფორმაციას გარემომცველი ვითარების შესახებ ის ღებულობს რადიოლოკაციური და რადიოსალაპარაკო მოწყობილობებიდან. მოცემულია მოძრაობის გეგმა – პროგრამის მიხედვით ინსტრუქციებისა და სხვა რეგლამენტების, აგრეთვე იმ სქემის შესაბამისად, რომელიც დადგენილია მოძრაობის ორგანიზაციის გათვალისწინებით. აგრეთვე არსებული საჰაერო ვითარების გათვალისწინებით დისპეტჩერს შეუძლია მიიღოს გადაწყვეტილება საჰაერო ხომალდის მოძრაობის ცვლილების საჭიროების შესახებ. თუ ამ დროს საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემა ავტომატიზებულია, მაშინ დისპეტჩერის ფუნქციათა ნაწილი სრულდება ავტომატურად გამოთვლითი მოწყობილობის დახმარებით.

ცნობები მეტეოპირობების შესახებ ტრასების სხვადასხვა უბნებზე სისტემაში შეტანილი უნდა იქნეს მონიტორის კლავიატურიდან ასოით-ციფრულ ფორმაში. ასევე შეიტანება მონაცემები სხვა სადისპეტჩერო ქვედანაყოფებიდან და სხვა აეროპორტებიდან. თანამედროვე სისტემებში ინფორმაცია სიმაღლის, რეისის ნომრის, საწვავის ხარჯის და სხვა პარამეტრების შესახებ, ასევე მოსალოდნელი შესაძლო საფრთხის შესახებ სიგნალები აისახება ინდიკატორზე ე.წ. ფორმულარების სახით.

საჰაერო ხომალდის ბორტზე ფრენის სხვადასხვა პარამეტრების განსაზღვრა ხორციელდება საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის დახმარებით, რომელიც გასცემს საჭირო ინფორმაციას საჰაერო ხომალდის მართვისათვის.

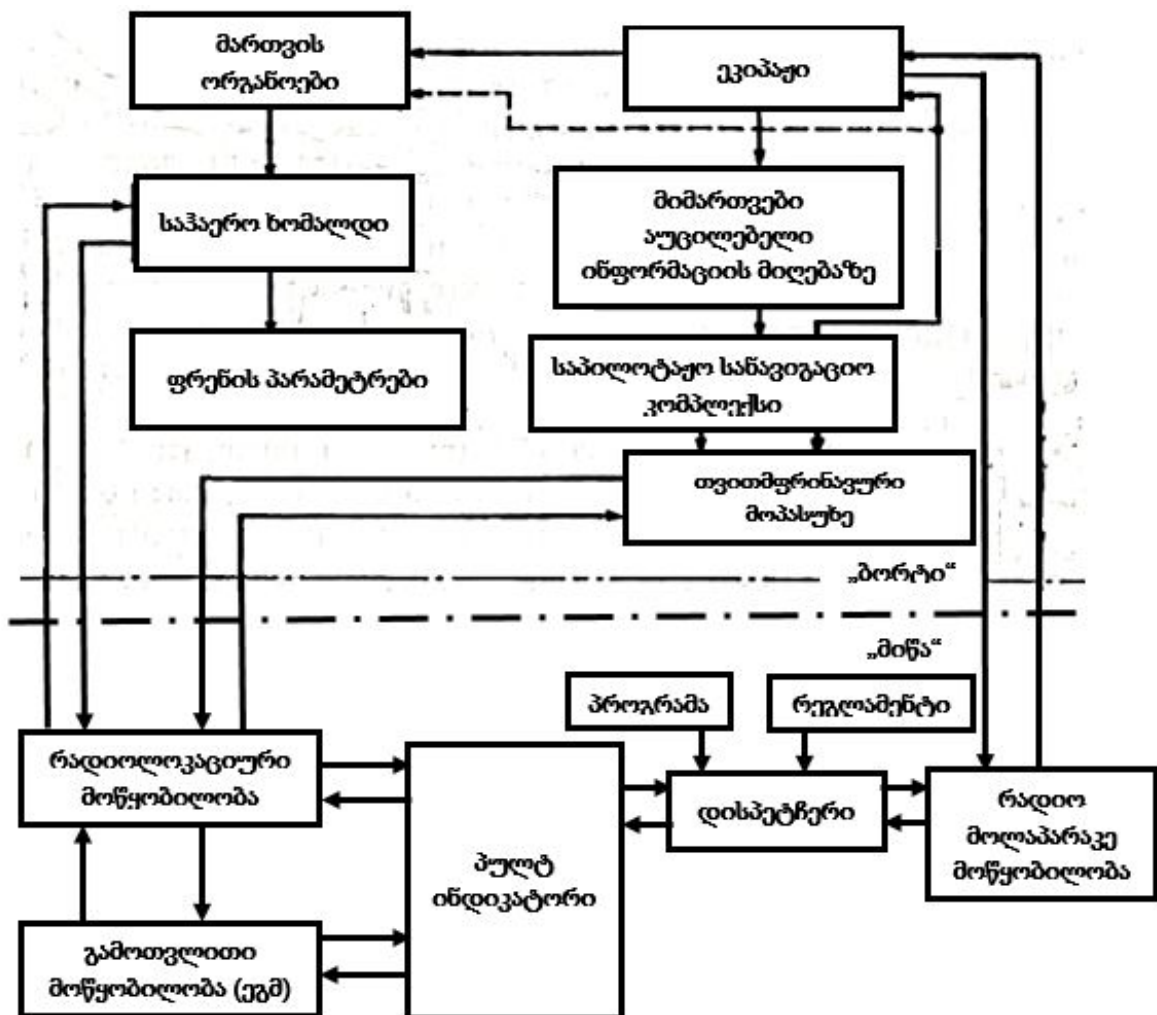
მიწისზედა და საბორტო დანადგარების პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს კომპლექსირების პრინციპის განხორციელება, რომლის დროსაც მიღწეული იქნება თვითმფრინავტარებისა და საჰაერო მოძრაობის მართვის მრავალმიზნობრივი ფუნქციების შესრულება.

ამჟამად არსებული მეორადი რადიოლოკაციური არხისათვის (მიწისზედა რადიოლოკაციური და საჰაერო ხომალდის მოპასუხე), რომელიც წარმოადგენს საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემისათვის კოორდინატული ინფორმაციის ძირითად წყაროს, დამახასიათებელია მთელი რიგი არსებითი პრინციპული ნაკლოვანებები. ამასთან დაკავშირებით ახლა უკვე დამუშავებულია მეორადი რადიოლოკაციის ახალი სისტემა, სადაც გამოყენებულია თითოეული საჰაერო ხომალდის ინდივიდუალური სამისამართო მიმართვის პრინციპი. მუშაობის სამისამართო რეჟიმში გადასვლა საშუალებას იძლევა შეიქმნას მაღალეფექტური მონაცემთა გადაცემის ხაზი ბორტი—მიწა. ამ შემთხვევაში განხორციელებულია საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემიდან მმართველი და კონსულტაციური ინფორმაციის გადაცემის პროცესის ავტომატიზაცია საჰაერო ხომალდის ბორტზე. იმავდროულად გაზრდილია იმ ინფორმაციის მოცულობა, რომელიც გადაიცემა ავტომატურად საჰაერო ხომალდის ბორტიდან.

მონაცემების გადაცემის ციფრული ხაზების დანერგვა მეორადი რადიოლოკატორის სამისამართო მიმართვით საშუალებას იძლევა ეკიპაჟმა უფრო ფართოდ გამოიყენოს ავტომატიზაციის უპირატესობა, შემცირდეს სისტემური შეცდომების რიცხვი, უზრუნველყოს ეკიპაჟისათვის ინფორმაციის დროული გადაცემა. ყველაფერი ეს, თავის მხრივ, იწვევს ფრენისა და საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემის უსაფრთხოების, ეკონომიუ-

რობის და გატარებისუნარიანობის ამაღლებას, იმავდროულად მიიღწევა დისპეტჩერისა და ეკიპაჟის დატვირთვის შემცირება.

მეორადი რადიოლოკაციის დისკრეტულ – სამისამართო სისტემებისა და ციფრული მონაცემების გადამცემი ხაზები ბორტი-მიწა დანერგვამ შესაძლებელი გახადა ინფორმაციის გაცვლა საბორტო საპილოტაჟო-სანავიგაციო და საჰაერო მოძრაობის მართვის მიწისზედა საშუალებებს შორის. საბორტო და მიწისზედა სისტემებით ინფორმაციის ერთობლივი დამუშავება კოორდინატების შეფასების თვალსაზრისით და მათი კომპლექსირება განისაზღვრება შემდეგი ფაქტორებით. ორივე სისტემა წყვეტს, არსებითად ერთ და იგივე ამოცანებს. პრინციპული განსხვავება მდგომარეობს მხოლოდ იმაში, რომ კოორდინატების შეფასების მიწისზედა სისტემა აფასებს არა ერთი, არამედ რამდენიმე საჰაერო ხომალდის ტრაექტორიას. ფრენების შესრულების დროს სისტემები ურთიერთმოქმედებენ ერთმანეთთან, რაც ახდენს გავლენას მათი მუშაობის ეფექტურობაზე. კოორდინატების შეფასების მიწისზედა სისტემა შეიძლება განხილული იქნეს როგორც სისტემა, რომელიც აკონტროლებს კოორდინატების შეფასების საბორტო სისტემას.

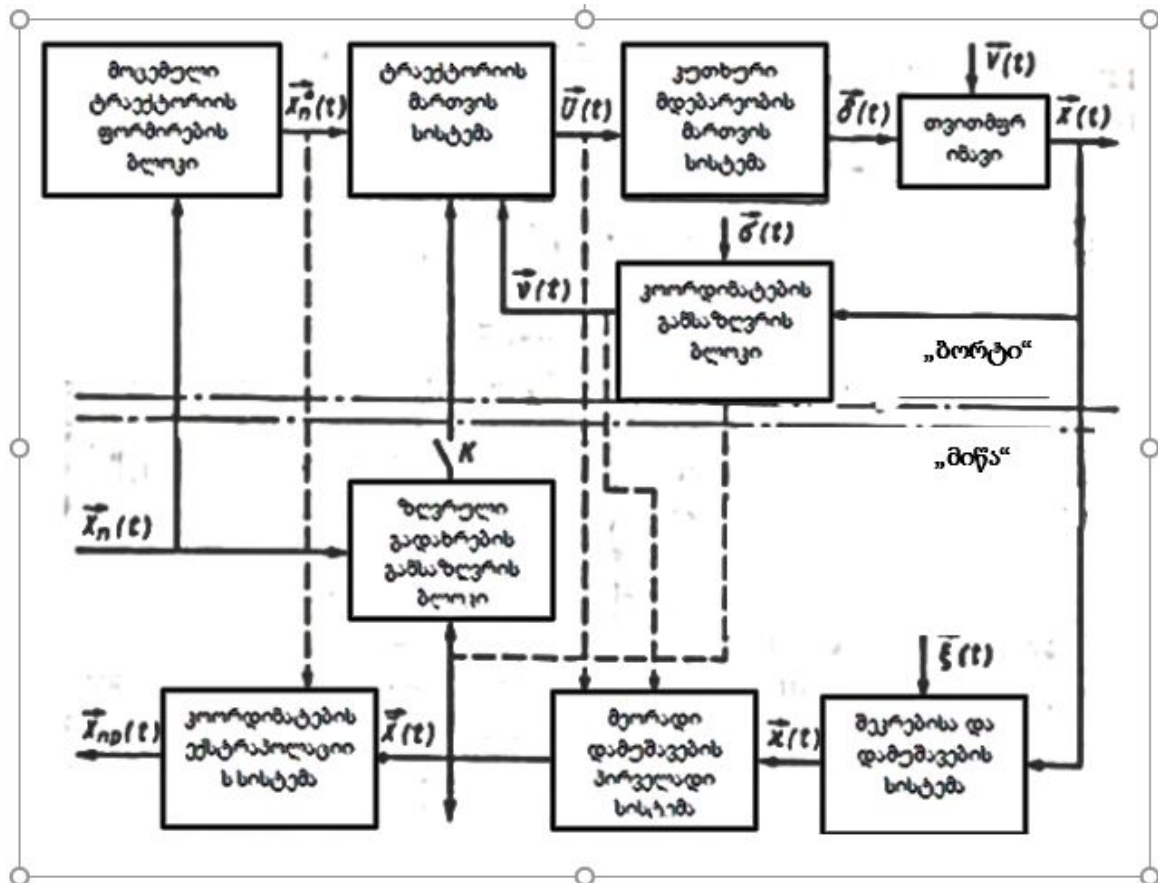


ნახ.12.4. საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემის კონტურის სქემა

კოორდინატების შეფასების საბოროტო და მიწისზედა სისტემებში (ნახ. 12.5) შედის კოორდინატების განსაზღვრისა და მოცემული ტრაექტორიის ფორმირების ბლოკები. კოორდინატების შეფასების საბოროტო სისტემა უზრუნველყოფს საჰაერო ხომალდის მოძრაობას ფრენის გეგმით მოცემული ტრაექტორიის მიხედვით. ამისათვის მოცემული ტრაექტორიის ფორმირების ბლოკიდან ტრაექტორიის მართვის სისტემის შესასვლელზე მიეწოდება ფრენის მიმდინარე გეგმა - მდგომარეობის ვექტორის სახით $\vec{x}_n(t)$. ის წარმოადგენს თავის მხრივ ფრენის საწყისი გეგმის $\vec{x}_n(t)$ -ის კონკრეტულ რეალიზაციას და იძლევა სასურველ სივრცით-დროით ტრაექტორიას ფრენის პირობების გათვალისწინებით. ტრაექტორიული მართვის სისტემა მიმდინარე გეგმის შესაბამისად გამოიმუშავებს მმართველ ზემოქმედებას $\vec{U}(t)$ -ს და საჰაერო ხომალდის კუთხური მდებარეობის მოცემული სისტემის საშუალებით უზურველყოფს საჰაერო ხომალდის მოძრაობას მოცემული ტრაექტორიით. იმ ცვლილებებისა და შემფოთებით ზემოქმედებათა $\vec{V}(t)$ კომპენსაციისათვის მართვის სისტემაში, რომელთა გათვალისწინება პრინციპში შეუძლებელია, ტრაექტორიის მართვის სისტემაში საჭიროა უკუკავშირი, რომელიც ხორციელდება კოორდინატების განსაზღვრის ბლოკის საშუალებით. ამ ბლოკიდან ტრაექტორიის მართვის სისტემის შესასვლელზე მიეწოდება მდგომარეობათა ვექტორის სახით $\vec{S}(t)$ -ს გაზომილი მნიშვნელობა, რომელიც განსხვავდება ფაქტიური $\vec{X}(t)$ - საგან გაზომვათა ცდომილებათა მნიშვნელობით $\vec{\delta}(t)$:

$$\vec{S}(t) = f(\vec{x}, \vec{\delta}, t) .$$

საჰაერო ხომალდის კოორდინატები და სიჩქარეები მიეწოდება კოორდინატების ექსტრაპოლაციის სისტემის შესასვლელზე, რომელიც გაითვლის საჰაერო ხომალდის პროგნოზირებად მდებარეობას t მოცემული დროისათვის:



ნახ. 12.5. კოორდინატების შეფასების საბორტო და მიწისზედა სისტემებს შორის კავშირის სქემა.

$$x_{\text{ფრ}}(t) = x[t_{\text{საფრ}} x(t), x_n^*(t)], (i=1, k),$$

სადაც k – პროგნოზის დროის მონაკვეთების რიცხვია.

ამრიგად, კოორდინატების შეფასების საბორტო და მიწისზედა სისტემები პრაქტიკულად მუშაობენ ავტონომიურად, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ერთეულ შემთხვევებში მოძრაობის სამსახურის მაკორექტირებელ მითითებებს. სისტემების მუშაობა შეიძლება ჩაითვალოს ოპტიმალურად, როცა საჰაერო ხომალდის ბორტზე და საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემაში უზრუნველყოფილია მდგომარეობათა ვექტორის $\vec{x}(t)$ -სა და პროგნოზირებადი მდებარეობის ვექტორის $\vec{x}_{\text{პრ}}(t)$ -ის მიღება. საბორტო და მიწისზედა სისტემების საერთო ამოცანების ეფექტურად გადაწყვეტისათვის აუცილებელია საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსიდან და საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემიდან მიღებული საკოორდინატო ინფორმაციის ერთობლივი გამოყენება.

ლექცია 13. საჰაერო ხომალდების მოძრაობის სატრასო, საეროდრომო და აეროსაკვანძო სისტემების სტრუქტურა და ფუნქციონირება

13.1. საჰაერო ხომალდების მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურა და ფუნქციონირება

საჰაერო ხომალდების მოძრაობის სატრასო ავტომატიზებული სისტემები ორგანიზაციულად გაერთიანებული უნდა იყოს ქვეყნის საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების შემადგენლობაში. მათ ძირითად ფუნქციებს მიეკუთვნება: ფრენის უკონფლიქტო გეგმების გაანგარიშება; ეშელონირების ნორმების დაცვის კონტროლი; საჰაერო ხომალდების ფრენების დადგენილი წესებისა და სქემების შესრულება; კონფლიქტური სიტუაციების წინასწარმეტყველება და მათი აღმოფხვრისათვის საჭირო გადაწყვეტების გამომუშავება.

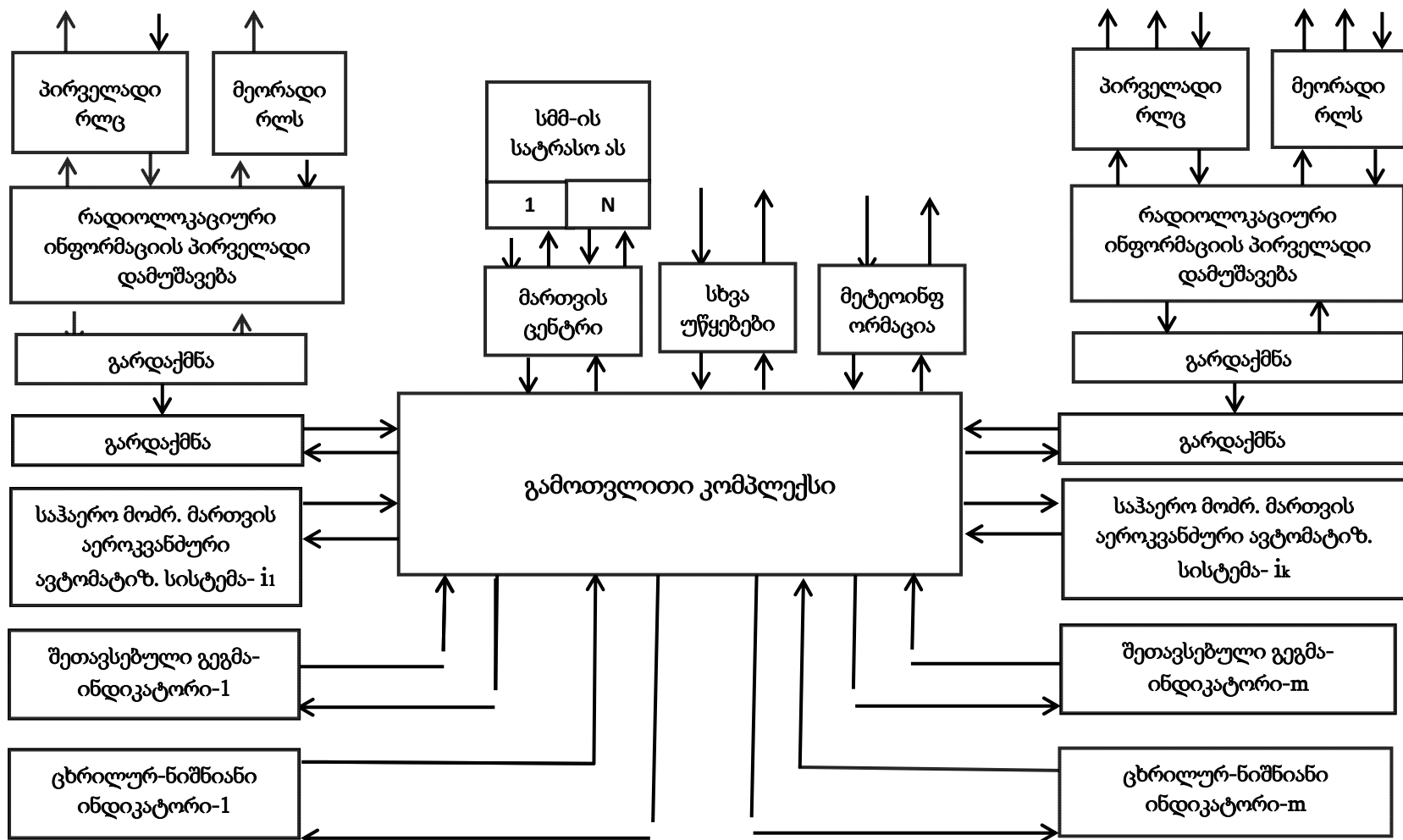
საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემების დაგეგმვის ქვესისტემების ერთერთ მთავარ ფუნქციურ ამოცანას წარმოადგენს საჰაერო ხომალდების ნაკადების დაგეგმვა და ტრასების უბნებზე რაციონალური მარშრუტების გაანგარიშება ისეთნაირად, რომ რეგულირებისა და ეკონომიურობის კრიტერიუმების დარღვევის გარეშე მიღწეულ იქნეს საჰაერო სივრცის ეფექტური გამოყენება. ამასთან ერთად გაითვალისწინება: აეროპორტების ზონებში საჰაერო ხომალდების მოძრაობის ინტენსივობაზე დადებული შეზღუდვები; ტრასების უბნების გატარების უნარი მათი თანხვედრისა და გადაკვეთის წერტილებში; საჰაერო ხომალდების მოძრაობის ინტენსივობის ანალიზი. მათი ნაკადების შეთანხმება და რეგულირება წარმოადგენს სწორედ საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემების ძირითად ფუნქციას.

საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირება შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ **ნახ.13.1**-ზე წარმოდგენილი სქემის მიხედვით. საჰაერო ხომალდების წინასწარი გეგმები, რომლებიც შედგენილია ცალკეულ აეროსაკვანძო და აეროდრომულ საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში (**აასმმას**), სწრაფქმედი კავშირის ხაზებით მიეწოდება გამოთვლით კომპლექსს (**გკ**). დამხსომებელ მოწყობილობაში ინახება ცნობები საჰაერო მოძრაობის ორგანიზაციის შესახებ (მუდმივი სახის), ასევე ცნობები საჰაერო ხომალდების ფრენების განრიგის, შეზღუდვების და აკრძალვების შესახებ, აქვეა დაფიქსირებული მეტეოინფორმაცია მიღებული სხვა უწყებებიდან და მეზობელი სატრასო ცენტრებიდან. გაივლის რა დამუშავებას, ფრენების გეგმები აისახება სადისპეტჩერო პუნქტების ცხრილურ-ნიშნით ინდიკატორებზე (**ცნი**).

თუ მოცემული საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის განსაზღვრული სექტორის დისპეტჩერი შეიტანს რაღაც შესწორებებს ინფორმაციაში კონკრეტული ვითარების შესაბამისად, მაშინ ხდება გეგმების გადახედვა მანამ, სანამ მიღწეული არ იქნება ისეთი გადაწყვეტა, რომელიც მისაღები იქნება საჰაერო მოძრაობის მართვის ყველა ზონისათვის. ფრენის მიღებული გეგმები გადაიცემა შესაბამის სადისპეტ-

ჩერო პუნქტებში და ხდება მათი ასახვა ელექტრონულ მონიტორებზე, ასევე ხორციელდება მათი დოკუმენტირება და ბეჭდება სპეციალური ბლანკების (სტრიპების) სახით.

ინფორმაცია საჰაერო ხომალდის მიმდინარე ფრენის შესახებ მიეწოდება პირველად და მეორედ რადიოლოკაციურ სადგურებს (რლს). გაივლის რა პირველად დამუშავებას რადიოლოკაციური ინფორმაცია გარდაიქმნება ციფრულ შეტყობინებებში და გადაიცემა სატრასო ცენტრში, სადაც გაივლის შესაბამის გარდაქმნას და შედის გამოთვლით კომპლექსში მეორადი დამუშავებისთვის, შემდეგ კი აისახება სადისპეტჩერო პუნქტების შეთავსებულ გეგმა-ინდიკატორებზე. ამ ინფორმაციით დისპეტჩერს შეუძლია გააკონტროლოს თითოეული საჰაერო ხომალდის მდებარეობა სივრცეში.



ნახ.13.1. საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურული სქემა

საჰაერო ხომალდის მოძრაობის პარამეტრების შედარებით გეგმის მიხედვით მოცემულ მის მნიშვნელობებთან, დისპეტჩერი ახორციელებს მათ მართვას ბრძანებების დახმარებით, რომლებიც გაცემულია რადიოარხების საშუალებით. მართვის პროცესი (ბრძანებების გამომუშავება და გაცემა) ასევე შესაძლებელია ხდებოდეს ალგორითმების შესაბამისად. ცხადია, თუ ადგილი ექნება გეგმიდან გადახვევას, მაშინ ხდება მათი ხელახალი გაანგარიშება და ფრენის ახალი გეგმების გამომუშავება. აქვე მიმდინარეობს ფრენის მარშრუტების არჩევა ტრასების ქსელის გამოყენებით და საჰაერო ხომალდების ნაკადების გადანაწილება იმ შემთხვევაში, როცა საჰაერო მოძრაობის მართვის ზოგიერთი განსაზღვრული ზონა დახურულია რთული მეტეოროლოგიური პირობების გამო.

საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემების ფუნქციონირების ზემოთ მოყვანილი ზოგადი აღწერიდან ჩანს, რომ მის ცენტრალურ ნაწილს წარმოადგენს მონაცემების დამუშავების ქვესისტემა, რომელიც მოიცავს მონაცემებს რეალური ფრენების დაგეგმვის პროცესების შესახებ და იმავდროულად გამოიმუშავებს რეკომენდაციებს დისპეტჩერისათვის საჰაერო მოძრაობის მართვის განხორციელებისათვის. ასეთი ქვესისტემის რეალიზაცია შესაძლოა განხორციელდეს მხოლოდ მძლავრი გამოთვლითი კომპლექსით, რამდენიმე მინი და პერსონალური კომპიუტერების გამოყენებით თითოეული სადისპეტჩერო პუნქტისთვის. ყველა შემთხვევაში ქვესისტემაში შედის დაგეგმვის, გეგმების კორექციის, მარშრუტების დანიშნულების სტანდარტული პროგრამების ერთობლიობა და საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის სხვა დამხმარე პროგრამები, რომლებიც ემსახურება მისი აპარატურის დიაგნოსტიკასა და კონტროლს. ასეთი მათემატიკური უზრუნველყოფა საშუალებას იძლევა მიღებული იქნეს სისტემის საიმედოობის საკმაოდ მაღალი დონე, იმდენად რამდენადაც, დიაგნოსტიკისა და კონტროლის პროგრამების არსებობა საშუალებას იძლევა განხორციელდეს არა მარტო თვით გამოთვლითი კომპლექსის აპარატურის უწყისივრობების ავტომატური აღმოჩენა, არამედ ასევე შეუძლია აღმოაჩინოს უწყისივრობები საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის სხვა მოწყობილობებშიც.

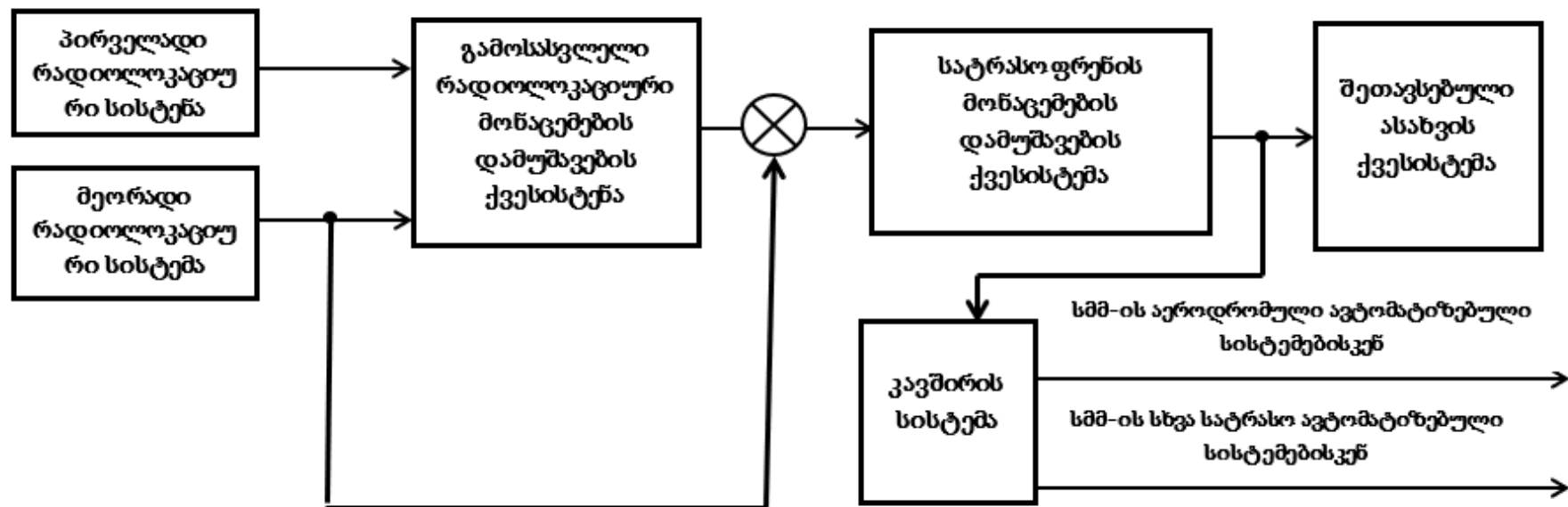
სატრასო ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირება ხორციელდება დისპეტჩერების საკმაოდ აქტიური ჩართულობით ამ პროცესში. ამ თვალსაზრისით შესაძლებელია გამოიყოს დისპეტჩერის მხრიდან არსებითად ორი სხვადასხვა ფუნქციის შესრულება. ერთ ამათგანს წარმოადგენს საჰაერო ხომალდის ფრენის მიმდინარე გეგმების კოორდინაცია, საჰაერო ხომალდების ნაკადების ორგანიზაცია განსაზღვრული მარშრუტების მიხედვით მათი გატარების უნარის გათვალისწინებით და სხვა აეროკვანძების სადისპეტჩერო პუნქტებთან და მეზობელ სატრასო სისტემებთან კოორდინაციაც. დისპეტჩერის მეორე ფუნქცია მდგომარეობს დისპეტჩერის მიერ რადიოლაკაციური კონტროლის ბაზაზე სექტორის ფარგლებში საჰაერო მოძრაობის მართვის, სექტორის საზღვრებში (საჰაერო მოძრაობის მართვის ზონები) ფრენების მიმდინარე დაგეგმვის და მეზობელ სექტორებს შორის ფრენების კოორდინაციის განხორციელება. ფუნქციების ასეთი დანაწილება საშუალებას იძლევა საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებულ სისტემაში გათვალისწინებული იქნეს უკიდურეს შემთხვევაში პირობითად წოდებული ორი სხვადასხვა ტიპის

სადისპეტჩერო პუნქტის არსებობა: საკოორდინაციო სადისპეტჩერო პუნქტი და რადიო-ლოკაციური კონტროლისა და მართვის სადისპეტჩერო პუნქტი.

საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურისა და ფუნქციონირების ზოგადი აღწერის შეჯამება საშუალებას იძლევა ჩამოვთვალოთ ის ძირითადი პროცესები, რომელთაც ადგილი აქვს მართვის თანამედროვე სისტემებში. ეს პროცესები იყოფა რამდენიმე ჯგუფად:

- ინფორმაციის შეკრება დაგეგმისთვის;
- ინფორმაციის დამუშავება, ფრენის მიმდინარე გეგმების ასახვა და კორექცია;
- ფრენის მიმდინარე გეგმების ასახვა და დოკუმენტირება.

გარდა ამისა, დისპეტჩერის მიერ გადაწვეტილების მიღების შემსუბუქებისათვის აუცილებელია მოხდეს გაანგარიშება და ინფორმაციის ასახვა საჰაერო ხომალდის ექსტრა-პოლირებულ (პროგნოზირებულ) მდებარეობის შესახებ, საჰაერო ხომალდზე ავარიული ვითარებისა და კონფლიქტური სიტუაციის შესახებ გამაფრთხილებელი სიგნალების საშუალებით.



ნახ.13.2. საჰაერო მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის გამსხვილებული სტრუქტურული სქემა

საჰაერო მოძრაობის მართვის თანამედროვე სატრასო ავტომატიზებული სისტემის დანიშნულებაა როგორც საპასუხისმგებლო არიალის (რაიონის) ფარგლებში ფრენის დაგეგმვის პროცესების ავტომატიზაცია და საჰაერო ხომალდის მოძრაობის უშუალო მართვა ტრასებზე და ტრასების გარე მარშრუტებზეც საჰაერო სივრცის გატარებისუნარიანობის გაზრდით, ისე გადაზიდვების ეკონომიურობის გაზრდაც და ფრენების უსაფრთხოების მაღალი დონის მიღწევა.

ეს ამოცანებია:

1. პირველადი და მეორადი რადიოლოკაციური კომპლექსებიდან და ავტომატური რადიოპელენგატორებიდან კავშირის მაღალსიჩქარული არხებით მართვის ცენტრში გადაცემული საკოორდინატო ინფორმაციის შეკრება, დამუშავება და ტრანსლაცია;
2. მეტეორადიოლოკატორებიდან, ზონდირების პუნქტებიდან და მეტეოსადგურებიდან მართვის ცენტრში მიწოდებული მეტეოროლოგიური ინფორმაციის შეკრება, დამუშავება და ტრანსლაცია;
3. მიწიზედა არხებით და საჰაერო ხომალდის რადიოარხებიდან სისტემაში მიწოდებული ფრენების გეგმების შესახებ ინფორმაციის შეკრება, დამუშავება და განაწილება დისპეტჩერების სამუშაო ადგილებზე;
4. სისტემაში ფრენების 6000-10000 სტანდარტული, 3000-მდე პასიური და 300-მდე მიმდინარე გეგმების შენახვა;
5. ფრენების კრებსითი (შეჯამებული) სადღეღამისო გეგმების კორექტირება და დაგზავნა მართვის სექტორებთან, ურთიერთმოქმედ სამსახურებთან და სისტემებთან;
6. მართვის ცენტრის ტექნიკური საშუალებების და პერიფერიული მოწყობილობების საშუალებების ობიექტური კონტროლი;
7. რადიოლოკაციური, გეგმიური და სიტყვიერი ინფორმაციის დოკუმენტირება და აღწარმოება;
8. ტექნიკური საშუალებების დახმარებით დისპეტჩერებისა და ოპერატორების მიერ სისტემაში შეტანილი ინფორმაციის ფორმატულ-ლოგიკური კონტროლი;
9. სადისპეტჩერო პულტების საჰაერო ვითარების ინდიკატორებზე კარტოგრაფიული და დინამიკური რადიოლოკაციური ინფორმაციის წარმოდგენა.
10. საჰაერო მოძრაობის მართვის ცენტრის შიგნით დისპეტჩერებს შორის საჰაერო ხომალდის მართვისათვის ავტომატიზებული რადიოლოკაციური მიღება-გადაცემის ოპერაციების შესრულება.

საჰაერო მოძრაობის მართვა ხორციელდება ერთიანი ცენტრის მეშვეობით.

13.2. საჰაერო მოძრაობის მართვის აეროდრომული და აეროკვანძური სისტემები და განსაკუთრებულობები

საჰაერო ხომალდის მოძრაობის სხვადასხვა ხასიათი ფრენის ცალკეულ ეტაპებზე (აფრენა, სიმაღლის აღება, კრივისერული ფრენა, დაშვება და დაფრენაზე შესვლა) მოითხოვს მოძრაობის პარამეტრების რეგულირების სხვადასხვა ხერხებს. თუ მაგალითად ეშელონზე ფრენა მიმდინარეობს, როგორც წესი, მუდმივი სიჩქარით, სიმაღლით და საგზაო კუთხით, მისგან განსხვავებით სიმაღლის აღებისა და დაშვებისას ხორციელდება ხშირი მანევრები, უწყვეტად იცვლება ფრენის სიმაღლე. ასევე არსებითად იცვლება საჰაერო ხომალდების მოძრაობის სიმჭიდროვე აეროდრომთან მიახლოების შემთხვევაში, სადაც ჩვეულებრივ თავს იყრის რამდენიმე ტრასა.

ყველაფერი ეს იწვევს საჰაერო სივრცის დაყოფას სამ ზონად მართვის სხვადასხვა მეთოდებით. ეს ზონებია: სატრასო ფრენების ზონა, საშუალებო ზონა და აეროდრომის ზონა. საზღვრები მათ შორის მნიშვნელოვანი ხარისხით პირობითია და სხვადასხვა ქვეყანაში აირჩევა სხვადასხვააირად. ამჟამად, საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების ცალკეულ ზონებს გააჩიან თვითნებური რაიონის შესაბამისი რადიუსის მოქმედების არეალები. კერძოდ აეროდრომულ ზონას გააჩნია 30-100 კმ-ის რადიუსი. მის გარემომცველ საშუალებო ზონას (რომელსაც მისასვლელ, მისადგომ ზონასაც უწოდებენ). გააჩნია გარე რადიუსი 150-180 კმ. დანარჩენი სივრცე იყოფა სატრასო ფრენების ცალკეულ ზონებად. ხშირად რაიონში რადიუსით 150-200 კმ იმყოფება რამდენიმე აეროდრომი. ამასთან, ჩვეულებრივ არაა მიზანშეწონილი გამოყოფილი იქნეს თითოეულისთვის ცალკეული აეროდრომული ზონები. როგორც წესი, ასეთ შემთხვევაში მთელი სივრცე განიხილება, როგორც ერთი აეროსაკვანძო ზონა რამდენიმე ასაფრენ-დასაფრენი ზოლით.

სატრასო ფრენებისგან განსხვავებით ამჟამად ფრენების წინასწარი ხისტი დაგეგმვა აეროდრომის ზონაში პრაქტიკულად განუხორციელებელია, მოძრაობის სიმჭიდროვე ამ ზონაში ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე სატრასო ზონაში, ამიტომ მოძრაობის პარამეტრების შენარჩუნების სიზუსტე მკვეთრად მცირდება. ამ დროს მოძრაობის პარამეტრების რეგულირებისათვის შესაძლებლობები შეზღუდულია, იმდენად რამდენადაც საჰაერო ხომალდი აღიშნულ ზონაში იმყოფება ძალიან მოკლე დროის განმავლობაში და მოძრაობა, როგორც წესი, ხორციელდება ხისტი ტრაექტორიით. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში დისპეტჩერი თითოეული საჰაერო ხომალდისთვის ირჩევს ტრაექტორიას და გამორიცხავს შესაძლო კონფლიქტურ სიტუაციებს. ამისათვის ის უნდა ფლობდეს საკმარისად სრულ ოპერატიულ ინფორმაციას საჰაერო ვითარების შესახებ, რომელზეც უნდა იხარჯებოდეს რაც შეიძლება

მინიმალურად შესაძლო დრო. ასე რომ აეროდრომის ზონაში საჰაერო მოძრაობის მართვის ტენიკური საშუალებების ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს როგორც საკოორ-დინატო, ისე დამატებითი ანბანურ-ციფრული ინფორმაციის ავტომატური შეკრება, დამუშავება და ასახვა.

შუალედური ზონა, როგორც წესი, ფლობს საჰაერო სივრცის შედარებით უფრო დიდ ზომებს და საშუალებას იძლევა მოხდეს საჰაერო ხომალდების ნაკადის მოწეს-რიგება აეროდრომის ზონაში შესვლის წინ. საჰაერო ხომალდის შუალედურ ზონაში შესვლის მომენტები გამომდინარე სხვადასხვა მიზეზებიდან შესაძლებელია არსებითად განსხვავდებოდეს დაგეგმილისაგან, ასე რომ მათი ნაკადი ატარებს შემთხვევით ხასიათს. აეროპორტის გამართული მუშაობისათვის საჰაერო ხომალდები უნდა შევიდნენ განსაზღვრული მინიმალური ინტერვალებით. აეროდრომის ზონაში შემოსვლის დროის რეგულირება მიიღწევა სიჩქარის ცვლილებით, მარშრუტის დაგრძელებით ან გასწო-რებით (დამოკლებით).

საჰაერო ხომალდების ნაკადის მოწესრიგება ხდება ორი გზით: შედარებით ნაკლები სიმჭიდროვის მოძრაობის შემთხვევაში დისპეტჩერი ადვილად წყვეტს ამ ამოცანას, რომელიც ეყრდნობა თავის გამოცდილებას და ინტუიციას როცა მის ხელშია საკმარისად სრული ინფორმაცია. ასეთ შემხვევაში საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ტექნიკური საშუალებები შუალედურ ზონაში მხოლოდ უნდა ამუშავებდეს და ასახავდეს პირველადი და მეორადი რადიოლოკაციური სადგურ-რებიდან მიღებულ ინფორმაციას. ეს ინფორმაცია გამოიყენება მთელ აეროსაკვანძო ზონაში მოძრაობის მართვისათვის.

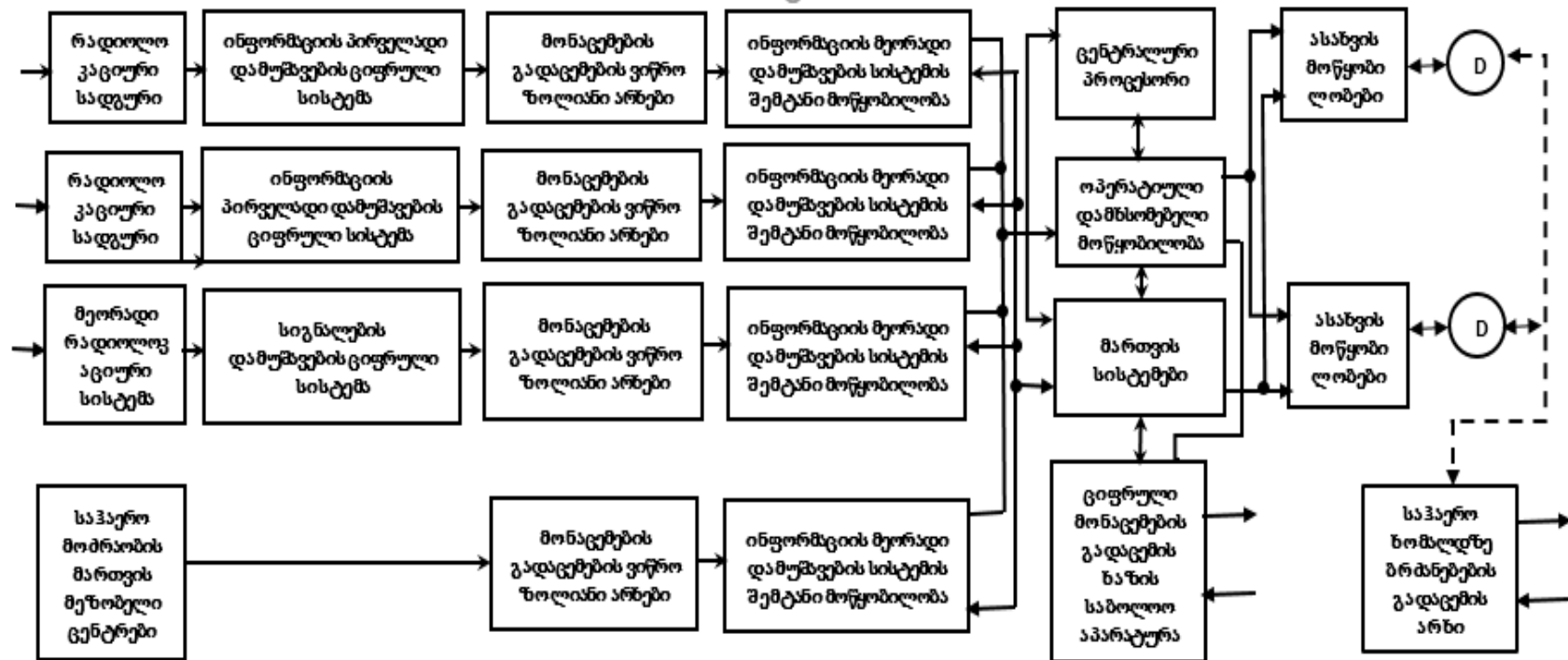
საჰაერო ხომალდების დიდი სიმჭიდროვის შემთხვევაში მოძრაობის „ხელით“ რეგულირება ხდება გაძნელებული საჰაერო ვითარების შესახებ სრული ინფორმაციის ავტომატიზებული ასახვითაც კი. დისპეტჩერი უბრალოდ ვერ ასწრებს გადაამუშაოს მთელი შემოსული ინფორმაცია და ატარებს აუცილებელ გაანგარიშებებს. ასეთ შემთ-ხვევაში კომპიუტერის ფუნქცია, რომელიც შედის ინფორმაციის მეორადი დამუშავების სისტემაში, უნდა იყოს არსებითად გაზრდილი. საჰაერო ხომალდის შემოსვლის ზონაში შემოსვლისას კომპიუტერი გაითვლის დასაჯდომად საჭირო მინიმალურ შესაძლო დროს. შემდგომ მოწმდება საჰაერო ხომალდის დაჯდომის მომენტებს შორის აუცი-ლებელი ინტერვალების დაცვა და განისაზღვრება რიგისობა და დაჯდომის დრო, რომელიც თითოეული საჰაერო ხომალდისთვის უნდა იყოს მინიმალურ დროზე მეტი ან ტოლი. ამის შემდეგ ავტომატურად გამოითვლება თითოეული საჰაერო ხომალდის მოძრაობის ტრაექტორიის ელემენტები და გამოიტანება ინდიკატორზე. დისპეტჩერი საჰაერო ხომალდზე გადასცემს შესაბამის ბრძანებებს და თვალს ადევნებს მათ შერუ-ლებას. პროცესში „ხელით“ ჩართვა და გადაწყვეტილების მიღება საჭიროა მხოლოდ იმ

შემთხვევაში როცა ადგილი ექნება სისტემის მტყუნებას ან წარმოიშობა რაღაც გაუთვალისწიებელი სიტუაცია, რომელთანაც „გამკლავება“ არ შეუძლია კომპიუტერს.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში საჰაერო ვითარების ინფორმაციის ავტომატური შეკრების საშუალებებს წარმოადგენს პირველადი და მეორადი რადიოლოკაციური სადგურები. მეორადი რადიოლოკაციური სადგურის ინფორმაციის პირველადი დამუშავება ხდება სპეციალური მოწყობილობით, რომელიც ახდენს საჰაერო ხომალდის მოპასუხეებიდან მიღებული ინფორმაციის დეკოდირებას.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის კომპლექტის შემადგენლობა, რომელიც გათვლილია მსხვილ აეროკვანძში გამოყენებისათვის წარმოადგენილია **ნახ.13.3-ზე**. საჰაერო ხომალდის აღმოჩენის საიმედოობის ამაღლებისათვის ასეთ სისტემაში იყენებენ რამდენიმე რადიოლოკაციურ სადგურს ინფორმაციის პირველადი დამუშავების ციფრული სისტემებით. ერთ-ერთ მეორად რადიოლოკაციურ სადგურს ასევე გააჩნია სიგნალების დამუშავების ციფრული სისტემა. საჰაერო ხომალდის აღმოჩენის საიმედოობის ამაღლებისათვის ასეთ სისტემაში იყენებენ რამდენიმე რადიოლოკაციურ სადგურს. ინფორმაცია ყველა ამ წყაროდან და ასევე საჰაერო მოძრაობის მართვის სხვა მეზობელი ცენტრებიდან მონაცემების გადაცემის ვიწროზოლიანი ხაზებით მიეწოდება ინფორმაციის მეორადი დამუშავების სისტემის შემტან მოწყობილობას. ეს სისტემა რომელიც შედგება ცენტრალური პროცესორისგან, ოპერატიული დამხსომებელი მოწყობილობისგან და მართვის ქვესისტემებისგან ერთიანობაში წყვეტს ამოცანათა ფართო წრეს, კერძოდ კი მოძრაობის პარამეტრების ავტომატურ განსაზღვრას, საჰაერო ვითარების ანალიზს, გადაწყვეტილების მიღებას, ასახვის მოწყობილობების მართვას. ბრძანებები საჰაერო ხომალდზე დისპეტჩერის მიერ გადაიცემა სპეციალური კავშირის არხის მეშვეობით. ციფრული მონაცემების გადაცემის ხაზების „მიწა-ჰაერი“ და „ჰაერი-მიწა“ დანერგვით შესაძლებელია ციფრულ ფორმაში ბრძანების პირდაპირი დამისამართებით ავტომატური გადაცემა. ამისათვის სისტემის შემადგენლობაში შედის ციფრული მონაცემების გადაცემის ხაზის სპეციალური საბოლოო აპარატურა.

როგორც წესი, თანამედროვე საჰაერო მოძრაობის ავტომატიზებული სისტემების აგება ხდება მოდულური პრინციპით, რაც გულისხმობს ასეთი სისტემების ფუნქციების თანდათანობით გაფართოებას საექსპლუატაციო გამოცდილების დაგროვების შესაბამისად. იმისათვის, რომ ასეთი განვითარება იყოს შესაძლებელი, საჭიროა სამომსახურეო ზონაში თავიდანვე იყოს შეფასებული საჰაერო მოძრაობის ზღვრულად შესაძლო (დასაშვები) სიმჭიდროვე.



ნახ.13.3. მსხვილი აეროკვანძის საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა

ლექცია 14. თანამედროვე საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების ფუნქციები და აგების პრინციპები. მათი სრულყოფის პერსპექტიული მიმართულებები და განვითარების ტენდენციები

14.1. საჰაერო მოძრაობის პროცესების ავტომატიზაცია და კომპიუტერების გამოყენების როლი საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში

ავტომატიზაცია ეს უმაღლესი ეტაპია ტექნიკის განვითარებაში, რომლისთვის დამახასიათებელია მმართველი, ტექნოლოგიური და სხვა პროცესების განხორციელება ადამიანის უშუალო მონაწილეობის გარეშე.

ავტომატიზაციის დროს ინფორმაციის შეკრების, დამუშავების და გამოყენების პროცესების შესრულება ხდება ავტომატურად. მართვის პროცესი ითვალისწინებს მართვის ობიექტის (ობიექტი, რომელსაც მართავენ) და მმართველი ობიექტის (ობიექტი, რომელიც ახორციელებს მართვას) არსებობას.

ავტომატიზაციის ხარისხისგან დამოკიდებულებით სისტემა შეიძლება იყოს ავტომატური და ავტომატიზებული.

ავტომატური სისტემები ფუნქციონირებენ მართვის პროცესში ადამიანის მონაწილეობის გარეშე, ხოლო ავტომატიზებული სისტემების შემთხვევაში მართვის ფუნქციის ნაწილს ასრულებს ადამიანი-ოპერატორი.

ავტომატიზებულ სისტემებში ავტომატური მოწყობილობების ძირითად ფუნქციებს წარმოადგენს:

1. მართვის ობიექტიდან ინფორმაციის შეკრება;
2. ინფორმაციის გადაცემა;
3. ინფორმაციის გარდაქმნა და დამუშავება;
4. მართვის ბრძანებების ფორმირება და მათი შესრულება სამართავ ობიექტზე.

ადამიანი-ოპერატორი განსაზღვრავს მართვის მიზანს და კრიტერიუმებს და კორექტირებას უკეთებს მას პირობების ცვლილების დროს.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა წარმოადგენს ტექნიკური საშუალებების განვითარების ბუნებრივ ეტაპს, რომლებიც გამოიყენება ამ სფეროში. ყველა იმ ფართოდ გავრცელებულ ავტომატიზებული სისტემებისგან განსხვავებით, საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა თავიდანვე გამიზნული იყო არა ცალკეული ოპერაციების შესრულებისათვის, არამედ იმისათვის, რომ ტექნიკურ საშუალებებს გადაცემოდათ რაც შეიძლება მეტი ფუნქციები. ამ პირობიდან გამომდინარე ჯერ კიდევ პირველი საჰაერო მოძრაობის ავტომატიზებული სისტემები გამოირჩეოდა სირთულის მაღალი ხარისხით, რისი წყალობითაც ხდებოდა სწორედ საჰაერო მოძრაობის მომსახურების ავიადისპეტჩერების

განთავისუფლება მძიმე სამუშაოსგან და იმ ფუნქციებისგან, რომლებიც მოიცავდნენ საჭაერო ვითარების შესახებ ინფორმაციის დამუშავების სხვადასხვა ეტაპს და რეალიზდებოდნენ რაღაც ალგორითმების სახით.

მოცემულ შემთხვევაში ტერმინი „ალგორითმი“ უნდა გამოვიყენოთ არა როგორც ტერმინი-მკაცრი მათემატიკური აზრით, არამედ უფრო ფართო გაგებით, რომელიც გულისხმობს ავტომატიზაციის სფეროში გამოთვლითი ტექნიკის საკმარისად მაღალი სიმძლავრის გამოყენების აუცილებლობას-გადასაწყვეტი ამოცანების სირთულის ადეკვატურს.

საჭაერო მოძრაობის ავიადისპეტჩერი, როგორც წესი საჭაერო ხომალდის საჭაერო მოძრაობის მართვის მომსახურების დროს ასრულებს შემდეგ ფუნქციებს:

1. დაკვირვება-რომლის დროსაც ხდება ინფორმაციის მიღება საჭაერო ვითარების შესახებ და გაზომვათა მონაცემების პირველადი შეფასება;
2. მონაცემების ანალიზი, რომლის დროსაც ხდება მათი უტყუარობის შეფასება, იდენტიფიკაცია, კლასიფიკაცია და თითოეული საჭაერო ხომალდის მოძრაობის პარამეტრების შეფასება;
3. განზოგადება, რომელიც ახდენს საჭაერო ვითარების ზოგადი სურათის ფორმირებას;
4. შეფასება, რომელიც გულისხმობს საშიში სიტუაციების ამოცნობას, გეგმიური ტრაექტორიიდან გადახრის დაფიქსირებას, პოტენციურად შესაძლო კონფლიქტური სიტუაციების დადგენას, საშიში მიახლოებების დადგენის შესაძლებლობას;
5. გადაწყვეტილებათა გამომუშავება, რომლის დროსაც განიხილება სტანდარტული და არასტანდარტული სიტუაციების ნებისდართვის შესაძლებლობები;
6. საჭაერო ხომალდზე ბრძანებების გადაცემა, მათი სისწორის კონტროლი მიღებისა და შესრულების დროს;

მითითებული ფუნქციების განსაკუთრებულობა ასეთია:

1. ფუნქციებისა და მათში შემავალი ოპერაციების შესრულება ხდება თანმიმდევრობით;
2. მოქმედებათა თანმიმდევრობას გააჩნია ციკლური ხასიათი;
3. ყველა ოპერაცია სრულდება დროის რეალურ მასშტაბში.

საჭაერო მოძრაობის ინტენსივობისა და სიმჭიდროვის გაზრდით, ასევე მაღალსიჩქარიანი საჭაერო ხომალდების გამოჩენით ავიადისპეტჩერის დატვირთვა იმდენად იზრდება, რომ არსებითად შესაძლებელი ხდება მისი მხრიდან შეცდომის დაშვების ალბათობის გაზრდა ან საშიში სიტუაციების არადროული გამოვლენა ან მათი სრულიად გამოტოვებაც კი. ავიადისპეტჩერების რაოდენობის უზრალო გაზრდა არ იძლევა სასურველ შედეგს, რადგან ასეთ შემთხვევაში იზრდება მათ შორის ინფორმაციის გაცვლის მოცულობა და ინტენსივობა. აქედან გამომდინარე, ამ მდგომარეობიდან გამოსვლის ერთადერთი გზა ის არის, რომ ავიადისპეტჩერის ფუნქციათა ნაწილი გადაეცეს გამოთვლით სისტემას. ასეთ შემთხვევაში დგება სწორედ საკითხი ავტომატიზაციის ხარისხის ამაღლების აუცილებლობის შესახებ.

ავიადისპეტქერის მართვის ზონაში, როგორც წესი, იმყოფება არა ერთი არამედ მრავალი საჰაერო ხომალდი. მათი რიცხვის გაზრდა იწვევს მართვის გართულებას და ასეთ დროს მართვის სირთულე იზრდება არა წრფივი, არამედ ექსპონენციალური კანონით.

საჰაერო ხომალდის ბორტზე პილოტის მუშაობის პირობების შედარება ავიადისპეტქერის მუშაობასთან მიმართებაში, იძლევა იმის დასკვნის გაკეთების საშუალებას, რომ საჰაერო ხომალდის მოძრაობის მართვის პროცესში ავიადისპეტქერს უფრო ხშირად უწევს ჩართვა, ვიდრე პილოტს.

ეს იმას ნიშნავს, რომ საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემაში მძლავრი გამომთვლელის შემთხვევაშიც კი, რომელიც თავის თავზე იღებს ინფორმაციის დამუშავების ყველა ფუნქციას ტიპურ სიტუაციებში გადაწყვეტილების გამომუშავების მიღებითაც კი, მაინც არასტანდარტული სიტუაციების წარმოშობისას (რომლის წარმოშობის ალბათობა ასევე იზრდება ექსპონენციალურად) ავიადისპეტქერს უწევს უშუალოდ ჩაერთოს მართვის პროცესში.

არასტანდარტული სიტუაციების რიცხვის შემცირება, რომელებისთვისაც არაა გათვალისწინებული მართვის ალგორითმები, შესაძლებელია შეიქმნას ადპტური ექსპერტული სისტემები. ისინი კი, რა თქმა უნდა, მოითხოვს ახალი ალგორითმების გამომუშავებას (სტრატეგიებს) მუშაობის პროცესში (თვითსწავლება), რაც მიუღებელია საჰაერო მოძრაობის მომსახურების სისტემის ფუნქციონირებისათვის რეალურ პირობებში, იმდენად რამდენადაც, ასეთ შემთხვევაში დიდია რისკი შეცდომითი გადაწყვეტილების მიღებისა.

საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესი, ისე როგორც მართვის სხვა ნებისმიერი პროცესი, შედგება ცალკეული ამოცანების ციკლურად შესრულებაში. კერძოდ ხდება:

- ინფორმაციის შეკრება საჰაერო ვითარების შესახებ, რაც გულისხმობს ყველა საჰაერო ხომალდის კოორდინატების შესახებ ინფორმაციის ცოდნას მოცემულ ზონაში ფრენების შესრულების დროს;
- ინფორმაციის დამუშავება, რომელიც უზრუნველყოფს შეაფასოს მიღებული ცნობების უტყუარობა, გამოთვალოს საჰაერო ხომალდების მოძრაობის პარამეტრები (სიჩქარეები და კურსი), მოახდინოს მთელი ინფორმაციის დაჯგუფება, რომელიც ეხება ერთ კონკრეტულ საჰაერო ხომალდს და ა.შ;
- ინფორმაციის ასახვა ფორმაში, რომელიც მოსახერხებელი იქნება დისპეტქერისთვის;
- საჰაერო ვითარების ანალიზი (რომელიც მოხდება მრავლობითი ინფორმაციის და ცნობების დამუშავების საფუძველზე) რის შედეგად შეიძლება დაიხატოს საჰაერო ვითარების ერთიანი სურათი საშიში სიტუაციების წინასწარი განსაზღვრის შესაძლებლობით;
- გადაწყვეტილების მიღება ცალკეული საჰაერო ხომალდების ფრენის რეჟიმების შეცვლის აუცილებლობის შესახებ;
- გადაწყვეტილების გადაცემა საჰაერო ხომალდზე;

- გადაწყვეტილების შესრულების კონტროლი.

ავტომატიზაციის ხარისხი საჭაერო ხომალდების მოძრაობის მართვის პროცესში დამოკიდებულია მთელი იმ ამოცანათა შემადგენლობის განსაზღვრის შესაძლებლობებთან, რომლებიც ექვემდებარებიან ალგორითმიზაციას, ხოლო ეს უკანასკნელი თავის მხრივ დაკავშირებულია საჭაერო მოძრაობის მართვის სისტემის ანალიზის მდგომარეობასთან.

საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების შემადგენლობაში განსაკუთრებული ადგილი უკავია კომპიუტერებს. პირველ ეტაპზე მათი გამოყენების როლი საჭაერო მოძრაობის მართვის პროცესში შედარებით მოკრძალებული იყო, რაც ითვალისწინებდა ინფორმაციის შეკრების, მათი ნაწილობრივი დამუშავების და ოპერატიული ასახვის შესაძლებლობებს. თანამედროვე ავიაციაში ავტომატიზიის ხარისხის გაზრდა რა თქმა უნდა ცვლის კომპიუტერის როლს და ადგილს საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების ფუნქციონირებაში, კერძოდ აძლიერებს მის როლს და ადგილს. ფუნქციური ამოცანების გაფართოება დღის წესრიგში აყენებს ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემებში გამოყენებული კომპიუტერების მიმართ წამოყენებულ ახალ-ახალ მოთხოვნებს. ამდენად, ინფორმაციული ტიპის სპეციალიზებული მანქანების გამოყენება უკვე ხდება არასაკმარისი და არაეფექტური. საჭაერო ხომალდების ფრენების უსაფრთხოდ შესრულები-სადმი წაყენებული დღევანდელი მაღალი მოთხოვნები, დღის წესრიგში აყენებს ისეთი მმართველი კომპიუტერების ჩართვას საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების შემადგენლობაში, რომლებიც თავისი გაზრდილი ფუნქციური შესაძლებლობების ხარჯზე შეძლებენ მართვის განხორციელებისათვის სხვადასხვაგვარი ამოცანების დიდი რიცხვის გადაწყვეტას სხვადასხვა სახისა და ხასიათის ინფორმაციის გამოყენების საფუძველზე.

გარდა ამისა, საჭაერო ხომალდების მოძრაობის მართვის პროცესის განხორციელებისას კომპიუტერმა უნდა უზრუნველყოს როგორც ინფორმაციის დამუშავება, ასევე უნდა შეძლოს გადაწყვეტილების მიღება არა მარტო დროის რეალურ მასშტაბის პირობებში, არამედ უფრო დაჩქარებულ მასშტაბშიც კი. ყოველივე აღნიშნული კი, რა თქმა უნდა უყენებს მათ ახალ ტექტიკურ-ტექნიკურ მოთხოვნებს მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის გართულებისა და გაუმჯობესების თვალსაზრისით.

საჭაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემებში პროცესების მართვის ავტომატიზაციაში მნიშვნელოვანი შედეგების მისაღებად საჭიროა არა ერთი კომპიუტერის, არამედ რამდენიმე კომპიუტერის გაერთიანება, რომლებიც ერთიანობაში შექმნის კომპიუტერულ სისტემებს. ასეთი კომპიუტერული სისტემები საშუალებას იძლევა მოხდეს საჭაერო ხომალდის მოძრაობის მართვის სრული ამოცანის გადანაწილება სისტემის შემადგენელი ცალკეული კომპიუტერების „მხრებზე“, რითაც მიიღწევა უკეთესი შედეგი ფრენის მართვის ავტომატიზაციის განხორციელებისას მართვის დროის რეალურ ან უფრო დაჩქარებულ რეჟიმებში მუშაობისას.

საჰაერო ხომალდების ფრენის მართვის სამომავლო საინფორმაციო-მმართველი სისტემები შეძლებენ როგორც თვით საჰაერო ხომალდების სისტემების მდგომარეობის ანალიზს, ისე გარემოს ვითარების შეფასების საფუძველზე მოახდენენ სათანადო მმართველი ბრძანებების გამომუშავებას და იმავდროულად რეკომენდაციების მიწოდებას, როგორც ხომალდის ეკიპაჟს, ისე დისპეტჩერს მრჩეველის რანგში, რაც საბოლოო ჯამში უდაოდ გაზრდის ავია-ციაში უმთავრესი ამოცანის-ფრენების უსაფრთხოდ შესრულების ამოცანის წარმატებით გადაწყვეტას.

14.2. საჰაერო მოძრაობის მართვის თანამედროვე ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციები, შემადგენლობა და აგების პრინციპები

საჰაერო მოძრაობის მომსახურების მონაცემების დამუშავებისა და აღწარმოების სისტემები უზრუნველყოფს საჰაერო სივრცის მართვისა და დისპეტჩერული მომსახურების სრულ ავტომატიზაციას საჰაერო მოძრაობის მომსახურების სადისპეტჩერო ცენტრში.

საჰაერო მოძრაობის მომსახურების ინფორმაციის დამუშავებისა და აღწარმოების სისტემების მიზანია-დახმარება გაეწიოს საჰაერო მოძრაობის მომსახურების პერსონალს. კერძოდ ასეთი სისტემები ასრულებს შემდეგ ფუნქციებს:

1. რადიოლოკაციური მონაცემების შეკრება და გაერთიანება ავიადისპეტჩერებისადმი ინფორმაციის წარსადგენად საჰაერო ხომალდის მოძრაობის მიმდინარე სიტუაციის შესახებ;
2. ფრენის მონაცემების შეკრება და განაწილება, საჰაერო მოძრაობის ორგანიზაციის მეზობელ ცენტრებს შორის მონაცემების გაცვლა ფრენების ავტომატური კოორდინაციის შესრულებისათვის და გარე სისტემებთან მონაცემების ექსპორტისათვის;
3. გარემოს მდგომარეობის შესახებ თვალმიდევნება (აერონავიგაციური და მეტეო-როლოგიური პირობები);
4. საჰაერო შემთხვევის მოხდენისას მონაცემების ჩაწერა და არქივაცია აღწარმოებისათვის.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების არქიტექტურა უზრუნველყოფს სრულ მზადყოფნას საჰაერო მოძრაობის მომსახურებისა და მტყუნებამდგრალობის ფუნქციების უზრუნველსაყოფად, შემდეგი მოთხოვნილი პირობების დაცვის შემთხვევაში:

1. სერვერების დუბლირება;
2. ლოკალური ქსელების დუბლირება;
3. რადიოლოკაციური მონაცემების გადანაწილებული დამუშავება, რომლებიც არსებობენ მუშა სადგურებში (**by-pass** რეჟიმში);
4. საიმედო მაღალმწარმოებლური მოწყობილობების არსებობა;

5. საიმედო პროგრამული ალგორითმების არსებობა, რომლებსაც შეეძლება თვითაღდგენის პროცედურების შესრულება.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის აპარატული და პროგრამული ნაწილი დაფუძნებულია სტანდარტულ ინტერფეისზე, რომლებიც უზრუნველყოფს სისტემის ღია არქიტექტურას. ასეთი სრუქტურა საშუალებას იძლევა გაიზარდოს სისტემის სიმძლავრე სამომავლოდ.

იმისათვის, რომ მიღწეული იქნეს სისტემის სიმძლავრის გაზრდა საჭიროა დაკმაყოფილდეს მოთხოვნა იმის შესახებ, რომ გამოყენებული ლოკალური გამოთვლითი ქსელები უნდა აკმაყოფილებდნენ ISO/OSI-ის (სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაცია ღია სისტემების ურთიერთქმედების სფეროში) მოთხოვნებს.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულმა სისტემებმა უნდა დააკმაყოფილოს ევროკონტროლის და ICAO-ს შიგა სტანდარტები და ასევე სახელმძღვანელო მითითებები საჰაერო მოძრაობის მომსახურების სფეროში. მოცემული ეს საერთაშორისო სისტემა საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნეს საჰაერო მოძრაობის მართვის მომსახურების უახლესი ტექნოლოგიური მიღწევები და თავის თავში შეიცავს მახასიათებლებს, რომლებიც მიღებულია გამოკვლევების შედეგად ევროკონტროლის მიერ „ადმიანი-მანქანა“ ინტერფეისისთან მიმართებაში სახელმძღვანელოდ საჰაერო მოძრაობის ავიადისპეტჩერებისთვის.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა ითვალისწინებს ურთიერთქმედებას რადიოლოკაციური ფორმატების სხვადასხვა ტიპებთან და დაკვირვების მრავალპოზიციურ სისტემებთან საჰაერო მოძრაობის მომსახურებისათვის. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა იყენებს უახლოეს ტექნოლოგიებს საჰაერო მოძრაობის მართვის სფეროში, კერძოდ კი ცენტრებს შორის კოორდინაციას **OLDI** პროტოკოლების საშუალებით.

საერთოდ კი, საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის შემადგენლობაში შედის გამოთვლითი ქვესისტემების ჯგუფი, რომლებიც შედგება სხვადასხვა აპარატული უზრუნველყოფისა და პერიფერიული მოწყობილობებისგან ფრენის მონაცემებისა და კავშირების დამუშავებისათვის.

სისტემაში ყველა ქვესისტემა უნდა იყოს გაერთიანებული ერთმანეთთან და უნდა შეადგენდეს ერთიან სრულფუნქციურ სისტემას. ქვესისტემების ინტეგრაცია ხდება ლოკალურ გამოთვლითი ქსელების საშუალებით.

ლოკალურ გამოთვლითი ქსელის რეალიზაცია საშუალებას იძლევა გაფართოვდეს სისტემა და ასევე მოხდეს აპარატული უზრუნველყოფის განახლება და შეცვლა.

ოპერაციული სისტემის ყველა ელემენტი ორგანიზებულია ლოკალური გამოთვლითი სისტემის დუბლირებით.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის შემადგენლობა ასეთია:

1. მთავარი ტექნოლოგიური მოწყობილობა;

2. ავიადისპეტჩერების სამუშაო ადგილები;
3. სისტემის მონიტორინგის და მართვის საშუალებები;
4. დამხმარე მოწყობილობა.

განვიხილოთ ისინი თანმიმდევრობით ჩამოთვლილი რიგით.

მთავარი ტექნოლოგიური მოწყობილობის შემადგენლობა ასეთია:

1. რადიოლოკაციური მონაცემების (**RDCU**) კომპრესიის მოდულები;
2. დაკვირვების მონაცემების დამუშავების სერვერები (**SDR**);
3. ფრენის მონაცემების სერვერი (**FDR**).

რადიოლოკაციური მონაცემების კომპრესიის მოდულები საშუალებას იძლევა მიღებული იქნეს რადიოლოკაციური მონაცემები, ასევე მონაცემები დაკვირვების დამოკიდებული სისტემებიდან, მონაცემები დაკვირვების მრავალპოზიციური სისტემებიდან, მეტეოროლოგიური სურათი, რადიოპელენგატური საინფორმაციო შეტყობინებები ექსტრაქტორებიდან ადგილებზე და მიწისზედა სადგურებიდან, რომლებსაც კონვერტირებას უკეთებს და აგზავნის მათ სისტემაში დუბლირებული ლოკალური ქსელის **OP-SYS**-საშუალებით.

რადიოლოკაციური მონაცემების თითოეულ მოდულს შეუძლია დაამუშაოს: 48 მონაცემის თანმიმდევრობითი დამუშავების 48 შესასვლელი ხაზი (რადიოლოკაციური მონაცემები, მონაცემები დამოკიდებული სისტემებიდან, მონაცემები დაკვირვების მრავალ პოზიციური სისტემებიდან, მონაცემები რადიოპელენგატორებიდან); ლოკალური გამოთვლითი ქსელის ორი შესასვლელი პორტი მიერთებისთვის; **Ethernet**-ის 2 პანელი დუბლირებულ ლოკალურ ქსელთან მიერთებისათვის. გატარების ასეთი უნარი შესაძლებელია გაფართოვდეს **RDCU**-ს დამატებითი მოდულების გამოყენების ხარჯზე.

სპეციალურ მოდულს **RDCU TRK** გააჩნია შესაძლებლობა გაგზავნოს და მიიღოს სისტემური ტრეკები გარე მომხმარებლებიდან, რომლებიც ჩაირთვებიან დაკვირვების პროცესში, ასევე სისტემებიდან, რომლებიც უშუალოდ იქნებიან მიერთებული ლოკალურ გამოთვლით ქსელთან.

რადიოლოკაციური მონაცემების დამუშავების სერვერი წარმოადგენს თვალმიდევნების მოწყობილობას (ტრეკერს) და სისტემას საშუალებას აძლევს რეალიზაცია გაუკეთოს შემდეგ ქვეფუნქციებს:

1. მონორადარული მონაცემების დამუშავება, მონორადარული და მულტირადარული დაკვირვების შესრულება;
2. რადიოლოკატორის მონაცემების ხარისხის კონტროლის განხორციელება რეალური დროის რეჟიმში;
3. მულტირადარული ტრეკების და პლოტების გავრცელება სხვა სისტემურ ფუნქციებთან და გარე მომხმარებლებთან.

ფრენის მონაცემების დამუშავების სერვერი უზრუნველყოფს შემდეგი სისტემური ფუნქციების შესრულებას:

1. ავიადისპეტჩერების მუშა სადგურებიდან მიწოდებული ფრენის გეგმების შემოწმება და დამუშავება;
2. ფრენის გეგმის მარშრუტების ანალიზი, ფრენის ტრაექტორიის გაანგარიშება;
3. ფრენის გეგმების განაწილება მუშა სადგურებსა და საჰაერო მოძრაობის მომსახურების ცენტრებზე;
4. ცენტრებს შორის კოორდინაცია;
5. ფრენის სისტემური გეგმის მონაცემების ბაზის მართვა;
6. ფრენის გეგმის კორექტირება რადიოლოკაციური მონაცემების დამუშავების სერვერების დახმარებით;
7. სტანდარტული ეშელონირების დროს პოტენციური კონფლიქტების გამოვლენა და იდენტიფიკაცია, ისეთ რაიონებში, სადაც ასეთი სიტუაციები უფრო მეტად აქტივირებულია;
8. მეტეოროლოგიური და აერონავიგაციური ინფორმაციის მართვა.

ავიადისპეტჩერების სამუშაო ადგილები შედგება:

1. რადიოლოკაციური და პროცედურული კონტროლის ავიადისპეტჩერების სამუშაო ადგილებისგან;
2. ფრენის მონაცემების დამუშავების ოპერატორების სამუშაო ადგილებისგან.

რადიოლოკაციური და პროცედურული კონტროლის ინტერფეისი უზრუნველყოფს შემდეგ ფუნქციურ შესაძლებლობებს:

1. მონაცემების ასახვა: გეოგრაფიული მონაცემები (მაგალითად რუკები), რადარული ტრეკები და პლოტები, რადიოლოკაციური მონაცემები ამინდის შესახებ, ფრენის გეგმის მონაცემები და სიები, კონფლიქტებისა და გაფრთხილების მონაცემები, მონაცემები გარემოს მდგომარეობის (აერონავიგაციური და მეტეოროლოგიური) შესახებ და ა.შ.
2. რადიოპელენგატორებიდან მიღებული ინფორმაციის დამუშავება და ასახვა;
3. ფანჯრების მუშაობის მართვა, დისპლეის მართვა, ასახვის ფილტრების არჩევა, მონაცემების ბლოკის წარმოდგენა, რუკის ასახვის არჩევა;
4. ინფორმაციის წარმოდგენის კონტროლის ფუნქციები, ტრეკების წარმოდგენის კონტროლი ტრაექტორიის ისტორიის ჩართვით, აღნიშვნა საჰაერო ხომალდის მიმდინარე ადგილმდებარეობის შესახებ;
5. კოორდინაციის მხარდაჭერა მეზობელი ცენტრებით;
6. ბოლო 24 საათის განმავლობაში ტრაფიკის ჩაწერა (ტრეკები, ფრენის გეგმები, ასახვის სტატუსი);

ამინდის შესახებ ინფორმაცია მუშავდება ლოკალურად თითოეულ სამუშაო ადგილზე, რაც ავიადისპეტჩერს საშუალებას აძლევს დააკვირდეს ვიზუალურად მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორის მონაცემებს.

ფრენის ინფორმაციის დამუშავების ოპერატორის ინტერფეისი უზრუნველყოფს შემდეგი ფუნქციური შესაძლებლობების რეალიზაციას:

1. ფრენის გეგმების შესახებ შეტყობინებების დამუშავება;
2. ფრენის გეგმის მონაცემთა ბაზაში წვდომა (ძიება, შექმნა, მოდიფიკაცია);
3. მეტეოროლოგიური და აერონავიგაციური ინფორმაციის შეტანა;
4. მოძრაობის სიების ასახვა (ნაკადების დაგეგმვა);
5. გადატვირთვის გრაფიკების დაბეჭდვა (ნაკადების დაგეგმვა);
6. ინფორმაციის გვერდების მიხედვით ასახვა.

ინჟინერის სამუშაო ადგილი-ეს არის სისტემის კონტროლის კომპიუტერის ინტერფეისი, რომელიც გამოიყენება ტექნიკური და ოპერაციული კონტროლისათვის. ის უზრუნველყოფს შემდეგი ფუნქციური შესაძლებლობების რეალიზაციას:

1. სისტემის მთელი მოწყობილობების სტატუსის მონიტორინგი (სერვერები, მუშა სადგურები, კავშირის ხაზები, ლოკალური გამოთვლითი ქსელები და ა.შ.);
2. სექტორების ვიზუალიზაცია და დანიშვნა;
3. მიღებულ შეტყობინებათა სტატისტიკის ასახვა;
4. ფიზიკური და ოპერაციული კონფიგურაცია;
5. სისტემური შეტყობინებების ასახვა და დაბეჭდვა;
6. მთავარი საათიდან ზუსტი დროის სიგნალების მიღება სისტემის სხვა ელემენტებთან სინქრონიზაციის მიზნით.

საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების დაგეგმვისა და სრულყოფის ამოცანა დღეს წარმოადგენს ძალზე აქტუალურ ამოცანას, რაც ძირითადად განპირობებულია საჰაერო მოძრაობის ინტენსიურობის ზრდით, მაღალსიჩქარიანი საჰაერო ხომალდების არსებობით, რამაც გამოიწვია სწორედ საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების შექმნის აუცილებლობა რომლის მიზანს უპირველეს ყოვლისა წარმოადგენს ფრენების უსაფრთხოების ამაღლების მიღწევა.

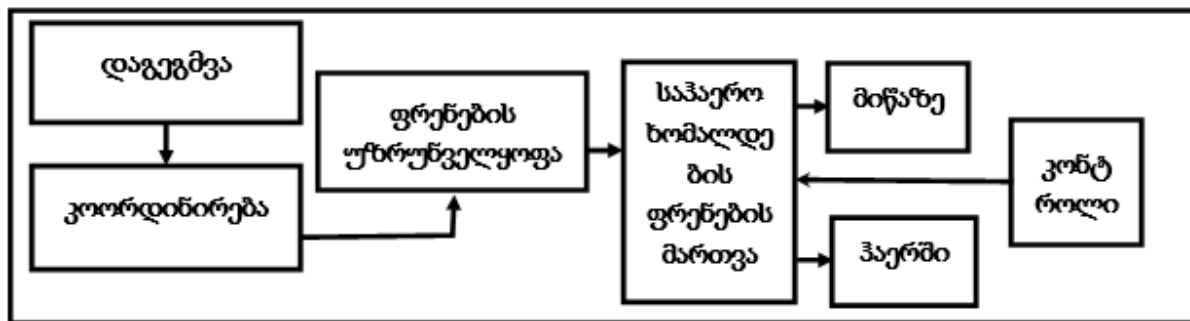
14.3. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების სრულყოფის პერსპექტიული მიმართულებები და განვითარების ტენდენციები

საჰაერო მოძრაობის მართვა წარმოადგენს უწყვეტ პროცესს, რომელიც შეიცავს ოპერაციითა განსაზღვრულ თანმიმდევრობას, როგორც საჰაერო მოძრაობის, ისე ეკიპაჟის მართვის პროცესში.

თუმცა ამ ეტაპზე განსაზღვრულია მართვის ალგორითმით ამ პროცესების ოპერაციების დასაწყისი და დასასრული, მაინც შესძლებელია ადგილი ჰქონდეს მათ დროით და დროით-სივრცულ გაზნევას (არადეტერმინირებულობას), რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს როგორც გარე პირობების ცვლილების შედეგად, ასევე საჰაერო ხომალდის მახასიათებლებით და ნაწილობრივ თვით ეკიპაჟის მოქმედებების შედეგად. ყველაფერი კი ეს მოითხოვს საჰაერო

მოძრაობის მართვის განმხორციელებელი პირების ხარისხიან მომზადებას, რათა მათ საჭაერო მოძრაობის მართვის ყველა ეტაპზე წარმატებით განახორციელონ მართვა.

საჭაერო მოძრაობის მართვა-ეს არის ღონისძიებათა მთელი კომპლექსი, რომელიც მიმართულია ფრენების დაგეგმვის, კოორდინირების და საჭაერო ხომალდების მართვისთვის მიწაზე და ჰაერში. ის ახორციელებს ასევე კონტროლს ფრენის დადგენილი რეჟიმის შენარჩუნებისათვის (ნახ.14.1.)



ნახ.14.1. საჭაერო მოძრაობის მართვის შემადგენელი ელემენტები

საჭაერო მოძრაობის მართვის ამოცანებია:

1. საჭაერო ხომალდების შეჯახების თავიდან აცილება მიწისზედა დაბრკოლებებისგან;
2. საჭაერო მოძრაობის ნაკადების ფორმირება;
3. ინფორმაციის და მართვის ბრძანებების მიღება და მისი შესრულება ფრენების უსაფრთხოდ და ეფექტურად შესრულების უზრუნველყოფისთვის;
4. საჭაერო ხომალდების შესახებ შესაბამისი ორგანიზაციებისა და სამსახურების ინფორმირება მაშინ, როცა საჭიროა გარკვეულ სიტუაციებში საძიებო-სამაშველო ღონისძიებების გატარება საჭაერო ხომალდებისადმი აუცილებელი დახმარების აღმოჩენისა და გაწევის თვალსაზრისით.

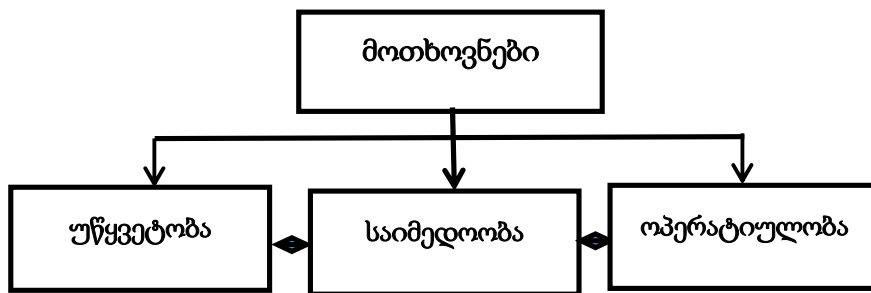
გამომდინარე აქედან, ძალზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფრენების ხელმძღვანელებისა და ფრენების მართვის გაანგარიშების პუნქტების მუდმივ ინფორმირებას თითოეული საჭაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის, მისი ფრენის რეჟიმების და თავიანთ საპასუხისმგებლო საკონტროლო ზონებში არსებული მეტეოროლოგიური პირობების მდგომარეობის შესახებ.

საჭაერო მოძრაობის მართვა გულისხმობს მოხდეს:

- მოთხოვნათა შესაბამისად საჭაერო მოძრაობის დაგეგმვა;
- ურთიერთმოქმედ (ურთიერთდაკავშირებულ) ფრენის მართვის პუნქტების შორის ფრენის მართვის გადაცემისა და მიღების ორგანიზაციის საკითხების ერთმანეთთან შეთანხმება;

- ფრენების შესრულების პროცესში ფრენების გეგმების კოორდინირება;
- საჰაერო ხომალდების დროული მომზადების უზრუნველყოფა მათზე დაკისრებული საფრენოსნო ამოცანების შესრულებისათვის;
- ეკიპაჟის მოქმედებათა მართვა მათი საფრენოსნო დავალებათა შესრულების პროცესის მთელი პერიოდის განმავლობაში დაწყებული ძრავების გაშვებიდან დამთავრებული მათი გამორთვით;
- ეკიპაჟის ინფორმირება ფრენების რაიონში მეტეოროლოგიური პირობებისა და საჰაერო ვითარების მდგომარეობის შესახებ;
- ფრენების დადგენილი რეჟიმების შენარჩუნების კონტროლი (ფრენის რეჟიმები, საჰაერო ხომალდის ფრენის პარამეტრები);
- ფრენების უსფრთხოების უზრუნველყოფისთვის აუცილებელი ზომების გატარება და ეკიპაჟისადმი დახმარების გაწევა ფრენისას განსაკუთრებული შემთხვევების წარმოშობისას, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს უბედური შემთხვევა ან კატასტროფა.

საჰაერო ხომალდების მოძრაობის მართვა უნდა იყოს უწყვეტი, საიმედო და ოპერატიული (ნახ.14.2).



ნახ.14.2. საჰაერო მოძრაობის მართვისადმი წაყენებული მოთხოვნები

საჰაერო მოძრაობის მართვის უწყვეტობა - ეს არის საჰაერო მოძრაობის მართვის განმხორციელებელი პერსონალის მუდმივი გავლენა და თვალმიდევნება ეკიპაჟის ან ეკიპაჟების ჯგუფების მიერ შესასრულებელი ამოცანების მიმდინარეობის შესახებ.

უწყვეტობა მიიღწევა მართვის პუნქტების, კავშირის საშუალებების და ფრენების რადიოტექნიკური უზრუნველყოფის საშუალებების საიმედო და გამართული მუშაობით.

საჰაერო მოძრაობის მართვის საიმედოობა-ეს არის უნარი ფრენების ხელმძღვანელებისა და მართვის შესაბამისი პერსონალის მხრიდან შესარულონ თავიანთი ფუნქციური მოვალეობები დროულად და ოპერატიულად, სწრაფად ცვალებადი ვითარების პირობებში. ეს კი მიიღწევა საჰაერო მოძრაობის მართვის ხელმძღვანელებისა და მართვის შესაბამისი

პერსონალის პროფესიონალიზმის მაღალი დონით, უფლება-მავალეობების ზუსტი შესრულებით, მათი მუდმივი საქმეჩახედულობით საჭაერო, მეტეოროლოგიური და ორნიტოლოგიური ვითარების შესახებ და თითოეული ეკიპაჟის (ან ეკიპაჟის ჯგუფების) ფრენის მუდმივი კონტროლით სამ კოორდინატში.

საჭაერო ხომალდების მოძრაობის მართვის ოპერატიულობა-ეს არის უნარი საჭაერო მოძრაობის ფრენების მართვის ხელმძღვანელებისა და შესაბამისი პერსონალის მხრიდან მოახდინონ შეზღუდულ დროში სწრაფი რეაგირება საჭაერო თუ მიწისზედა ვითარების ცვლილებების შესაბამისად ეკიპაჟის ან ეკიპაჟის ჯგუფების მიერ საფრენესნო ამოცანების შესრულების მიმდინარეობაზე.

საჭაერო მოძრაობის მართვის სისტემაში მართვის ციკლი შეიცავს შემდეგ შემდგენელებს:

- დრო, რომლის განმავლობაშიც მიმდინარეობს მონაცემების შეკრება მდგომარეობის შესახებ- T_1 ;
- დრო მონაცემთა ანალიზისათვის და გადაწყვეტილებათა მიღებისათვის- T_2 ;
- ეკიპაჟამდე მართვის ბრძანებების დაყვანის დრო T_3 ;
- ეკიპაჟის მიერ მოწოდებული ბრძანების შესრულების დრო T_4 .

აქედან გამომდინარე მართვის ციკლი T_6 ტოლია:

$$T_6 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4.$$

შესასაბამისად, მართვის ოპერატიულობის შეფასების ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენს დრო, რომელიც იხარჯება ეკიპაჟის მიერ მართვის ციკლზე. ამ დრომ უნდა უზრუნველყოს ეკიპაჟის მიერ ბრძანებების დროული და ხარისხიანი შესრულება, რომლებიც მიიღება საჭაერო მოძრაობის მართვის ცენტრიდან. მისი კონკრეტული ხანგრძლივობა თითოეულ კერძო შემთხვევაში და თითოეულ რგოლში უნდა ხასიათდებოდეს თავისი საზღვრით, რომელზეც გადაჭარბება გამოიწვევს მიღებული ბრძანების შესრულების ჩაშლას ან არასრულ შესრულებას. მართვის ერთი ციკლის ასეთი ზღვრულად დასაშვები ხანგრძლივობა მიღებულია იწოდებოდეს მართვის კრიტიკულ დროდ $K_{კრ}$. ნებისმიერ შემთხვევაში ეს დრო არ უნდა იქნეს შემცირებული მართვის ხარისხის ხარჯზე, განსაკუთრებით მაშინ, როცა მისაღები გადაწყვეტილება დასაბუთებულია.

მართვის ოპერატიულობის მოთხოვნათა რაოდენობრივი მნიშვნელობა შეიძლება გამოისახოს შემდეგი თანაფარდობით:

$$(T_6 = T_{მართ} + T_{მოქმ}) \leq T_{კრიტ},$$

სადაც

$$T_{კრიტ} = T_1 + T_2 + T_3; T_{მოქმ} = T_4.$$

რაც უფრო დიდია სხვაობა $T_{კრიტ}$ და $T_{მართ} + T_{მოქ}$ ჯამს შორის, მით უფრო მეტია ოპერატიულობა, და მაშასადამე, უფრო მეტია ალბათობა დროული რეაქციისა ფრენების ცენტრის ხელმძღვანელებიდან მიღებული ბრძანების შესრულებაზე, რომელიც შესაძლებელია განისაზღვროს ფორმულით

$$P = 1 - \frac{T_{მართ} + T_{მოქ}}{T_{კრიტ}}$$

თუ P -ს მნიშვნელობა უარყოფითია, მაშინ მოთხოვნა მართვის ოპერატიულობის შესახებ არ სრულდება (ბრძანების შესრულება შეუძლებელია ან არ სრულდება იმ დროში, რომელიც ნაკარნახევია კონკრეტული ვითარებით).

დღეისათვის შექმნილია და ვითარდება კიდევ საჰაერო მოძრაობის მართვის ამოცანების გადაწყვეტისათვის საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული საშუალებები და სისტემები. ავტომატიზებული სისტემების დანერგვა ამალავს საჰაერო ნავიგაციის სიზუსტეს და ეფექტურობას. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზაციის ძირითადი მიზანია მართვის ოპერატიულობის, უწყვეტობის და საიმედოობის ამაღლება, საჰაერო მოძრაობის მართვის ამოცანების დაგეგმვისა და გადაწყვეტის ხარისხობრივი მხარის გაუმჯობესება.

ამიტომ საჰაერო ხომალდების მართვის ეფექტურობა მათი საჰაერო მოძრაობის დროს დიდადაა დამოკიდებული იმ პერსონალის მომზადების დონეზე, რომლებიც ხელმძღვანელობენ საჰაერო ხომალდების მოძრაობას (ავიადისპეტჩერის მომზადების დონე). მათ არა მარტო ღრმად უნდა შეისწავლონ მართვის თეორია, არამედ სიღრმისეულად უნდა ჰქონდეთ ათვისებული ავტომატიზებული მართვის ტექნოლოგიაც. მართვის ავტომატიზაციის დონის ზრდა ახალი ინფორმაციული ტექნოლოგიების დანერგვით მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში, განუხრელად მოითხოვს ავიადისპეტჩერების პროფესიულ-პრაქტიკული დონის ამაღლებას ავტომატიზაციის სფეროში და ამ კუთხით მათი წვრთნების სისტემატიურ ჩატარებას ტრენაჟორებზე.

ავტომატიზაცია და მისი დანერგვა საჰაერო ხომალდების საჰაერო მოძრაობის მართვაში იწვევს საჰაერო მოძრაობის მართვის ეფექტურობისა და ფრენების უსაფრთხოების დონის ამაღლებას, უზრუნველყოფს საჰაერო მოძრაობის მართვის ამოცანის გადაწყვეტაში ჩართული ყველა ადამიანის მიერ შეცდომის გამორიცხვას და საჰაერო მოძრაობის მართვის საიმედოობის ამაღლებას.

ლექცია 15. მართვის ინტელექტუალური სისტემები და საბორტო ოპერატიულად-მრჩეველი ექსპერტული სისტემები

15.1. მართვის ინტელექტუალური სისტემების აგების პრინციპები და არქიტექტურა. მართვის დინამიკური ექსპერტული სისტემები

დღესდღეობით ზოგადად ტექნიკური სისტემების დამუშავებისას მთავარ მოთხოვნად ითვლება ისეთი სისტემების შექმნა და დამუშავება, რომლებიც აღჭურვილი იქნება ავტონომიურობის, ფუნქციონირების, საიმედოობის და ადაპტირების მაღალი უნარით განუსაზღვრელობის პირობებში. მართვის ამოცანებში განუსაზღვრელობის გამოვლენის მთავარ წყაროს წარმოადგენს შემდეგი ძირითადი ფაქტორები:

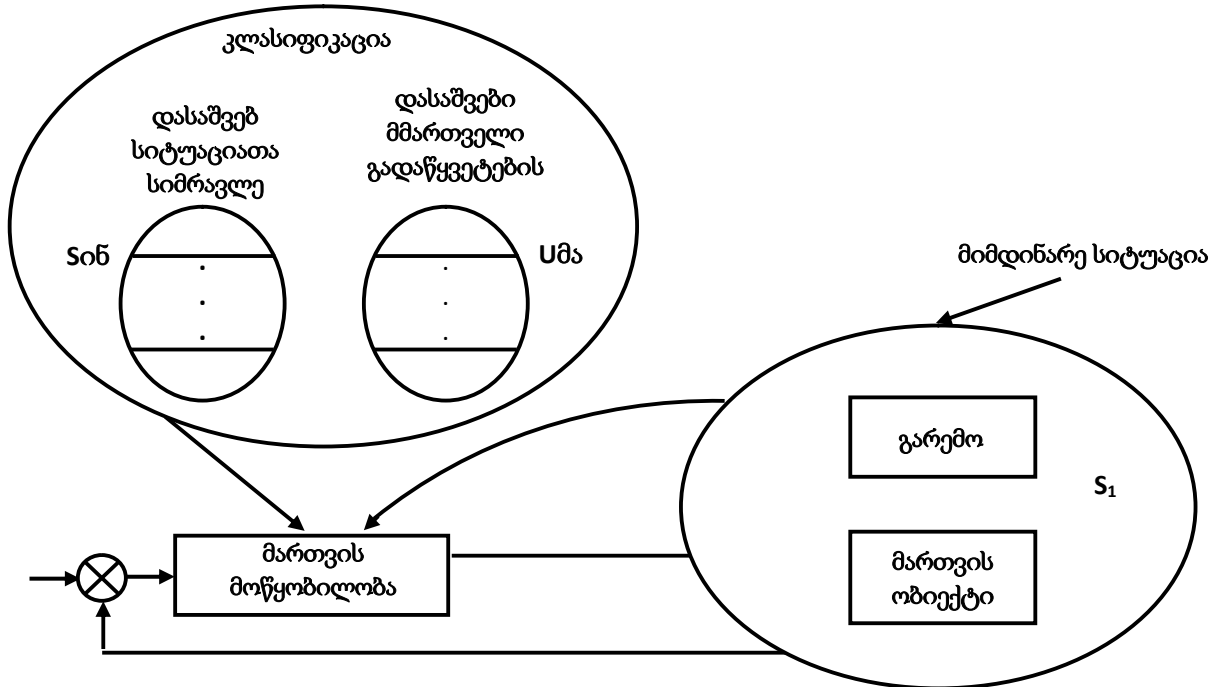
- ობიექტებისა და მართვის ამოცანების ფორმალიზებული აღწერის სირთულე აუცილებელი გამოთვლებისა და გაზომვების ცდომილებების გათვალისწინებით;
- მართვის ამოცანებისა და ფუნქციონირების მიზნების არამკაფიოობა;
- მართვის სისტემისა და ობიექტის პარამეტრების არასტაციონარულობა;
- ფუნქციონირების ვითარებისა და პირობების აპრიორული განუსაზღვრელობა;
- გარემოს შემთხვევითი ზემოქმედებების არსებობა;
- მონაცემების დისტანციური გადაცემების არხებში მიწოდებული ინფორმაციის დამახინჯება.

საჭირო საექსპლუატაციო მახასიათებლების უზრუნველყოფა და ფუნქციური შესაძლებლობების ფართო ნაკრების მიზანმიმართული ქმედების ფორმირება და შესასრულებელი ოპერაციების თანმიმდევრობის დაგეგმვა გარემოს ზემოქმედებებისადმი აქტიურ ადაპტაციაზე გათვლით, უზრუნველყოფს ინტელექტუალური მართვის მეთოდების და საშუალებების დამუშავებას, დაფუძნებულს ცოდნის დამუშავების ტექნოლოგიის კომპლექსურ გამოყენებაზე.

მართვის ამოცანების პრინციპულად ახალი ნაირსახეობის გაჩენა, რომელიც დაკავშირებულია რთული დინამიკური ობიექტების ფუნქციონირების მხარდაჭერასთან განუსაზღვრელ პირობებში, მიეკუთვნება ცუდად ფორმალიზებულ ამოცანათა რიცხვს, რომელთა გადაწყვეტისათვის საჭიროა სპეციფიკური მეთოდების დამუშავება ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიის გამოყენებით.

ასეთი მიდგომის საფუძველი ემყარება სიტუაციური მართვის კონცეფციებს. გამომდინარე მისი საკვანძო მიდგომარეობიდან, სიტუაციის თითოეულ კლასს, რომელთა წარმოშობა დასაშვებად ითვლება სისტემის ფუნქციონირების პროცესში შეესაბამება, რაღაც გადაწყვეტილება მართვის მიხედვით (მმართველი ზემოქმედება, პროგრამულ-ალგორითმული მმართველი პროცედურა და ა.შ.). მაშინ შექმნილი სიტუაცია, რომელიც განისაზღვრება როგორც თვითონ ობიექტის, ისე მისი გარემოს ფაქტორების

გათვალისწინებით და იდენტიფიცირდება გამზომ - საინფორმაციო საშუალებების დახმარებით, შეიძლება მიეკუთვნოს რაღაც კლასს, რომლისთვისაც საჭირო მართვა უკვე ცნობილია (ნახ. 15.1).



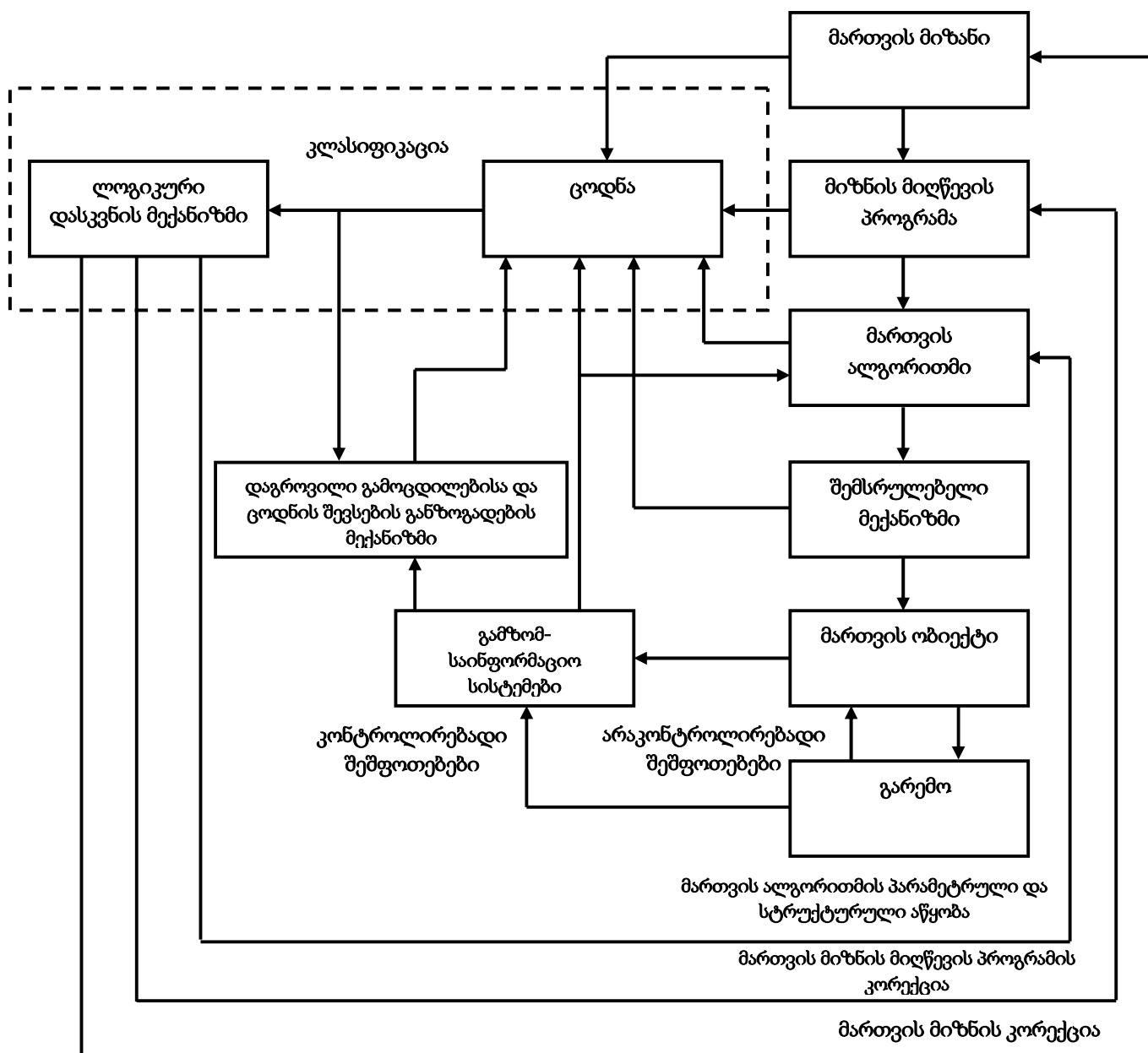
ნახ.15.1. ავტომატურ სისტემებში სიტუაციური მართვის პრინციპების რეალიზაცია

ამრიგად, სიტუაციური მართვის კონცეფციის პრაქტიკული რეალიზაცია თანამედროვე ინტელექტუალური ტექნოლოგიების საფუძველზე გვთავაზობს არსებული ცოდნის ბაზის გაფართოებას, რომელიც ემყარება სისტემის აგების პრინციპებს და ფუნქციონირების მიზნებს, სხვადასხვაგვარი ალგორითმების გამოყენების სპეციფიკას, შემსრულებელი მექანიზმების და სამართავი ობიექტების თავისებურებებს. ამ შემთხვევაში, არსებული ცოდნის კლასიფიკაციურმა ანალიზმა საზომ-ინფორმაციული საშუალებების მიმდინარე მაჩვენებლების მიხედვით უნდა უზრუნველყოს მართვის ალგორითმების პარამეტრულ და სტრუქტურულ გადაწყობა, მართვის მიზნების მიღწევის პროგრამების მოდიფიკაცია, ხოლო აუცილებლობის შემთხვევაში კი მათი კორექციაც.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ მთავარი არქიტექტურული თავისებურება, რომელიც განასხვავებს მართვის ინტელექტუალურ სისტემას (ნახ. 15.2) “ტრადიციული” სქემით აგებული მართვის სისტემისგან, დაკავშირებულია მასში ცოდნის შენახვის და დამუშავების მექანიზმების არსებობასთან. ასეთ ინტელექტუალურ სისტემას განუსაზღვრელობის პირობებში შეუძლია საჭირო ფუნქციების შესრულება გარე შემოფოთებების ზემოქმედების დროს. ამგვარ შემოფოთებებს შეიძლება წარმოადგენდეს მიზნების გაუთვალის-

წინებული ცვლილებები, სისტემებისა და მართვის ობიექტის საექსპლუატაციო მახასიათებლები, გარემოს პარამეტრები და ა.შ. გარდა ამისა, აუცილებლობის შემთხვევაში, სისტემის შემადგენლობას თვითსწავლების საშუალებები ემატება, რომლებიც უზრუნველყოფს დაგროვილი გამოცდილების განზოგადებას და ამის საფუძველზე ცოდნის შევსებას.

ზოგად შემთხვევაში მართვის ობიექტს შესაძლებელია ქონდეს საკმაოდ რთული კონსტრუქცია, თავის შემადგენლობაში ჩართული მთელი რიგი ფუნქციურად დაქვემდებარებული ქვესისტემებით. მათი დაქვემდებარების იერარქია განსაზღვრავს საწყისი მიზნების და მართვის ამოცანების დეკომპოზიციას კომპონენტების რეკურსიული თანმიმდევრობითი დალაგებით. საბოლოო ჯამში ასეთი დაყოფა გულისხმობს მართვის სისტემის მრავალდონიან ორგანიზაციას, რომელიც ფლობს განვითარებულ ინტელექტუალურ შესაძლებლობებს ვითარების ანალიზისა და ასახვისათვის, მიზანმიმართული ქცევის სტრატეგიის ფორმირებისთვის, თანმიმდევრობითი ქმედებების დაგეგმვისთვის, ასევე შემსრულებელი კანონების სინთეზს ხარისხის მოცემული მაჩვენებლების დაკმაყოფილებისთვის. ამასთან, მართვის ინტელექტუალური სისტემის სტრუქტურა რთული დინამიკური ობიექტით, უნდა შეესაბამებოდეს აგების იერარქიულ პრინციპს და უნდა მოიცავდეს სტრატეგიულ, ტაქტიკურ და შემსრულებელ დონეებს, ასევე აუცილებელ გამზომ-ინფორმაციული საშუალებების კომპლექსს.



ნახ.15.2. მართვის ინტელექტუალური სისტემის განზოგადებული სტრუქტურა

მართვის იერარქიის ცალკეული კონტურების შეკვრის კორექტულობა განისაზღვრება ფუნქციური ელემენტების იმ შემადგენლობით, რომლებიც უზრუნველყოფს შეკრების პროცესში ინფორმაციული მხარდაჭერის საჭირო ადეკვატურობას და სენსორული მონაცემების განზოგადებას გარემოს მიმდინარე მდგომარეობისა და ზემოქმედებების შესახებ. ამრიგად, ინტელექტუალური მართვის თითოეული დონის ორგანიზაცია გვთავაზობს ცოდნის წარმოდგენის საკუთარი მოდელების უნიკალური ერთობლიობის გამოყენებას ინფორმაციული მხარდაჭერისა და საკონტროლო ობიექტის აღწერისათვის.

როული დინამიკური ობიექტების მართვის სისტემების იერარქიული აგების ახალი კონცეფცია გულისხმობს ხელოვნური ინტელექტის მეთოდებისა და ტექნოლოგიების, როგორც ძირითადი საშუალებების გამოყენებას გარემოს განუსაზღვრელობისადმი ბრძოლის საქმეში. მართვის თითოეული დონის ინტელექტუალიზაციის აუცილებლობა განპირობებულია გარემოს განუსაზღვრელი სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებისადმი რეაგირების ფუნქციის შესრულებაში. ამ კონცეფციის პრაქტიკული განხორციელება გულისხმობს ცოდნის დამუშავების ამა თუ იმ ტექნოლოგიის შერჩევით გამოყენებას, რომელიც დამოკიდებულია ამოსახსნელი ამოცანის სპეციფიკაზე, სამართვი ობიექტის თავისებურებებზე, მის ფუნქციურ დანიშნულებაზე, ექსპლუატაციის პირობებზე და ა.შ.

მართვის დინამიკურ ექსპერტული სისტემებს შეუძლიათ მიზნის (დასახული ამოცანის) სინთეზირება, გადაწყვეტილების მიღება, უზრუნველყოფა მიზნის მისაღწევად, შედეგების პარამეტრების პროგნოზირება და მათი შედარება რეალურთან, უკუკავშირის წარმოქმნა, მიზნის კორექტირება ან მართვა.

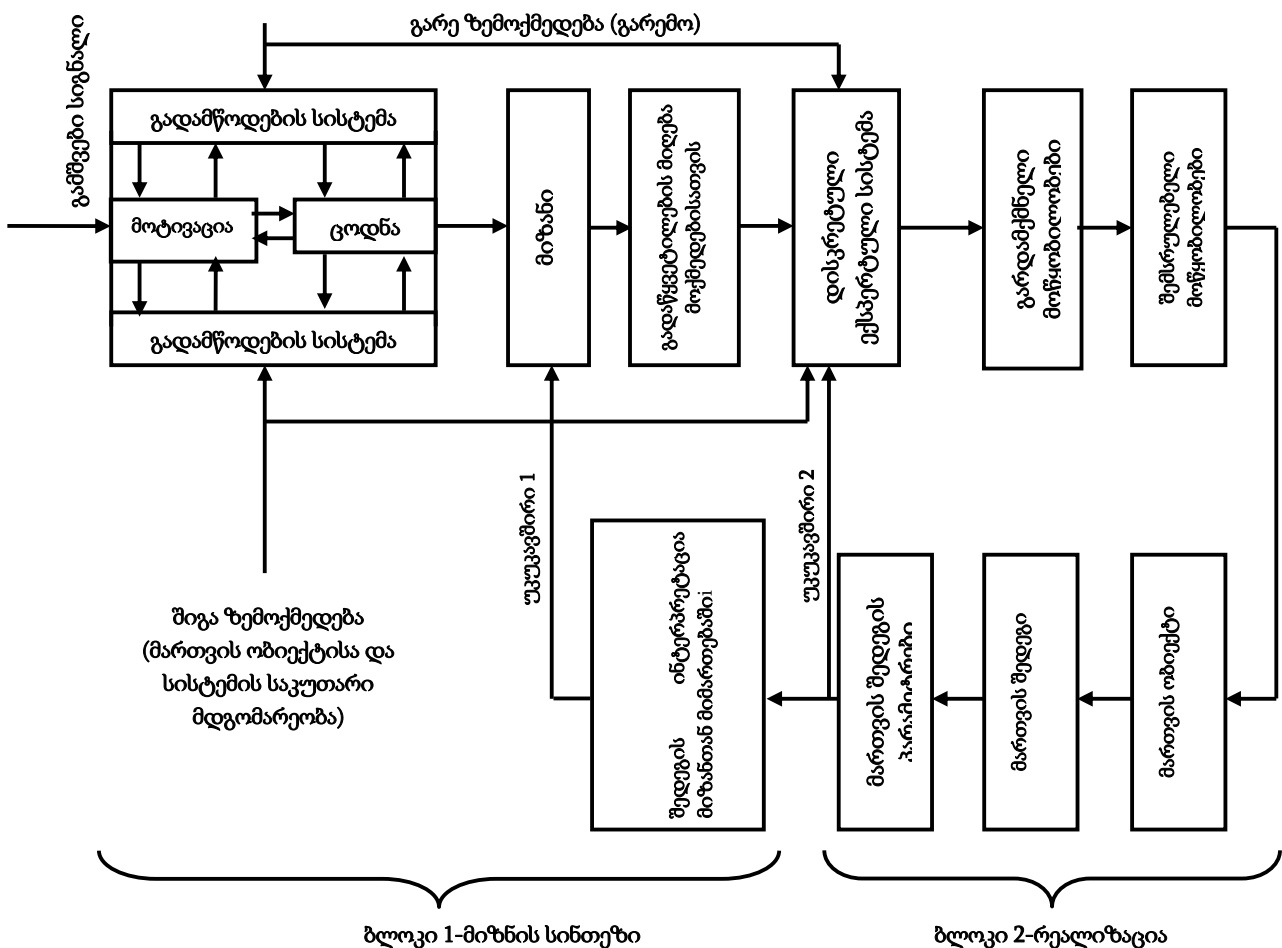
ნახ.15.3-ზე მოყვანილია ინტელექტუალური სისტემების (ის) სტრუქტურული სქემა, სადაც გამოყოფილია სისტემის ორი მსხვილი ბლოკი: მიზნის სინთეზი და მისი რეალიზაცია.

პირველ ბლოკში სენსორული სისტემებისგან მიღებული ინფორმაციის აქტიური შეფასების საფუძველზე, ცოდნისა და მოტივაციის არსებობისას ხდება მიზნის სინთეზირება და მიიღება გადაწყვეტილება მოქმედებისთვის. ინფორმაციის აქტიური შეფასება ხორციელდება გამშვები სიგნალების ზემოქმედებით. საკუთრივ სისტემების მდგომარეობამ და გარე სამყაროს ცვალებადობამ შეიძლება დააყენოს რაღაცის საჭიროების მოთხოვნა, ცოდნის არსებობის შემთხვევაში კი შეიძლება სინთეზირებული იყოს მიზანი.

მიზნის ქვეშ იგულისხმება მოქმედების შედეგების იდეალური, გააზრებული განჭვრეტა. ინფორმაციის აქტიური შეფასების საფეხურზე გარემოსა და სისტემების საკუთრივ მდგომარეობის შესახებ, მათ შორის მართვის ობიექტის შესახებ. ვარიანტების შეჯერებით მიზნის მისაღწევად შეიძლება მივიღოთ გადაწყვეტილება მოქმედებისთვის.

მეორე ბლოკით წარმოდგენილი დინამიკური ექსპერტული სისტემა (**დეს**) გარემოს და ინტელექტუალური სისტემის (**ის**) საკუთრივი მდგომარეობის მიმდინარე ინფორმაციის საფუძველზე მიზნისა და ცოდნის არსებობისას ახორციელებს ექსპერტულ შეფასებას, დებულობს მართვის გადაწყვეტილებას, პროგნოზირებს მოქმედების შედეგებს და გამოიმუშავებს მართვას. კოდირებული სახით წარმოდგენილი მართვა გარდაიქმნება ფიზიკურ სიგნალად და მიეწოდება შემსრულებელ მოწყობილობებს. მართვის ობიექტი, შემსრულებელი მოწყობილობებიდან მიღებული სიგნალით, ახორციელებს ამა თუ იმ მოქმედებას, რომლის შედეგიც წარმოდგენილი პარამეტრების სახით, უკუ კავშირის წრედით 2 შევა დინამიკურ ექსპერტულ სისტემაში (**დეს**), სადაც შეედარება პროგნოზირებულს. მოქმედების პარამეტრების შედეგები ინტერპრეტირებული მიზნის თვისებების შესაბამისობაში

ფორმალურად ინტელექტუალური სისტემები (ის) აღიწერება შემდეგი ექვსი გამოსახულებით:



ნახ.15.3. ინტელიქტუალური სისტემის სტრუქტურული სქემა

$$T \times X \times S \xrightarrow{a_2} M \times T$$

$$T \times M \times S \xrightarrow{a_2} C \times T$$

$$C \times T \times S \xrightarrow{a_3} R \times T$$

$$T \times X = \{A \times T\} X \times T + \{B \times T\} U \times T$$

$$T \times Y = \{Q \times T\} X \times T$$

$$T \times R \times Y \xrightarrow{a_4} C \times T$$

სადაც: T – დროის მომენტების სიმრავლე;

X, S, M, C, R და Y – შესაბამისად სისტემის, გარემოს, მოტივაციის, მიზნის, პროგნოზირებადი და რეალური შედეგების სიმრავლეები;

A, B , და Q – პარამეტრების მატრიცები;

$a_{i,j} = 1.4$ - გარდაქმნის ინტელექტუალური ოპერატორები, რომლებიც იყენებენ ცოდნას.

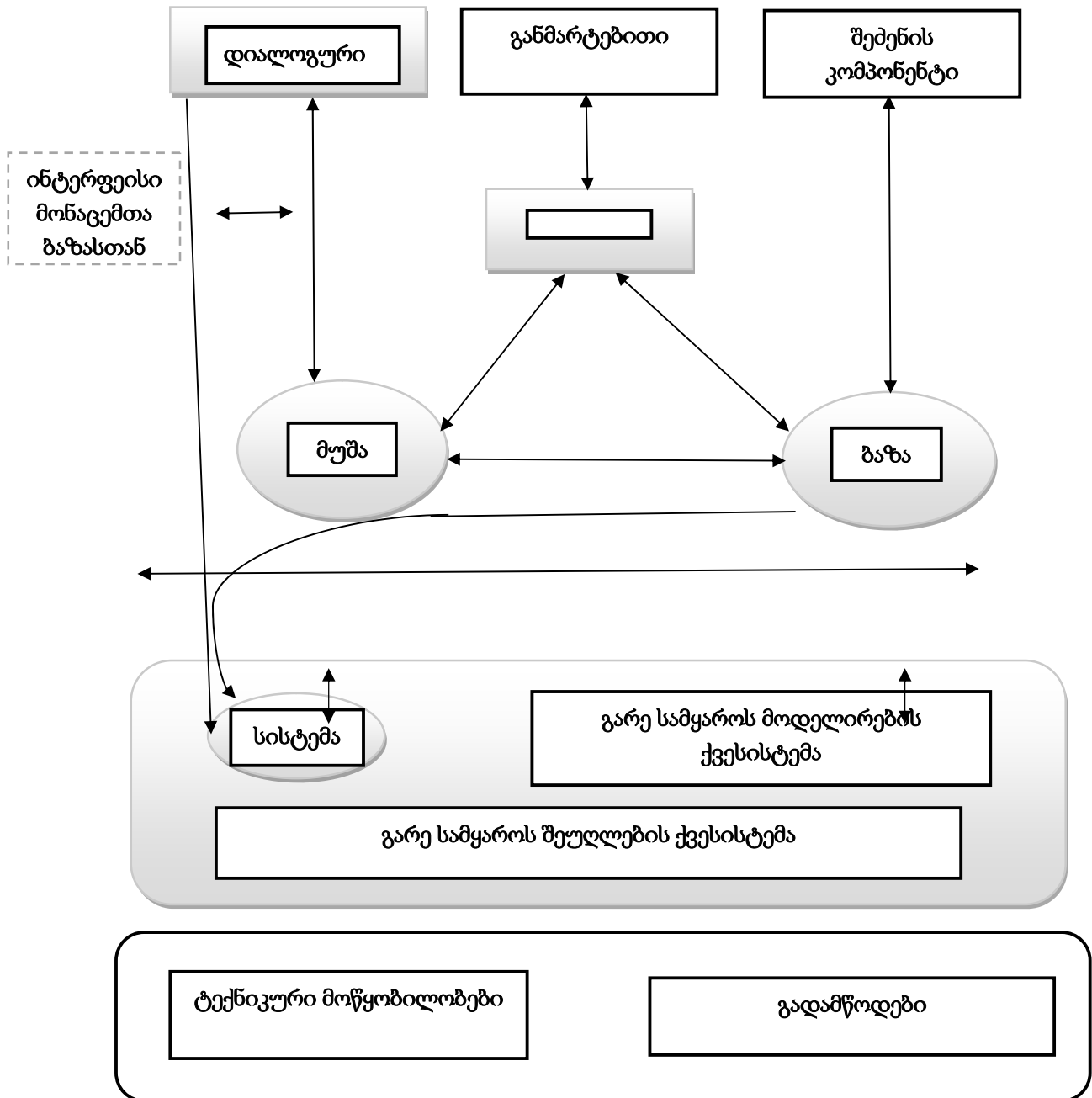
ამ აღწერაში სისტემის ობიექტების წარმოდგენა ხდება მნიშვნელობათა სიმრავლეების, ან გამონათქვამებს სიმრავლეების საშუალებით ან რაღაც სხვა ფორმით.

ინტელექტუალური სისტემების (ის) დინამიკური თვისებები შესაძლებელია აღწერილი იქნეს მდგომარეობათა სივრცეში. ინტელექტუალური ოპერატორები, რომლებიც უზრუნველყოფენ წარმოდგენას, ცნების ფორმირებას, მსჯელობას და დასკვნას შემეცნების პროცესში, წარმოადგენენ ცოდნის დამუშავების ფორმალურ საშუალებებს, ასევე საშუალებას გადაწყვეტილების მიღებისას. ყველა ეს ასპექტი საფუძვლად უნდა დაედოს დინამიკური ექსპერტული სისტემის აგებას, რომელიც უნდა ფუნქციონირებდეს რეალურ დროსა და რეალურ გარემოში.

დინამიკური ექსპერტული სისტემა (ნახ.15.4) არის რაღაც კომპლექსური წარმონაქმნი, გარემოსა და სისტემების მდგომარეობის შეფასების უნარის მქონე, რომელსაც შეუძლია შეაჯეროს სასურველი და რეალური პარამეტრების მოქმედების შედეგები, მიიღოს გადაწყვეტილება და გამოიმუშაოს მიზნის მიღწევის უნარის მქონე მართვა. ამისათვის დინამიკური ექსპერტული სისტემები უნდა ფლობდნენ ცოდნის მარაგს და განაგებდნენ ამოცანის ამოხსნის მეთოდებს. დინამიკური ექსპერტული სისტემები ფუნქციონირებენ

უკუკავშირის მექანე ინტელექტუალური სისტემების შემადგენლობაში და ამიტომ მნიშვნელოვანია ასეთი ინტელექტუალური სისტემების მდგრადი მუშაობის უზრუნველყოფა.

ტრადიციული პოზიციიდან შეიძლება ჩაითვალოს, რომ დინამიკური ექსპერტული სისტემის რეაქციის ხანგრძლივობა, შესასვლელ ზემოქმედებაზე, ე.ი. დრო, დახარჯული შემავალი ინფორმაციის დამუშავებაზე და მართვის ზემოქმედებების გამომუშავებაზე არის დაგვიანება. კერძოდ ანალიზის საფუძველზე შესაძლებელია შეფასდეს სისტემის ფაზური



თვისებების ცვლილებები და ამით განისაზღვროს მდგრადობის მარაგი. აუცილებლობის შემთხვევაში, შეიძლება მოხდეს სისტემის კორექცია ფილტრების საშუალებით. თუმცა, კლასიკური თეორიის თვალთახედვით, ინტელექტუალური სისტემების მართვა წარმოადგენს მრავალობიექტიან მრავალკავშირიან სისტემებს, რომელთა მდგრადობის ანალიზი ჩვეუ-ლებრივი ხერხებით საკმაოდ რთულია.

15.2. საბორტო ოპერატიულად მრჩეველი ექსპერტული სისტემების ზოგადი დახასიათება, სტრუქტურა და ფუნქციონირება

გასული საუკუნის 80-90 წლების მიჯნაზე ცნობილი გახდა, რომ საფრენი აპარატების ეფექტურობის არსებითი ამაღლება მხოლოდ საბორტო მოწყობილობების (საბორტო გამზომი და შესრულებელი მოწყობილობები) სრულყოფის ხარჯზე შეუძლებელია. ამ ამოცანის გადაწყვეტისთვის აუცილებელი გახდა მთელი ძალების მობილიზება და წარმართვა საფრენი აპარატების სრულყოფისათვის საავიაციო კომპლექსში ინტელექტუალური მდგენელის აუცილებელი ჩართვის მოთხოვნითა და გამოყენებით. ამან კი აუცილებელი გახდა ორი სახის ალგორითმების ერთობლივი გამოყენება ახალი თაობის საფრენ აპარატებში, კერძოდ საფრენი აპარატის ალგორითმული სისტემა პერსპექტიულ დამუშავებებში უნდა მოიცავდეს საბორტო გამოთვლით მანქანებში რეალიზებად საბორტო ალგორითმებისა და ეკიპაჟის მოქმედების ალგორითმების ერთობლიობას, რომელთა სიმბიოზი ცალკეული საბორტო აპარატებთან ერთად შექმნის ფუნქციურად ერთიან სისტემას “ეკიპაჟი-საბორტო აპარატურა-საჰაერო ხომალდი”, რომელიც თავის მხრივ მიმართული იქნება საფრენოსნო დავალებების წარმატებით შესასრულებლისათვის.

ფრენის მომზადების არასაბორტო ინტელექტუალური სისტემები უზრუნველყოფენ საჰაერო ხომალდის ბორტისა და ეკიპაჟის მომზადებას დაგეგმილი გაფრენის კონკრეტული საფრენოსნო დავალების შესრულებისთვის. ეს ინტელექტუალური სისტემები ძირითადად სამხედრო საჰაერო ხომალდების შემთხვევაში ასრულებენ: ა) აპრიორული დაზვერვითი ინფორმაციის ანალიზს იმ რაიონის შესახებ, რომლის ზემოთ უნდა შესრულდეს ფრენა, კერძოდ უნდა მოხდეს საჰაერო და მიწისზედა მოწინააღმდეგის რაიონში ფრენისა და საკუთარ აეროდრომზე დაბრუნების ოპტიმალური მარშრუტების დამუშავება; ბ) საბორტო მოქმედებათა რაიონში მოსალოდნელ მოწინააღმდეგესთან ბრძოლის ტაქტიკის ვარიანტების არჩევას; გ) ბორტზე საფრენოსნო დოკუმენტების საწყისი მონაცემების მომზადებას (საწყისი მონაცემები საბორტო აპარატურაში, მფრინავის რუკაზე და ა.შ). დ) ფრენის და მიწისზედა ტექნიკური დოკუმენტაციის მომზადებას, რომელიც უზრუნველყოფს დაგეგმილი ფრენის შესრულებას. ხდება ჩატარებული სამუშაოს შედეგების შემოწმება ეკიპაჟის მიერ საჰაერო ხომალდის გაფრენის წინ და ხორციელდება მათი შეტანა თვითმფრინავის საბორტო სისტემებში.

ინტელექტუალური სისტემების მეორე ჯგუფს შეადგენს საბორტო სისტემები, რომლებიც თავის შემადგენლობაში შეიცავს საბორტო ოპერატიულად მრჩეველ ექსპერტულ სისტემებს (სომეს), საბორტო გამზომ და შესრულებელი მოწყობილობების ექსპერტულ სისტემებს.

საბორტო ოპერატიულად მრჩეველი ექსპერტული სისტემის დანიშნულებაა ოპერატიულად გამოიმუშაოს რეკომენდაციები ეკიპაჟისთვის იმ პრობლემების გადასაწყვეტად, რომლებიც წარმოიშობიან ფრენის მიმდინარე სიტუაციის დროს.

საბორტო გამზომი და შემსრულებელი მოწყობილობების ექსპერტული სისტემების დანიშნულებაა უზრუნველყონ მაქსიმალურად სრული ინფორმაციის მიღება მოცემულ მომენტში საბორტო აპარატურის მდგომარეობის შესახებ, ასევე მაქსიმალურად ზუსტად შეასრულონ მიღებული გადაწყვეტილებების რეალიზება. ეს სისტემები ერთად, საბორტო ოპერატიულად მრჩეველ ექსპერტულ სისტემასთან მიმართებაში მუშაობენ მჭიდრო ურთიერთქმედების რეჟიმში.

ფრენის შედეგების ანალიზის არასაბორტო ინტელექტუალური სისტემა მუშაობს ობიექტური კონტროლის საბორტო სისტემიდან (ოკსს), კონტროლის ჩაშენებული სისტემიდან (კჩს) მიღებული ინფორმაციით და ეკიპაჟთან ერთად ადგენს “მფრინავი-საბორტო აპარატურა” სისტემის მიერ გაწეული მუშაობის ხარისხს და მის გავლენას ფრენის შედეგითობაზე.

საბორტო აპარატურის დიაგნოსტიკის არასაბორტო ინტელექტუალური სისტემა ობიექტური კონტროლი საბორტო სისტემიდან, კონტროლის ჩაშენებული სისტემიდან, საშტატო საკონტროლო-ჩამწერი აპარატურიდან (სსჩა) მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე ტექნიკურ პერსონალთან ერთად უზრუნველყოფს ფრენისას საბორტო აპარატურის მუშაობის ანალიზს, ლოკალიზაციას უკეთებს მასში წარმოშობილ უწყესივრობებს და საზღვრავს მათი თავიდან აცილებისა და აღმოფხვრის ტექნოლოგიას.

საბორტო ოპერატიულად მრჩეველი ექსპერტული სისტემა მუშაობს დროის რეალურ მასშტაბში. სისტემის რეაქციის დრო გარემოს ცვლილების შემთხვევაში უნდა იყოს წამიერი. ურთიერთქმედება ექსპერტული სისტემისა მფრინავთან აგებულია პასიური სისტემების პრინციპის მიხედვით. რეკომენდაციები მიეწოდება მფრინავს მხოლოდ ინდიკატორზე და მის შესრულებაზე პირდაპირი მოქმედება ექსპერტული სისტემის მხრიდან არ არსებობს. ამიტაა განპირობებული სწორედ მფრინავის პრიორიტეტი გადაწყვეტილების მიღებისას. მფრინავი უფლებამოსილია მიიღოს დამოუკიდებელი გადაწყვეტილება ექსპერტული სისტემის დახმარების გარეშე, ან შეუძლია იმოქმედოს მისი რეკომენდაციის შესაბამისად.

რეკომენდაციის გარდა, აუცილებლობის შემთხვევაში ექსპერტული სისტემა მფრინავს ერთ-ერთი ინდიკატორის საშუალებით აწვდის მოკლე მითითებებს მიმდინარე რეკომენდაციების შესასრულებლად, ასევე შემდგომი რეკომენდაციების მიცემის პერსპექტივას (პროგნოზს), რომლებიც შესაძლებელია გამომუშავებული იქნეს ექსპერტული სისტემის მიერ, სიტუაციის მოცემულ მომენტში დამყარებული პროცესის შესაძლო საშტატო სქემით განვითარების შემთხვევაში.

ექსპერტული სისტემის განსახილველ პროტოტიპში, ექსპერტული სისტემის მონაცემთა ბაზები და ცოდნის ბაზა ატარებენ დეტერმინირებულ ხასიათს. ექსპერტული სისტემის შემდგომი განვითარება აუცილებლად გულისხმობს ალბათური შეფასებისა და არამკაფიო ცოდნის აპარატის გამოყენებას.

ნახაზ 15.5-ზე მოცემულია ექსპერტული სისტემის სტრუქტურული სქემის რეალიზაციის სქემა პერსონალურ კომპიუტერზე. სქემაზე წვრილი ხაზებით აღნიშნულია ექსპერტული სისტემის ბლოკებს შორის ინფორმაციის გაცვლის პროცესი, ხოლო უფრო მსხვილი

ისრებიანი ხაზებით კი ნაჩვენებია ერთი ბლოკის მხრიდან განხორციელებული აქტივაციის პროცესი სხვა ბლოკების მიმართ.

ექსპერტული სისტემის ურთიერთობა გარემოსთან ხორციელდება ორი ბლოკის საშუალებით: “გარემო” და “მომხმარებლის შესასვლელი ინფორმაცია”.

გარემოს ბლოკი თავის მხრივ წარმოადგენს ფაილს, რომელიც ექსპერტული სისტემის საბორტო საინფორმაციო გარემოდან გადასცემს ინფორმაციას ექსპერტული სისტემის მონაცემთა ბაზაში და ასევე პირიქით, მონაცემთა ბაზიდან სამტატო საინფორმაციო გარემოში.

მსმმშზ - მიმდინარე სცენარის მათემატიკური მოდელის მონაცემების შერჩევის ბლოკი.

მსწმშზ – მიმდინარე სცენარის წესების ბაზისათვის მონაცემების შერჩევის ბლოკი.

ეს ფაილი შეიცავს ინფორმაციას საბორტო გადამწოდებიდან, სამტატო საბორტო ალგორითმებიდან, საფრენი აპარატის კაბინის მართვის ორგანოდან (ე.ი. მფრინავის კაბინიდან) და ყველაფერი ეს მიეწოდება მონაცემთა ბაზაში. მონაცემთა ბაზა კი “გარემოს” ფაილში აწოდებს ექსპერტული სისტემის მუშაობის შედეგებს: რეკომენდაციებს – ეკიპაჟს, მინიშნებებს – მინიშნებების ტაბლოზე და პარამეტრებს – საობიექტო კონტროლის საბორტო სისტემაში რეგისტრაციისთვის, ასევე იძლევა ახსნა-განმარტებების მიწოდებას მფრინავისადმი, ექსპერტული სისტემის არა სამტატო მუშაობის რეჟიმში.

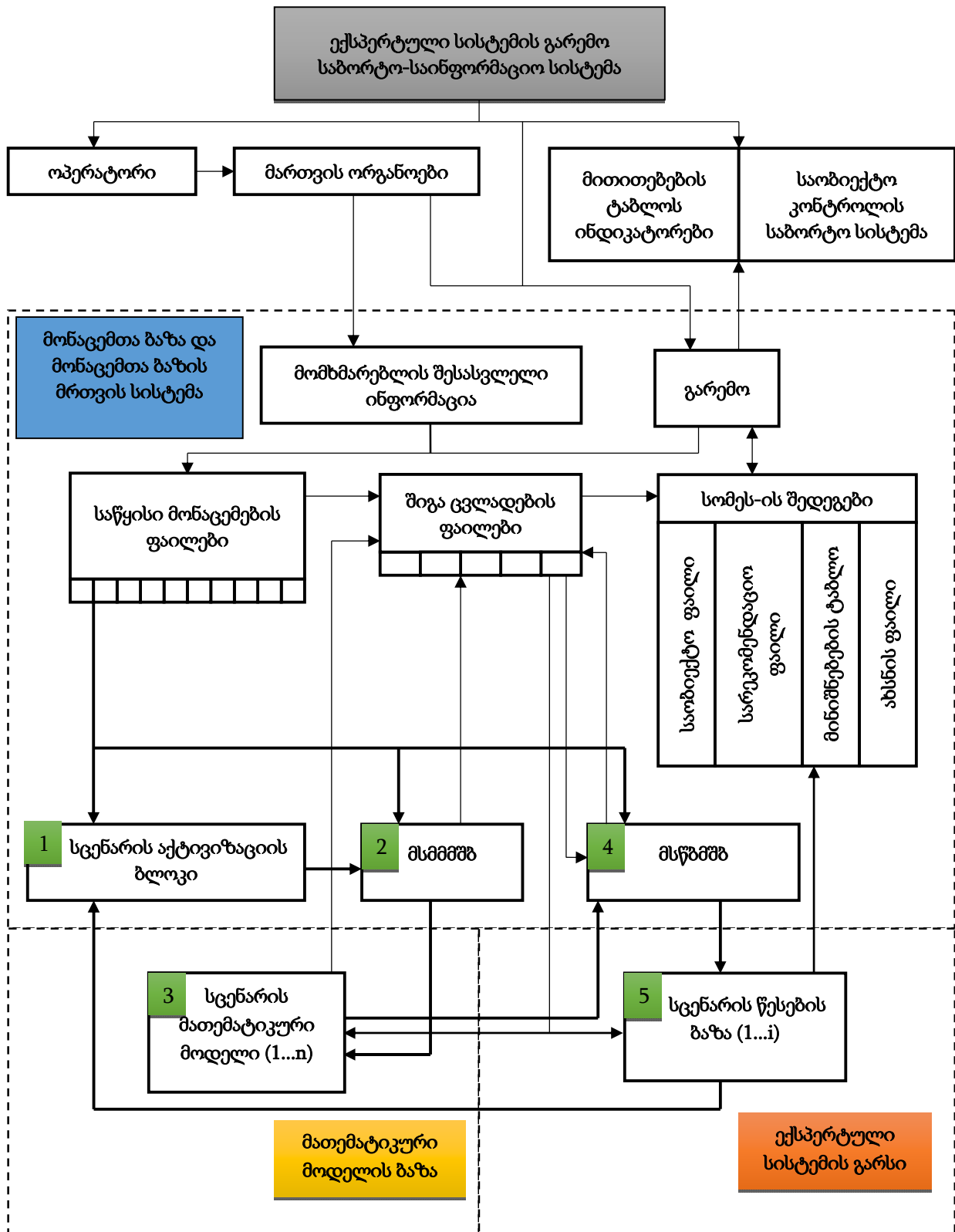
“მომხმარებლის შესასვლელი ინფორმაციის” ბლოკი ემსახურება ექსპერტული სისტემის ოპერატიულ გადაწყობას მუშაობის კონკრეტულ პირობებში და საშუალებას იძლევა შეცვალოს ურთიერთმოქმედი ობიექტებისა და მათი ქვესისტემების მახასიათებლები.

ექსპერტული სისტემა თავის თავში შეიცავს სამ ფუნქციურ ბლოკს: მონაცემთა ბაზას მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემით, მათემატიკური მოდელების ბაზას და ექსპერტული სისტემის გარსს.

თავის მხრივ მონაცემთა ბაზა და მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემა შეიცავს ფაილთა სიმრავლეს, რომლებიც შესაძლებელია გაერთიანდეს ოთხ ჯგუფში, მათი ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით:

1. საწყისი მონაცემების ფაილები;
2. შიდა ცვლადების ფაილები;
3. ექსპერტული სისტემის მუშაობის შედეგების ფაილები;
4. ექსპერტული სისტემის ფუნქციური ბლოკების ფაილები.

პირველი ჯგუფის ფაილებს მიეკუთვნება ფაილები, რომლებიც შეიცავენ ინფორმაციას ობიექტების შესახებ. ეს ინფორმაცია გარედან მიეწოდება გარემოს და მომხმარებლის



ნახ.15.5.ექსპერტული სისტემის სტრუქტურული სქემის რეალიზაციის სქემა პერსონალურ კომპიუტერზე

შესასვლელი ინფორმაციის ბლოკების საშუალებით. ხდება გარედან მიწოდებული მთელი ინფორმაციის სისტემატიზირება და განაწილება ამ ფაილების მიხედვით. ამასთან, შესაძლებელია რომ ინფორმაცია ერთი ობიექტის შესახებ შენახული იყოს სხვადასხვა ფაილებში (იმ შემთხვევაში თუ ობიექტი ხასიათდება ინფორმაციის ძალზე დიდი მოცულობით). ასეთ შემთხვევაში ერთი ფაილი შეიძლება შეიცავდეს ინფორმაციას რამდენიმე ერთგვაროვანი ობიექტის შესახებ.

ფაილების მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ის ფაილები, რომლებშიც შენახულია ის ინფორმაცია, რომელიც ფორმირებულია ან დაჯგუფებულია ექსპერტულ სისტემაში.

ფაილების მესამე ჯგუფს მიეკუთვნება ის ფაილები, რომლებშიც მიეწოდება მუშაობის შედეგები გარემოს ბლოკში გადასაცემად, საიდანაც ინფორმაცია გადაეცემა ინდიკატორებს და საბორტო ობიექტური კონტროლის სისტემას.

ფაილების მეოთხე ჯგუფს მიეკუთვნება ის ფაილები, რომლებშიც შენახულია ექსპერტული სისტემის ფუნქციური ანუ “მუშა” ბლოკების ტექსტები, ანუ ცოდნის ბაზის ფრაგმენტები. ეს ბლოკები თავის მხრივ წარმოადგენს წესების მოწესრიგებულ ნაკრებს და მათ შეუძლიათ იმუშაონ მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემების შიგნით, ექსპერტული სისტემის გარსის გარეშე. ესენი არის შემდეგი ბლოკები:

- ა) სცენარის აქტივიზაციის ბლოკი;
- ბ) მიმდინარე სცენარის მათემატიკური მოდელისათვის მონაცემების შერჩევის ბლოკი;
- გ) მიმდინარე სცენარის წესების ბაზისათვის მონაცემების შერჩევის ბლოკი.

ექსპერტულ სისტემას გააჩნია ინტეგრირებული ტიპის ცოდნის ბაზა, ანუ ბაზა, სადაც ცოდნა წარმოდგენილია ორი სხვადასხვა მეთოდით: პროდუქციული “ექსპერტული სისტემის გარსის ბლოკი” და ტრადიციული ალგორითმებით, ანუ “მათემატიკური მოდელების ბაზის” ბლოკით.

მათემატიკური მოდელების ბაზა შეიცავს 15 ალგორითმს, რომელიც შესაძლებელია დაწერილი იყოს რომელიმე დაპროგრამების ენაზე და დაჯგუფებულ იქნეს სცენარების მიხედვით. თითოეული სცენარისათვის გამოყოფილია ალგორითმების სისტემა, რომლებიც ფუნქციონირებენ მხოლოდ მასში (მათემატიკური მოდელები MM =1-15). ეს ალგორითმები იწოდებიან არასაშტატო, საბორტო ალგორითმებად (ე.ი. ექსპერტული სისტემებისათვის ისინი წარმოადგენენ ე.წ. შიგა ალგორითმებს). ეს ის ალგორითმებია, რომლებიც ფუნქციონირებენ საჰაერო ხომალდის ბორტზე, ექსპერტული სისტემის მოთხოვნათა გათვალისწინების გარეშე.

საბორტო აპარატურა და საშტატო საბორტო ალგორითმები, ექსპერტულ სისტემას აწვდიან ინფორმაციის დიდ რაოდენობას, გარემოსა და საკუთარი სისტემის შესახებ გარემოს ბლოკის საშუალებით. ეს ინფორმაცია არ არის საკმარისი ფრენის დროს წამოჭრილი პრობლემების გადასაჭრელად და შესაბამისად მფრინავისათვის რეკომენდაციების

მისაცემად. თუმცა, ეს ინფორმაცია საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნეს მიუწვდომელი ცოდნა, არასაშტატო ალგორითმების დახმარებით, ექსპერტული სისტემის შიგნით. ძირითადად ეს პროცედურები, რომლებიც იმიტაციას უკეთებენ გარემოს, რაღაც განტოლებების ამოხსნის გზით, იწოდებიან მათემატიკურ მოდელებად.

მათემატიკური მოდელები ახორციელებენ მიმდინარე პრობლემური სუბსიტუაციების პროგნოზს, რომლებიც წარმოიშობიან სცენარში მის დასრულებამდე და აკეთებენ პროგნოზირებადი მოვლენის დადგომის დროითი მომენტების გაანგარიშებასა და შეფასებას.

ექსპერტული სისტემის შესაძლებლობის გასაღრმავებლად მიზანშეწონილია ასევე მოვლენის წმინდა ლოგიკური მოდელირების გამოყენება ექსპერტული სისტემის შესაძლებლობათა და ნებადართულ სიტუაციათა კლასის გაფართოებისათვის.

“ექსპერტული სისტემის გარსის” ბლოკი მონაცემთა ბაზის, ინსტრუმენტულ-პროგრამული დამუშავების გარდა, შეიცავს ასევე წესებს – პროდუქციების ნაკრებს, რეკომენდაციებისა და მინიშნებების მისაწოდებლად მფრინავისათვის. ამ მითითებების დახმარებით, წესები დაჯგუფებულია სცენარის მიხედვით, ისევე როგორც სცენარის მათემატიკური მოდელების შემთხვევაში.

ერთი სცენარი შეიცავს 20-დან 200-მდე ცნებას. თითოეული სცენარისათვის წესების ნაკრები მოუწესრიგებელია და თხოულობს ექსპერტული სისტემის გარსის სპეციალურ ინსტრუმენტარიას, წესების დამუშავებისათვის, რეკომენდაციებისა და მინიშნებების გამოტანისათვის.

განსახილველი ექსპერტული სისტემის პროტოტიპში რეალიზებული ფუნქციონირების სქემა თანმიმდევრობითი რიგითობის შესაბამისად ციკლურ რეჟიმში უზრუნველყოფს ექსპერტული სისტემის ფუნქციური ბლოკების გააქტიურებას ექსპერტულ სისტემაში რეალიზებულ ერთ-ერთი სცენარის შესაბამისად.

წინასწარ თითოეული ციკლის წინ მონაცემთა ბაზაში **(მბ)** და მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემაში **(მბმს)** ხდება ინფორმაციის ამოკითხვა გარემოსა და მომხმარებლის შესასვლელი ინფორმაციის ფაილებიდან, რის შემდეგ წარმოებს მისი განაწილება საწყისი მონაცემების ყველა ფაილებს შორის (მომხმარებლის შესასვლელი ინფორმაციის ამოკითხვა ხორციელდება ერთხელ ექსპერტული სისტემის მუშაობის დაწყების წინ).

ექსპერტული სისტემის მუშაობა იწყება სცენარის აქტივიზაციის ბლოკიდან **(საბ)**, რომელშიც ანალიზდება გარემოში არსებული მდგომარეობა და მისი მიმდინარე მდგომარეობის ადეკვატურად აირჩევა (აქტივიზირდება) ექსპერტულ სისტემაში რეალიზებული სცენარებიდან ერთ-ერთი. ინფორმაცია სცენარის აქტივიზაციის ბლოკიდან თავსდება მონაცემთა ბაზაში და მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემაში. ინფორმაცია სცენარის აქტივიზაციის წესების შემოწმებისათვის სცენარის აქტივიზაციის ბლოკში მიეწოდება პირველი ჯგუფის ფაილიდან, ანუ საწყისი მონაცემების ფაილიდან, რომელშიც ლოკა-

ლიზებულია მხოლოდ ის ინფორმაცია, რომელიც საჭიროა აქტივიზირებული სცენარი-სათვის, ამ ინფორმაციის მიწოდება ხდება გარემოს ბლოკიდან. მას შემდეგ, რაც არსებული სცენარებიდან გააქტიურებული იქნება რომელიმე, მუშაობას იწყებს მეორე ბლოკი – მიმდინარე სცენარის მათემატიკური მოდელის მონაცემების შერჩევის ბლოკი. ეს ბლოკი საწყისი ინფორმაციის ბლოკიდან (პირველი ჯგუფის ფაილებიდან) ირჩევს იმ ინფორმაციას, რომელიც აუცილებელია გააქტიურებული სცენარის მათემატიკური მოდე-ლის ბლოკის მუშაობისთვის და გზავნის მას მეორე ჯგუფის ფაილებიდან (შიგა ცვლადები ფაილები) ერთ-ერთში.

ამის შემდეგ ინფორმაცია სცენარის მათემატიკური მოდელის ბლოკიდან თავსდება მონაცემთა ბაზაში, ხოლო შემდეგ ეს არჩეული ინფორმაცია გადაიცემა ცოდნის ბაზაში და ბლოკში “მათემატიკური მოდელის ბაზა” (მმბ), სადაც გამოიყენება მიმდინარე სცენარის მათემატიკური მოდელის გააქტიურებულ ბლოკში.

მესამე ბლოკის (“მათემატიკური მოდელების ბაზა”) მუშაობის დასრულების შემდეგ მასში ფორმირებული ინფორმაცია ბრუნდება მონაცემთა ბაზაში და მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემაში და ნაწილდება იქვე მეორე ჯგუფის ფაილებს შორის (შიგა ცვლა-დების ფაილები). ამის შემდეგ მუშაობაში ერთვება უკვე მეოთხე ჯგუფის ბლოკი – მიმდინარე სცენარის წესების ბაზისათვის მონაცემების შერჩევის ბლოკი. ეს ბლოკი მეორე ბლოკის ანალოგიურად თავსდება მონაცემთა ბაზაში და მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემაში და პირველი და მეორე ჯგუფის ფაილებიდან იღებს იმ ინფორმაციას, რომე-ლიც საჭიროა მიმდინარე სცენარის შემთხვევაში წესების ბაზის მუშაობისთვის და ამ სცენარის შესაბამისი რეკომენდაციებისა და მითითებების გამომუშავებისათვის. არჩეული ინფორმაცია თავსდება მეორე ჯგუფის ფაილებიდან ერთ-ერთში. ამის შემდეგ მიმდინარე სცენარის წესების ბაზისათვის მონაცემების შერჩევის ბლოკიდან არჩეული ინფორმაცია გააქტიურებული სცენარის წესების ბლოკისათვის გადაიცემა მონაცემების ცოდნის ბაზაში, სადაც მუშაობას იწყებს გააქტიურებული სცენარის წესების ბლოკი, რომელიც გამოიმუ-შავებს სათანადო რეკომენდაციებს და მითითებებს. მისი მუშაობის დამთავრების შემდეგ მასში ფორმირებული ყველა ინფორმაცია მიეწოდება მესამე ჯგუფის ფაილებს (ექსპერ-ტული სისტემების ფაილები). ეს ფაილებია: რეკომენდაციების ფაილი, მითითების ფაი-ლი, ახსნა-განმარტების ფაილი და ობიექტური კონტროლის სისტემის ფაილი. იმავდროუ-ლად ობიექტური კონტროლის სისტემის ფაილი, ფაილების მეორე ჯგუფიდან ივსება ინფორმაციით, რომელიც აუცილებელია ექსპერტულ სისტემაში მომდევნო (არასაექს-პლუატაციო) პროცესების ანალიზისთვის. ამის შემდეგ მესამე ჯგუფის ფაილებიდან ინფორმაცია გადაეცემა გარემოს ბლოკში. ამით ექსპერტული სისტემის მუშაობის ციკლი მთავრდება და იწყება მომდევნო ციკლი (სცენარის აქტივიზაციის ბლოკიდან (საბ) საწყისი მონაცემების ფაილებში განახლებული ინფორმაციით.

15.3. ინტელექტუალური საბოროტო სისტემების როლი და მნიშვნელობა პერსპექტიული საჰაერო ხომალდების ფრენის მართვის ამოცანების გადაწყვეტაში და მომავალი თაობის ექსპერტული სისტემები

მომავალი თაობის საჰაერო ხომალდების შექმნის გზაზე ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს მართვისა და გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდაჭერის საბოროტო სისტემების აგების საფუძვლების დამუშავება. მიღებული ტერმინოლოგიის შესაბამისად ესენი არიან სისტემები, რომლებიც აქტიურად იყენებენ ექსპერტის ცოდნას და გამოცდილებას ორიენტირებულს მართვის ობიექტის მუშაობაში ოპერატიული ჩართვისას (ამ შემთხვევაში მართვის ობიექტს წარმოადგენს საჰაერო ხომალდი და მისი ქვესისტემები) გარე და შიგა გარემოს უწყვეტად ცვალებადი მოდელის ანალიზის საფუძველზე. სხვანაირად მათ უწოდებენ საბოროტო ოპერატიულად მრჩეველ ექსპერტულ სისტემებს (სომეს), რეალური დროის ექსპერტულ სისტემებს. თავის მხრივ მითითებულ სისტემებს მიაკუთვნებენ სისტემების იმ კლასს, რომლებიც დაფუძნებული არიან ცოდნაზე (Knowledge-based Systems) და იწოდებიან ინტელექტუალურ სისტემებად. მართვის ინტელექტუალურ სისტემად (მის) ითვლება ისეთი სისტემა, რომელშიც მართვის ობიექტისა და გარემოს უცნობი მახასიათებლების შესახებ ცოდნა ფორმირდება სწავლებისა და ადაპტირების პროცესში, ხოლო ამ დროს მიღებული ცოდნა გამოიყენება გადაწყვეტილებათა ავტომატური მიღების პროცესში, ისეთნაირად, რომ ხდება მართვის ხარისხის გაუმჯობესება. სარეალიზაციო ინტელექტუალური ფუნქციების ხასიათის მიხედვით, ე.ი. ინტელექტუალურობის დონის მიხედვით განასხვავებენ მართვის ინტელექტუალურ სისტემებს (მის) „მცირე“, „დიდი“ და „სრული“ ინტელექტუალურობის დონეებით.

მმართველი სისტემები „მცირე“ („დაბალი“) ინტელექტუალურობით - ეს ისეთი სისტემებია, რომლებიც თავისი ფუნქციონირების პროცესში იყენებენ ცოდნას (მაგალითად, წესების სახით) როგორც საშუალებას შესასვლელი ინფორმაციის განუსაზღვრელობის გადასალახავად, სამართვა ობიექტის ან მისი ქცევის აღსაწერად.

მმართველი სისტემები „დიდი“ ინტელექტუალური დონით - ესენი არიან სისტემები, რომლებიც ორგანიზებული და ფუნქციონირებადი არიან შემდეგი პრინციპების შესაბამისად:

1. ურთიერთქმედება რეალურ გარემოსთან კავშირის საინფორმაციო არხების გამოყენებით;
2. სისტემის პრინციპული ღიაობა ინტელექტუალურობის ამაღლებისა და საკუთარი ქცევის სრულყოფის მიზნით;
3. დინამიკურად ცვალებად გარემოში გარემოსა და თვით სისტემის ქცევის პროგნოზის გაკეთების მექანიზმების არსებობა;
4. მრავალდონიანი იერარქიული სტრუქტურის არსებობა, რომელიც აგებულია შემდეგი წესის შესაბამისად: ინტელექტუალურობის ამაღლება და მოდელის სიზუს-

ტისადმი წაყენებული მოთხოვნების შემცირება სისტემაში იერარქიის დონის ამადლების ზომის მიხედვით (და პირიქით).

„მოლიანად“ ინტელექტუალური მმართველი სისტემები - ესენი ისეთი სისტემებია, რომლებიც ხარისხობრივი ცნებებისა და მათ შორის სტრუქტურული დამოკიდებულების ბაზაზე არსებული ცოდნის გამოყენებისას, უზრუნველყოფს ობიექტის რეგულირების პროცესს და, საჭირო შემთხვევებში უკუკავშირების გზით მოძრაობის ხარისხის განზოგადებული შეფასების დახმარებით დასმული მიზნის მისაღწევად ახორციელებს არაერთჯერად არჩევას ტერმინალური პირობებისა და კრიტერიუმიანი ბაზის მიხედვით, რომლებიც განსაზღვრავს მართვის მიმდინარე მიზანს, ასევე შესაბამისად ახორციელებს რეგულირების ხერხებისა და მოქმედებათა პროგრამის რეკონფიგურაციას, რომელიც გამომდინარეა სისტემის ფუნქციონირების მოცემული გლობალური მიზნიდან.

ცნობილია, რომ ფრენის აპარატის მართვის მრავალდონიანი იერარქიული სისტემის ალგორითმების ზოგადი სტრუქტურა უნდა მოიცავდეს მართვის 3 გლობალურ დონეს:

	მართვის დონე	მართვის ალგორითმი
III	სემიოტიკური S სისტემები	6. მიზნის არჩევა, დაგეგმვა
II	მოდელური FM სისტემები	5.სიტუაციური მართვა
I	სისტემები ადაპტაციით FA სისტემები	4. ადაპტური მართვა 3.იდენტიფიკაციური მართვა
	მარტივი F სისტემები	2.მართვა უკუკავშირის პრინციპით. 1. პროგრამული მართვა

ცხრილი 15.1. იერარქიული სისტემის ალგორითმების ზოგადი სტრუქტურა

III დონე წარმოადგენს დონეს, რომელზეც ხორციელდება მართვის ინტელექტუალური სისტემის ფუნქციონირების მიმდინარე მიზნის ფორმირება (არჩევა) საჰაერო ზომალდის ფრენის პროცესში. გამოყენებული ალგორითმები უზრუნველყოფს ინფორმაციის საბორტო წყაროების გამოყენებით საფრენ აპარატზე დაკვირვების საფუძველზე შიგა და გარე მდგომარეობის ანალიზს და იღებენ გადაწყვეტილებას ფრენის მართვის სტრატეგიის შენარჩუნების ან სახეცვლილების შესახებ. (დასმული საფრენსონო ამოცანის შესრულების ინტერესებიდან გამომდინარე).

მართვის მეორე დონე – ეს არის დონე დასმული მიზნის მიღწევის ხერხის შესახებ. მართვის ალგორითმები დაფუძნებულია გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში იმიტაციური მოდელირების მეთოდების აქტიურ გამოყენებაზე.

მართვის I დონე წარმოადგენს დონეს დასმული მიზნის მისაღწევად არჩეული ხერხის რეალიზაციისთვის. ამ დონის ალგორითმები დღესდღეობით ყველაზე უფრო მეტად დამუშავებულია და შესაძლებელია წარმოდგენილი იქნეს როგორც:

- სისტემები ადაპტაციით, რომლებშიც გათვალისწინებულია ობიექტის ფუნქციონირების პირობების შეცვლისას მმართველი ზემოქმედებების ფორმირების ალგორითმების შესაბამისი გადაწყობის დაზუსტება, რაც იმას ნიშნავს, რომ ალგორითმის სტრუქტურაში გარდა აპრიორული ცოდნისა, გამოიყენება აპოსტერული ცოდნა ობიექტისა და მისი გარემოს შესახებ;

- მარტივი სისტემები, რომლებშიც ნებისმიერი დაკვირვებადი სიტუაციის დროს წინასწარაა განსაზღვრული, თუ როგორ იქნება ფორმირებული მმართველი ზემოქმედებები და მართვის ალგორითმების სტრუქტურაში გამოიყენება მხოლოდ აპრიორული ცოდნა სამართავი ობიექტისა და მისი ფუნქციონირების გარემოს შესახებ.

უკანასკნელ ხანს ზემოთ მითითებული ამოცანების გადაწყვეტისთვის სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ნეირონული ქსელების თეორია. ნეირონული ქსელების ცნების ქვეშ იგულისხმება პარალელური გამოთვლითი სტრუქტურები, რომლებიც მოდელირებას უკეთებს ბიოლოგიურ პროცესებს, რომლებიც ჩვეულებრივ ასოცირებულია ადამიანის ტვინის პროცესებთან. ნეირონული ქსელები აღჭურვილია უნარით შეიძინოს ცოდნა გამოსაკვლევი საგნობრივი სფეროს შესახებ მაგალითებზე სწავლების საშუალებით. ნეირონული ქსელების ექვგარეშე ღირსებათა რიცხვს, რომლებიც განაპირობებს მათდამი დიდ ინტერესს სპეციალისტების მხრიდან, მიეკუთვნება:

- საკმარისად რთული არაწრფივი დამოკიდებულების აღწარმოების შესაძლებლობა;
- ნეირონული ქსელები არ მოითხოვენ ტრადიციულ დაპროგრამებას;
- მაღალი სწრაფქმედება (განსაკუთრებით აპარატული რეალიზაციის შემთხვევაში, როცა გამოყენებულია პარალელური დამუშავება);
- პოტენციურად მაღალი დაბრკოლება და მტყუნებამდგრადობა;
- გამოყენების უნივერსალურობა, რთულად ფორმალიზებადი ამოცანების გადაწყვეტის შესაძლებლობა (გამოსახულებათა და სიტყვების ამოცნობა, კლასტერული ანალიზი, იდენტიფიკაცია, პროგნოზი და ა.შ.).

დღეს უკვე შექმნილია ან იმყოფება დასრულების სტადიაში ახალი საჰაერო ხომალდების დაპროექტება, რომლითაც მოკლე ხანში უზრუნველყოფილი იქნება ხარისხობრივი ნახტომი ავიაციის განვითარებაში, თუმცა მათში ჩადებული საფრენოსნო-ტექნიკური მახასიათებლების მისაღწევად საჭირო იქნება პრინციპულად ახალი მიდგომების გამოყე-

ნება მათი საბორტო სისტემების ორგანიზაციისა და ფუნქციონირებისადმი. მართვის საბორტო სისტემების განვითარების თანამედროვე ტენდენციები დაკავშირებულია მათ შემდგომ ინტელექტუალიზაციასთან, რომლებიც დაფუძნებულია ცოდნათა დამუშავების ტექნოლოგიებზე ეკიპაჟის მოქმედებათა მხარდაჭერისა და მართვის ფუნქციების ავტომატიზაციისთვის ფრენის პროცესში წარმოშობილ პრობლემათა გადაწყვეტისათვის, როგორც ნორმალურ ისე არასაშტატო სიტუაციებში.

ამჟამად ნაწილობრივ მიღწეულია გარკვეული წარმატებები საბორტო ექსპერტული სისტემების დამუშავების საქმეში. ეს ექსპერტული სისტემები ეკიპაჟს ეხმარება მიიღოს სწორი გადაწყვეტილება საჰაერო ხომალდის მართვისას ფრენის განსაკუთრებულ სიტუაციებში. ეს ძირითადად შესაძლებელია ორი ალგორითმის სიმბიოზით: საბორტო ციფრული გამოთვლითი მანქანების საბორტო ალგორითმებისა და ეკიპაჟის მოქმედებების ალგორითმების ერთობლიობით. ასეთი ერთობლიობა ახლა იწოდება „საბორტო ინტელექტად“.

დღეისათვის გამოკვეთილია საფრენი აპარატების ინტელექტუალური სისტემების განსაზღვრული ჯგუფი, რომელიც თავის მხრივ მოიცავს ფრენის ტიპური (არაორდინალური) სიტუაციების ექსპერტულ სისტემას (სომეს) და საბორტო გამზომი და საბორტო შემსრულებელი მოწყობილობების ექსპერტულ სისტემას (სგშმეს). საბორტო ექსპერტული სისტემა მოწოდებულია ოპერატიულად გამოიმუშაოს რჩევები ეკიპაჟისთვის ფრენის მიმდინარე მომენტში წარმოშობილი პრობლემების გადასაწყვეტად. რაც შეეხება საბორტო გამზომი და შემსრულებელი მოწყობილობების ექსპერტულ სისტემას იგი უზრუნველყოფს მოცემულ მომენტში მაქსიმალურად სრული ინფორმაციის მიღებას, როგორც საბორტო აპარატურის მდგომარეობის, ისე საჰაერო ხომალდის გარემოს შესახებ. ეს ორი ექსპერტული სისტემა მუშაობს მჭიდრო ურთიერთქმედებისა და ურთიერთკავშირის რეჟიმში.

რაც შეეხება მმართველ დინამიკურ ექსპერტულ სისტემებს, მართვის ავტომატურ სისტემებში (მას) გათვალისწინებული უნდა იყოს ურთიერთდაკავშირებული ამოცანებისა და დამუშავებადი პროცესების ინფორმაციათა ნაკადების დამუშავება დინამიკური ვითარების განსაზღვრით. ეს მოითხოვს მეთოდოლოგიური საკითხების უფრო სიღრმისეულ ანალიზს და დამუშავებას ექსპერტული სისტემების შექმნისა და გამოყენების თვალსაზრისით. ასეთმა სისტემებმა უნდა უზრუნველყოს დროითი ინტერვალის იმ მნიშვნელობის დაცვა, რომლის განმავლობაში ექსპერტული სისტემების რეაქცია შესასვლელ ზემოქმედებაზე არ გადააჭარბებს დადგენილ მნიშვნელობას, რომელიც თავის მხრივ განსაზღვრულია კონკრეტული მართვის ავტომატიზებული სისტემის მოდელირების სიზუსტით (ე.წ. რეალური დროის მუდმივის მაჩვენებელი). რეალური დრო საბორტო ექსპერტული სისტემებისათვის მუდმივად უნდა იმყოფებოდეს მიკრო და მილიწამების ინტერვალში, რაც მოითხოვს ექსპერტული სისტემების აგების ოპტიმიზაციას მასში გადასაწყვეტი ამოცანების სპეციფიკის მაქსიმალური გათვალისწინებით.

მომავალში შექმნადი მართვის ექსპერტული სისტემები უნდა ექვემდებარებოდეს „გამჭირვალე მუშაობის“ პრინციპს. ყველა ისინი იქნება ჰიბრიდული, რომლებსაც თავის თავში შერწყმული ექნებათ როგორც აბსოლუტურად განსაზღვრული „დეტერმინირებული“, ისე „ინტელექტუალური“ და არამკაფიო ელემენტები. დიდი როლი ექნება მინიჭებული მონაცემების ფიქსაციის მეთოდებს - საკმაოდ სხვადასხვა სახის გადამწოდების შექმნას და არამკაფიო ცოდნის დამუშავებას, რომლებიც დაფუძნებული იქნება არამკაფიო სიმრავლეების გამოყენების იდეაზე და რომელთა არსებობა შესაძლებელს გახდის გადაიჭრას ექსპერტულ სისტემებში საიმედოობის პრობლემა.

მომავალი თაობის ექსპერტულ სისტემებში ფუნქციათა რეალიზაცია შესაძლებელს გახდის მჭიდროდ მიუახლოვდეს ექსპერტული სისტემის დონის იმ ნიშნულს, რომელიც თანაზომადი იქნება მოცემულ სფეროში მაღალკვალიფიციური სპეციალისტის დონის. მთლიანობაში შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მომავალში შექმნილი ინტელექტუალური პროგრამული საშუალებების დიდი სპექტრი საშუალებას მისცემს ექსპერტულ სისტემებს, როგორც ინტელექტუალურ სისტემებს საჭირო დონეზე გადაწყვიტოს კონკრეტულ საგნობრივ სფეროში რთული ამოცანები და მიიღოს გადაწყვეტილებები განუსაზღვრელობის პირობებშიც კი. თანამედროვე ტექნიკური პროგრესი მოითხოვს ინტელექტუალიზაციის საშუალებათა დაჩქარებულ განვითარებას და უახლოეს მომავალში მათ სამრეწველო დონეზე დანერგვას.

ძირითად პრობლემებს შორის შეიძლება გამოვყოთ:

1) ცოდნასთან მიმართებაში ჩატარებული სამუშაოების ერთიანი ტექნოლოგიების შემუშავება, რომლებშიც უნდა შედიოდეს ცოდნის გამოხატვის განვითარებული ენა, პრობლემურ გარემოთა მოდელების ავტომატიზირებული აგების მეთოდიკა და საშუალებები, დიდი მოცულობის დონის შენახვის და მასთან ეფექტური მუშაობის მეთოდები და საშუალებები. ცოდნასთან მუშაობის ტექნოლოგიის შექმნის ცენტრალური მომენტი უნდა იყოს პრობლემური გარემოს ასახვის ფუნდამენტალური პრინციპების შემუშავება მის სემიოტურ მოდელში. ასეთი ტექნოლოგიის ფრაგმენტალური რეალიზაციის ცდებს მხოლოდ წარმატების მოტანა შეუძლიათ არაწარმოებითი ხასიათის სისტემების აგებისას;

2) დამუშავებული ტექნოლოგიის ხელშემწყობი ინსტრუმენტული საშუალებების ერთიანი კომპლექსის შექმნა და ამ საშუალებების თანმიმდევრული აპარატული რეალიზაცია, რომელიც უზრუნველყოფს მათ აუცილებელ ეფექტურობას;

3) ბაზისური ინსტრუმენტული სისტემების დამუშავება, რომლებიც უზრუნველყოფს სამუშაო ტექნოლოგიის გაერთიანებას ტრადიციული გამომთვლითი საშუალებების ტექნოლოგიასთან. ბაზისურმა ინსტრუმენტულმა სისტემებმა უნდა უზრუნველყოს ერთის მხრივ, ინტელექტუალიზაციის შექმნილი საშუალებების დამოუკიდებლობა ტრადიციული გამომთვლითი ტექნიკის სხვადასხვაგვარი ტექნიკური და პროგრამული საშუალებებისგან, მეორეს მხრივ, ამ უკანასკნელების მუშაობა უნდა ხორციელდებოდეს ინტელექტუალური სისტემების მმართველობის ქვეშ;

4) ინტელექტუალური სისტემების იმ ფუნქციურ-ორიენტირებული კომპონენტის დამუშავება, როგორებიც არის, ამომხსნელები, ლინგვისტური ტრანსლატორები, სიმბოლურ-გრაფიკული და მრავალგრადაციული გამოსახულებების შეყვანის და დამუშავების სისტემები, გრაფიკული სისტემები, დიალოგური ქვესისტემები და ა.შ. ფუნქციურ-ორიენტირებული კომპონენტების ქვეშ იგულისხმება პროგრამული ან პროგრამულ-აპარატული სისტემა, რომელიც ორიენტირებულია რაიმე ფუნქციის შესრულებაზე რაღაც ინტეგრირებული ინტელექტუალური სისტემების შემადგენლობაში;

5) ინტეგრირებული ინტელექტუალური სისტემების ფუნქციურად ორიენტირებული კომპონენტების ბაზაზე (ერთიან სისტემაში ფუნქციურად ორიენტირებული კომპონენტების ინტეგრაციის პრინციპების შემუშავებას, ამ კომპონენტებს შორის ინტერფეისების ჩათვლით და ა.შ.) შეკრების ტექნოლოგიების დამუშავება;

6) პრობლემურ-ორიენტირებული ინტელექტუალური სისტემების შექმნა. ამ უკანასკნელის ქვეშ იგულისხმება ინტეგრალური ინტელექტუალური სისტემა, რომელიც ორიენტირებულია გარკვეული ტიპის ამოცანების ამოხსნაზე და ადაპტირებულია ამ წრის შიგნით კონკრეტულ საგნობრივ სფეროსთან (მაგალითად, ინფორმაციულ-საძიებო სისტემა, გამოთვლითი ლოგიკური სისტემა, ექსპერტული სისტემა - „გარსი“ და ა.შ.). პრობლემურ -ორიენტირებული ინტელექტუალური სისტემა იქმნება ბაზური კონფიგურაციის შერჩევის საფუძველზე, მის შემადგენლობაში სპეციალურად ამ ტიპის ამოცანებისათვის დამუშავებული პრობლემურ-ორიენტირებული კომპონენტების შესაძლო დამატებითი ჩართვით;

7) გამოყენებითი ინტელექტუალური სისტემების, ანუ კონკრეტულ საგნობრივ სფეროში გარკვეული ტიპის ამოცანების ამოხსნაზე ორიენტირებული სისტემების შექმნა. როგორც წესი, გამოყენებითი ინტელექტუალური სისტემები უნდა ყალიბდებოდეს ამა თუ იმ პრობლემურ-ორიენტირებული ინტელექტუალური სისტემების ბაზაზე, მისი კონკრეტული გამოყენებისთვის სპეციალურად შერჩეული მეთოდის საფუძველზე;

8) პერიფერიის საშუალებათა შექმნა ადამიანის კომპიუტერებთან ბუნებრივი ურთიერთობის საშუალებათა რეალიზაციის მოთხოვნათა ფართო სპექტრის უზრუნველსაყოფად.

ამგვარად, მთლიანობაში, შეგვიძლია ვივარაუდოდ, რომ უახლოეს მომავალში შესაძლებელი გახდება ინტელექტუალიზაციის სამრეწველო პროგრამულ საშუალებათა მთელი სპექტრის შექმნა და ამავე პერიოდში ჩაეყრება საფუძველი ფართო აპარატულ რეალიზაციაზე დაფუძნებული ინტელექტუალური სისტემების შექმნას.

მართვისა და გადაწყვეტილებათა მიღების ინტელექტუალური სისტემების შექმნაში ასევე პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს ისეთი სისტემების შექმნა, რომლებიც დაფუძნებული იქნება კვანტური კომპიუტერების გამოყენებაზე. ასეთ სისტემებში კვანტური კომპიუტერები განახორციელებს კვანტურ გამოთვლებს, რომლებშიც ინფორმაცია ორობით კოდში (ერთიანი და ნული) გადაცემული იქნება კვანტებით. კვანტური კომპიუტერებისთვის

ნიმანდობლივია გიგანტური გამოთვლითი სიმძლავრე, რომელიც შესაძლებელს გახდის ასეთი კომპიუტერის მხრებზე გადატანილი იქნას ძალზე ფართო სპექტრის სხვადასხვაგვარი ინტელექტუალური მოქმედების განხორციელება. ასეთი კომპიუტერი შეძლებს არა მარტო დააგროვოს, შეინახოს და დაამუშაოს ინფორმაცია, არამედ ჩაატაროს მასზე ოპერაციები, რომლებიც მიუღწევადია დღეს ყველაზე მძლავრი თანამედროვე კომპიუტერების საშუალებით.

პერსპექტიული ექსპერტული სისტემისთვის ასევე შესაძლებელი იქნება არამკაფიო ცოდნის წარმოდგენისა და ანალიზის საფუძველზე გადაწყვეტილებათა მიღების ალტერნატიული ვარიანტების მთელი სიმრავლიდან მოახდინოს გადაწყვეტილების მიღების ოპტიმალური ვარიანტის არჩევა და რეალიზება.

ლექცია 16. ავტომატური დამოკიდებული ზედამხედველობითი სისტემა ADS-B და მულტილატრაციის სისტემა MLAT

16.1. ავტომატური დამოკიდებული ზედამხედველობითი სისტემა ADS-B

ავტომატური დამოკიდებული ზედამხედველობითი სისტემა **ADS-B** ეს არის ტექნოლოგია, რომელიც საშუალებას აძლევს მფრინავს ბორტზე და ავიადისპეტჩერს მიწისზედა პუნქტში მოახდინონ დაკვირვება საჰაერო ხომალდების მოძრაობაზე დიდი სიზუსტით (რაც ადრე მიუღწეველი იყო) და მიიღონ აერონავიგაციური ინფორმაცია. **ADS-B** სისტემა არის ავტომატური, იმიტომ რომ, არ საჭიროებს პილოტის არანაირ ჩარევას ან გარე შემავალ სიგნალებს. ხოლო დამოკიდებული არის იმიტომ, რომ სისტემის მუშაობა არის დამოკიდებული იმ ინფორმაციაზე, რომელიც გადაიცემა სანავიგაციო სისტემებიდან.

აზრევიატურა **ADS-B** იმეფრება ასე:

1. Automatic-მუშაობს ავტომატურად და არ მოითხოვს ოპერატორის ჩარევას;
2. Dependent- ის დამოკიდებულია ნავიგაციის თანამგზავრული სისტემისგან **GPS** (Global Positioning System) და ფრენის მართვის სისტემისგან (Flight Management System) (FMS));
3. Surveillance-უზრუნველყოფს თვითმფრინავზე დაკვირვებას რადარული სისტემების მსგავსად;
4. Broadcast-უზრუნველყოფს მონაცემების ფართო მაუწყებლობით უწყვეტ რადიოტრანსლიაციას ყველა საჰაერო ხომალდებისა და მიწისზედა სადგურებისათვის.

ADS-B სისტემა მფრინავებს გადასცემს ინფორმაციას რეალურ დროში ამინდის შესახებ. ეს ინფორმაცია მნიშვნელოვნად აფართოებს მფრინავის ცოდნას გარემოს საჰაერო ვითარების შესახებ და შესაბამისად ამაღლებს ფრენების უსაფრთხოებას.

ამ მეთვალყურე მაუწყებლის აღჭურვა ტრანსპონდერი მოწყობილობით საშუალებას იძლევა საჰაერო ხომალდმა გადასცეს თავისი ადგილმდებარეობის კოორდინატები მთელი

ფრენის განმავლობაში, ისეთ მონაცემებთან ერთად როგორიცაა კურსი, სიმაღლე, ჰორიზონტალური და ვერტიკალური სიჩქარე. **ADS-B**-ს მიმღებები, რომლებიც ჩაშენებულია საჰაერო მოძრაობის კონტროლის ავიასადისპეტჩერო სისტემაში და ასევე დაყენებულია საჰაერო ხომალდის ბორტზე, უზრუნველყოფს რადიოლოკაციური სადგურის ეკრანზე საჰაერო ხომალდის მოძრაობის ზუსტ ასახვას, როგორც ჰაერში ასევე მიწაზე.

ADS-B სისტემის სქემა მოცემულია სურ.16.1-ზე.



სურ. 16.1. ADS-B სისტემის სქემა

მუშაობის პრინციპი

ისტორიულად **ADS-B** სისტემა ვითარდებოდა სისტემებიდან, რომელთა მუშაობის კონკრეტულ რეჟიმებს შეუძლიათ ქვემოთ ჩამოთვლილი ფუნქციების შესრულება.

- **Mode-A** რეჟიმი - ეგრეთწოდებული მეორადი რადარი (Secondary Surveillance Radar (SSR)), რომელიც გამოიყენება როგორც სამოქალაქო ისე სამხედრო საჰაერო ხომალდების მიერ. უზრუნველყოფს 4096-მდე საიდენტიფიკაციო კოდებს (მოპასუხის კოდი) და წარმოადგენს

ყველაზე უფრო გავრცელებულ და გამოყენებად რეჟიმს. მუშაობს მიმართვის 1030 მეგაჰერც სიხშირეზე;

- **Mode-A /C** რეჟიმი - გადაიცემა მონაცემები სიმაღლის შესახებ, მოჰასუხის და საჰაერო ხომალდის კოდი. კოორდინატები არ გადაიცემა.

- **Mode-S** რეჟიმი - იღებს მიმართვას (შეკითხვას) 1030 მეგაჰერც სიხშირეზე, ხოლო პასუხობს 1090 მეგაჰერც სიხშირეზე. მხოლოდ ამ რეჟიმში გადაიცემა საჰაერო ხომალდის კოორდინატები, როცა საჰაერო ხომალდის ტრანსპონდერი ღებულობს მიმართვას მიწისზედა რადარიდან და მიმართვის მიღების დასტურს ამტკიცებს ფაზურ-იმპულსური მოდულირებული (Pulse-position modulation, PPM) სიგნალის გამოსხივებით 1090 მეგაჰერც სიხშირეზე.

რადარიდან მიმართვის არსებობის ან არარსებობის მიუხედავად, საჰაერო ხომალდიდან ყოველ წამში გადაიცემა გაფართოებული სკვიტერი (extended squittes), რომელიც შეიცავს საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის კოორდინატებს.

ADS-B ბაზირებულია **GPS** (Global Positioning System) ნავიგაციის თანამგზავრულ სისტემაზე სივრცეში საჰაერო ხომალდის ზუსტი კოორდინატების განსაზღვრისათვის. ეს ინფორმაცია საჰაერო ხომალდის მდებარეობის შესახებ კომბინირდება სხვა ინფორმაციასთან, კერძოდ ისეთებთან როგორიცაა საჰაერო ხომალდის ტიპი, სიჩქარე, მისი ნომერი, რეისი, კურსი, ვერტიკალური სიჩქარე და როგორც უკვე აღვნიშნეთ შემდეგ ფართომსაუწყებლოდ გადაიცემა თითოეულ წამში.

სხვა საჰაერო ხომალდები და მიწისზედა სადგურები, რომლებიც აღჭურვილი არიან **ADS-B** დამკვირვებელი-მაუწყებლებით დაახლოებით 150 მილი რადიუსის ფარგლებში ღებულობენ ამ ინფორმაციას.

ADS-B სისტემის მოწყობილობის ტიპები

- **ADS-B-ს** სისტემა შეიცავს სამი ტიპის შემდეგ მოწყობილობებს:

- **ADS-B-ს** მიმღებები (**ADS-B IN**). ამ კლასის მოწყობილობები ღებულობენ მონაცემებს **ADS-B-დან**, თუმცა არ შეუძლიათ მონაცემები გადასცენ სხვა საჰაერო ხომალდებს ან მიწისზედა სადგურებს. მიმღები ღებულობს ინფორმაციას როგორც საჰაერო ხომალდების მოძრაობის, ისე ამინდის შესახებ.

- **ADS-B-ს** გადამცემები (**ADS-B OUT**). ამ კლასის მოწყობილობებს შეუძლიათ გადასცენ **ADS-B-ს** მონაცემები. გადამცემებს ასევე შეუძლიათ **ADS-B-ს** მიწისზედა სადგურები უზრუნველყონ ინფორმაციით, რომლის მიღების შემდეგ სადგურები გადაირთვებიან საჰაერო ვითარების გადაცემის რეჟიმში ამ ინფორმაციის მისაწოდებლად მათი მოქმედების ზონაში არსებული ყველა საჰაერო ხომალდისთვის.

ADS-B-ს მიმღებ-გადამცემები - ეს არის მოწყობილობათა კლასი, რომელთაც შეუძლია მონაცემების როგორც გადაცემა ისე მიღება.

მიმღებ-გადამცემებს შეუძლიათ „გააღვიძონ“ მიწისზედა სადგურები და გადართონ ისინი ტრაფიკის გადაცემის რეჟიმში იმ საჰაერო ხომალდებისთვის, რომლებიც მათი მოქმედების ზონაში არიან მოქცეული.

ADS-B ტექნოლოგიის კომპონენტები

ADS-B-ს კომპონენტები მოიცავს მომსახურების ოთხ სისტემას:

პირველი - ეს არის თვით **ADS-B** სისტემა რომლის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ცალკეული საჰაერო ხომალდი გადასცემს შეტყობინებებს მონაცემებით, რომელებიც მიიღება სხვა საჰაერო ხომალდების ან მიწისზედა სადგურების მიერ დისპეტჩერული მოთხოვნების შესაბამისად;

მეორე - ეს არის **ADS-R (Automatic Dependant Surveillance-Rebroadcast)** სისტემა

ADS-B მონაცემების და **UAT(Universal Access Transceiver)** რეტრანსლიაციისათვის.

მესამე სისტემა-ეს არის **TIS-B** სისტემა, რომელიც საშუალებას აძლევს იმ საჰაერო ხომალდებს, რომლებიც აღჭურვილი არიან **ADS-B** მიმღებებით, დაინახოს სხვა საჰაერო ხომალდები, რომლებიც ფრენენ მის სიახლოვეს **ADS-B** სისტემის გარეშე. მიწისზედა რადარული სისტემები თვალყურს ადევნებენ ობიექტებს ჰაერში და მათ შესახებ ინფორმაციას გადასცემენ **ADS-B** სისტემებს. **TIS-B** საშუალებას აძლევს იმ საჰაერო ხომალდებს, რომლებზეც არ არის დაყენებული **ADS-B-ს** ტრანსპონდერები გადასცენ ინფორმაცია თავისი მდებარეობის შესახებ (რადიოლოკაციური სადგურის დახმარებით) იმ საჰაერო ხომალდებს, რომლებზეც არსებობს **ADS-B**. სურათი საჰაერო სივრცის შესახებ აისახება პილოტის კაბინაში ეკრანზე **სურ.6.2-ზე** წარმოგენილი სახით.



სურ.16.2. საჰაერო სივრცის წარმოდგენის მაგალითი ADS-B TIS-სისტემით

მეოთხე სისტემა ეს არის **FIS-B** სისტემა, რომელიც საშუალებას აძლევს პილოტებს გრაფიკულ ფორმაში მიიღონ სრული აერონავიგაციური და მეტეოროლოგიური ინფორმაცია ფრენის შესახებ, რაც საშუალება იძლევა დროულად მოხდეს გაფრთხილება ფრენის შეზღუდვების შესახებ.

ADS-B-ს უპირატესობები

ADS-B-ს საშუალებით მფრინავები კაბინაში ეკრანებზე ხედავენ საჰაერო ხომალდის მოძრაობის ტრაფიკის შესახებ ზუსტად ისეთივე სახის ინფორმაციას როგორც აისახება დისპეტჩერის ეკრანზე. ეს მკვეთრად აუმჯობესებს მფრინავების მხრიდან საჰაერო ვითარების ფლობის პროცესს, იმდენად რამდენადაც, ასეთ შემთხვევაში მათ იციან თავისი საჰაერო ხომალდის მდებარეობა სხვა ხომალდებთან მიმართებაში, ასევე ღებულობენ ინფორმაციას ამინდის გაუარესების და რთული რელიეფის შესახებ.

ADS-B უზრუნველყოფს კონფლიქტების აღმოჩენის დიდ მარაგს, რამეთუ მოქმედების ეფექტური დაშორების სიდიდე შეადგენს 100 მილზე მეტს. მფრინავებს შეუძლიათ დაინახონ სხვა საჰაერო ხომალდების მდებარეობა, კურსი, სიჩქარე და სიმაღლე.

ADS-B სისტემა სთავაზობს მფრინავებს ისეთ მომსახურებას, როგორიცაა ამინდის პირობების გრაფიკული ასახვა და ტექსტური საფრენოსნო რეკომენდაციების მიცემა.

ADS-B სისტემას გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობები მიწისზედა რადიოლოკაციურ სადგურებთან შედარებით. ის შედარებით იაფია, ამასთან ერთად გააჩნია მონაცემების განახლების დიდი სიჩქარე და მაღალი სიზუსტე. **ADS-B** სისტემა შედგება რადიოსადგურების ქსელისგან, რომლებიც რადარებთან შედარებით დაყენებისა და გამოყენების თვალსაზრისით მარტივია (რადარები მოითხოვენ როგორც მექანიკის ისე სიგნალების დამუშავების მომსახურებას).

სისტემა უზრუნველყოფს ტერიტორიის მთლიან დაფარვას, რაც წარმოადგენს მის კიდევ ერთ უპირატესობას, კერძოდ **ADS-B** მოწყობილობა შეიძლება დაყენდეს ისეთ რაიონებში, სადაც შეუძლებელია რადარული დანადგარების გამოყენება (მაგალითად, დანადგარი დაყენებულია მექანიკის ყურეში სანავთობო კომფზე), რაც მნიშვნელოვნად ამაღებს ამ რაიონში საჰაერო მოძრაობის უსაფრთხოებას და ეფექტურობას.

საჭიროა აღინიშნოს ასევე, რომ რადარული სისტემისგან განსხვავებით, სადაც ინფორმაციის განახლების დრო 12 წამია (რაც განპირობებულია რადარის ანტენის მობრუნების სიჩქარით), **ADS-B** სისტემა იძლევა ინფორმაციას საჰაერო ხომალდის შესახებ ყოველ წამში.

ADS-B სისტემას გააჩნია კოორდინატების განსაზღვრის მაღალი სიზუსტე, რაც იძლევა საშუალებას შემჭიდროვდეს ტრაფიკი და გახდეს ის უფრო ეფექტური იმ რაიონებში, სადაც საჰაერო ხომალდების დიდი მოძრაობაა.

ADS-B - სისტემა ძალზე მნიშვნელოვანია პილოტებისთვისაც. ამ სისტემის წყალობით პილოტები კაბინაში ეკრანზე ხედავენ ინფორმაციას საჰაერო ხომალდის მოძრაობის შესახებ (ადგილმდებარეობა, სიჩქარე, კურსი, სიმაღლე) იმავე სახით, როგორც ამას ხედავს დისპეტჩერი თავის ეკრანზე. პილოტები რომლებიც აღჭურვილი არიან ამ ინფორმაციით უფრო უკეთესად ფლობენ სიტუაციას ფრენის დროს. პილოტების ეკრანზე ფრენის სიტუაციის ასახვა შესაძლებლობას იძლევა განხორციელდეს დროითი ინტერვალების მინიმიზაცია, ტერმინალების დატვირთვის შემცირება და საჰაერო ხომალდის ჩატვირთვისა და საწვავით გამართვის ოპერაციების დაგეგმვა.

საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემა საჭიროებს **ADS-B** - სისტემის დანერგვას და გამოყენებას, რადგან მიწისზედა რადარები წარმოადგენენ ვებერთელა და ძვიარდღირებულ დანადგარებს, ხოლო მათი დაფარვის სიშორე და შემოფარგვა დამოკიდებულია ადგილმდებარეობაზე, მეტროლოგიურ პირობებზე და გააჩნიათ შეზღუდვა დისტანციის მიხედვით.

დისპეტჩერებისთვის **ADS-B** - სისტემის დანერგვა საშუალებას იძლევა უფრო ეფექტურად აიგოს მარშრუტი, ამაღლებს ფრენის უსაფრთხოებას, ხოლო პილოტების კაბინაში მისი არსებობით პილოტები ღებულობენ ძალზე სასარგებლო ინფორმაციას სხვა საჰაერო ხომალდების მოძრაობის შესახებ.

მიწისზედა რადიოლოკაციური სადგურები უზრუნველყოფენ საიმედო კავშირს საჰაერო ხომალდებთან, მაგრამ თანამედროვე ავიაცია, უპირობოდ მოითხოვს კიდევ ისეთ დამატებით

ტექნოლოგიას, რომელიც საშუალებას მოგვცემს განხორციელდეს საჰაერო ხომალდების მონიტორინგი ძნელმისადგომ რაიონებში.

დღევანდელი პრობლემების ანალიზი, რომელიც დაკავშირებულია საჰაერო ხომალდების თვალმიდევნებასთან, მოითხოვს მომავალში ყველა ავიარეისების თანდათანობით გადასვლას საავიაციო რადიოელექტრონიკაზე თანამგზავრული ტექნოლოგიის გამოყენებით. დაბალი ღირებულება, მაღალი სიზუსტე და მონაცემების განახლების დიდი სიჩქარე-ყველაფერი ეს საბოლოო ჯამში განსაზღვრავს **ADS-B** სისტემის უპირატესობას რადარულ სისტემებთან შედარებით.

სისტემის კიდევ ერთი უპირატესობაა ტერიტორიის მთლიანი დაფარვა. **ADS-B** სისტემის მოწყობილობები შეიძლება განლაგებული იქნეს ისეთ რაიონებში, სადაც რადარული მოწყობილობის გამოყენება შეუძლებელია.

ADS-B ტექნოლოგიის რეალიზაცია

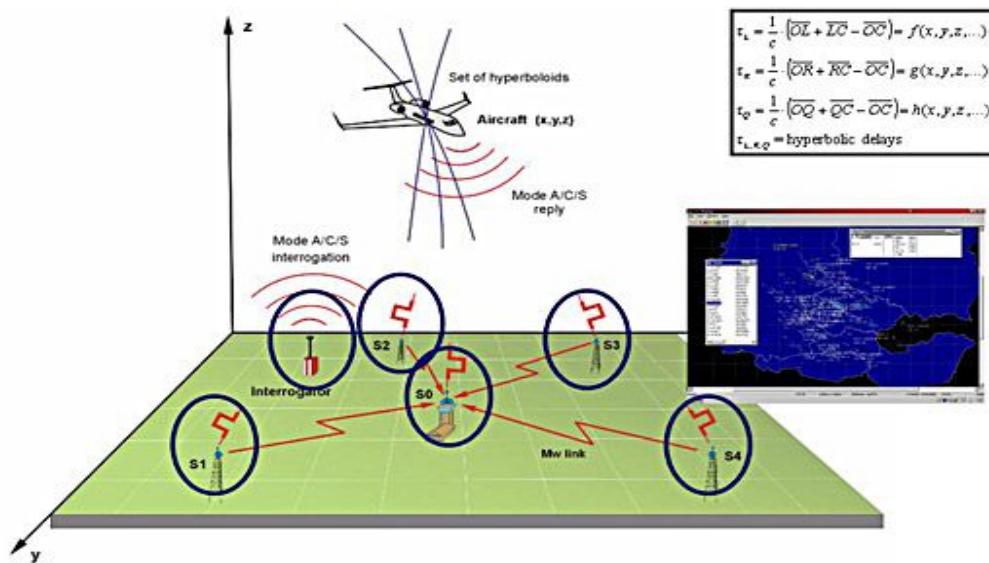
სისტემის საფუძველს წარმოადგენს **ADS-B** მოწყობილობა, რომლის საჰაერო ხომალდზე მისი დაყენების შემთხვევაში რადიოარხის საშუალებით გადასცემს საჰაერო ხომალდის ზუსტ პოზიციას მთელი ფრენის პერიოდის განმავლობაში. ტექნოლოგია უზრუნველყოფს ერთ მარტივ პრინციპს: „თითოეული ხედავს თითოეულს“, რაც იძლევა საშუალებას თავიდან იქნეს აუცილებელი ფრენისას კონფლიქტური სიტუაციები.

დღესდღეობით ეს სისტემა მეტად პოპულარულია აშშ-ისა და რუსეთის ტერიტორიებზე. ის საშუალებას აძლევს პილოტებს საჰაერო ხომალდის კაბინაში და დისპეტჩერებს მიწისზედა პუნქტზე დააკვირდნენ საჰაერო ხომალდების მოძრაობას კომპიუტერის ეკრანზე ტრადიციული რადარების გარეშე.

16.2. მულტილატერაცია MLAT

დღესდღეობითაც კი მრავალი საჰაერო ხომალდი არ უჩვენებს კოორდინატებს თავისი მდებარეობის შესახებ და არ გადასცემენ სკვიტერს (ფართომაუწყებლობითი სიგნალი) კოორდინატებით, რომლებიც აუცილებელია რუკაზე საჰაერო ხომალდის პოზიციის ასახვისათვის. ასეთი „უკოორდინატო“ საჰაერო ხომალდების პოზიციის გამოთვლისათვის გამოიყენება ტექნოლოგია, რომელიც იწოდება მულტილატერაციად (Multilateration – (Mlat)). მთავარი იდეა ამ შემთხვევაში მდგომარეობს იმაში, რომ საჰაერო ხომალდის პოზიციის გამოთვლა ხდება ე.წ. დროითი სხვაობების საფუძველზე, რომლებიც მიიღება ერთი და იგივე სიგნალის მიღებისას სხვადასხვა მიმდებარების ნაკრების მიერ. სიგნალის მიღებისას დროითი სხვაობების (Time difference of arrival (TDOA)) ტექნოლოგიის გამოყენების შემთხვევაში იგულისხმება, რომ „უკოორდინატო“ საჰაერო ხომალდი ასხივებს Mode-S ტიპის სიგნალს, რომელიც ვრცელდება

ატმოსფეროში გაივლის გარვეულ გზას და მიეწოდება მიმღებებს სინათლის სიჩქარით (სურ.16.3).



სურ.16.3. MLAT-ის მუშაობის პრინციპი

MLat (Multilateration) ტექნოლოგია წარმოადგენს ტექნოლოგიას, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს საჰაერო ხომალდების მდებარეობა საჰაერო ხომალდზე არსებული მოწყობილობების საშუალებებით ყოველგვარი დამატებითი მოწყობილობების გარეშე. ის წარმოადგენს მიწისზედა მრავალპოზიციურ სისტემას და დაფუძნებულია სიგნალების მოსვლის (მიღების) დროითი სხვაობის შეფასებაზე.

MLAT-იყენებს რამდენიმე მიწისზედა სადგურს, რომლებიც განლაგებულია აეროპორტების (აეროდრომების) მახლობლობაში ან გაფანტულია დიდ ტერიტორიაზე, რაც საშუალებას იძლევა დაიფაროს საჰაერო სივრცის დიდი არიალი.

MLAT იღებს პასუხებს ყველა საჰაერო ხომალდისგან, რომლებიც აღჭურვილი არიან ზემოთ მითითებული მიმღებ-გადამცემებით და განსაზღვრავს საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობას, რომელიც დაფუძნებულია საჰაერო ხომალდის შესაბამისი სისტემის გადამცემიდან ერთი და იმავე პასუხის მოწოდების (მიღების) დროით სხვაობაზე.

MLAT -ის სადგურები იძლევიან პასუხებს იმ მიმართებებზე რომლებიც იგზავნება მეორადი რადიოლოკაციური სადგურებიდან ან **ADS-B** სისტემის სადგურებიდან. მეორადი რადიოლოკაციური სადგურები აგზავნიან მიმართებებს საჰაერო ხომალდის მიმართულებით და საჰაერო ხომალდის მიმღები, მიიღებს რა მიმართვას, გადასცემს კოდირებულ პასუხს, რომელიც შეიცავს საჰაერო ხომალდის სიმაღლეს და დამატებით ინფორმაციას მიმღებ-გადამცემის ტიპისგან დამოკიდებულებით. თუ ცნობილია ანტენის სხივის კუთხური მდებარეობა სიგნალის გადაცემის მომენტში და ასევე დრო რომელიც გასულია საჰაერო

ხომალდიდან პასუხის მიღების მომენტამდე, მაშინ რადიოლოკაციური სადგურის გამომთვლელი განსაზღვრავს მანძილს საჰაერო ხომალდამდე და მის კუთხურ კოორდინატებს.

რადგან თითოეული საჰაერო ხომალდი იმყოფება **MLAT**-ის მიწისზედა სადგურებიდან სახვადასხვა მანძილზე, ამიტომ პასუხები საჰაერო ხომალდებიდან ამ სადგურებამდე მოდის სხვადასხვა დროში. **MLAT**-სისტემის გამომთვლელები არართული გამოთვლების გამოყენებით (რომლებიც ანალოგიურია თანამგზავრული სისტემებში გამოყენებული გამოთვლებისა) განსაზღვრავს მანძილს საჰაერო ხომალდამდე და მის კუთხურ კოორდინატებს.

MLAT-სისტემების უპირატესობა მეორად რადიოლოკაციასთან შედარებით მდგომარეობს იმაში, რომ მისი გამოყენების შემთხვევაში მიღწეულია საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის შეფასების უფრო მაღალი სიზუსტე და ინფორმაციის მიწოდების უფრო მაღალი ტემპი. მაგალითად სისტემა **ADS-B**, ყოველ წამში გადასცემს ინფორმაციას ეთერში საჰაერო ხომალდის მონაცემების შესახებ, მაშინაც კი, როცა ეს მონაცემები არ არის მოთხოვნილი საჰაერო ხომალდიდან, ხოლო მეორადი რადიოლოკაციური სადგურის გამოთვლითი პერიოდის ხანგრძლივობაა 4 წამი. ასეთ შემთხვევაში ასევე გამორიცხულია სისტემური შეცდომები, რომლებიც ძირითადად გამოწვეულია თანამგზავრული სისტემების მიმღებების მწყობრიდან გამოსვლით ან მათი არასწორი მუშაობით, რაც თავის მხრივ წარმოადგენს სერიოზულ პრობლემას **ADS-B** სისტემებთან მუშაობის დროს.

სამოქალაქო ავიაციის საერთაშორისო ორგანიზაციის კონცეფცია **GNS/LTM** (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management) უახლოეს მომავალში გეგმავს საჰაერო მოძრაობის სრულ ციფრიზაციას.

სისტემა **MLAT**-ის საფუძველი დევს მულტილატერაციის პრინციპში. მულტილატერაციის ტექნოლოგია გამოჩნდა 20 წლის უკან, ისე როგორც ავტომატური დამოკიდებული დაკვირვების სისტემა **ADS-B**, რაც კონსერვაციული დარგის საზომით სრულიადაც არ არის ბევრი. მთელი ამ 20 წლის განმავლობაში ავტომატურმა მრავალპოზიციურმა სისტემამ გაიარა დიდი გზა ახალი ტექნოლოგიიდან აერონავიგაციის დღევანდელი და სამომავლო სისტემების შექმნის საქმეში.

დაკვირვების მრავალპოზიციური სისტემა ეს არის მეორადი რადიოლოკატორი, რომელშიც მიზნის კოორდინატები იზომება სხვაობით-შორზომადი მეთოდით ტერიტორიულად განაწილებული სადგურების დახმარებით, (**ADS-B** სისტემის თანამგზავრულდამოკიდებული დაკვირვების სენსორების გამოყენებით).

ისე როგორც ყველა მეორად რადიოლოკატორში, მიწისზედა მიმმართველი ასხივებს მიმართვას, ხოლო საჰაერო ხომალდის ბორტზე განთავსებული მოპასუხე ღებულობს ამ მიმართვას, აფორმირებს პასუხს, რომელიც მიიღება სისტემის მიერ. ეს პასუხი გამოიყენება საჰაერო ხომალდის მდებარეობის განსაზღვრისათვის, ასევე მასში გადაიცემა დამატებითი ინფორმაცია, პრიველ რიგში სიმაღლე და იდენტიფიკაცია. ტრადიციული ლოკატორი, როგორც ცნობილია ზომავს სიშორეს და მიმართულებას საჰაერო ხომალდზე, რისთვისაც

გამოიყენება მასიური მბრუნავი ანტენა ვიწრო სხივით, მისგან განსხვავებით **MLAT** სისტემის სადგურები ღებულობენ სიგნალებს სამიზნის ყველა მიმართულებებიდან, ხოლო საჰაერო ხომალდის კოორდინატები გამოითვლება სხვადასხვა სადგურებიდან სიგნალის მოსვლის (მიღების) დაყოვნების მიხედვით.

კოორდინატების გაზომვის ასეთი ხერხებისთვის გამოიყენება სხვადასხვა დასახელებები. სხვაობითი-შორმზომი ხერხი - ეს ერთერთია იმ დასახელებებიდან, რომელიც ფართოდ გამოიყენება **MLAT** მულტილატერაციის სისტემაში. თვითონ გაზომვის მეთოდი წარმოდგება ინგლისური აბრევიატურისაგან **TDOA**, რაც ნიშნავს time difference of arrival - სიგნალის მოსვლის დროით სხვაობას ან ჰიპერბოლურ პოზიციონირებას. ეს უკანასკნელი ცნება განპირობებულია იმით რომ ორი ნებისმიერი სადგურისათვის სიგნალის მიღების განსაზღვრის დროითი სხვაობის მეთოდი წარმოდგენილი უნდა იქნეს წერტილების გეომეტრიული ადგილებით, რომელიც წარმოადგენს ჰიპერბოლას, ხოლო მიზნის საძიებო კოორდინატები არის მათი გადაკვეთა.

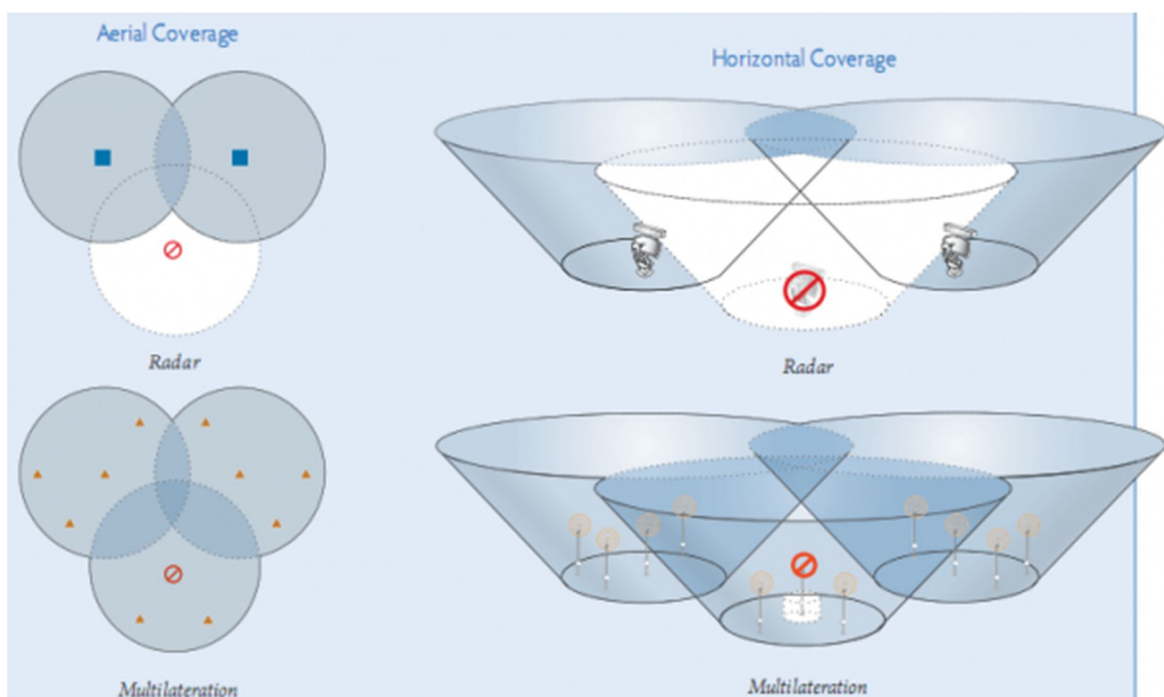
ამრიგად **MLAT** წარმოადგენს მეორადი რადიოლოკაციის საშუალებას, მაგრამ ტრადიციულ რადიოლოკატორებთან შედარებით მას აქვს მთელი რიგი უპირატესობები. პირველ რიგში ეს გამოიხატება ინფორმაციის განახლების უფრო მაღალ ტემპში (1 წამი) და უფრო მაღალი სიზუსტე. ეს არის შესაძლებლობა შეიქმნას დაკვირვების ზონა იქ, სადაც ეს იქნება საჭირო - დაბალ სიმაღლეებზე, მთიან ადგილებში და ა.შ. ესაა შესაძლებლობა განვალაგოთ აპარატურა, რომელიც კომპაქტურია და მოითხოვს ელექტრულ ენერგიას არა უმეტეს ელექტრული ნათურის მიერ მოხმარებულს. საბოლოო ჯამში ეს უფრო ნაკლები ღირებულებისა და ექსპლუატაციის დანადგარია, სხვადასხვა შეფასების წყაროებით 50%-ზე ნაკლები ღირებულებით ვიდრე ტრადიციული რადიოლოკატორები.

მულტილატერაციის სისტემის მუშაობის პრინციპი ასეთია. დედამიწაზე განლაგდება რამდენიმე (მინიმუმ 3-4) მიმღები მიწისზედა სადგურები, რომლებიც ერთმანეთისგან დაშორებული არიან საკმარისად დიდ მანძილზე იმ ტერიტორიის ფარგლებში, სადაც ხორციელდება საჰაერო ხომალდზე დაკვირვება. მიწისზედა სადგურებიდან ხორციელდება საჰაერო ხომალდისადმი მიმართვების გაგზავნა, რის შემდეგაც მიწისზედა სადგურებში ღებულობენ პასუხს საჰაერო ხომალდის ტრანსპონდერიდან. შემდეგ **MLAT** სისტემის კომპიუტერი განსაზღვრავს მის ადგილმდებარეობას იმ გაანგარიშების საფუძველზე, რომელსაც ატარებს ის საჰაერო ხომალდის ტრანსპონდერებიდან მოსული სიგნალების დროითი სხვაობების საფუძველზე, რისთვისაც იყენებს ჰიპერბოლურ მრუდებს.

რამდენადაც თითოეული საჰაერო ხომალდი იმყოფება სხვადასხვა მანძილზე **MLAT** -ის თითოეული მიწისზედა სადგურიდან „პასუხები“ საჰაერო ხომალდიდან ამ სადგურების მიერ მიიღება სხვადასხვა დროში. გამოთვლების პროგრესული მეთოდის გამოყენებით **MLAT**-ის კომპიუტერები ამუშავებენ დროში ამ განსხვავებებს და გამოთვლიან საჰაერო ხომალდის მდებარეობას ჰაერში ჰიპერბოლური პოზიციონირების მეთოდით. სისტემა არ მოითხოვს

საჰაერო ხომალდზე დამატებითი საავიაციო მოწყობილობის დაყენებას და იყენებს საჰაერო ხომალდების Mode A, C და S ტრანსპონდერების პასუხებს ისევე კარგად, როგორც სამხედრო IFF ADS-B ტრანსპონდერების პასუხებს.

MLAT წარმოადგენს სავსებით სრულიად ახალ გზას საჰაერო სივრცის ზედამხველობის სფეროში. ადრე საჰაერო სივრცის დაფარვის მოთხოვნები განისაზღვრებოდა SSR რადარების შესაძლებლობებით, რომლებისთვისაც დაფარვაში ფიზიკური შეზღუდვები წარმოშობდნენ „სივრცეში ხვრელებს“, სადაც საჰაერო ხომალდებს არ შეეძლოთ უსაფრთხოდ მანევრირება. MLAT -ის გამოყენებამ შესაძლო გახადა ამ „ხვრელების“ გაქრობა (სურ.16.4).



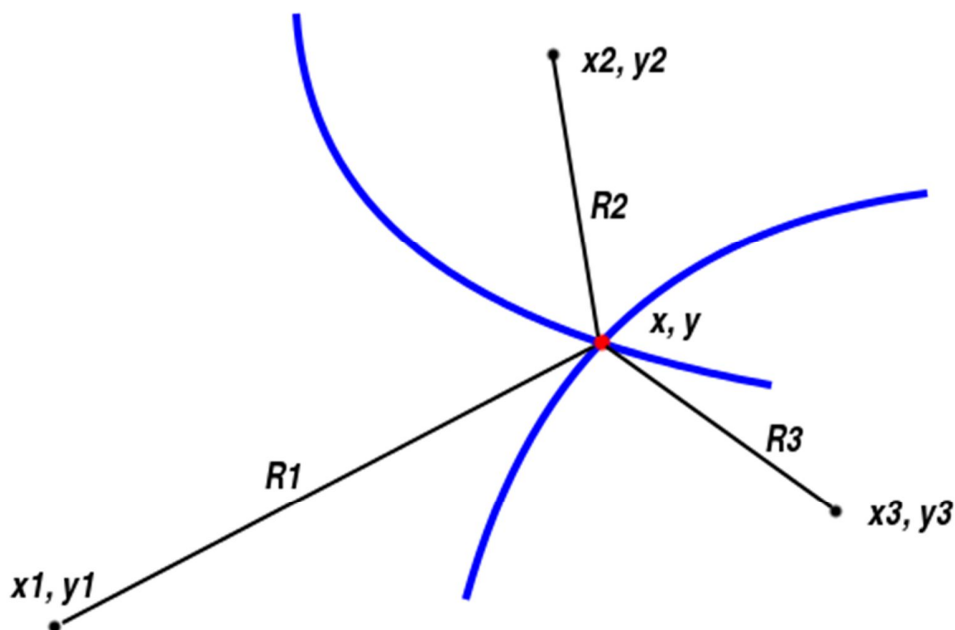
სურ.16.4. რადარის დაფარვის ფიზიკური შეზღუდვები და მათი აღმოფხვრა MLAT სისტემის გამოყენებით

16.3. საჰაერო სივრცეში საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ტრიანგულაციის მეთოდით

საჰაერო სივრცის აღწარმოების დროს მონაცემთა ვიზუალიზაციის სხვადასხვა სისტემებში წარმოიშობა იმ საჰაერო ხომალდების ასახვის (დაფიქსირების) პრობლემა, რომლებიც არ გადასცემენ თავიანთ ადგილმდებარეობას ADS-B-ს Mode-S რეჟიმში. პრაქტიკა აჩვენებს, რომ ასეთი საჰაერო ხომალდების რიცხვმა შეიძლება მიაღწიოს 20%-ს დაკვირვების ქვეშ მყოფი საჰაერო ხომალდების მთელი რაოდენობიდან. გამომდინარე აქედან საჰაერო ხომალდების

ადგილმდებარეობის განსაზღვრის ამოცანა ხდება საკმაოდ აქტუალური. ამ საპაერო ხომალდების კოორდინატები შეუძლებელია განისაზღვროს მულტილატერაციის ალგორითმების დახმარებით. ასეთი ალგორითმი დაფუძნებულია რადიოსიგნალის მიღების დროითი სხვაობის ანალიზზე სიგნალის ერთი წყაროდან რამდენიმე მიმღების შემთხვევაში.

მულტილატერაციის ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა განისაზღვროს საპაერო ხომალდის ადგილმდებარეობა ტრიანგულაციის გამოყენებით **TDOA** (Time Difference of Arrival). **ნახ. 16.5**-ზე ნაჩვენებია ტრიანგულაციის გამოყენება სიბრტყეზე. ასეთი დაშვება სავსებით მისაღებია, იმდენად რამდენადაც, საპაერო ხომალდის მდებარეობა სივრცეში ცალსახად განისაზღვრება სიმაღლის დამატებით, რომელიც ხშირად გადაიცემა რეჟიმში **Mode-S** კოორდინატების არარსებობის შემთხვევაშიც კი.



სურ.16.5. საწყისი მონაცემები საპაერო ხომალდის კოორდინატების გამოთვლისთვის

ვთქვათ, დაკვირვების ზონაში განლაგებულია **ADS-B** სიგნალის სამი მიმღები, რომელთა კოორდინატები ცნობილია და შესაბამისად ტოლია (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) საპაერო ხომალდი, რომელიც ასხივებს სიგნალს **ADS-B**-ს, იმყოფება წერტილში, რომლის კოორდინატები (x, y) უცნობ მიმღები 1, 2 და 3 იმყოფებიან საპაერო ხომალდიდან შესაბამის R_1 , R_2 და R_3 მანძილებზე. ორ წერტილს შორის მანძილის გამოსათვლელი ფორმულის გამოყენებით გამოითვლება დაშორებები საპაერო ხომალდსა და თითოეულ მიმღებს შორის:

$$R_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2};$$

$$R_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2};$$

$$R_3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2}.$$

საჰაერო ხომალდის მიერ გამოსხივებული სიგნალი მიმღებამდე გაივლის სხვადასხვა R_1 , R_2 და R_3 მანძილებს. ამ მანძილების გავლის დრო t_1 , t_2 და t_3 პირდაპირაა დამოკიდებული საჰაერო ხომალდსა და მიმღებს შორის მანძილზე. იმის გამო, რომ მიმღების მიერ მიღებული დროითი ანათვლები არიან სინქრონიზებული, შესაძლებელია განისაზღვროს მიმღების მიერ მიღებულ სიგნალებს შორის დროითი სხვაობა, მიუხედავად იმისა, რომ საჰაერო ხომალდის მიერ გამოსხივებული სიგნალის დრო არ არის ცნობილი. სხვადასხვა მიმღებებზე მოსული გამოსხივებული სიგნალის დროითი სხვაობის შედეგად შეგვიძლია განვსაზღვროთ მიმღებსა და საჰაერო ხომალდს შორის მანძილთა განსხვავება

$$R_1 - R_2 = (t_1 - t_2)c,$$

$$R_2 - R_3 = (t_2 - t_3)c,$$

სადაც C სინათლის სიჩქარეა, ან

$$R_1 - R_2 = C_1, (1)$$

$$R_2 - R_3 = C_2, (2)$$

სადაც C_1 და C_2 ცნობილი კონსტანტებია.

გეომეტრიიდან ცნობილია, რომ წერტილების გეომეტრიული ადგილი, რომელთათვისაც ორ არჩეულ წერტილებს შორის მანძილთა სხვაობა წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს-ჰიპერბოლას. ნახ.15.6-ზე ის ნაჩვენებია ლურჯი ფერით. თითოეული (1) და (2) განტოლებებიდან შეესაბამება ერთ ჰიპერბოლას. ამრიგად (1) და (2) განტოლებები ქმნიან განტოლებათა სისტემას, რომლის ამოხსნა (ჰიპერბოლათა გადაკვეთის წერტილი) იძლევა საჰაერო ხომალდის საძიებო კოორდინატებს.

განტოლებათა სისტემაში ადრე ნაპოვნი R_1 , R_2 და R_3 მნიშვნელობების ჩასმა მოგვცემს:

$$\sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} - \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} = (t_1 - t_2)c;$$

$$\sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} - \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} = (t_2 - t_3)c;$$

სწორედ განტოლებათა ეს სისტემა გამოიყენება საჰაერო ხომალდის (x,y) კოორდინატების გამოთვლისათვის. მოცემულ შემთხვევაში **MLAT** სისტემის მუშაობის ხარისხის ამაღლება მიიღწევა მაშინ, როცა მიმღები სადგურები განლაგებული იქნება ტოლგვერდა სამკუთხედის წვეროებში 400 კმ-ის ტოლი მიღების რადიუსის მანძილზე.

გაფართოებული ADS-X სისტემა ანუ სისტემა მიღებული ADS-B და MLAT სისტემების ინტეგრაციით

გაფართოებული **ADS (Extended ADS-X)** - ეს არის მულტილატერაციის მეთოდების ინტეგრაცია დაკვირვების **ADS-B** ინფრასტრუქტურაში.

ADS-X ინტეგრირებული სისტემა მოიცავს საჰაერო ხომალდის სრულ (მთელ) პარკს. რადგან მულტილატერაციის დროს გამოიყენება ყველა ტრანსპონდერების სიგნალები (რეჟიმში Mode A/C/S), ამიტომ მიწისზედა სადგურების ქსელს შესწევს უნარი განსაზღვროს საჰაერო ხომალდის მდებარეობა მათი ახალი ავიონიკის აღჭურვის გარეშე. ეს საშუალებას აძლევს **ANSP**-ს შექმნას ახალი თაობის სისტემა ადრე მოწონებული მოწყობილობების გამოყენებით, რაც იმავდროულად გამოირიცხავს **SSR** სისტემის შეცვლის აუცილებლობას.

ADS-X სისტემის შემთხვევაში შესაძლებელია მის ქსელში მულტილატერაციის შესაძლებლობების ჩართვის შედეგად თითოეული **ADS-B**-ს ადგილმდებარეობის განსაზღვრა რეალური დროის რეჟიმში. **ADS-X** სისტემა ეკონომიურადაც ეფექტურია, იმდენად რამდენადაც, მიწისზედა რადარები იყენებენ ტრანსპონდერების სიგნალებს რეჟიმში **Mode ADS** ძვირადღირებული ავიონიკის მოდერნიზაციის გარეშე. გაფართოებული **ADS-X** არის **ADS-B** მონიტორინგის ინფრასტრუქტურის მრავალმხრივი მეთოდების ინტეგრაცია:

1. **ADS-X** მხარს უჭერს სრულად მოიცვას საჰაერო ხომალდების პარკი. რამდენადაც ის მულტილატერაციისას იყენებს ტრანსპონდერის სიგნალებს, მიწისზედა სადგურების ქსელებს შეუძლიათ განსაზღვრონ თვითმფრინავის პოზიცია ახალი ავიონიკით აღჭურვის გარეშე. ეს საშუალებას იძლევა განთავსდეს ახალი თაობის სისტემები ადრე დამტკიცებული მოწყობილობების შეცვლის გარეშე, ამავე დროს გამოირიცხება **SSR** სისტემის შეცვლის აუცილებლობა.
2. არსებობს დამოუკიდებელი რეზერვების აუცილებლობა, ასევე თვითმფრინავის **ADS-B** სისტემის შემოწმება და მისი ადგილმდებარეობის დადგენა, ქსელში მულტილატერაციული შესაძლებლობის გზით, იმდენად რამდენადაც, თითოეული **ADS-B** ადგილმდებარეობის შემოწმება ხდება რეალურ დროში მრავალმხრივი გამოყენებით.

FAA -მ დაადასტურა **ADS-B** -ის სარეზერვო და გადამოწმების სისტემების საჭიროება და შექამნეს სამი სტრატეგია პრობლემის მოსაგვარებლად:

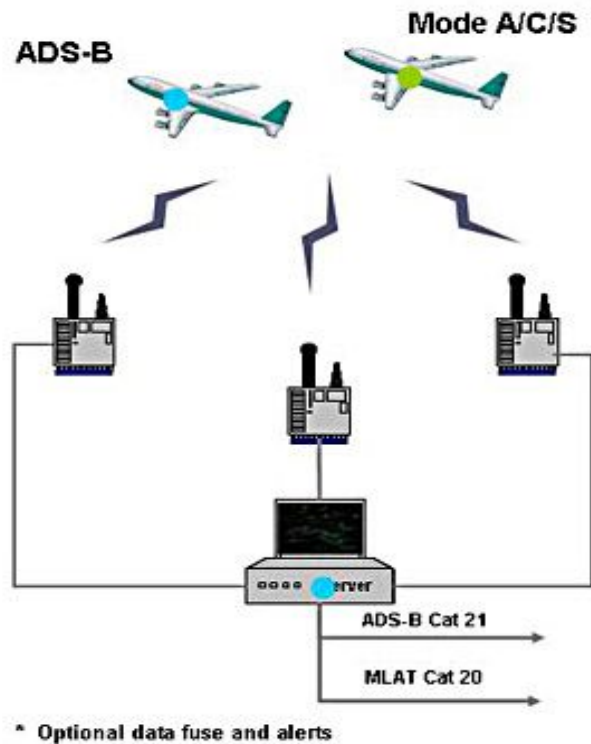
- პირველი სტრატეგია გაგრძელდება **SSR** ქსელის გამოყენებით, რომელიც სავარაუდოდ მნიშვნელოვან გავლენას მოახდენს მთელი პროგრამის ეკონომიკაზე.

- მეორე და მესამე სტრატეგია ეფუძნება გამოყენების მულტილატერაციას - როგორც სარეზერვო ტექნოლოგიას.

გარდა ამისა, ნათელია რომ სისტემის დაფარვა და შემოწმება არამარტო შეამცირებს შემთხვევითი შეცდომის რისკს ადგილმდებარეობის თვითგანსაზღვრისას, არამედ ასევე სასარგებლო იქნება საჰაერო ხომალდის პოზიციის მონაცემების განზრახ შეცვლის თავიდან ასაცილებლად.

ADS-X აერთიანებს **MLAT** მეთოდებს არსებულ **ADS-B** ინფრასტრუქტურაში, რათა ხელი შეუწყოს მოდერნიზაციის პროცესს, სერტიფიცირებისა და მონაცვლეობის საკითხებს.

ADS-X ასევე ეკონომიურად ეფექტურია იმიტომ, რომ მიწისზედა სადგურები გამოიყენებენ ტრანსპონდერის სიგნალებს **MODE A/C/S** რეჟიმში ავიონიკის ძვირადღირებული განახლებების აუცილებლობის გარეშე (სურ.16.6).



სურ.16.6. ADS-X ინტეგრირებული სისტემის მუშაობის პრინციპი

დასკვნის სახით აუცილებელია აღინიშნოს, რომ **ADS-B**, **MLAT** სისტემებისა და მათი ინტეგრაციით მიღებული გაფართოებული **ADS-X** სისტემის გამოყენება უფრო მოქნილს და საიმედოს გახდის საჰაერო ხომალდების მოძრაობის კონტროლს, მართვას და ფრენის უსაფრთხოებას. აღნიშნულიდან გამომდინარე საჭიროა მომავალში მთელი ავიარეისების შესრულება განხორციელდეს საავიაციო რადიოელექტრონიკის საშუალებით თანამგზავრული ტექნოლოგიის გამოყენების საფუძველზე.

ლიტერატურა

1. Бочкарев Б.В., Крыжановский Г.А., Сухих Н.Н. Автоматизированное управление движением авиационного транспорта /Под ред. Г.А.Крыжановского.- М.: Транспорт, 2009.
2. Федоров С.М., Михайлов О.И., Сухих Н.Н. Бортовые информационно-управляющие системы: Учеб. для вузов; Под ред.С.М.Федорова. - М. Транспорт, 2004.
3. «Автоматизированное управление полетом воздушных судов» С.М. Федоров, В.М. Кейн, О.И. Михайлов, Н.Н. Сухих; Под ред. С.М. Федорова.Транспорт,2012.
4. Сухих Н.Н. «Предупреждение предельных режимов полёта» М., «Транспорт» 2008.
5. Лебедева Г.Н. Системы управления летательными аппаратами. М., Изд-во МАИ, 2016.
6. Воробьёв В.В., Киселёв А.М., Поляков В.В. Системы управления летательных аппаратов М., 2008.
7. Г.В. Васильев, Ф.Л Жерлов, Б.Е. Федун. Интеллектуальное управление динамическими системами. М. Физико-математическая литература 2014.
8. Б.Е. Федун. Интеллектуальные системы пилотируемых летательных аппаратов, Науч-техн.журн. «Информационно-измерительные и управляющие системы». 2014. с 4-16.
9. М.В. Черняков. Перспективы развития систем наблюдения за воздушной обстановки. М.: 2016.
10. <https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic> Dependent Surveillance Broadcast (AaDS-B)
11. THALES Aerospace Blog <http://onboard.thalesgroup.com/unleashing-future-potential-ads-b-technology/>
12. <http://web.snauka.ru/issues/2015/09/57210> ADS-B experience and prospects for implementation
13. Oxford aviation academy, ATRL GROUND TRAINING SERIVER, AUTOMATIC FLISHT AND CONTROL SYSTEMS. 2014.

სარჩევი

შესავალი.....	4
ლექცია 1. ფრენის მართვის პროცესების ავტომატიზაცია.....	5
1.1. ძირითადი ამოცანები.....	5
1.2. ფრენის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის პრინციპები.....	6
ლექცია 2. საბორტო მართვის სისტემებისადმი წაყენებული მოთხოვნები და მართვის ავტომატიზებული პროცესებისას შემფოთებათა გავლენის გათვალისწინება.....	15
2.1. საბორტო მართვის სისტემებისადმი წაყენებული მოთხოვნები.....	15
2.2. მართვის ავტომატიზებული პროცესებისას შემფოთებათა გავლენის გათვალისწინება.....	17
2.3. მართვის პროცესების ხარისხის შეფასება.....	20
ლექცია 3. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემა.....	23
3.1. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ზოგადი დახასიათება და სტრუქტურული სქემა.....	23
3.2. საჰაერო ხომალდი როგორც მართვის ობიექტი.....	26
ლექცია 4. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის დიაგნოსტიკური მოდელები.....	32
4.1. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციონირების ხარისხის შეფასება საჰაერო ხომალდის დაფრენაზე შესვლის დროს.....	32
4.2. ფრენის მართვის ავტომატიზებული სისტემის მაღალი საექსპლუატაციო საიმედოობის მიღწევის ხერხები და საშუალებები.....	34
ლექცია 5. მართვის საბორტო ციფრული სისტემები და მათი კონტროლი.....	42
5.1. ციფრული მართვის კანონების თავისებურებანი და მათი გამოყენება ფრენის მართვის ციფრულ სისტემებში.....	42
5.2. ზოგადი ცნობები მართვის ციფრული სისტემების შესახებ.....	46
5.3. ციფრული საპილოტაჟო-სანავიგაციო მოწყობილობის სტრუქტურა, შემადგენლობა და ფუნქციონირება.....	48
5.4. საბორტო მართვის სისტემების კონტროლი.....	53
ლექცია 6. საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟის მოქმედების კონტროლი და ფრენის ავტომატიზებული კონტროლი.....	59
6.1. საჰაერო ხომალდის ეკიპაჟის მოქმედების კონტროლი.....	59
6.2. ფრენის ავტომატიზებული კონტროლი.....	64
ლექცია 7. საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემები და თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა.....	67
7.1. საინფორმაციო-მმართველი სისტემების დანიშნულება და ზოგადი სტრუქტურა.....	67
7.2. საბორტო საინფორმაციო-მმართველი სისტემები.....	72
7.3. თვითმფრინავტარების გამოთვლითი სისტემა.....	79
ლექცია 8. კრიტიკული რეჟიმებისა და მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემები.....	81

8.1. კრიტიკული რეჟიმების გაფრთხილების სისტემა.....	81
8.2. მიწასთან მიახლოების გაფრთხილების სისტემა.....	85
8.3. სიგნალიზაციის კომპლექსური ინფორმაციული სისტემა, მტყუნებების შეკრებისა და ლოკალიზაციის სისტემა.....	88
ლექცია 9. ფრენის მართვის კომპიუტერი და ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა.....	90
9.1. ფრენის მართვის კომპიუტერი.....	90
9.2. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემა.....	91
9.2.1. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემის ინტერფეისის აღწერა. ფრენის მართვის კომპიუტერში სიგნალების დამუშავება და მიმდინარე კონტროლი.....	91
9.2.2. ფრენის მართვის კომპიუტერული სისტემით ფრენის მონაცემების გამოთვლა.....	101
ლექცია 10. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემის დაპროექტების ინფორმაციული ტექნოლოგიები.....	103
10.1. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა, როგორც საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემა საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის დამუშავებისას გადასაწყვეტი ამოცანების ნუსხა, სინთეზი და რეალიზების საინფორმაციო ტექნოლოგიები.....	103
10.2. საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემის არქიტექტურა.....	108
10.3. რეალური დროის მასშტაბი.....	111
ლექცია 11. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა.....	114
11.1. საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესი და საჰაერო მოძრაობის მართვის პროცესების ავტომატიზაციის ეტაპები.....	114
11.2. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების სტრუქტურული განსაკუთრებულობები.....	117
11.3. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემა.....	119
11.4. ფირმა „ბოინგის“ ციფრული ინფორმაციულ-მმართველი სისტემა ფანს.....	121
ლექცია 12. საჰაერო ხომალდის ფრენის ავტომატიზებული მართვა საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის საშუალებით.....	125
12.1. საჰაერო ხომალდის საპილოტაჟო სანავიგაციო კომპლექსი.. ტრაექტორიული და საჭევრული მართვის სისტემები.....	125
12.2. საჰაერო ხომალდის ფრენის ავტომატიზებული მართვა საჰაერო მოძრაობის მართვის სისტემისა და საპილოტაჟო-სანავიგაციო კომპლექსის საშუალებით.....	132
ლექცია 13. საჰაერო ხომალდების მოძრაობის სატრასო, საეროდრომო და აეროსაკვანძო სისტემების სტრუქტურა და ფუნქციონირება.....	137

13.1. საჰაერო ხომალდების მოძრაობის მართვის სატრასო ავტომატიზებული სისტემის სტრუქტურა და ფუნქციონირება.....	137
13.2. საჰაერო მოძრაობის მართვის აეროდრომული და აეროკვანძური სისტემები და განსაკუთრებულობები.....	144
ლექცია 14. თანამედროვე საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების ფუნქციები, აგების პრინციპები. მათი სრულყოფის პერსპექტიული მიმართულებები და განვითარების ტენდენციები.....	148
14.1. საჰაერო მოძრაობის პროცესების ავტომატიზაცია და კომპიუტერების გამოყენების როლი საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებულ სისტემებში.....	148
14.2. საჰაერო მოძრაობის მართვის თანამედროვე ავტომატიზებული სისტემის ფუნქციები, შემადგენლობა და აგების პრინციპები.....	152
14.3. საჰაერო მოძრაობის მართვის ავტომატიზებული სისტემების სრულყოფის პერსპექტიული მიმართულებები და განვითარების ტენდენციები.....	156
ლექცია 15. მართვის ინტელექტუალური სისტემები და საბორტო ოპერატიულად-მრჩეველი ექსპერტული სისტემები.....	161
15.1. მართვის ინტელექტუალური სისტემების აგების პრინციპები და არქიტექტურა. მართვის დინამიკური ექსპერტული სისტემები.....	161
15.2. საბორტო ოპერატიულად მრჩეველი ექსპერტული სისტემების ზოგადი დახასიათება, სტრუქტურა და ფუნქციონირება.....	169
15.3. ინტელექტუალური საბორტო სისტემების როლი და მნიშვნელობა პერსპექტიული საჰაერო ხომალდების ფრენის მართვის ამოცანების გადაწყვეტაში და მომავალი თაობის ექსპერტული სისტემები.....	176
ლექცია 16. ავტომატური დამოკიდებული ზედამხედველობითი სისტემა ADS-B და მულტილატერაციის სისტემა MLAT.....	182
16.1. ავტომატური დამოკიდებული ზედამხედველობითი სისტემა ADS-B.....	182
16.2. მულტილატერაცია MLAT.....	188
16.3. საჰაერო სივრცეში საჰაერო ხომალდის ადგილმდებარეობის განსაზღვრა ტრიანგულაციის მეთოდით.....	192
ლიტერატურა.....	197