

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

**PROMOCIJAS  
DARBS**

**2011**

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

Transporta un mašīnzinību fakultāte

Aviācijas institūts

**Igors PETUHOVS**

Aviācijas transporta doktora programmas students

**LIDOJUMU DROŠĪBAS STĀVOKĻA  
MONITORINGA MODELIS UZ RISKĀ LĪMĒŅA  
NOVĒRTĒJUMA PAMATA**

**Promocijas darbs**

Zinātniskais vadītājs

Dr.habil.sc.ing., Profesors

V. ŠESTAKOVŠ

**Rīga 2011**

## ANOTĀCIJA

Promocijas darbu „LIDOJUMU DROŠĪBAS STĀVOKĻA MONITORINGA MODELIS UZ RISKĀ LĪMEŅA NOVĒRTĒJUMA PAMATA” izstrādājis Igors Petuhovs inženierzinātņu doktora zinātniska grāda iegūšanai. Darba zinātniskais vadītājs Dr.habil.sc.ing., profesors V. Šestakovs. Darbs sastāv no 121 lapām, 14 tabulām, 34 attēliem, 90 izmantotās literatūras un citiem informācijas avotiem.

### LIDOJUMA DROŠĪBA, GAISAKUĢIS, GAISA TRANSPORT, EKSPLUATĀCIJAS PRASĪBAS, AVIĀCIJAS NEGADĪJUMS, INCIDENTS, LĪMENIS, APKALPE

Promocijas darbā izvēlēta tēma paredz risinājumu vienai no aktuālākajām civilās aviācijas gaisakuģu (GK) lidojuma drošības (LD) līmeņa monitoringa problēmām.

Promocijas darba mērķis bija izstrādāt jaunas pieejas teorētiskos un metodoloģiskos noteikumus lidojuma drošības nodrošinājuma jautājumos, kuri bāzēti uz risku pārvaldības, kas rodas no nelabvēlīgo faktoru ietekmes lidojuma laikā un risku skaitliskās vērtēšanas metodes.

Pētījuma objekts ir LD monitoringa process pamatojoties uz riska līmeņa noteikšanas no nelabvēlīgo faktoru rašanas lidojuma laikā un to iedarbības iespējamām sekām. Izpētes tēma ir riska rāšanās no nelabvēlīgiem faktoriem, ieskaitot pilotēšanas kļūdas, monitorings, un tā vispusīgas uzskaites, analīzes un skaitliska vērtējuma jautājumi.

Darba metodiskā bāze ir riska līmeņa vērtējums, ekspertu vērtēšanas teorija, datu bāzes izveidošanas algoritmi, sistēmpieeja sarežģīto sistēmu pētīšanai.

Darbā izstrādāti teorētiskie un metodoloģiskie jaunas pieejas noteikumi LD nodrošināšanai aviokompānijā, kas bāzējās uz nelabvēlīgo faktoru ietekmes risku pārvaldības lidojumu laikā. Ir izstrādāti risku skaitliskās novērtēšanas metodes, tajā skaitā, lai iegūtu to integrētos novērtējumus, LD vadības mērķiem.

## **ABSTRACT**

The promotional work “MODEL OF MONITORING FLIGHT SAFETY CONDITION ON THE BASIS OF EVALUATION OF RISK LEVEL” has been worked out by Igor Petukhov to obtain the scientific degree of Doctor of Science in Engineering. Scientific supervisor of the work is Dr. habil. sc.ing., professor V. Shestakov. The paper consists of 121 pages, 14 tables, 34 figures, 90 references and other information sources.

**FLIGHT SAFETY, an AIRCRAFT, an AIR TRANSPORT, OPERATIONAL  
REQUIREMENTS, ACCIDENTS, INCIDENTS, LEVELING, a CREW**

The promotional work on the chosen subject assumes the decision of one of the actual objectives on flight safety (FS) management monitoring condition of aircraft in civil aviation.

The purpose of promotional work is to develop theoretical and methodological positions of the new approach concerning flight safety based on controlling risks from influence of adverse factors in flight and methods of quantitative risk evaluation.

The process of FS monitoring on the basis of risk rate definition clearing out adverse factors in flight and possible consequences of their influence. The subject for research is the following: questions of monitoring, calculation and analysis and quantitative risk evaluation from adverse factors in flight, including errors in the technique of piloting.

The methodical basis of work is risk rate evaluation, the theory of expert evaluation, algorithms of database creation, the system approach to investigate complicated systems.

The promotional work involves theoretical and methodological positions of the new approach in the questions of providing FS based on risk control from influence of adverse factors in flight. Methods of quantitative risk evaluation for receiving their integrated calculations with a purpose of FS control.

## SATURS

Ievads.....	7
1. Lidojumu drošības stāvokļa monitoringa mūsdienas stāvoklis.....	11
1.1. Kopējā pieeja lidojumu drošības nodrošināšanas jautājumiem pēc Gaisa Kuģu Lidotspējas Normām (GKLN) .....	11
1.2. ICAO rekomendācijas un prasības lidsabiedrībām lidojumu drošības vadības jautājumos.....	14
1.3. Civilas Aviācijas lidojumu drošības stāvokļa analīze.....	19
1.4. Lidojumu informācijas savākšanas analīze lidsabiedrībās lidojumu drošības līmeņa celšanai.....	28
1.5. Lidojumu informācijas apstrādes rezultātu pielietošanas analīze lidsabiedrībās.....	37
2. Jēdziena „riski” pielietošana lidojumu drošības līmeņa vadībai.....	44
2.1. Pieņemama līmeņa riska jēdziens.....	44
2.2. Civilas Aviācijas lidojumu drošības līmeņa novērtēšana, pielietojot jēdzienu „riski” .....	46
2.3. Aviokompāniju pieeja notikumu riska pakāpes novērtēšanas jautājumos lidojumu drošības līmeņa vadīšanai.....	55
3. Lidojumu drošības līmeņa novērtējums, jēdzienu „riski” ieskaitot, ar ekspertu novērtējuma metodi pamatā.....	68
3.1. Ekspertu novērtēšanas teorijas pielietošana lidojumu drošības monitoringam.....	68
3.2. Aviācijas tehnikas drošuma un apkalpes sagatavotības līmeņa ietekmes novērtēšana lidojumu drošībā.....	75
3.3. Nelabvēlīgo notikumu eksperta vērtējums, kuri notikuši laika periodā no 1995 g. līdz 2006. g. Krievijas Civilajā Aviācijā.....	80

4. Risku teorijas pielietošanas metodoloģiska realizācija lidojumu drošības nodrošināšanas jautājumos.....	95
4.1. Nelabvēlīgo faktoru bīstamības pakāpes kvantitātes novērtējuma metodika lidojuma laikā.....	95
4.2. Lidojumu drošības rādītāju aprēķināšana laika periodā no 1995. g. līdz 2006. g. Krievijas Civilajā Aviācijā.....	108
Izmantotie informācijas avoti.....	115

## **DARBĀ IZMANTOTIE SAĪSNĀJUMI**

**AN** - Aviācijas Notikums

**GKLN** - Gaisakuģu Lidotspējas Normās

**ĪS** - Īpašas Situācijas

**BLAS** - Negatīvie Gadījumi bez Lidojuma Apstākļu Sarežģīšanas

**LAS** - Lidojuma Apstākļu Sarežģījums

**SS** - Sarežģīta Situācija

**AS** - Avārijas Situācija

**KS** - Katastrofiska Situācija

**RF** - Riska Faktori

**NN** - Nelabvēlīgie Notikumi

**SMS** - Safety Management System (Drošības Vadības Sistēma)

**CA** - Civilā Aviācija

**GK** - Gaisakuģis

**LD** - Lidojuma Drošība

**ATS** - Aviācijas Transporta Sistēmas

**AT** - Aviācijas Tehnikas

**RLR** - Rekomendētie Lidojuma Režīmi

**ICAO** – International Civil Aviation Organization (Starptautiskā Civilās Aviācijas Organizācija)

**LLR** – Lidmašīnas Lidojumu Rokasgrāmata (Aeroplane Flight Manual)

**LI** - Lidojuma Informācija

**IID** - Informācijas Iegūšanas Dienests

**LDVR** - Lidojumu Drošības Vadības Rokasgrāmata

**ĪSP** - Īpašo Situāciju Priekšvēstnesis Lidojumu laikā

**ASV** - Automatizēta Sistēmas Vadība

**KF CA** - Krievijas Federācijas Civilā Aviācija

## IEVADS

Problēmas aktualitāte:

Dotā darba izvēlētā tematika piedāvā risinājumu vienam no aktuālākajiem uzdevumiem civilajā aviācijā (CA) – gaisakuģu (GK) lidojuma drošības (LD) monitoringa stāvoklis.

Saskaņā ar ICAO Annex 6, Part 1. no 01.janvāra 2009.gada ekspluatantam ir jāievieš LD vadības sistēma, kurā kā minimālie nosacījumi noteikti:

- risku noteikšana lidojuma drošībai
- korektīvās darbības nodrošināšana
- regulāru monitoringu un novērtējumu paredzēšana
- mērķis patstāvīgi nodrošināt LD līmeņa paaugstināšanu.

Nodrošināt civilās aviācijas LD ir sarežģīts uzdevums, kura veiksmīga īstenošana ir vistiešākajā veidā saistīta ar avio uzņēmuma rīcībā esošajiem tehniskajiem līdzekļiem un saistīta ar spēju izmantot esošās augstās tehnoloģijas sarežģītu sistēmu vadībā, ne tikai aprobežoties ar īpašās situācijas analīzi. Svarīgs posms LD vadības sistēmā ir pilotēšanas tehnikas un apkalpes darba tehnoloģijas kontrole. Tas tiek saistīts ar to, ka noteiktu apkalpes lidojuma kontroles pasākumu lidojumu laikā rodas iespēja efektīvi vadīt apkalpes darba kvalitāti, konkrēti novēršot tendenci pieļaut vienu un to pašu kļūdu lidojumu laikā. Liela apjoma aviācijas incidentu izmeklēšana (AI), to attīstības virzieni un sekas norāda, ka aviācijas tehnikas (AT) atteikumu un kļūdu radītie incidenti ir četras reizes biežāka nekā pilotu radīto incidentu skaits, savukārt incidentu (īpašās situācijas) pāriešana katastrofā lidojumu apkalpes dēļ ir četras reizes lielāka nekā AT atteikuma dēļ. Katastrofu, incidentu un avāriju galvenie iemesli saistīti ar darba kārtībā esošu GK sadursmi ar zemi kontrolētā lidojuma laikā, kas pārsvarā izriet no lidojumu noteikumu neievērošanas un visu līmeņu aviācijas transporta sistēmas (ATS) personāla profesionālās darbības trūkumiem. Dotā problēma ir kļuvusi tik aktuāla, ka ar tās risināšanu aktīvi sākuši nodarboties visu valstu ekspluatanti, profesionālās biedrības un valstu atbildīgās institūcijas. Pēdējā laikā Starptautiskais lidojumu drošības fonds (SLDF) koncentrēja savu spēku uz dotās problēmas risinājumu, kā rezultātā tika ieviestas izmaiņas Čikāgas konvencijas 6; 11; 14 pielikumos. Tādējādi galvenais lidojumu drošības vadības uzdevums gaisa transportā ir nodrošināt pasākumu kompleksu, kas samazinātu esošās tendences - avāriju situācijas civilajā aviācijā, ieviešot pastāvīgu lidojumu drošības vadības uzturēšanas sistēmu. Šādas sistēmas

metodoloģija paredz, ka veiksmīgs problēmas risinājums var būt tikai tādā gadījumā, ja ir pareizi organizēta apkalpes lidojumu kontrole un kļūdu analīzes sistēma. Šādai sistēmai būtu jāvadās un jādarbojas saskaņā ar jaunākajiem zinātnes sasniegumiem, veicot lidojumu drošības tehnisko un ekonomisko analīzi visplašākajā kontekstā. Pastāv dažas metodikas, lai novērtētu lidojumu drošības līmeni. Piemēram, dažos zinātniskajos darbos ievietotās rekomendācijas tiek bāzētas uz sistēmas pieeju un turpmākajā lidojumu drošības nodrošināšanas problēmas izzināšanā iekļauj attiecīgus etapus. Galvenokārt pirmajā etapā parādās pieļaujamā lidojuma drošības riska pakāpe, kura tiek uzraudzīta noteiktā gaisa kuģa ekspluatācijas laikā. To notikumu konstatācija un izzināšana, kā dēļ ir notikusi atkāpe no noteiktajiem lidojumu drošības standartiem, kļūst par aviokompānijas kompetenci, precīzāk, šos procesus kontrolējošām struktūrām. Otrajā etapā tiek noteiktas metodes, kas novērš fiksētā notikuma atkārtēanos nākotnē, taču bieži vien šis steps aprobežojas tikai ar lidojošā sastāva kvalifikācijas paaugstināšanu. Pārējo riska faktoru izvērtēšana, kā, piemēram, nelabvēlīgo apstākļu skaits un ietekme uz apkalpi lidojuma laikā, nenozīmīgu atkāpju no lidojuma drošības normas ietekmes novērtēšana, kā arī kopējo un ekonomisko apstākļu ietekme netiek apskatīta un vērtēta atbilstošā kontekstā.

### ***Darba mērķis un uzdevumi***

Darba mērķis:

- Izstrādāt teorētisko un metodoloģisko nolikumu jaunai pieejai jautājumos, kas attiecas uz lidojumu drošības nodrošināšanu, kas bāzēti uz lidojumu laikā esošo nelabvēlīgo faktoru risku vadības nodrošināšanu lidojuma laikā;
- Izstrādāt metodi, lai skaitliski novērtētu riskus.

### ***Lai sasniegtu izvirzītos mērķus, darbā ir veikta sekojošu faktoru analīze:***

- Starptautisko, nacionālo un iekšējo normatīvu analīze lidojumu drošības nodrošināšanas kontekstā;
- Tradicionālās lidojumu drošības vadības metodes CA;
- Ekspluatantu informatīvais nodrošinājums par atkāpēm to darbībā galvenokārt attiecībā uz pareizu saņemtās informācijas par lidojumu izpildi izmantošanu;
- Dažādu aviokompāniju pieeja jautājumiem, kas saistīti ar lidojumu drošības līmeni.

***Ir sasniegti sekojoši mērķi:***

- Aviokompānijām ir piedāvāti jauni lidojumu drošības vadības pieejas principi, kas balstīti uz starptautiskajiem standartiem ISO-9000 un SAFETY MANAGEMENT SYSTEM (SMS) ICAO;
- Ir izstrādāta lidojuma laikā novēroto nelabvēlīgo riska faktoru ietekmes novērtēšanas metodika;
- Izmantojot ekspertu vērtējuma metodi, izstrādāta lidojuma laikā novēroto nelabvēlīgo riska faktoru ranžējums;
- Izstrādāts ranžējums visbiežāk sastopamajiem lidojuma laikā novēroto nelabvēlīgo riska faktoriem;
- Piedāvāta metode, lai skaitliski novērtētu riskus, kas nodrošina lidojuma drošības monitoringu, ar mērķi nodrošināt risku vadības sistēmas ieviešanu aviokompānijās, pamatojoties uz risku izvērtējumu;
- Izstrādāts riska līmeņa ranžējums Krievijas Federācijas CA par 1995-2006 gadiem, kas palīdz izstrādāt profilaktiskos pasākumus: jaunas tehnikas ieviešana vai esošās tehnikas tehnoloģiska uzlabošana, apkalpes apmācība, piemērojot noteiktu apstākļu kopumu t.t.

***Izpētes objekts ir*** lidojuma drošības monitorings, par pamatu ņemot riska pakāpi lidojuma laikā, novēroto nelabvēlīgo riska faktoru turpmāko ietekmi uz lidojuma gaitu.

***Izpētes priekšmets ir*** monitoringa jautājumi attiecībā uz vispusīgu lidojuma laikā novēroto skaitlisko nelabvēlīgo riska faktoru ietekmes uzskaiti un analīzi, iekļaujot sevī pilotēšanas laikā pieļautās kļūdas.

***Izpētes metode un teorētiskā bāze*** Teorētiskā bāze ir balstīta uz šādu autoru zinātnisko darbu un disertāciju pētījumiem: V.Šestakova, E.Barziloviča, V.Žuleva, B.Zubkova, Dž.Klinekta, E.Kukļeva, A.Guzija, S.Ļulko, A.Voronoviča, V.Smoļņikova, R.Sakača, J.Čiņučina, K.Glassera,. Metodiskā darba bāzē ir balstīta uz riska līmeņa noteikšanu, ekspertu novērtējuma teorijām, datu bāzu sagatavošanas algoritmu, sistēmas pieeju, pētot sarežģītās sistēmas.

***Darba zinātniskā novitāte ir sekojošos apsektos:***

1. Izstrādāta metode, lai skaitliski novērtētu riskus, kas rodas no apkalpes darbības ietekmes uz lidojuma drošības vadību;

2. Piedāvāts veids, kā noteikt atbilstošus koeficientus, lai iegūtu lidojuma drošības vadības integrālos riska novērtējumus;
3. Izstrādāta metodika, lai savlaicīgi tiktu fiksēti, analizēti riski, kas rodas no apkalpes darbības;
4. Iegūtie rezultāti apstiprināti ar veikto ekspertu vērtējumu un nelabvēlīgo risku ranžējumu.

***Dotā darba praktiskā nozīme*** ir tāda, ka izstrādāta risku novērtēšanas metode ļauj:

1. Iegūt lidojumu laikā esošo nelabvēlīgo apstākļu skaitlisku risku novērtējumu;
2. Novērtēt un koordinēt apkalpes darbību aviokompānijās, ņemot vērā noteikto lidojuma drošības riska līmeni.
3. Noteikt nelabvēlīgo situāciju attīstības tendenci, kā arī prognozēt incidenta pāreju aviācijas negadījumā;
4. Nodrošināt lidojuma drošības monitoringu jebkurā līmenī (Apkalpe – lidojuma apakšstruktūra – aviokompānija – aviokompāniju alianse).

### ***Darba aprobācija***

Galvenie darba rezultāti ir publicēti piecos zinātniskos rakstos, četrus ziņojumu tēzēs zinātnes konferencēs. Materiāli tika izmantoti:

Starptautiskajā 44. RTU konferencē RTU 2003.,

Studentu 47. zinātnes un tehnikas konferencē RTU 2007.,

Starptautiskajā 1. zinātnes konferencē RAI „International transport: management, technologies, safety” 2008.

Starptautiskajā 2. zinātnes konferencē RAI „International transport: management, technologies, safety” 2010.

# 1. LIDOJUMU DROŠĪBAS STĀVOKĻA MONITORINGA MŪSDIENAS STĀVOKLIS

## 1.1. Kopējā pieeja lidojumu drošības nodrošināšanas jautājumiem pēc Gaisa Kuģu Lidotspējas Normām (GKLN)

Saskaņā ar GKLN galvenās sastāvdaļas lidojuma drošībai ir īpašās situācijas (ĪS). Zem jēdziena ĪS slēpjas gaisa kuģa un apkalpes stāvoklis, kas mainās izejot no lidojuma laikā konstatētiem nelabvēlīgiem riska vai to kopuma apstākļiem, kas rezultātā samazina lidojuma drošību. Pie šādiem apstākļiem tiek attiecināti: dažādu funkcionālo sistēmu un elementu darbības pārtraukumi vai/un bojājumi, nelabvēlīga ārējo apstākļu iedarbība, trūkumi virszemes lidojuma nodrošināšanā, ekspluatācijas normām neatbilstošas funkcionālo sistēmu un pilotēšanas darbības, gaisa kuģa nelabvēlīgas aerodinamikas un izturības apstākļu rašanās. Pamatojoties uz GKLN, bīstamības pakāpi ĪS ir pieņemts dalīt četrās kategorijās:

***Lidojuma apstākļu sarežģītums (LAS)*** – īpaša situācija, raksturojama ar nenozīmīgu psiho fizioloģisku slodžu palielināšanos uz apkalpes locekļiem vai nenozīmīgu lidotspējas samazināšanos. Apgrūtinājuma rezultātā nav jāveic steidzamas darbības vai izmaiņas pastāvošajā darbības plānā, kā arī nav jātraucē tā izpilde, izņemot gadījumus, kas norādīti lidojuma ekspluatācijas rokasgrāmatā (LER).

***Sarežģīta situācija (SS)*** – īpaša situācija, raksturojama ar jūtamu psiho fizioloģisku slodžu palielināšanos uz apkalpes locekļiem un gaisa kuģa lidotspējas samazināšanos, kā arī viena vai vairāku lidojuma parametru iziešana ārpus normatīviem, bet bez maksimāli kritisku robežu sasniegšanas. Sarežģītās situācijas nepārtapšanu avārijas situācijā vai katastrofā ir iespējams nodrošināt ar savlaicīgām un pareizām apkalpes darbībām, tai skaitā steidzama (bez kavēšanās) plāna, profila un režīmu izmaiņu ieviešana lidojuma izpildē. Pie tam pie ekspluatācijas ierobežojumiem ir jāsaprot režīmu un parametru nozīmi, kuru pārkāpšana ir absolūti nepieļaujama GK ekspluatācijas procesā.

***Avārijas situācija (AS)*** – īpaša situācija, raksturojama ar nozīmīgu psiholoģisko un fizioloģisku slodžu palielināšanos uz apkalpes locekļiem un ar gaisa kuģa lidotspējas, lidojuma stabilitātes un vadāmības samazināšanos, kas noved pie maksimāli kritisku robežu sasniegšanas (pārsniegšanas). Nepieļaut avārijas situācijai pārvērsties par katastrofu ir apkalpes locekļu augstas profesionalitātes un meistarības apliecinājums.

***Katastrofiska situācija (KS)*** – īpaša situācija; tiek pieņemts, ka tās iestāšanās gadījumā cilvēku glābšana ir praktiski neiespējama.

*Lidojumu drošība kā aviācijas transporta sistēmas īpašība raksturojama ar lidojumu drošības līmeni, kas tiek noteikts kā vārbūtība, ka lidojuma laikā nerodas tādas īpašas situācijas kā katastrofiskas.*

Lidojumu drošības viens no galvenajiem aspektiem ir nodrošināt saikni starp **riska faktoriem (RF)** un īpašās situācijas bīstamību. Nejaušības risku faktoru daudzveidības iespaidā šo saikni ir pietiekoši sarežģīti nodrošināt. Kā īpašo situāciju sekas rodas **nelabvēlīgi notikumi (NN)**: aviācijas negadījumi un incidenti. Nejaušības riska faktoru iedarbības rezultātā īpašo situāciju rašanās un to pāriešana NN, kā arī seku smagums ir nejaušs notikums, kas ir atkarīgs no nejaušu notikumu un faktoru mijiedarbības, kādos tie rodas. Tā rezultātā kļūst sarežģītāk veikt īpašo situāciju identifikāciju.

*Ar īpašo situāciju identifikāciju ir jāsaprot pastāvošais/radūtais stāvoklis, kurā ir nokļuvis GK un apkalpes riska faktoru iedarbības rezultātā vai to kopuma ar situācijas smagumu uz īpašo situāciju pazīmēm, kas klasificētas GKLN un faktiskajām pazīmēm, kas iegūtas, analizējot NN situāciju.*

Apgrūtināta šī situācija ir jo vairāk tāpēc, ka nepastāv viennozīmīgas definīcijas šim pazīmju kopumam un reālajā situācijā ne vienmēr tās tiek noteiktas precīzi. Īpašo situāciju identifikācija tiek nodrošināta, izzinot notikumu savstarpējo sakarību. Tas ir pietiekoši sarežģīts un neviennozīmīgs process. NN analīzi var sadalīt pietiekoši neatkarīgos etapos.

Pirmais etaps sevī ietver NN veida noteikšanu un ĪS identifikāciju, kas radās tieši pirms NN. Ar to pašu tiek noteikta nelabvēlīga gadījuma bīstamības pakāpe un faktori, uz kuru pamata NN izveidojās no iepriekšējās īpašās situācijas. Otrais etaps ir virzīts uz bīstamības pakāpes izmaiņām, dinamikas izpēti lidojuma laikā. Tai pašā laikā tiek noteiktas secīgās izmaiņas sistēmā Apkalpe-GK. Trešais etaps pēta īpašo situāciju ķēdes reakcijas, kas var būt tik daudz, cik ir tādas notikušas Apkalpe-GK sistēmā lidojuma laikā. Analīzes shēma sevī ietver tiešo iemeslu rašanās cēloni, kura rašanās radīja izskatāmo īpašo situāciju. Vienlaicīgi iemeslu ķēdes reakcijā tiek izcelti trīs iemeslu izpētes virzieni, kas radīja NN. Sākotnēji galvenais iemesls vai tā priekšnosacījumi slēpjas nepilnībās, kas jau vēsturiski ir bijušas gaisa transporta sistēmā. Tā var būt ne līdz galam izstrādāta GK konstrukcija vai tās ekspluatācijas sistēmu trūkumi aviokompānijas funkcionēšanas sistēmās, tā saucamās ilglaicīgi darbojošies iemesli. Atkāpes, ko veikuši lidojuma nodrošināšanas dienesti, ir vidējie iemesli, kas darbojušies ĪS un NN attīstības momentā un kuri ir ietekmējuši sistēmas Apkalpe-GK darbības atbilstību. Un noslēdzošais tiešais iemesls, kas parādījās dotajā sistēmā un īpašas situācijas izprovocējošs. Pirmie divi virzieni raksturo iemeslu ķēdi, pēdējais - tiešo iemeslu.

Iemeslu analīzes shēmas noslēgums ir savstarpējo saišu noskaidrošanā starp atsevišķiem iemeslu ķēdes posmiem.

Acīmredzami, ka ir iespējami divi principiāli atšķirīgi varianti:

- Katras iepriekšējās iemeslu ķēdes posms attiecībā pret galarezultātu ir kā iemesls katra nākamā ķēdes posma radīšanai;
- Iepriekšējais ķēdes posms attiecībā pret gala rezultātu nodrošina tā rašanos.

Tādā veidā identifikācija, kas noved pie divu galveno uzdevumu atrisinājuma: ĪS pazīmju noteikšana kā tāda un ĪS pazīmju noskaidrošanas metožu un veidu fiksēšana. Gaisa kuģu lidotspējas normās (GKLN) ir noteiktas un formulētas vispārējās ĪS pazīmes, to zināšana ir nepieciešama, taču nepietiekama, lai varētu identificēt ĪS.

Pie tādām pazīmēm tiek attiecinātas:

- Psiholoģiskās un fizioloģiskās slodzes ietekme uz apkalpi;
- GK lidotspējas, noturības un stabilitātes samazināšanās;
- Vienu vai vairāku parametru normatīvo rādītāju nonākšana līdz ekspluatācijas normu gala robežām;
- Nepieciešamība veikt izmaiņas lidojuma plānā, profilā un režīmā.

Pie tam pirmās divas pazīmes tiek novērtētas nevis kā skaitliski/kvantitatīvi lielumi, bet kā kvalitatīvi (neievērojamas, ievērojamas, nozīmīgas izmaiņas), kas padara neiespējamu sniegt viennozīmīgu novērtējumu veicot NN shēmas un doto cēloņu analīzes procesu.

Trešā ĪS pazīme pamatojas uz aviācijā pieņemto normatīvu sistēmu, kas nosaka trīs parametru blokus, kas raksturo sistēmu Apkalpe-GK:

1. Pieļaujamie pazīmju parametri,  $A_i > X_i$ ;
2. Ekspluatācijas ierobežojumi,  $B_i > X_i \geq A_i$ ;
3. Maksimāli pieļaujamie parametri,  $C_i > X_i \geq B_i$ ,

kur  $X_{i-1}$  parametrs no gaidāmajiem ekspluatācijas apstākļiem,  $A_i$  – to pieļaujamo pazīmju bloks,  $B_i$  – ekspluatācijas ierobežojumi,  $C_i$  – to maksimālie ierobežojumi.

Pirmais bloks sevī ietver rekomendētos lidojuma režīmus (RLR). Tie tiek noteikti pamatojoties uz gaidāmajiem ekspluatācijas apstākļiem, kas tiek izvēlēti atkarībā no paredzamajiem GK uzdevumiem tā darbības laikā. Ekspluatācijas un galējie ierobežojumi, kas norādīti otrajā un trešajā blokā aprobežojas saskaņā ar ekspluatācijas dokumentāciju (tehniskās ekspluatācijas dokumentācija) un lidojuma dokumentāciju u.c. Par to, ka tuvojas

pieļaujamo pazīmju  $X_i$  parametru noteiktā robeža, ekipāža tiek informēta ar speciālu iekārtu palīdzību vai dabīgām pazīmēm. Doto informāciju var iegūt izmantojot objektīvās informācijas ieraksta sistēmas. Robežu nozīmju noteikšanas princips katram no blokos esošajiem  $X_i$  ir pietiekoši precīzi aprakstīts atbilstošā literatūrā.

*Tie nav neapstrīdami un ir zinātnisko diskusiju objekts, tā kā no robežu pazīmju precīzas noteikšanas ir atkarīga ĪS precīza un pareiza noteikšana, kas noved pie pareizas cēloņu noteikšanas NN izmeklēšanas gadījumā.*

Kas attiecas uz ceturto ĪS pazīmi, nepieciešamība veikt izmaiņas lidojuma plānā, profilā un režīmā nav pietiekami viennozīmīga tās precīzai identifikācijai. Tā kā pat pašai vienkāršākai ĪS – lidojuma stāvokļa apgrūtināšanai, lidojums norit visu parametru un režīmu normatīvu robežās  $X_i$ , bet ārpus normas iziet rekomendētie lidojuma režīmi (RLR), Apkalpe-GK sistēmas situācijas pasliktināšanās, kas potenciāli sarežģī lidojumu drošības līmeni (LDL), tad lēmums par lidojuma turpināšanu varētu būt neviennozīmīgs.

*Sakarā ar augstāk minēto kļūst skaidrs, ka ir nepieciešams izstrādāt jaunas pieejas un ĪS identifikācijas, kas ir dotā izpētes darba viens no mērķiem.*

Ir jāatceras, ka katra ĪS neatkarīgi no tās bīstamības pakāpes tiek noteikta ar riska faktoru kopumu.

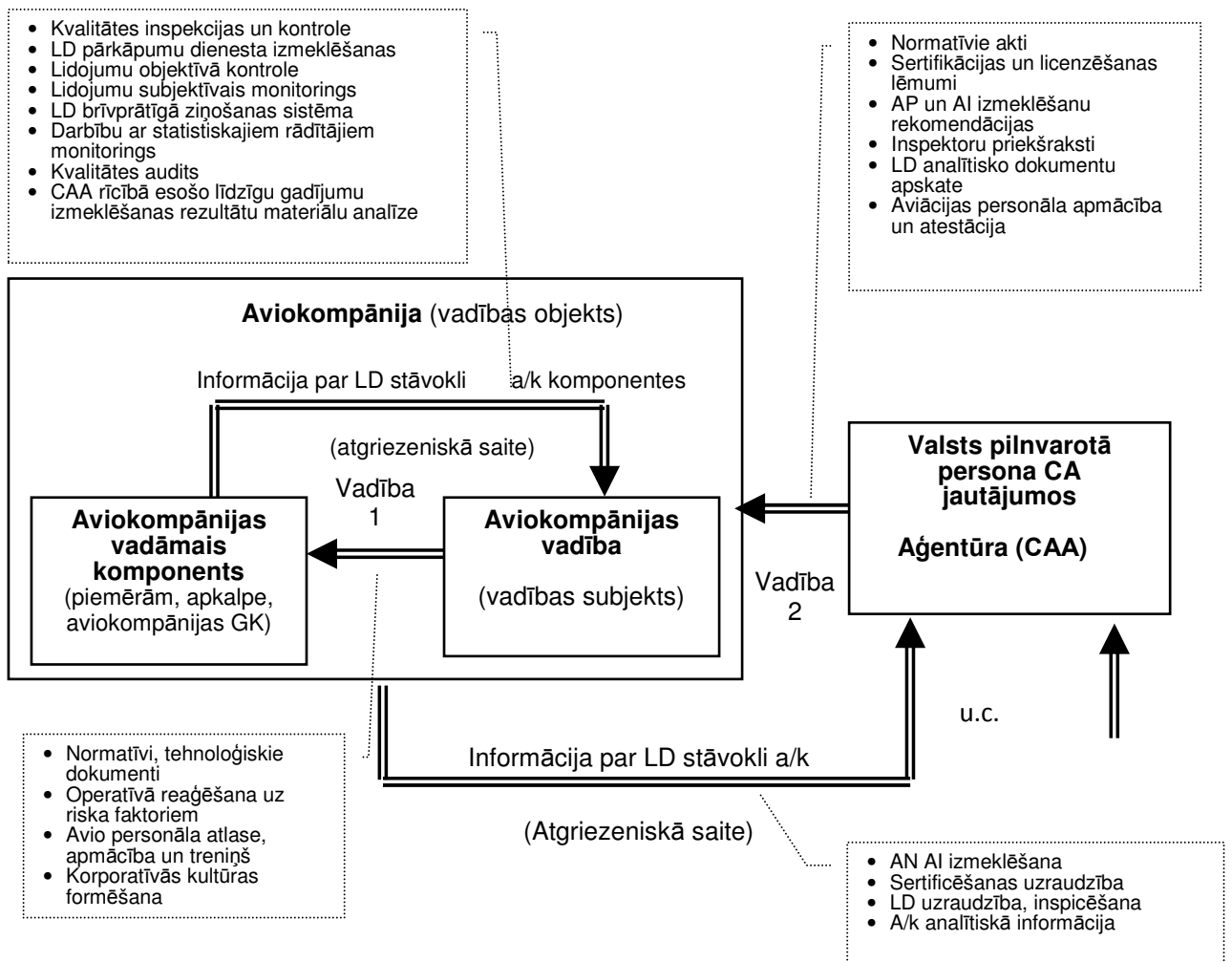
## **1.2. ICAO rekomendācijas un prasības lidsabiedrībām lidojumu drošības vadības jautājumos**

Lidojumu drošības nodrošināšana civilajā aviācijā ir viens no Starptautiskās Civilo Aviācijas Organizācijas (ICAO) pamatmērķiem. Aviācijas organizācijās LD ir viena no galvenajām ražošanas noteikumiem. Citu nozaru uzkrātā pieredze un mācība, kas radušās no negadījumu izmeklēšanas, īpaši uzsver nepieciešamību pēc sistemātisku, proaktīvu un precīzu pieeju lidojumu drošības jautājumiem. Zemāk piedāvāju to terminu izskaidrojums, kas pastāv saskaņā ar ICAO „Lidojumu drošības vadības rokasgrāmata”:

- Sistemātiski – nozīmē, ka nepieciešami lidojuma drošības nodrošināšanas mēri tiks īstenoti saskaņā ar iepriekš sastādītu plānu visā organizācijā vienādi;
- Proaktīvs – nozīmē, ka tiks pieņemts risinājums, kas nodrošinās, ka galvenais akcents tiek uzlikts uz profilaktiskiem risinājumiem, kas ir noskaidroti izzinot bīstamos riska faktorus, pirms vēl ir iestājušās īpašās situācijas, kas rada nelabvēlīgu ietekmi uz lidojuma drošību;

- Precīzs – nozīmē, ka visi LD nodrošināšanas mēri tiek atbilstoši uzskatāmi dokumentēti un tiek uzturēti atsevišķi no pārējās saimnieciskās darbības.

Tādā veidā, ICAO izvirza rekomendācijas aviokompānijām, lai tajās radītu un uzturētu darbaspējīgu lidojumu drošības vadības sistēmu. Pie tam LD vadības pamatā ir jāievieš sistemātiska pieeja un kontrole pār riska faktoru bīstamības izzināšanas procesu un tā rezultātiem, lai samazinātu līdz minimumam cilvēku upurus, materiālo zaudējumu apmēru, vides un finanšu zaudējumus, kā arī mazinātu negatīvu ietekmi uz sociālo vidi. LD vadības nodrošināšanas shēma ir parādīta attēlā 1.1.

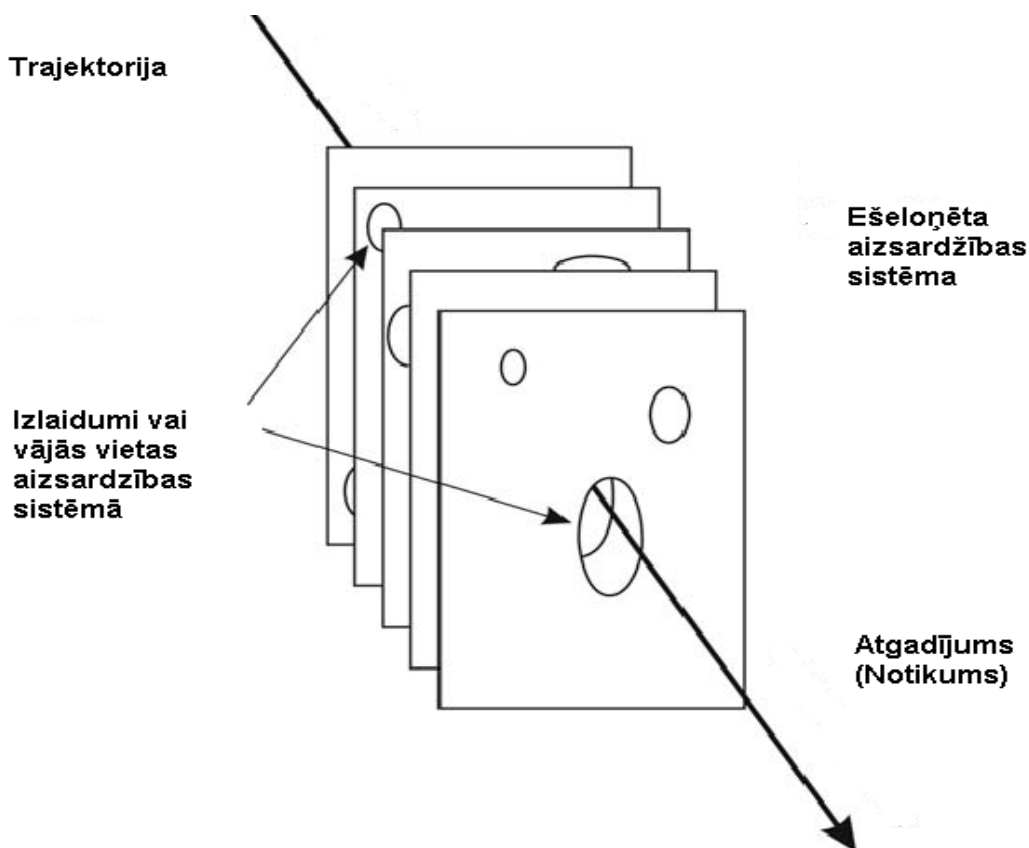


1.1.att. LD vadības nodrošināšanas shēma

Uz faktoriem, kas ietekmējušas drošību dotās sistēmas ietvaros, var raudzīties no diviem redzes leņķiem: pirmkārt, izskatīt tos faktorus, kas var radīt ĪS, radot draudus LD, un, otrkārt, izanalizēt, kādā veidā šo faktoru izpratni var izmantot LD nodrošināšanas uzlabošanas sistēmu izveidē [26].

To faktoru atrašanas darbības, kas var ietekmēt LD ir jānodrošina visos organizācijas līmeņos, kas atbild par ekspluatāciju vai nodrošina atbalsta funkcijas [26].

Galvenā ICAO rekomendācija ir aizsardzības sistēmu pakāpeniskums, tā saucamais „Šveices siera princips”, kuras būtība ir parādīta attēlā 1.2.



1.2.att. Šveices siera princips

Efektīvas organizācijas darba metodes ir nepieciešamas lai nostādītu nepieciešamo darbību un pieņemamos mērus tādā līmenī, lai paaugstinātu LD līmeni. Uz doto atslēgas momentu var attiecināt arī organizācijas izmantojamās politikas realizācijas metodes, savu LD paaugstināšanas panākšanas uzdevumu un mērķu nodrošināšanu, nosakot standartus un

nodrošinot to sasniegšanai nepieciešamos resursus. Īpaša uzmanība tiek pievērsta bīstamajiem faktoriem un to potenciālo ietekmi uz darbībām, kas ir kritiskas lidojumu drošības nodrošināšanai [26].

Saskaņā ar ICAO Annex 6, Part 1, no 2009.gada, ekspluatanta pienākums ir ieviest organizācijā LD nodrošināšanas sistēmu, kura kā minimums:

- Nosaka riskus ar mērķi nodrošināt LD;
- Nodrošina korektīvās darbības;
- Paredz regulāru risku faktoru monitoringu un to novērtējumu;
- Paredz un nosaka mērķi – LD paaugstināšana.

Sistēma, kuru tāda vai savādāka organizācija pieņem kā savējo ar mērķi nodrošināt SUBP, atspoguļo tās korporatīvo drošības kultūru un var variēties no retroaktīvas, reaģējošas tikai uz notikumiem, līdz stratēģijai, kas raksturota ar augstu, drošības līmeni noteicošu, preventīvu darbību līmeni. Tradicionālā vai retrospektīvā procesa veidos prevalē retrospektīvas korektīvās darbības. Modernākā vai proaktīvākā pieejas sistēmā tiek akcentēta reformas liela loma, kas virzīta uz perspektīvu. Atkarībā no pieņemtās stratēģijas ir nepieciešams pielietot atšķirīgas metodes un mehānismus [26].

### ***Tālāk tiek sniegtas rekomendētas LD nodrošinošās sistēmas aviokompānijās:***

#### ***1. „Retroaktīvā LD nodrošināšanas stratēģija”: negadījumu un incidentu izmeklēšana***

Dotā stratēģija ir noderīga situācijas, saistītās ar aprīkojuma darbības atteikumiem vai ārštata situācijām. Retroaktīvās pieejas efektivitāte LD nodrošināšanas jautājumos ir atkarīga no tā, cik tālu izmeklēšanas laikā izmeklēšana virzīsies tālāk par iemeslu noteikšanu un veiks visu to faktoru analīzi, kas radīja šo situāciju. Vispārīgi retroaktīvā sistēma ir atpazīstama pēc šādām pazīmēm:

- a) administrācija galveno uzmanību velta minimālo LD prasību nodrošināšanai;
- b) LD līmeņa noteikšana pamatojas uz negadījumiem un incidentiem, kas ir ierobežoti ar šādiem nosacījumiem:
  - jebkura analīze aprobežojas tikai ar faktisko atteikumu iemeslu konstatēšanu;
  - pieejamie rādītāji nav pietiekami, lai noteiktu pastāvošās tendences, īpaši tās, kas attiecināmas uz cilvēka kļūdām; un
  - pilnībā iztrūkst visdziļākā iemeslu analīze „skatīšanās saknē” un slēpto bīstamo apstākļu esamības analīze, kuri ir līdzdarbojušies, lai cilvēks pieļautu kļūdu.

- c) ir nepieciešami patstāvīgi pilnveidoties, lai atbilstu bagātajai cilvēces izdomai kļūdu radīšanā un to spektrā.

2. **„Proaktīvā LD nodrošināšanas stratēģija”**: aktīva informācijas vākšana no dažādiem avotiem, kas varētu sniegt informāciju par drošībā esošajām problēmām

Proaktīvu stratēģiju LD nodrošināšanas veida pārvaldošās organizācijas uzskata, ka notikuma iespējamības risks var tikt samazināts līdz minimumam ar „vājo” vietu atklāšanu, pirms tās radīs šo notikumu, un ir iespējams pieņemt un uzsākt noteiktas darbības, lai samazinātu šos riskus.

Līdz ar to tās aktīvi noskaidro sistēmā esošos vājos punktus, izmantojot šādus instrumentus:

- a) tādu faktoru un incidentu izzināšana, kuri palīdz noskaidrot slēptos un bīstamos apstākļus;
- b) LD līmeņa noskaidrošana, lai iegūtu informāciju no personāla rīcībā esošajām aizdomām par „galējo robežu” - nelabvēlīgajiem apstākļiem, kuri var ietekmēt un/vai radīt notikuma rašanos;
- c) lidojuma laikā veikto ierakstu analīze, lai noskaidrotu un fiksētu ekspluatācijas noteikumu pārkāpumus, kā arī, lai apstiprinātu normālus ekspluatācijas apstākļus.
- d) operatīvās inspekcijas vai pārbaudes lidaparātu ražošanas nozarē, lai noskaidrotu vājās vietas līdz tam, kad incidents vai nenozīmīgi atgadījumi LD sfērā apstiprina kādas problēmas esamību;
- e) instrukciju uzskaites un realizācijas politika, ražotāja rokasgrāmatu vai apkārtrakstu uzturēšana.

Tādā veidā kļūst acīmredzams, ka visām aviokompānijām ir jākoncentrē sava uzmanība uz proaktīvas sistēmas uzturēšanu, nodrošinot LD savos uzņēmumos. Pirmais tās izstrādes solis ir noteikt galvenos darbības virzienus drošības vadības nodrošināšanas jomā. Organizācijas, kas visveiksmīgāk vada LD, praksē nodrošina rindu viņiem kopējo darbības veidu:

1) *Organizācijas aspekts*. Tās ir organizētas tādā veidā, lai radītu un uzturētu drošības kultūru un samazinātu zaudējumus, kas saistīti ar aviācijas negadījumiem. Parasti organizācijā darbojas LD uzraudzības sistēma.

2) *Drošības aspektu novērtējums*. Tie sistemātiski analizē priekšlikumus aprīkojuma vai procedūru uzlabošanai ar mērķi noskaidrot trūkumus un mazināt iespējamās sekas līdz tam laikam, kad izmaiņas būs realizētas.

3) *Par bīstamo situāciju esamību ziņu nodrošināšana.* Ir nodrošināta oficiāla kārtība, kādā tiek īstenota informācija iegūšana un tās apstrāde par novērotajām situācijām un gadījumiem.

4) *Bīstamo faktoru noskaidrošanas metodes.* Tās organizācijas, kuras īsteno proaktīvo LD vadīšanas metodi uzskata, ka risks var tik samazināts līdz minimumam, savlaicīgi noskaidrojot vājās vietas, pirms tās ietekmē notikumus, un veic pasākumus tādu risku samazināšanai.

5) *Izmeklēšana un analīze.* Pēc datu saņemšanas par notikušajiem incidentiem un nedrošajiem apstākļiem tiek pieņemtas un uzsāktas noteiktas darbības, lai noskaidrotu izmeklēšanu un veiktu LD līmeņa analīzi.

6) *Rezultātu monitorings.* Tiek aktīvi stimulēta atgriezeniskā saite, kas nepieciešama, lai nodrošinātu slēgtu LD vadības kontūru, izmantojot tādas metodes, kā tendenču monitorings un veicot iekšējās LD pārbaudes tā līmeņa noteikšanai.

7) *LD jautājumu popularizācija.* Tiek aktīvi izplatīti LD izmeklēšanu analīzes rezultāti, notiek apmaiņa ar pieredzi un gūtajām mācībām LD sfērā.

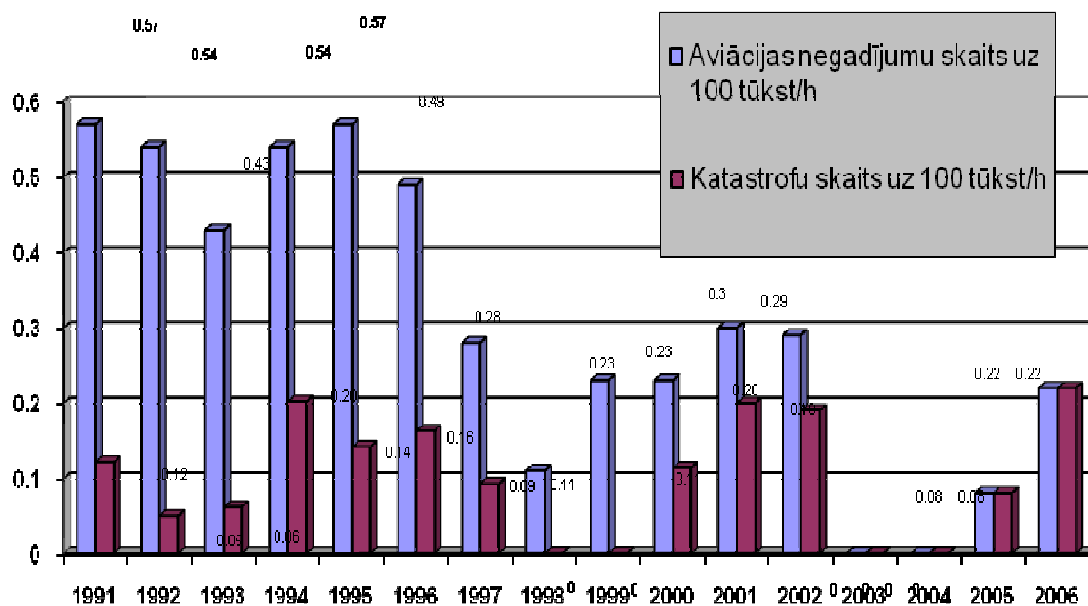
8) *LD uzraudzība.* Kā valsts (reglamentējošā puse), tā arī regulējošajā organizācijā darbojas LD kontroles un novērtēšanas sistēmas.

### **1.3 Civilas Aviācijas lidojumu drošības stāvokļa analīze**

Lai noteiktu apkalpes pieļautās masveidīgākās kļūdas, ir izskatīta lidojumu drošības stāvokļa analīze - „*Lidojumu drošības stāvokļa analīze komerciālajā civilajā aviācijā Krievijas Federācijā par laika periodu 1991-2006.gadiem ar mērķi noskaidrot LD bīstamību avotus*”.

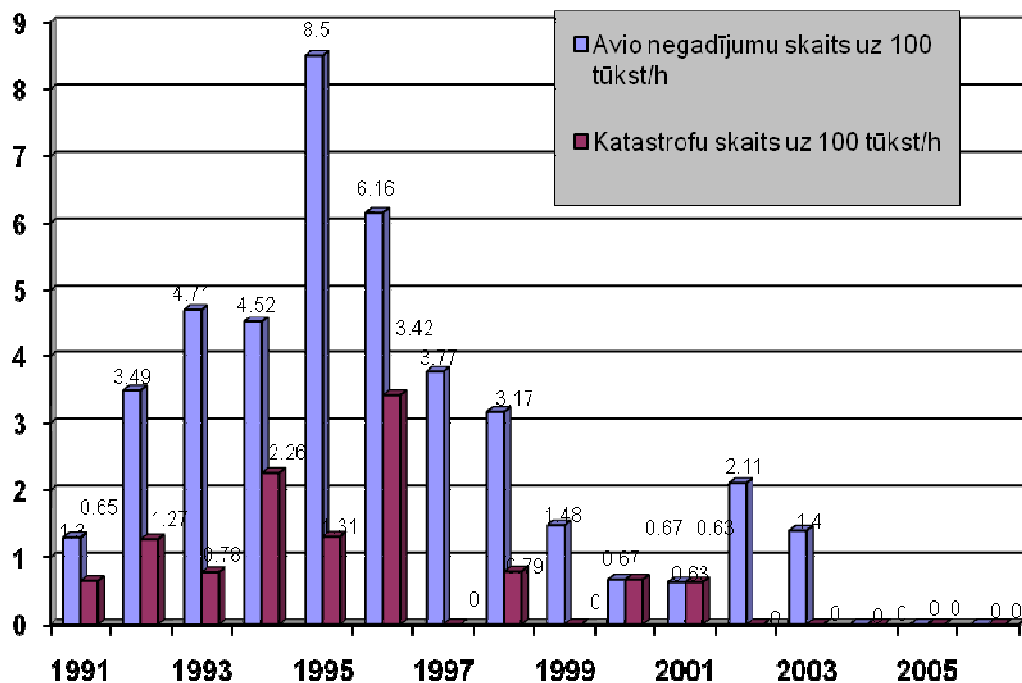
Ņemot vērā, ka negadījumi aviācijā notiek pietiekoši reti, ziņojumā veiktajā analīzē avārijām no 1. līdz 3. klasei ir speciāli izvēlēts lielāks GK ekspluatācijas periods. Tātad, veicot pasažieru pārvadājumus laika periodā no 1991. līdz 2006. gadam, Krievijā ir notikuši 72 aviācijas negadījumi, no kuriem 22 ir katastrofas, kurās ir gājuši bojā 1432 cilvēku.

Aviācijas negadījumu un katastrofu dinamika pasažieru pārvadājumos Krievijas aviokompānijām ir parādīta attēlā 1.3.



1.3.att. Parādīts aviācijas negadījumu un tajā skaitā iekļauto katastrofu skaits uz 1. līdz 3. klases GK 100 tūkstošiem lidojuma stundu, veicot regulārus un neregulārus pasažieru pārvadājumus Krievijā par periodu no 1991. līdz 2006. gadam.

Saskaņā ar attēlā 1.3 parādīto, ir redzams, ka nelabvēlīgs bija laika periods no 1991. līdz 1996. gadam, tad stāvoklis praktiski stabilizējās līdz 2002.gadam, bet pēc diviem no katastrofām brīviem gadiem GK no 1. līdz 3. klasēm situācija pasliktinās un neliecina par kopēju LD stāvokļa uzlabošanās tendencēm. Tālāk veiksīm LD līmeņa pārbaudi GK 1. līdz 3. klasēm veicot kravu pārvadājumus. Neskatoties uz labvēlīgo dinamiku, LD līmenis līdz 2003.gadam bija redzami zemāks kā pasažieru pārvadājumos, novērojama kaut arī pēdējos 5 gados katastrofas vairs netika novērotas (attēls 1.4). Kopumā vidēji par periodu no 1991. līdz 2006. gadam avio negadījumu un katastrofu projekcijā LD drošības līmenis kravu pārvadājumos ir 8 reizes sliktāks kā pasažieru. Tādā veidā ir acīmredzams, ka LD vadība kravu pārvadājumos pieprasa īpašu pieeju.



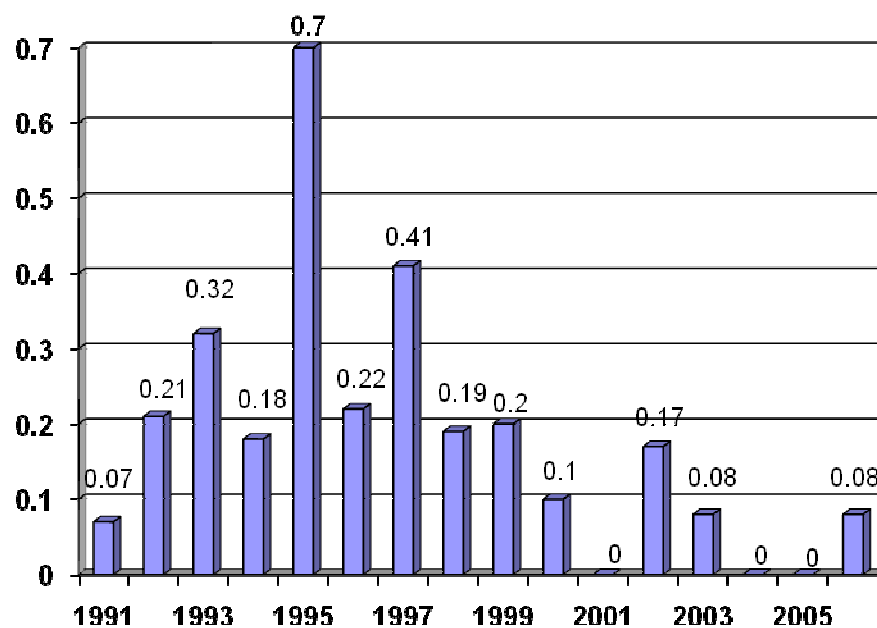
1.4.att. Parādīts aviācijas negadījumu un tajā skaitā ietilpstošais katastrofu skaits uz 1. līdz 3. klases GK 100 tūkstošiem lidojuma stundu, veicot kravu pārvadājumus Krievijā par periodu no 1991. līdz 2006.gadam.

Pēc kopējā iespaيدا iegūšanas par LD pāriesim pie bīstamo apstākļu analīzes lidojumu drošībai uz 1. līdz 3. klases GK. Pie visiem Civilajā Aviācijā veiktajiem darbiem laika periodā no 1991. līdz 2006. gadam ir notikuši 151 aviācijas negadījumi, no kuriem 45 ir katastrofas, kurās gāja bojā 1673 cilvēki. Saskaņā [18] ar aviācijas negadījumu sadalījumu pēc īpašo situāciju nelabvēlīgas attīstības sekām GK no 1. līdz 3. klasei Krievijas aviokompānijās par laika periodu no 1991. līdz 2006. gadiem ir parādīts tabulā 1.1.

## Īpašo situāciju nelabvēlīgas attīstības sekas

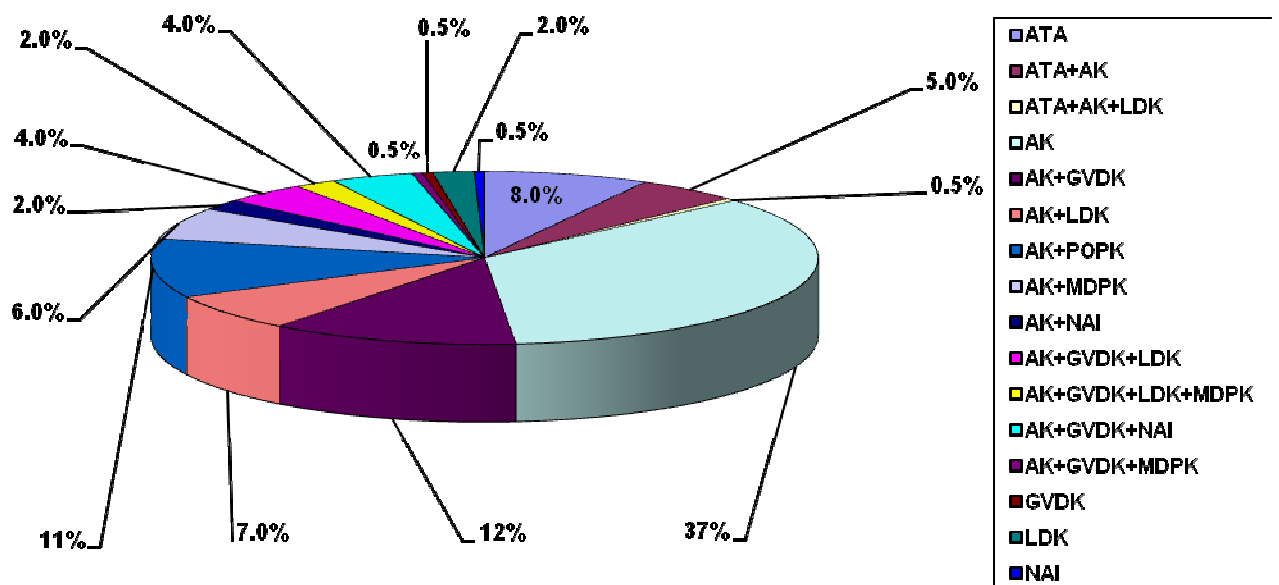
<b>Īpašo situāciju (ĪS) nelabvēlīgas attīstības sekas</b>	<b>Avio negadījumu sekas</b>
Sadursme ar šķērslī pārvietošanās laikā pa peronu	8
Sadursme ar zemi uzreiz pēc pacelšanās	3
Izbraukšana no skrejceļa ieskrējiena laikā	8
Bojājums uz skrejceļa ieskrējiena laikā	6
Piezemēšanās ārpus lidlauka	9
Sadursme ar GK lidojuma laikā	1
Sadursme ar paaugstinājumu virs jūras līmeņa	7
GK sadalīšanās gaisā	2
Lidotspējas zaudēšana lidojuma laikā	16
Sadursme ar zemi, virszemes objektiem, ūdeni	11
Nosēšanās pirms skrejceļa nosēšanās laikā	19
Bojājums nosēšanās laikā uz skrejceļa	20
Izbraukšana sānslīdē no skrejceļa nosēšanās laikā	23
Izbraukšana no skrejceļa nosēšanās laikā	13
Ugunsgrēks GK	5
<b>Kopā</b>	<b>151</b>

Tabulā 1.1. redzams, ka visvairāk aviācijas negadījumu ir notikuši, veicot GK nosēšanās darbības. Tikai nosēšanās pirms skrejceļa, iz/ieskrējiena laikā un GK izbraukšanas no skrejceļa ir notikuši 47% no visiem aviācijas negadījumiem. Nozīmīgs skaits aviācijas negadījumu ir arī sadaļā - lidot spējas zaudēšana lidojuma laikā 11%. Izskatot šos rezultātus pēc faktoru kategorijām, nonākam pie secinājuma, ka darbības, lai novērstu aviācijas negadījumus nosēšanās laikā kā Krievijā, tā arī civilajā aviācijā visā pasaulē, ir visaktuālākā.

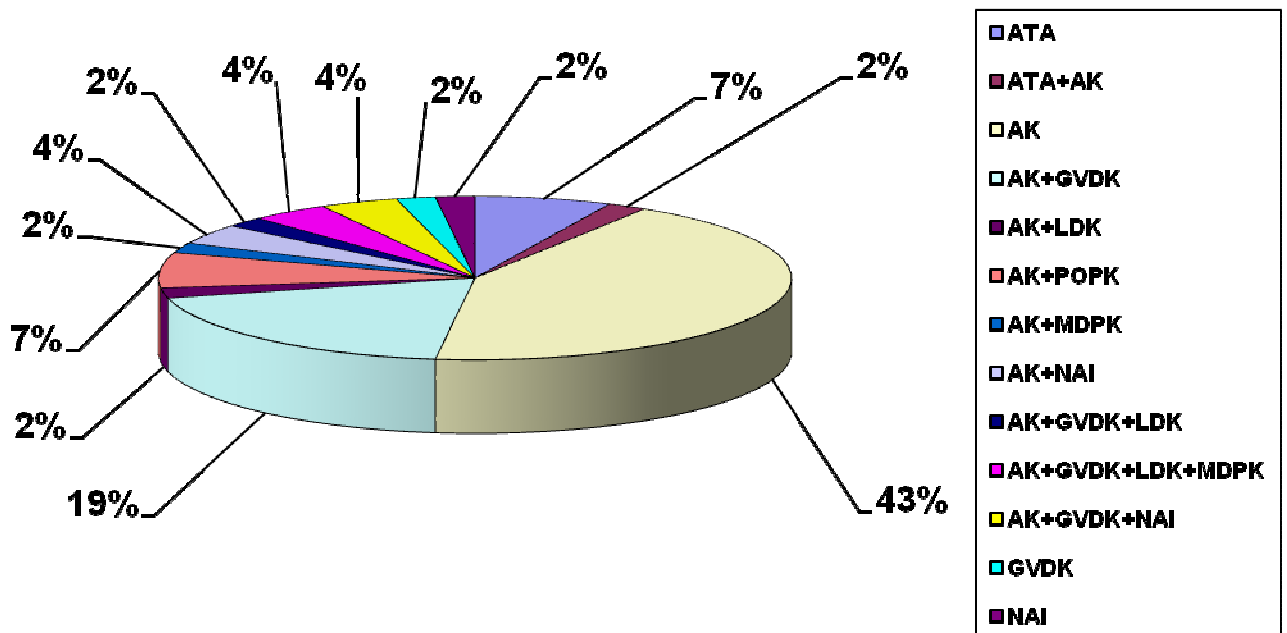


1.5.att. Aviācijas negadījumu skaits dēļ izbraukšanas no skrejceļa, no 1 līdz 3 klasei uz tūkstotis stundām Krievijas aviokompāniju vidū pēc gadiem.

Pēdējos gados nosacīts daudzums izbraukšanas gadījumu ārpus skrejceļa kas beigušies ar aviācijas negadījumiem ir samazinājušies, taču, kā redzams no attēla 1.5 kopumā tāda problēma nav novērsta. Materiālu analīze par 151 aviācijas negadījumu par GK klasēm no 1. līdz 3. liecina, ka 92% gadījumu ir notikušas dažādas aviācijas transporta sistēmas atkāpes no pieņemtajām normām, kopuma rezultātā. Attēlā 1.6. un 1.7. ir grafiski parādīts piemērs kā sadalās aviācijas negadījumi un katastrofas pēc iemesliem, veicot civilas aviācijas pasažieru pārvadājumus Krievijā laika posmā no 1991. līdz 2006.gadam.



1.6.att. Aviācijas negadījumu sadalījums pēc iemesliem veicot pasažieru civilās aviācijas pārvadājumus Krievijā laika posmā no 1991. līdz 2006.gadam.



1.7.att. Katastrofu sadalījums pēc iemesliem veicot pasažieru civilās aviācijas pārvadājumus Krievijā laika posmā no 1991. līdz 2006.gadam.

kur Aviācijas tehnikas atteikums – ATA

Apkalpes kļūdas un pārkāpumi – EK

Lidlauka dienestu kļūdas un pārkāpumi – LDK

Gaisa vadības dispečeru kļūdas un pārkāpumi – GVDK

Pārvadājumu organizācijas personāla kļūdas – POPK

Meteroloģisko dienestu personāla kļūdas un pārkāpumi – MDPK

Nelabvēlīga ārējā ietekme – NĀI

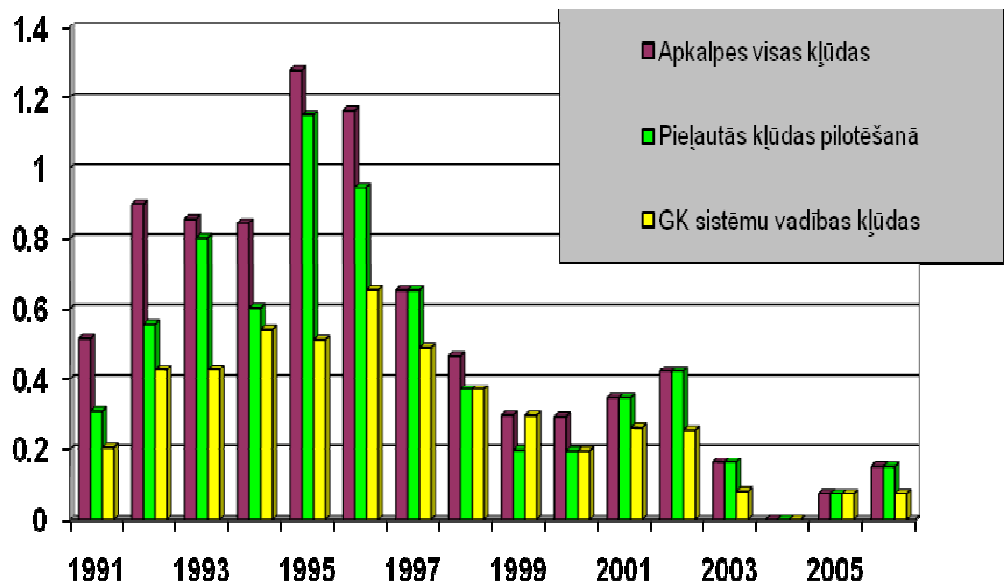
Iemesls nav zināms – INZ

No augstāk parādītajiem datiem ir redzams, ka aviācijas negadījumu daļa, kas saistīta ar dažādu faktoru mijiedarbību kopumu ir sekojoša:

- Tehnikas atteikums 13,5%
- Apkalpes kļūdas un pārkāpumi 89%
- Dispečeru darbā pieļautās kļūdas 21%
- Lidlauka dienestu kļūdas un pārkāpumi 13,5%
- Meteroloģisko dienestu personāla kļūdas un pārkāpumi 6%

Lielāka procentu summa ir izskaidrojama ar to, ka atsevišķi aviācijas negadījuma faktori parādās kopā ar citiem aviācijas transporta sistēmas elementiem. Tā, piemēram, apkalpes kļūdas parādās kopā vēl ar 10 citu dienestu pieļautām kļūdām. Pie tam rindā aviācijas negadījumu ir konstatēts, ka pie tāda rezultāta ir novedusi vesela virkne apkalpes kļūdu un pārkāpumu (lidojuma parametru neturēšana, nepareizu GK sistēmu izmantošana, kļūdas navigācijā). Kā redzams no šiem datiem, kļūdas un apkalpes darbības pārkāpumi kopā ar citu aviācijas sistēmu elementu kopumu ir noveduši pie lielākā skaita aviācijas negadījumu.

Apkalpes pieļauto kļūdu un pārkāpumu dēļ to darbībās 1. līdz 3. GK klasēm laika periodā no 1991. līdz 2006.gadam notika 134 aviācijas negadījumi (89% dotajā GK klasē), no kuriem 40 bija katastrofas. Noteiktā skaitā gadījumu tas notika kopā ar aprīkojuma (tehnikas) darbības atteikumiem, dispečeru kļūdām, nelabvēlīgiem ārējiem apstākļiem vai visu šo apstākļu pilnu vai daļēju ietekmi kopā. Statistiskie rādītāji dotajā laika periodā, kopumā piecpadsmit gadu garumā, GK klasei no 1. līdz 3. pilnā mērā raksturo avāriju cēloņus, kuru pamatā ir ekipāžu darbība, kas ir LD tiešs apdraudējums un tādu darbību vai pasākumu komplekss, kas izslēgs vai samazinās pieļauto kļūdu apjomu palielinās LD nekavējoši. Kopā par šo periodu apkalpes lidot prasmju trūkuma vai dažādu nepilnību dēļ notika 109 aviācijas negadījumu, nepareizi darbojoties ar GK sistēmām 75 gadījumi. Daudzos gadījumos parādās abu kļūdu grupu apkopojums. Avāriju tendences salīdzinošos rādītājos var apskatīt attēlā 1.8, kur tiek apskatīti aviācijas negadījumu skaits attiecībā pret 100 tūkstošiem stundu nolidojuma.



1.8.att. Kļūdas

Dotajā attēlā parādīts, ka pēc ievērojama apkalpes pilotēšanā un GK sistēmu vadībā pieļauto kļūdu rādītāju pieaugumu līdz pat 1996.gadam novērojama rādītāju lejupslīde līdz 1999.gadam, pēc kā šī pozitīvā tendence pārtrūka laika periodā 2000. līdz 2002.gadam. Turpmāk, ar izņēmumu 2004.gadā, kad aviācijas negadījumi ar 1.-3. GK klasēm nenotika, ir vērojama zināma avāriju skaita pieauguma tendence.

Avāriju skaita statistiskā apkopošana par ilgāku laika periodu atļāva izdalīt galveno apkalpes pieļauto kļūdu iemeslus, kas parādījās, kā:

- apzināta galveno dokumentu un prasību ignorēšana;
- paaugstināta spriedze, nedrošība pie nenozīmīgu situāciju izveidošanās;
- GK kapteiņa nespēja organizēt apkalpes darbu, neuzticība pret tiem;
- sliktas pareizā lēmuma pieņemšanas prasmes;
- pārmēru liela pašpārliecinātība, necieņas izrādīšana pret pārējiem apkalpes locekļiem;
- neizpratne par parādošos ĪS un tās tālākās nelabvēlīgās attīstības tendences neizpratne (zema spēja novērtēt radušos apstākļus lidojuma laikā).

Kopumā to varētu raksturot ar zemu zināšanu līmeni, lidojošā sastāva apmācību teorētisko programmu nepietiekamību un praktisko uz trenāžieriem un gaisā, kā arī

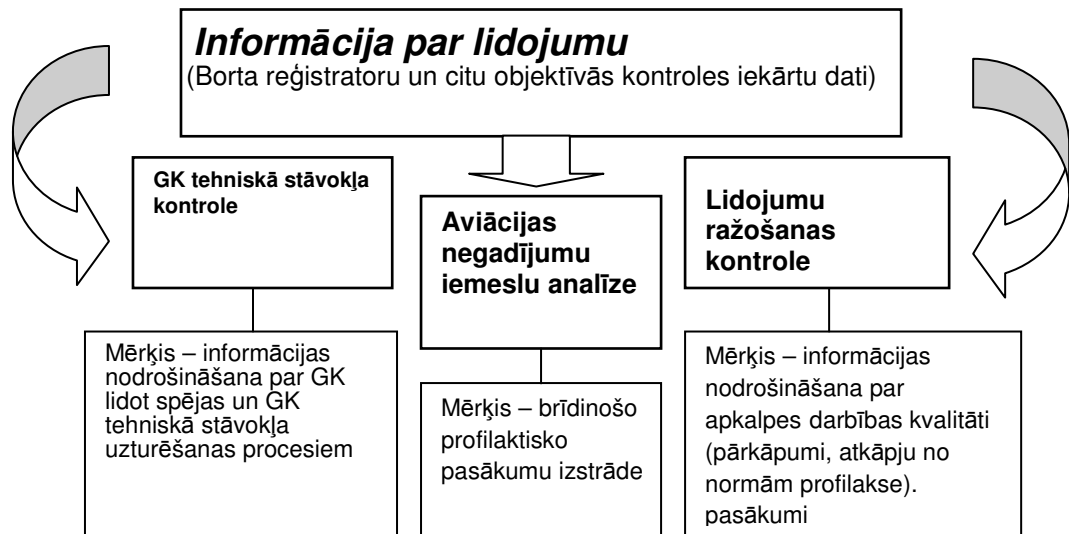
personīgajiem faktoriem [27]. Tāpēc ne tikai profesionālo apmācības, treniņa metodēm ir jāvelta paaugstināta uzmanība, bet arī lidojošā sastāva personāla atlases procesam. Tabulā 1.2 ir parādīti to apkalpes pieļauto kļūdu uzskaitījums, kas ir noveduši pie aviācijas negadījuma, nelabvēlīgu dažādu pieļauto kļūdu kopuma gan apkalpes, gan pārējo aviācijas transporta sistēmā strādājošo, kas pēc definīcijas ir LD apdraudēšanas cēloņu rašanās grupā. Vidējais faktoru skaits, kuri vienlaicīgi ietekmē vienu atsevišķu īpašo situāciju ir trīs, tāpēc atkāpju skaits ir lielāks, kā ĪS.

1.2. tabula

Cēloņi, kas apkalpes darbā izraisa draudus lidojuma drošībai civilajiem GK no 1 līdz 3 klasēm, par laika periodu no 1991. līdz 2006.gadam Krievijas Federācijā.

<b>LD ietekmējošie cēloņi</b>	<b>Skaits</b>
Rekomendējamo lidojuma parametru un ierobežojumu ievērošana	109
Apkalpes sadarbības trūkumi	123
Apkalpes un dispečeru sadarbības trūkumi	6
GK kustības pa zemi pārkāpumi	8
Lidojuma stāvokļa nepareiza novērtēšana	19
Maksimāli pieļaujamās GK masas pārsniegšana	13
GK balansēšanas noteikumu pārkāpumi	2
Izlidošana ar apledojušu GK, vai tā apledošana lidojuma laikā	4
Izlidošana ar bojātu GK	2
Nepareizas darbības, lai lokalizētu tehnikas atteikumu	10
Kļūdaina darbība ar GK vadības sistēmām	65
Noteiktās lidojuma shēmas neievērošana	21
Savlaicīgi nepieņemts lēmums par aiziešanu uz otro apli	44
Noteiktā meteoroloģiskā minimuma pārkāpumi	22
Orientācijas pazušana	2
Degvielas pilna izstrāde	9
<b>Kopā</b>	<b>459</b>

Dotā lidojumu drošības analīze Krievijas Federācijā par laika periodu no 1991. līdz 2006.gadam šajā disertācijas darbā parāda izvēlētās tēmas aktualitāti, parādot apkalpes darbībā skaitliski visbiežāk pieļautās kļūdas, kas ir interesanti jautājumā par šo kļūdu rašanās cēloņu risku analīzes. Galvenais apkalpes lidojuma laikā pieļauto kļūdu noskaidrošanas instruments ir objektīvās kontroles iekārtas. Lidojuma kontroles koncepcija, saskaņā ar ICAO, ir parādīta attēlā 1.9.



1.9.att. Lidojuma kontroles koncepcija

Dotās sadaļas noslēgumā vēlētos atzīmēt, ka, lai pieņemtu proaktīvas stratēģijas ieviešanas iespējamību LD nodrošināšanā, ir nepieciešams izanalizēt jau esošās informācijas ieguves un apkopošanas sistēmu, kas realizēta KF aviokompānijās, ko mēs apskatīsim nākošajā sadaļā.

#### 1.4 Lidojumu informācijas savākšanas analīze lidsabiedrībās lidojumu drošības līmeņa celšanai

1. Viens no galvenajiem uzdevumiem LD nodrošināšanā ir lidojuma tehnikas disciplīnas uzturēšana noteiktā līmenī. Šo uzdevumu veic informācijas iegūšanas dienests (IID), kas nodarbojas ar iegūtās informācijas par lidojuma parametriem analīzi dažādos lidojuma etapos. IID efektivitāte ir saistīta vistiešākajā veidā ar izkontrolēto lidojumu skaitu ar objektīvās kontroles iekārtu palīdzību.

2. Atšifrētā lidojumu informācijas apjoma normatīvi aviokompānijās:

- uz 1. klases GK ne mazāk kā 90%;
- uz 2. klases GK ne mazāk kā 80%
- uz 3. klases GK ne mazāk kā 60%.

Lidojuma informācija tiek izmantota sekojoši:

- Nodrošinot civilajā aviācijā sistemātisku lidojumu kvalitātes kontroli tiek panākta LD paaugstināšana (ekspluatācijas noteikumu pārkāpumu noskaidrošana) un lidojošā personāla profesionālā izaugsme;
- AN un AI iemeslu noskaidrošana;
- Aviotehnikas bojājumu un atteikumu (tai skaitā arī reģistrējošās aparatūras) savlaicīga noskaidrošana ar pastāvošajām programmām un metodikām;
- Bojāta GK izlidošanas nepieļaušana;
- Aviotehnikas uzticamas darbības nodrošināšana un lidojumu efektivitātes nodrošināšana izmantojot specializētās programmas;
- Civilās aviācijas GK lidotspēju novērtēšana un uzturēšana.  
IID uzdevumi:
- Saņemtās lidojuma informācijas (LI) apstrāde;
- No programmām saņemto ziņojumu ticamības novērtēšana;
- Pirmatnējā analīze un tās nodošana patērētājam;
- LI apstrāde ar speciālo diagnostikas programmu palīdzību, dzinēju stāvoklis, GK aprīkojuma darboties spēja, LI informācijas savākšanas sistēmas darbība un doto rezultātu nodošana patērētājam;
- Nodaļas sastāvā esošas apakšnodaļas LI ierakstu tehnikas un cita aprīkojuma tehniskā apkalpošana;
- Kontroles aparatūras saglabāšana un profilaktiskie darbi;
- LI ierakstu aparatūras tehnisko apkopju organizācija;
- Citi uzdevumi saistīti ar ražošanas procesu.

LI analīze ļauj saņemt objektīvu informāciju par lidojuma režīmiem un GK atrašanos telpā, ekipāžu darbībām un kontrolējamo sistēmu darbību, kas nodrošina:

- vadības un tehniskās ekspluatācijas izstrādāto un noteikto normatīvu ievērošanas kontrole;
- lidojošā personāla profesionālās sagatavotības uzlabošana;
- kontrolējamās aparatūras stāvoklis (tai skaitā atteikumu), agregātu, GK sistēmu, kā arī LI iegūšanas aparatūras tehniskais stāvoklis. Kontroles apjoms paplašinās atkarībā no borta sistēmu pilnveidošanas, virszemes LI apstrādi un izmantojamās programmatūras aptverot aizvien lielāku aparatūru un sistēmu kopumu.
- AN un AI iemeslu izmeklēšana;

- dzinēju un tā sistēmu tehniskā diagnostika;
- lidojuma tehnisko raksturojumu kontrole un uzturēšana;
- tehnisko dienestu veikto TA un reglamentu izpildes novērtējums;
- izmēģinājuma lidojumu programmas izpildes kontrole;
- treniņa lidojumu programmas izpildes kontrole;
- lidojuma laikā patērētās degvielas kontrole. [50]

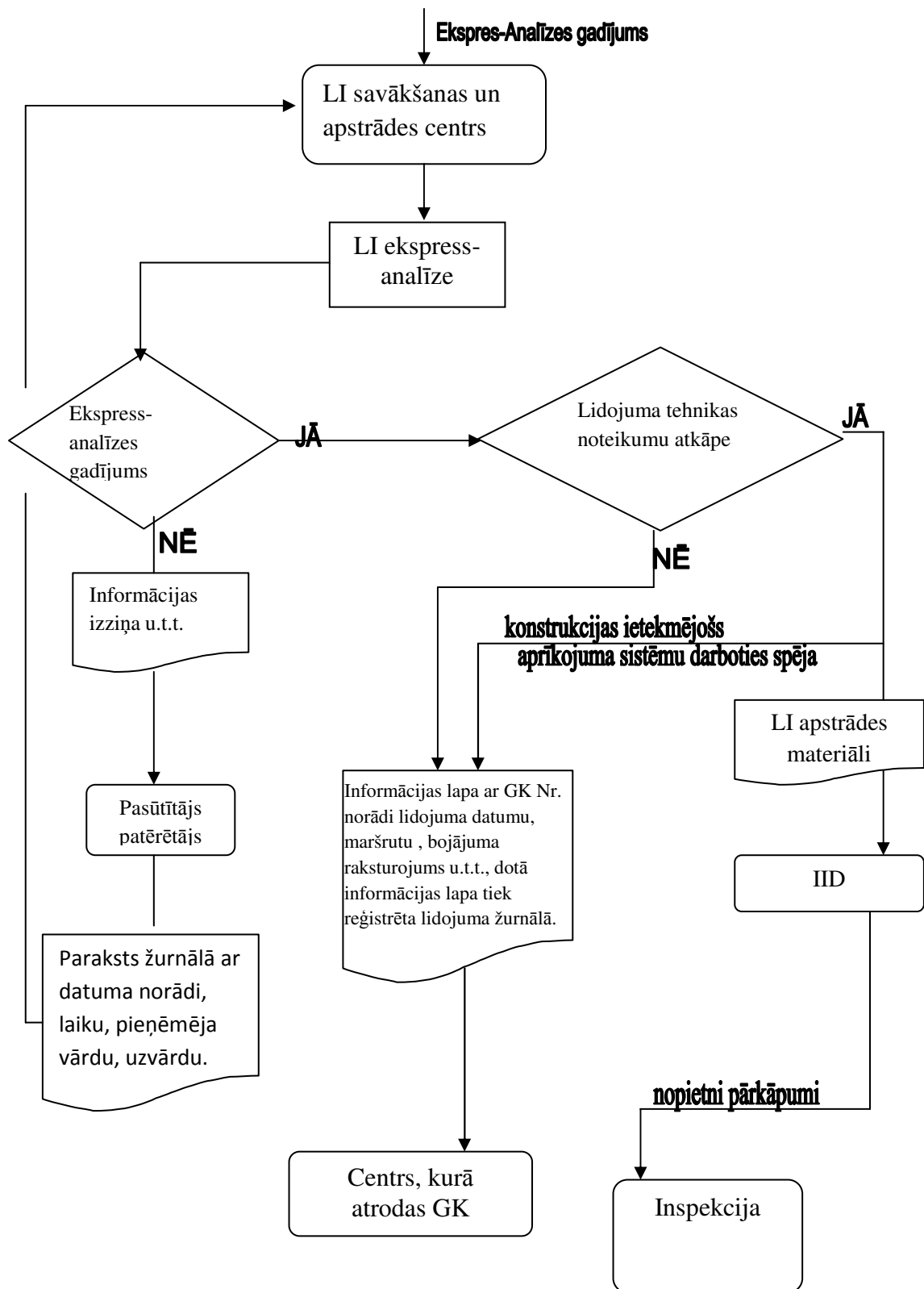
Lai nodrošinātu LD un ekipāžu stabilu darbību lidojuma laikā lidojuma informācijas apstrāde un tās turpmākā izmantošana ir galvenais faktors.

***Aviokompānijā „A” izmantotās lidojumu informācijas rezultātu izmantošana LD monitoringa un paaugstināšanas nolūkos.***

LI atšifrēšanas sākuma etaps ir Ekspres-analīze. Ekspres-analīze – viens no LI apstrādes veidiem, paredzēts veikt analogisku parametru automātisku analīzi, bināru signālu un dienesta informācijas apstrādi lai novērtētu AT režīmu ekspluatācijas darboties spēju (tai skaitā lidojuma parametru), kā likums no lidojuma beigu perioda (lidojuma sērija) līdz GK nākošā lidojuma sākšanai vai tā laikā. Ekspres-analīze galvenais LI apstrādes veids, kas nodrošina apkalpes darbību padziļinātu un objektīvu kontroli, GK atrašanās telpā novērtējumu un tā sistēmu darboties spēju novērtējumu. Ekspres-analīze ir paredzēta lai konstatētu, atrastu, fiksētu un dokumentētu notikumus, kas ir notikuši lidojuma laikā un ir nepieļaujami vai nevēlami no LD viedokļa. Kā Ekspres-analīzes izejas rezultāti var būt divu veidu informācija:

- lidojuma tehnikā un tehnikas darbībā nav atkāpju;
- lidojuma tehnikā un tehnikas darbībā ir atkāpes.

Otrajā gadījumā ir nepieciešama informācijas papildus apstrāde, ar atbilstošu programmu piesaisti. Šāds gadījums tiek nosaukts, kā Ekspres-analīzes gadījums. LI apstrādes algoritms ir parādīts attēla 1.10

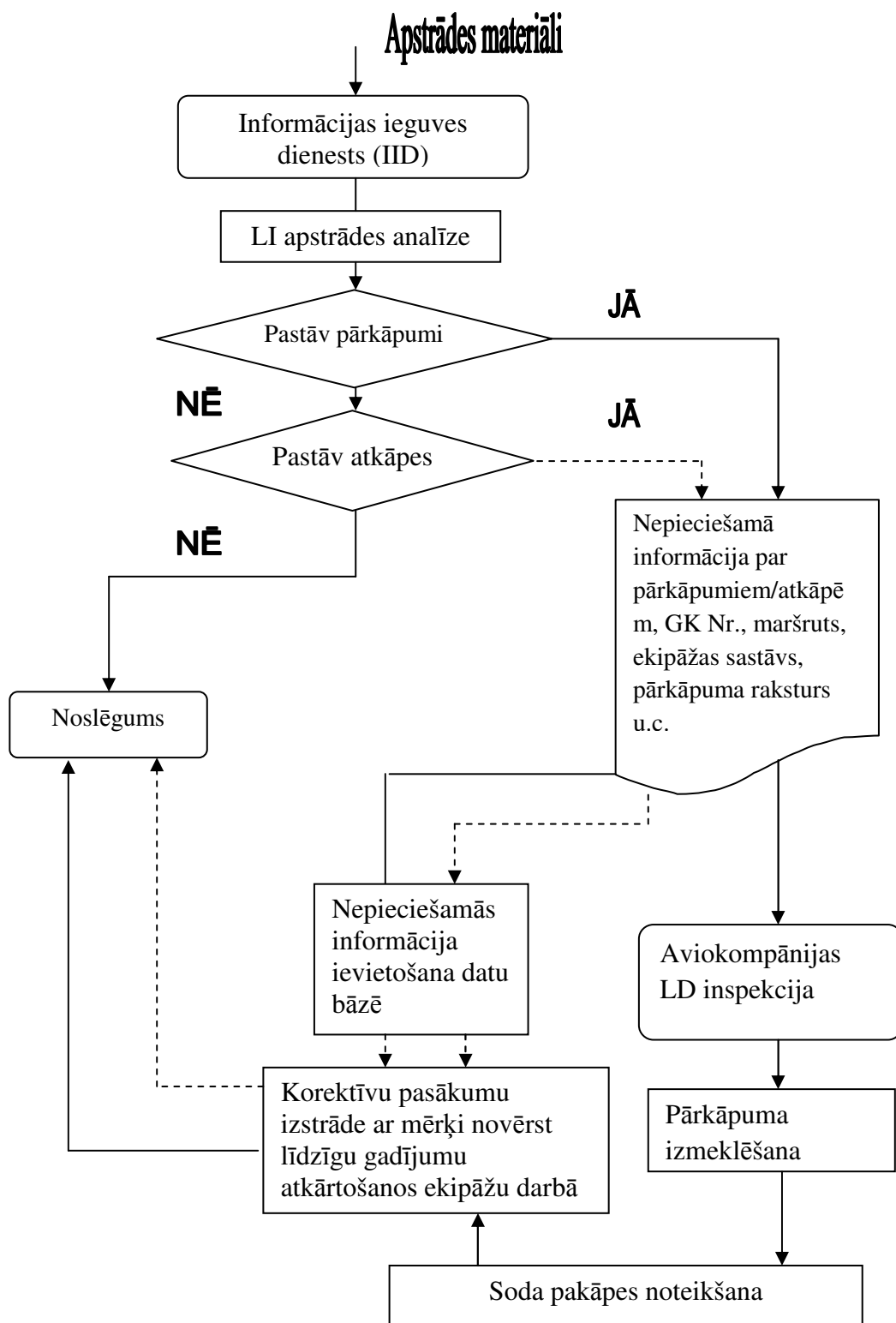


1.10.att. LI apstrādes algoritms [43]

Lidojuma dienests izmanto LI lai realizētu sekojošus mērķus:

- LD izpildes realizācija;
- Lidojuma personāla, tā komandējošā sastāva prasmju uzturēšana un uzlabošana, pirmatnējo apmācību, atkārtoto apmācību organizācija, kā arī personāla pielaišana pie darbu veidiem;
- Lidojumu metodiskā darba organizācija;
- GK apkalpes darbības sistemātiska kontrole un tās analīze.

Analizēt pārkāpumus vai atkāpes lidojumu ekspluatācijas noteikumos ir mērķtiecīgi kopā ar statistikas pielietošanu sakarā ar GK un apkalpes kontroles rezultātiem par iepriekšējo kontrolējamo periodu. Tai pašā laikā ir jānodrošina kļūdu skaita tendenču palielināšanās novēršanu. LI analīzes algoritms ir parādīts attēlā 1.11



1.11.att. LI analīzes algoritms [43]

Lai nodrošinātu nepieciešamo LD stāvokli ir nepieciešams:

- katra GK kontrole ne retāk kā reizi mēnesī;
- GK apkalpes kompleksa pārbaude tās darbības pirmajā gadā, veicot pārbaudes ne retāk kā reizi mēnesī;
- GK apkalpes, kura pieļāvusi nopietnus pārkāpumus vai kura atsāk darbu pēc ilgāka pārtraukuma, kompleksa pārbaude. [1]

Kompleksās pārbaudes ietvaros tiek pārbaudīti parametru un sarunu ieraksti. Lidojuma kvalitātes rādītāji kalpo kā pamats lai izstrādātu atbilstošus pasākumus, virzītus uz lidojumu ekspluatācijas normatīvo pārkāpumu brīdināšanas sistēmas pilnveidošanu turpmākā darbā. Tie ir jāizmanto arī kā lielisks propagandas ierocis, lai popularizētu lielisku lidojuma tehniku, novērtējot apkalpes darbību nestandarta situācijās. LI materiāli, ir jānosūta ciparu veidā uz atbilstošu organizāciju (konkrētajā gadījumā uz IID), tālāk tiek apstrādāta ar speciālo programmu WinArm32. Dotās programmas funkcionālās iespējas ļauj parādīt uz ekrāna tarēšanas grafikus, kā pa atsevišķu kontrolējamu parametru, tā arī par to kompleksu. Parādītajos grafikos var iegūt informāciju laika intervāla veidā ne tikai par visa lidojuma laikā notikušo, bet arī par katru lidojuma etapu atsevišķi. Ja tāda nepieciešamība parādās, tad ir iespēja programmēt un iegūt datus par jebkuru izvēlēto parametru jebkurā griezumā.

Katram laika nogrieznī parādītajam parametram tiek piešķirts individuāls nosaukums, kā piemēram:

- dzinēja vadīšanas roktura stāvoklis;
- barometriskais augstums;
- ģeometriskais augstums;
- tangāžas leņķis;
- mērinstrumentu ātrums;
- aizvērtņu stāvoklis;
- stabilizatoru stāvoklis;
- augstuma stūres stāvoklis u.c.

Tarēšanas grafiku izveidē tiek atzīmētas vienreizējas komandas (kā piemēram – spiediena uzstādīšana 760 mm; aizspārni izlaisti, izlaižas, ievelkas, šasijas izlaistas, izslēgtas ieslēgtas apgaismes iekārtas u.t.t.). Uz ass horizontālās līnijas tiek atzīmēts laiks. Uz vertikālās ass tiek atzīmēts katrs parametrs atsevišķi un tiek izvietoti pa kreisi no katra

izvietojuma tiešā tuvumā katram tarēšanas grafikam. Nosacītā laika ass tiek atzīmēta ar papildus atzīmēm. Piemērām pacelšanās laikā tās ir:

- ieskriešanās sākums;
- atrāviens;
- ešelons u.c.

„Otrreizējās apstrādes” rezultāti tiek pievienoti kopējai atskaitei, kas tiek nosūtīti aviokompānijas „A” inspekcijai. Lai uzskaitītu informāciju par konstatētajiem pārkāpumiem ekipāžu darbībā, aviokompānijā „A” tiek izstrādāta „Lidojumu kvalitātes rādītāji” sistēma. Tajā ir paredzēta:

- lidojuma dokumentācijas atbilstoša vadība;
- iespēja piekļūt nepieciešamajai informācijai par konstatētajiem pārkāpumiem visām atbildīgajām personām īsā laika periodā;
- automātiska lidojuma štāba statistiskās informācijas aizpildīšana.

Izskatāmā sistēma satur:

- „Ziņojums par izkontrolētajiem lidojumiem” no LK par pagājušo mēnesi un jebkuru analizējamo periodu (tabula 1.3). Informācijas glabāšana ne mazāk kā 3 gadus.

1.3.tabula

Informācija par izkontrolētajiem lidojumiem

GK tips	Lidojumu skaits	Izkontrolētie lidojumi saskaņā ar OKNS	Izkontrolēto lidojumu skaits pēc borta magnetafona	Kompleksi izkontrolēto lidojumu skaits (OKNS+ magnetafons)	Izkontrolētie lidojumi KGK kompleksi (OKNS+ magnetafons)
Kopā					

- Tabulu par „Lidojuma kvalitāti LK” par jebkuru analizējamo periodu (tabula 1.4). Datu glabāšanas laiks ne mazāk kā 5 gadi.

1.4. tabula

Lidojumu kvalitātes rādītāji par jebkuru analizējamo periodu

GK tips		Notikumi pa lidojumu etapiem					Kopā	
		Pacel- šanās	Augstuma uzņem- šana	Eše- lons	Augstuma samazinā- šana	Tuvo- šanās	Nosē- šanās	Pār- kāpumi
	Skaitis							
	Uz 1000 lidojumiem							
Ko pā	Skaitis							
	Uz 1000 lidojumiem							

Tiek sniegta īss notikuma raksturojums.

- Tabula „Nosacīto rādītāju izmaiņu tendence (uz 1000 lidojumiem) pēc LK (tabula 1.5)

1.5.tabula

Nosacīto rādītāju tendenču izmaiņas (uz 1000 lidojumiem) saskaņā ar LK.

GK tips	Notikumi pa lidojuma etapiem					Kopā		
	Pacel- šanās	Augstuma uzņem- šana	Ešelo- ns	Augstuma samazi- nāšana	Nosēšanās uzsākšana	Nosē- šanās	Pārkāpumi	Atkāpes

Salīdzinošie periodi ir:

- mēneša analīze – 3 iepriekšējie mēneši;
- kvartāla analīze – 6 iepriekšēji mēneši par pārskata periodu;
- analīze par 6, 9, 12 mēnešiem – 12 mēneši par apskatāmo periodu. [38]

Izskatāmā sistēmā ir jābūt pieejamām visām LK nodaļām, kas saistītas ar LD nodrošināšanu.

Aviouzņēmumā pastāvošā metodika par GK lidojumu tehnikas normu ievērošanu no apkalpes puses izraisa milzīgu interesi, lai nodrošinātu LD. Tā ļauj ne tikai uzskaitīt tos gadījumus, kas notikuši lidotāju nodaļās, bet analizēt arī visvairāk izplatītās kļūdas un to izraisītāju iemeslu analīzi. Taču dotā metodika satur arī pietiekami lielu trūkumu skaitu, kas, ņemot vērā to nopietnību, nevar tikt izmantotas pilnā informācijas apjomā, kas ietekmē LD.

Pie šādiem trūkumiem var pieskaitīt:

- neiespējamība kontrolēt atgriezenisko saiti (apkalpes reakcija uz aizrādījumiem un ierosinājumiem, kā arī uz savlaicīgu pieļauto kļūdu novēršanu);
- neiespējamība kļūdu un atkāpju noteikšanā vai to prognozēšanā nākotnē;
- lieli dokumentu apjoma uzkrājumi, kas noved pie atbildīgo dienestu par LD reaģēšanas ātruma samazināšanās uz jebkuru nekvalitatīvi veiktu darbu un iemeslu noteikšanu šajā sakarā.

### **1.5. Lidojumu informācijas apstrādes rezultātu pielietošanas analīze lidsabiedrībās**

Saskaņā ar pastāvošo moderno priekšstatu, ka, lai notiktu aviācijas negadījums, ir jābūt dažādu nelabvēlīgu faktoru līdzdarbībai, kur katrs atsevišķs faktors ir nepieciešams un būtisks elements, taču kā atsevišķa vienība nav pietiekams, lai radītu LD aizsargājošo sistēmu sabrukumu. Liela aprīkojuma vai personāla kļūda reti, kad ir vienīgais aizsardzību sabrukuma iemesls. Bieži šie gadījumi ir cilvēka pieņemto lēmumu sekas. Tās var būt izsauktas ekspluatācijas līmenī esošo aktīvo trūkumu dēļ vai arī tādu slēptu trūkumu dēļ, kas līdzdarbojas, lai sagrautu pastāvošo aizsardzības sistēmu. Slēptais iemesls ir tādu darbību vai lēmumu rezultāts, kas izdarīti ilgu laiku pirms negadījuma. Šo trūkumu sekas var būt nepamanītas ilgu laiku. Ja tos izskata katru atsevišķi, tad tie parasti nav bīstami, pirmkārt jau tāpēc, ka tos neuzskata par bīstamiem. Parasti neatkarīgi no izmantojamā modeļa aviācijas negadījuma izmeklēšanas, pirms negadījuma parādās tā priekšvēstneši. Bieži tie tiek konstatēti tikai retrospektīvā. Uz aviācijas negadījuma brīdi varēja eksistēt noteikti nedroši apstākļi. Lai šādus apstākļus noskaidrotu, ir nepieciešams veikt objektīvu un visaptverošu riska faktoru analīzi. Kaut gan pilnīga aviācijas negadījuma izmeklēšana ar lieliem cilvēku upuriem ir ļoti nepieciešama, tomēr šāda izmeklēšana reizēm nedod lielāko LD

nodrošināšanas efektu projekcijā. Parasti aviācijas incidentu radītie zaudējumi ir mazāki kā aviācijas negadījumu radītie zaudējumi. Līdz ar to šādiem atgadījumiem tiek pievērsta mazāka uzmanība no masu informācijas līdzekļiem. Principā šādos gadījumos apskatītās informācijas apjomam ir jābūt lielākam un būtiskākam (piemērām dzīvie liecinieki un darboties spējīgie objektīvie kontroles mehānismi). Tādējādi ir daudz lielākas iespējas noskaidrot, kāpēc šādi incidenti ir radušies, kā arī noskaidrot to, kādā veidā eksistējošās aizsardzības sistēmas nepieļāva incidenta pāraugšanu negadījumā.

Kā norādīts augstāk, aviācijas negadījumu iemesls pamatā ir cilvēka faktors un šis aspekts ir kļuvis tik aktuāls, ka beidzot ar to sākuši ļoti nopietni nodarboties. Tā, piemēram, „Lidojumu drošības vadības rokasgrāmata” (LDVR) ICAO atzīmē: „Tādā augsti tehnoloģiskā nozarē kā aviācija, problēmu galvenā risinājumu pamatā tiek pielietoti tehnoloģiski risinājumi. Tomēr aviācijas negadījumu statistika pārlicinoši apliecina faktu, ka kā minimums trīs no četriem gadījumiem ir sekas tām kļūdām, ko pieļauj ārēji veseli indivīdi ar atbilstošu kvalifikāciju. Uzdevums iespējami ātrāk ieviest jaunās tehnoloģijas bieži ir pamats tam, ka tiek aizmirsts par cilvēkiem, kuri mijiedarbojas un kuriem jāstrādā ar piedāvātajiem tehnoloģiskajiem risinājumiem. Cilvēka faktors ir viselastīgākais un adaptējamākais aviācijas sistēmas komponents, tai pašā laikā tas ir pats ietekmējamākais no ārējiem ietekmes avotiem, kas var nelabvēlīgi ietekmēt viņa darba rezultātus. Tāpēc, ir parādījusies tendence lielāko skaitu aviācijas negadījumu saistīt ar neoptimālām cilvēka darbībām un „cilvēka faktoru”. Tomēr dotais termins nevar nopietni palīdzēt LD vadības jautājumos. Lai arī tas var norādīt, kur ir noticis sistēmas pārrāvums, tas nedod atbildi uz jautājumu, kāpēc tas notika. Iniciatīvas, kas tiek izvirzītas un veiktas LD sistēmas ietvaros, kas ir virzītas uz ceļiem, lai novērstu cilvēka pieļautās kļūdas, kuras var novest pie LD apdraudējuma vai arī to seku maksimālu samazināšanu tajā gadījumā, ja kļūdas novēršana nav iespējama. Tas prasa saprast to ekspluatācijas kontekstu, kurā cilvēki pieļauj kļūdas (t.i. faktoru un apstākļu apzināšanās, kas iedarbojas uz cilvēka darba spējām tā darba vietā)”. Sakarā ar to, ka dotā problēma ir atzīta un uzstādīta, kā prioritāra uz šo dienu, vadošās aviokompānijas ir izstrādājušas savas drošības sistēmas, kas nodrošina lidojumu ekipāžu darbību lidojumu laikā, nonākot pie ievērojamiem panākumiem. Tomēr, neskatoties uz visiem rezultātiem, kas sasniegti apkalpes darba izpildes kvalitatīvā uzlabošanā, tik un tā kā galvenais faktors GK aviācijas negadījumos ir saistāms ar kļūdām lidojumu nodrošināšanas dienestu darbības sfērā. Šādu tendenci var izskaidrot ar to, ka saskaņā ar nosacītās īpašo situāciju atkārtosanos lidojuma laikā piramīdu, kas izbūvēta

saskaņā ar pasaules aviācijas dienestu darba prakses pamata, visizplatītākais ir gadījums ekipāžu lidojumu praksē un tas ir priekšvēstnesis īpašajām situācijām (ĪS).



1.12.att. Nosacītās īpašo situāciju atkārtosanos lidojuma laikā piramīda

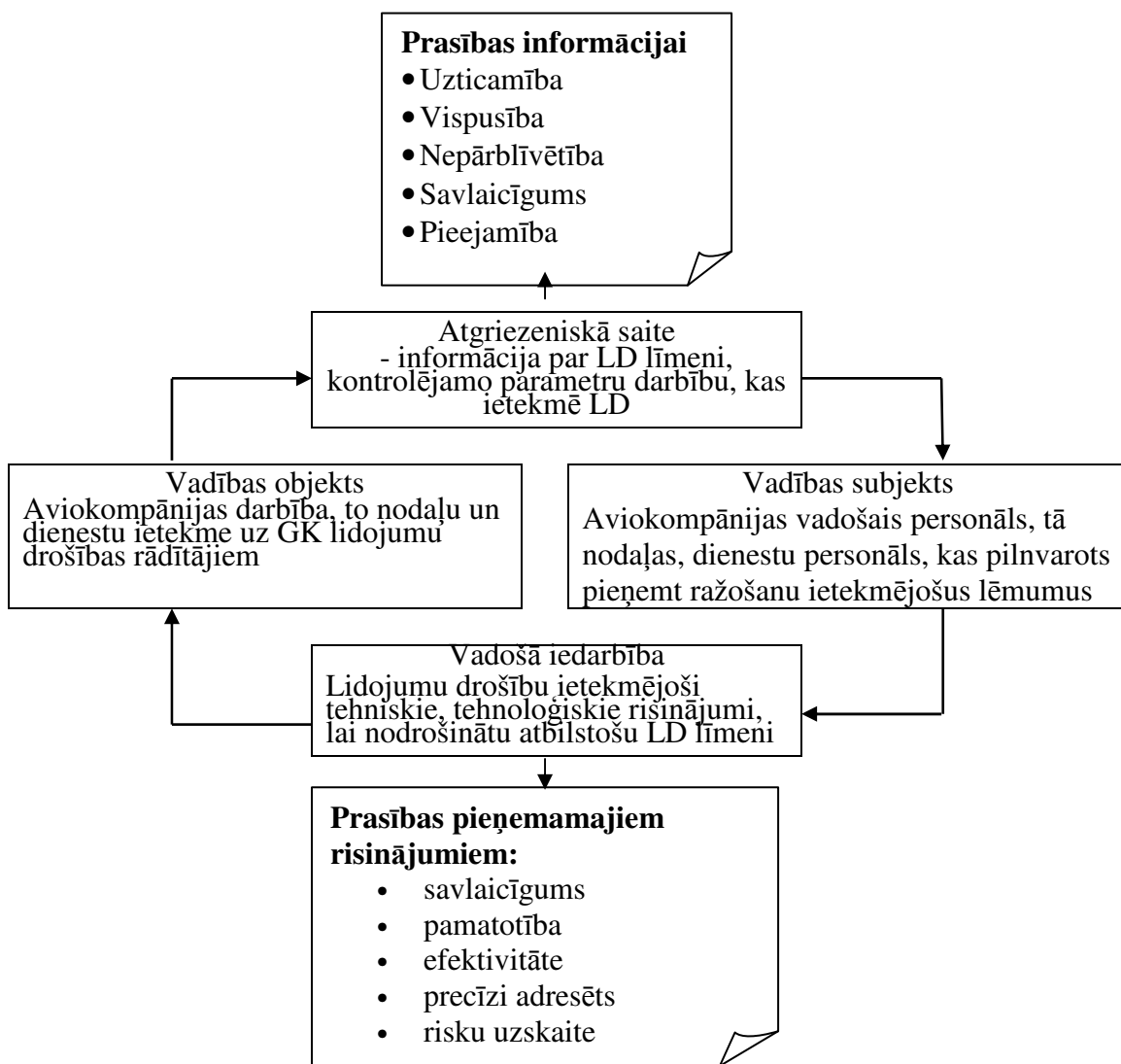
No attēla 1.12 ir redzams, ka, jo piramīdas pamats ir lielāks, jo augstāka ir iespējamība pāriet uz augstāku līmeni pie noteikta skaita līdzīga rakstura notikumiem. Tādā veidā piedāvāto modeli var izskatīt kā dinamisku. Figūru apjoms izmainās ar katru nākamo laika intervālu. Rezultātā lidojumu dienestu darbs tiek virzīts uz to, lai piramīdas figūra samazinātos, pie tam izpētot tikai vienu AN un AI nevar panākt tā kardinālu izslēgšanu turpmāk. Lai atrisinātu šo uzdevumu, ir jāanalizē visi apakšējās piramīdas līmeņa gadījumi, kas ļaus ne tikai mainīt figūras apjomu, bet arī novērst ķēdes „ĪSP-LAS-SS-AS-KS” turpmāku attīstību. Galvenais trūkums ir apstākļi, ka šīs grupas faktoru noteikšana ir visvairāk apgrūtināta, informācija par šādu gadījumu konstatēšanu pienāk tikai no brīvprātīgiem ziņotājiem. Tomēr no šāda skatupunkta nedrīkst aizmirst par otrreizējo informācijas apstrādi. Aviokompāniju rīcībā esošie tehnoloģiskie aprīkojumi ļauj konstatēt apkalpes darbībā pat vismazākās atkāpes no pastāvošiem normatīviem pilotēšanas tehnikā un citiem noteiktiem lidojuma parametriem ar nulles precizitāti. Taču parasti daudzās aviokompānijās dotā informācija netiek uzskaitīta, kas sasisstīts ar grūtībām veikt analīzi, kā arī uzglabāt lielu dokumentu apjomu, īpaši, ja tie ir papīra formātā.

No veiktās analīzes var secināt, ka apkalpes kļūdu pieļaušana lidojuma laikā ir vāji izzināta, bet daudzkārt piemērotie nesistemātiskie pasākumi nesniedz vēlamo efektu. Tādējādi AN brīdinājuma mehānisms apkalpes kļūdu (aviācijas personāla) dēļ vēl nav atrasts.

Galvenais iemesls šādām tendencēm ir nepareiza aviokompāniju vadības pieeja dotajam jautājumam. Patērējot milzīgu laika daudzumu lēmumu pieņemšanā attiecībā uz kļūdu un atkāpju noskaidrošanu, riska līmeņa un tā parādīšanās noteikšana jau nav lidojumu kompleksu speciālistu spēkos, kas savukārt ļautu:

- izvērtēt potenciāli bīstamās situācijas;
- izvērtēt bīstamības iespējamības parādīšanos kā tādu;
- izvēlēties alternatīvus risinājumus, lai samazinātu riska līmeni
- novērtēt pieņemtā lēmuma efektivitāti

Tādejādi, lai nodrošinātu efektīvu lidojumu sastāvu darbību, ir jābūt Automatizētai sistēmas vadībai (ASV), kas ļautu uzskaitīt, glabāt un analizēt lielu datu apjomu un strādāt ar visu līmeņu gadījumu hierarhiju, kas parādīti attēlā 1.12, ar izveidotā algoritma palīdzību, pie tam atbilstot noteiktajām ICAO prasībām, kas izskaidrotas LDVR (attēls 1.13).

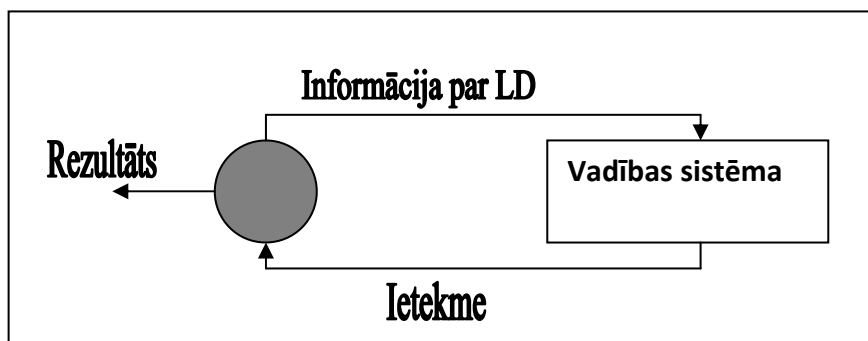


1.13.att. Funkcionālā shēma

LD nodrošināšanas vadības kvalitāte ir atkarīga ne tikai no vadības objekta īpašībām un tiek noteikta nevis, pamatojoties uz profesionālām subjekta vadības īpašībām, kas pieņem un realizē ražošanu skarošus lēmumus, bet galvenokārt atkarīga no vadības procesu informācijas nodrošināšanas kvalitātes.

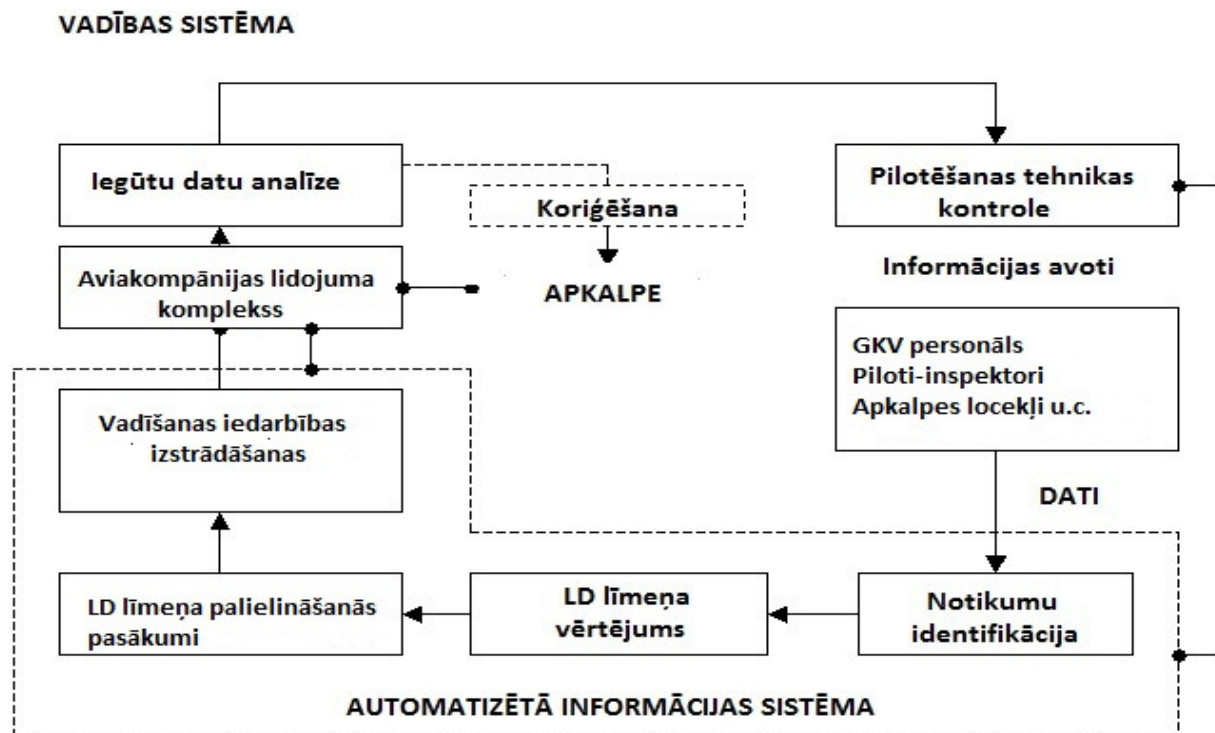
Ņemot vērā visus atzīmētos jautājumus, sistēma patiešām var kļūt par galveno instrumentu to dienestu rokās, kuru darbība ir virzīta uz LD paaugstināšanu aviokompānijās, konkrēti lidojumu kompleksu dienestos.

Galvenais lidojumu kompleksu dienestu mērķis katrai aviokompānijai ir zināma līmeņa GK lidojumu tehnikas kvalitātes sasniegšana. Tādā veidā galvenā uzmanība mērķa sasniegšanai ir jāvelta atgriezeniskās saites pilnvērtīgai darbībai starp ekipāžas locekļiem un dotās nodaļas speciālistiem. Atkarībā no saņemtās informācijas satura par LD līmeņa izmaiņām lidojumu kompleksos ir jāizstrādā atbilstoša stratēģija, lai nodrošinātu ietekmi uz izpētāmo objektu. Lidojumu drošības vadības sistēmas principiāla shēma ir parādīta attēlā 1.14.



1.14 att. Lidojumu drošības vadības sistēmas principiāla shēma

Vadības sistēma – tas ir elementu komplekss, kas saistīts cits ar citu ar ASV palīdzību. Vadības sistēmu produktivitāte kopumā ir atkarīga no katra atsevišķa elementa darbības un tā ASV caurlaidības spējām. Tādējādi galvenais sistēmas darba smaguma nesējs ir ASV, kas pats par sevi uzliek zināmas prasības tās darbam un uzticamībai. Pie tam ir jāatzīmē, ka, novērtējot aptuveno apstrādājamās informācijas apjomu, ASV sistēmai ir jāuzstāda maksimāli stingras prasības. Tajā pašā laikā tagadējais aviokompāniju tehnoloģiskais nodrošinājums pilnībā izslēdz šo jautājumu. Strukturāla shēma ir parādīta attēlā 1.15.



1.15 att. Vadības sistēmu strukturālā shēma

Kā redzams no piedāvātās shēmas, ASV aizņem galveno visas sarežģītās vadības sistēmas bloku, kas vēlreiz pasvīturo tās svarīgo lomu kopējā ražošanas procesā. Brīdī, kad tiek ievadīta informācija ASV datu bāzē, sistēma automātiskā režīmā apstrādā to atbilstoši veiktajiem uzstādījumu algoritmiem. Pēc tā uz patērētāja ekrāna parādās visa nepieciešamā informācija lēmuma pieņemšanai par vadības ietekmes izstrādāšanu. ASV ir spējīga vienlaicīgi ne tikai nodrošināt pilotēšanas kvalitātes uzturēšanu un tās paaugstināšanu lidojumu grupās un automatizēt mijiedarbību starp LD inspekciju un lidojumu kompleksiem, tā arī atrisināt problēmu, kas rodas apkalpes brīvprātīgajā ziņošanas sistēmā par pieļautajām kļūdām un atkāpēm lidojuma laikā. Tā, piemēram, jebkurš apkalpes loceklis, pieļaudams noteiktu atkāpi lidojuma laikā, vairs nav atbildīgs par tās ziņošanu lidojuma kompleksa atbildīgajam speciālistam personīgi, bet ir atbildīgs ievietot šo informāciju ASV sistēmā, pirms tam pierēģistrējoties ar unikālo piekļuves kodu, kas zināms tikai viņam. Pēc veiksmīgas reģistrācijas, jebkurš apkalpes loceklis var paziņot par tām kļūdām vai atkāpēm, kas notika lidojuma laikā un kuras pieļāva viņš personīgi, viņa kolēģis vai apkalpojošais personāls. Tālākajā informācijas apstrādes blokā ziņotāja identitāte tiek „dzēsta” (to var fiksēt tikai datu bāzes administrators), kas ļauj ātri pieņemt lēmumu par rīcību, lai dotā problēma neparādītos

atkārtoti ar tādiem pašiem vai līdzīgiem raksturojumiem, tajā pašā laikā saglabājot pilnīgu konfidencialitāti par pieļautajām kļūdām un atkāpēm lidojuma laikā. Vairākuma AN un AI gadījumu iesaistītās personas ir ar ilggadīgu pieredzi un lielu lidojumu stāžu, taču viņu darba un viņu kvalifikācijas kontroles trūkums noved pie viņu un ekipāžas pašvērtējumu un spēju kļūdīgas izveides, kā arī tendencēm vienkāršot lēmumus un apzināti neievērot pastāvošos standartus, reglamentus un parametrus ekspluatācijas kārtībā. Lai risinātu šo svarīgu dotajai nozarei uzdevumu, ir nepieciešams izskatīt pastāvošas metodikas, kas apskata un sniedz lidojuma laikā nelabvēlīgo faktoru skaitlisko novērtējumu, kā arī izskata efektīvi strādājošu sistēmu lidojumu kompleksu informācijas nodrošināšanā CA (uz rīcībā jau esošo tehnisko bāzu pamata), kas spējīgi ticami izvērtēt statistiskās izmaiņas GK pilotēšanas tehnikā.

Secinājumi:

1. Sakarā ar LD problēmu atzīšanu kā prioritāru uz šodienu, vadošās aviokompānijas izstrādā savas kontroles sistēmas, kuras kontrolēs ekipāžu darbību lidojuma laikā ar ievērojamu atšķirīgu pieejas mehānismu klāstu.
2. No nosacītās ĪS atkārtotās piramīdas analīzes redzams, ka jo piramīdas pamats ir lielāks, jo augstāka ir iespējamība pāriet uz augstāku līmeni pie noteikta skaita līdzīga rakstura notikumiem. Rezultātā lidojumu dienestu darbs tiek virzīts uz to, lai piramīdas figūra samazinātos, pie tam, izpētot tikai vienu AN un AI, nevar panākt tā kardinālu izslēgšanu turpmāk.
3. Lai atrisinātu šo uzdevumu, ir jāanalizē visi apakšējās piramīdas līmeņa gadījumi, kas ļaus ne tikai mainīt figūras apjomu, bet arī novērst ķēdes „ĪSP-LAS-SS-AS-KS” turpmāku attīstību. Galvenais trūkums ir apstākļi, ka šīs grupas faktoru noteikšana ir visvairāk apgrūtināta, par šādu gadījumu konstatēšanu informācija pienāk tikai no brīvprātīgajiem ziņotājiem.
4. No veiktās analīzes var secināt, ka apkalpes kļūdu pieļaušana lidojuma laikā ir vāji izzināta, bet daudzkreiz piemērotie skaitliskie nesistemātiskie pasākumi nedod vēlamo efektu. Tādējādi AN brīdinājuma mehānisms apkalpes kļūdu (aviācijas personāla) dēļ vēl nav atrasts.
5. Vājš posms aviokompānijās ir zinātniskas pieejas trūkums, lai kontrolētu lidojuma sastāva darba izpildi, novērtētu tā kvalifikāciju, saistītu ar lēmumu pieņemšanu par to pielaišanu pie lidojumu veikšanas.

## 2. JĒDZIENA „RISKI” PIELIETOŠANA LIDOJUMU DROŠĪBAS LĪMEŅA VADĪBAI

### 2.1. Pieņemama līmeņa riska jēdziens

Pašreizējais CA attīstības līmenis un globalizācijas problēmas LD nodrošināšanā prasa jaunu pieeju esošo problēmu risināšanā.

Kā atzīmē ICAO savā rokasgrāmatā „Lidojumu drošības vadības rokasgrāmata”: „konceptijas *pieņemams lidojuma drošības līmenis* ieviešana atbilst nepieciešamībai (papildus jau pastāvošajām drošības prasībām, izstrādātām uz normatīvo prasību ievērošanu) izmantot pieeju, kas balstīta uz drošības rādītājiem. Pieņemams drošības līmenis atspoguļo tos mērķus (vai gaidāmos rezultātus), sniegtus no uzraugošās pilnvarotās personas, ekspluatanta vai apkalpošanas pakalpojuma sniedzēja, kas ir jāsasniedz drošības jomā. No ekspluatanta/pakalpojuma piegādātāja redzes punkta raugoties, šī koncepcija uzstāda zināmu drošības mērķi, kuru ekspluatantam/pakalpojuma piegādātājam ir jāsasniedz, izpildot pamata ražošanas funkcijas, uzstādot to kā minimālo drošības līmeni, kas ir pieņemams uzraugošajam orgānam. Norādītais līmenis ir kā etalons, ar kuru salīdzinot uzraugošais orgāns var veikt salīdzinājumu LD sfērā. Pieņemamā LD līmeņa noteikšanas laikā ir jāņem vērā tādi faktori, kā, piemēram, eksistējošais riska līmenis, izdevumi/ieguvumi no sistēmas uzlabošanas un sabiedrības vēlmēm drošības jautājumos aviācijas nozarē” [26].

Starptautiskā civilās aviācijas organizācija (ICAO) atzīmē savu satraukumu par to, ka tradicionālās LD nodrošināšanas metodes var izrādīties nepietiekamas atbilstoša līmeņa sasniegšanai, sakarā ar tālāku aviācijas nozares attīstību. Sekojoši tam tiek piedāvāta jauna pieeja LD nodrošināšanas sfērā, kuras princips ir risku līmeņa noteikšana.

Terminoloģijas jaunumi LD izpratnē ir sekojoši:

Lidojuma drošība – stāvoklis, kurā risks saņemt vai sniegt zaudējumus nepārsniedz pieņemamo līmeni [8].

Drošība – stāvoklis, kurā risks saņemt vai sniegt zaudējumus nepārsniedz pieļaujamo līmeni [8].

Lidojumu drošība – stāvoklis, kurā pieņemamais risks, noteikts ar apstiprinātiem drošības standartiem ekspluatējot GK.

Savukārt risks – tas ir gadījums, negaidīts, nevēlams, nejaušs, ar sekām zaudējumu veidā. Tādā veidā „RISKS” atļauj veikt LD skaitlisko novērtējumu, pie tam mērot risku var novērot LD nodrošināšanas tendences.

Kopā ar šo, riska novērtēšana atļauj:

- noteikt potenciāli bīstamas situācijas;
- novērtēt bīstamības parādīšanās iespējamību;
- novērtēt pieņemto lēmumu efektivitāti.

Ņemot vērā, ka drošība izpaužas caur risku, tad jebkura „drošības” jēdziena izskatīšanas procesā ir jāņem vērā riska koncepciju.

ICAO savā rokasgrāmatā „Lidojumu drošības vadības rokasgrāmata” noteikusi sekojoša līmeņa riska kategorijas:

- riski ir tik augsta līmeņa, ka tie ir nepieņemami;
- riski ir tik zema līmeņa, ka ir pieņemami;
- riska līmeņi, kas atrodas starp diviem augstāk minētajiem, ir riski, kas jāizvērtē, kad ir jāatrod kompromisu starp ieguvumiem un riska līmeni.

Pie tam pašu vērtējumu par katra riska veida atbilstību, kas saistīts ar zināmu bīstamību, piedāvāts vērtēt kā ĪS iespējamību, kā arī potenciālo seku nopietnību. Visos gadījumos, kad riska līmenis neapmierina savlaicīgi noteiktos drošības parametrus, ir jāmēģina to samazināt līdz nepieciešamajam līmenim, izmantojot zināmas metodes tā samazināšanai. Ja doto riska faktoru nav iespējams samazināt līdz pieņemamam vai vēl zemākam, tad tas var tikt izskatīts kā pieļaujams šādiem nosacījumiem:

- dotais risks ir zemāks par iepriekš noteiktajām nepieņemām riska robežām;
- dotais risks bija samazināts līdz maksimāli zemākajam līmenim;
- ieguvums no piedāvātās sistēmas vai izmaiņām ir pietiekoši būtisks, lai atbalstītu šādu risku.

Pat tajos gadījumos, kad risks tiek noteikts kā pieņemams (pieļaujams), ja eksistē kādas darbības un pasākumi, kas var vēl samazināt riska līmeni un neprasa lielus ieguldījumus vai līdzekļus, tie ir jāveic.

Pats pārliecinošākais apstiprinājums problēmai drošības nodrošināšanā tādā vai citādā sistēmā ir negadījums. Tā kā drošības vadības mērķis ir samazināt negadījumu iespējamību un to radīto rezultātu sekas, to iemeslu sapratne, kas noved pie negadījumiem vai incidentiem, spēlē svarīgu lomu drošības vadības procesu izpratnē. Monitoringa programma, kas izmanto informāciju, kas tiek saņemta no GK pašrakstītājiem ir efektīvs līdzeklis GK ekspluatācijas procesā notiekošo procesu analīzes un tendenču veikšanai ar mērķi paaugstināt LD.

## **2.2 Civilas Aviācijas lidojumu drošības līmeņa novērtēšana, pielietojot jēdzienu „riski”**

### ***Risku izpētes klasifikācija***

Bieži risku izpēti sadala divos lielos blokos- risku novērtēšana un tā vadība (amerikāņu un kanādiešu pieeja). Pirmā bloka uzdevums - bīstamības identifikācija, riska raksturojums un tā salīdzināšana ar citiem riskiem ar mērķi noteikt tā pieņemamības līmeni; otra – darbības plānu izstrāde un lēmumu pieņemšana par risku kontroli un tā samazināšanu. Pie šādas risku analīzes tas tiek izvērtēts šauri kā viens no pirmā bloka etapiem – dažādu risku veidu salīdzināšana. Tajā pašā laikā metodoloģiskās shēmas nosaukums ir risku analīze vai risku novērtēšanas un vadības metodoloģija, bet riska analīzi tā visplašākajā izpratnē var traktēt kā sinonīmu riska izpētei.

Diskusijas par to, kas iekļaujas riska analīzē, risku novērtēšanā un to vadībā turpinās līdz pa šai dienai, un tas ir dabiski, jo risku izpēte ir jauns zinātnisks virziens ar vēl nepabeigtu līdz galam dzimšanas stadiju. Augstāk aprakstītā metodoloģiskā shēma ir neprecīza, kā minimums, divu iemeslu dēļ. „, Procedūru analīze ir organiska jebkura zinātnes izpētes sastāvdaļa un bieži veido tā pirmo sadaļu, kad interesents pāriet no kopējā objekta izpētes līdz objekta padziļinātai izpētei.

No tā seko un mēs varam pārliecināties, ka analīze ir tikai daļa izpētes. Arī vērtējums ir tikai daļa no ekspertu un/vai formālas analīzes.

Tieši tāpēc tiek piedāvāts sadalīt riska izpēti riska analīzē un riska vadībā. Riska analīze paredz dažādas izpētes fāzes, lai identificētu dažādus draudus un bīstamas situācijas, to skaitliskās un kvalitatīvās īpašības dažādu risku veidiem, to salīdzināšanu, piekļuves un pieļaujamības līmeņa noteikšanu, sistematizācijas, klasifikācijas problēmas un citu uzdevumu grupas, kuru atrisinājumi, piemērojot analītiskas metodes, ļaus nodrošināt risku vadībai nepieciešamos informatīvos procesus.

### ***Risku vadības metodoloģija***

Ar „risku vadību” saprotam optimālu izdevumu sadali dažādu risku veidu samazināšanai, saprotot, ka darbojamies ierobežotu ekonomisku resursu apstākļos, taču, nodrošinot tādu cilvēku un apkārtējās vides drošības līmeni, kas ir sasniedzams dotajā sociālā un ekonomiskajā vidē. Lai realizētu tādu uzdevumu, kā metodiskais aparāts darbosies sistēmas analīze. Praktiskajā darbībā tiks izmantoti vienkāršoti sistēmas analīzes varianti, pazīstami zinātniskajā literatūrā kā „efektīvo tēriņu, lai samazinātu riskus” metode, metode „izdevumi-ieguvumi” un metode „galējo izdevumu optimizācija”. [31]

Tā arī ir korekta uzdevuma izvirzīšana risku vadībā sociāli ekonomiskajā sistēmā, kur vadošie parametri ir izdevumu apjoms (precīzāk, to daļas no kopējiem ekonomiskajiem resursiem) dažādu risku samazināšanai. Šā uzdevuma atrisinājumam ir jāsniedz atbildi uz jautājumu par to, kāds risks tādā vai savādākā nozarē ir pārmērīgs, bet kāds pieņemams.

### ***Civilajā aviācijā pielietotie risku jēdzieni***

Var atzīmēt, ka aviācijas nozarē LD nodrošināšanas ideoloģijā notiek pāreja no jēdziena „uzticams” izpratnes uz jēdziena „riskā situācija” izpratni, īpaši, izvērtējot iespējamus draudus GK veicot nosēšanos, kas rada ĪS. Tā tika noformulētas koncepcijas programmām CFIT, ALAR [38], kuras tagad ir pieņemtas kā LD nodrošināšanas ideoloģiskā bāze. Tai pašā laikā ir jāatzīmē, ka LD teoriju unifikācija ICAO riska modeļu ietvaros vēl nav pieejama sekojošu iemeslu dēļ:

1. Pastāv nenoteiktība risku jēdzienos un modeļos, kad tiek izskatīts, kurā jomā tie tiks piemēroti (finanses, ekoloģija, tehnika u.c.). Plānotās jomas pazīmes tiek kļūdaini pieņemtas kā pamats jauna riska modeļa veidošanai.[23]
2. No kopējās dabas parādību matemātiskās formalizācijas un nejaušu procesu teorijas pastāv iespēja norobežoties, kā piedāvāts zemāk, tikai ar diviem riska modeļiem vai formulām, atkarībā no nejaušības līmeņa izpētāmās parādības nenoteiktības pakāpes. Vēl vairāk, var apgalvot, ka kopējās pieejas rāmjos neparādās nekādas problēmas risku un drošības līmeņu noteikšanas sistēmās, pamatojoties uz dažu savstarpēji saistītu dažādu sistēmu mijiedarbību.[82]
3. Formāla uzticamības teorijas metožu izplatība uz bīstamo parādību novērtēšanu, kas rodas pie sistēmu atteikumiem, nedod apmierinošus rezultātus un viennozīmīgas atbildes uz jautājumiem par katastrofu izraisīšanās iemesliem kā reti iespējamiem notikumiem.[59]

### ***Riska fiziskā jēga***

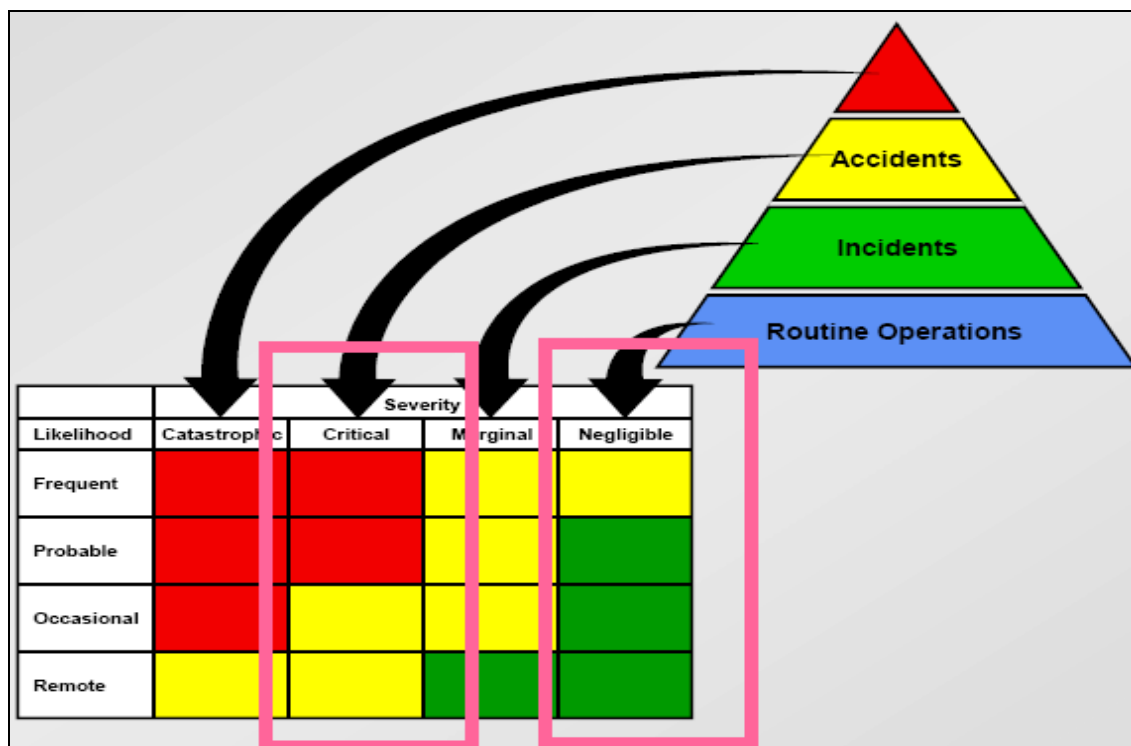
Risks – tā ir bīstamība ar neskaidri noteiktu bīstamības līmeni vai draudiem ar nenoteiktiem rezultātiem un nelabvēlīgu seku pieredzi. No ekonomiskā skatupunkta risks kā fiziska kategorija būtu jānovērtē caur divpakāpju rādītājiem: negatīvu rezultātu parādīšanās iespējamības mērs (riskā līmenis) un seku vai zaudējumu apmēra mēru (riskā cena un lielums).

Fizisku riska jēgu var parādīt ar matricas palīdzību:

Klase \ Kategorija	1	2	3	4	5
<b>A</b>					
<b>B</b>					
<b>C</b>					
<b>D</b>					
<b>E</b>					

2.1.att. Riska matrica [6]

Kategorija tiek izvēlēta atkarībā no kontrolējamajiem parametriem konkrētā struktūras nodaļā (nolidojuma stundas, reisu skaits). Katra aviokompānija, tās speciālisti, kuri jau ir uzsākuši risku izvērtēšanu, nosaka priekš sevis svarīgākās prioritātes „riskas zonas”, lai izzinātu un noturētu tās atbilstošā līmenī. Kā visievērojamāku metodoloģiju autors uzskata amerikāņu aviokompānijas Northwest Airlines LD sektora darbinieka Kriss Glaser piedāvāto, kuras jēga ir apstākļi, ka aviokompānijas speciālisti savu uzmanību koncentrē gan uz notikumiem, kas visbiežāk atkārtojas, gan uz vidēji aprēķinātu seku un atkārtošanās biežumu notikumiem. Dotā pieeja vēlreiz akcentē nepieciešamību kontrolēt atkāpes aviokompānijās ar mērķi novērst nopietnākus nelabvēlīgos apstākļus. Shematiski apskatāmā metodika ir parādīta attēlā 2.2.



2.2.att.Risku klasifikācija „Northwest Airlines” [6].

Bīstamās situācijās ar rezultātu tuvu nullei ir pieļaujams novērtēt riskus, tikai pamatojoties uz mērvienību – iespējamais zaudējums. Tas nav pietiekami konstruktīvi, taču atspoguļo nepieciešamo praktisko rīcību, izvērtējot riskus, izejot no iespējamajiem zaudējumiem, veicot apdrošināšanu vai novērtējot katastrofas sekas.

### *Riska matemātiskais modelis*

Risks – tas ir neplānots (nenoteikts) diskrets notikums, kura iestāšanās nes līdzīgu nevēlamas sekas vai zaudējumu  $H_R$ . Risks  $R$  kā matemātiska kategorija ir jānosaka ne mazāk kā caur divpakāpju rādītāju  $R$  un ir jāsaturo zināmu apjomu  $\mu$  vai arī riska pakāpes apjomu  $H_R$ , tas ir, tam ir jāiegūst formulas veids:

$$R = \{\mu, H_R\}, \quad (2.1)$$

kur

$\mu$  - biežums;

$H_R$  - riska novērtējums.

Tas ir saskaņā ar zināmām rekomendācijām un standartiem [42, 18, 48].

Pielietošanas joma dotajiem lielumiem no riska teorijas ir sekojoša:

- bīstamu situāciju noskaidrošana, veicot apdrošināšanu;
- bīstamu riska faktoru kopuma noskaidrošanu, veicot ekspluatācijā augsti uzticamu sistēmu drošības pārbaudi (kosmiskas sistēmas, GK, helikopteri, jūras kuģi u.c.).
- drošības prasību pamatojums transporta sistēmu konstrukcijām, ieskaitot aviācijas sistēmas, veicot lidot spējas novērtēšanu (GK, helikopteriem, kosmosa aparātiem);
- aviācijas sistēmu drošība pret terorismu;
- lēmumu pieņemšanas pamatotība, balstoties uz riska līmeni (situācijas ar retu atkārtotānās iespējamību kas tuvojas „nullei”); papildus pie lēmumu pieņemšanas metodēm, kas balstās uz lielu skaitu dažādām hipotēzēm, ar Baiesona pieeju, koeficienta  $\beta$ -koeficienta diskontēšanas metodes vadot investīciju projektus.

Pamatojoties uz ieviestajiem lielumiem, tiek pieņemts, ka tradicionālā riska  $R$  novērtēšanai klasiskajā shēmā, novērtējot bīstamību, ir jābūt divpakāpju [5]:

$$R = (\mu_1, H_R), \quad (2.2)$$

Kur  $\mu_1$ - nejaušības lielums jeb riska pakāpe;

$H_R$  - zaudējumu novērtējums, t.i. seku nopietnība pie riska situācijas realizācijas. Kopumā ir jānorāda arī ārējās vides raksturojums un ietekme  $\sum_0$ , pie kurām risks tiek novērtēts:

$$R = (\mu_1, H_R | \sum_0), \quad (2.3)$$

Piedāvātās formulas trūkums (2.2): retu situāciju gadījumā ir jāpieņem  $\mu_1 = 0$ , tāpēc formula, (2.3) lai novērtētu riskus, atspoguļos īpašu situāciju:

$$R = (0, H_R) \text{ vai } R = (0, H_R | \sum_0), \quad (2.4)$$

Tas noved pie nepieciešamības pie  $\mu_1 = 0$  veikt riska novērtēšanu tikai pēc  $H_R \neq 0$  lieluma. Tāds stāvoklis piespiež stingrāk veikt sistēmu stāvokļa monitoringu, faktiski, tas nozīmē tādu īpašību un struktūras iespējamo procesu analīzi, kas rada iespējamo katastrofu. Kā attaisnojums tiek lietota ekspertu pieeja, lai noteiktu riska līmeni apkārtējai videi  $\sum_0$

Neskaidru lielumu un intervālu izmantošana (2.2), (2.3) principiāli neļauj pārvarēt „iespējamības mazuma” problēmu riska notikumus, bet tikai vairāk pamatot dažas ekspertu

procedūras [16]. Lai caurskatītu izskatāmās bīstamās situācijas, tiek piedāvāts trīskārša R novērtēšana R riskam (pēc Kukļeva [36, 37]):

$$R = (\mu_1, \mu_2, H_R) \text{ vai } R = (\mu_1, \mu_2, H_R | \sum_0), \quad (2.5)$$

kur  $\mu_1$  - tas pats riska līmeņa rādītājs no (2.2);

$\mu_2$  - papildus rādītājs, traktējams kā riska lielums risks 2-ā veida vai bīstamības lielums, ievietots sistēmā atkarībā no sistēmas struktūras un notikumu ķēdes īpašībām, kuras noveda pie katastrofas.

Formula (2.5) ir vairāk universāla, kā (2.3), tā kā tā ļauj izmantot divu veidu bīstamības noteikšanas metodes:  $\mu_1$  un  $\mu_2$ . Pie  $\mu = \mu_1 = 0$  (lai izskatītu augstāk minēto gadījumu) paliek tā pati divu lielumu vērtējums  $R = (0, \mu_2, H_R | \sum_0)$ , bet pēc rādītājiem  $\mu_2$ , sistēmas īpašību raksturojums, sniedzot papildus informāciju par sistēmu. Tajos gadījumos, kad ir saskatāms lielums  $\mu_1 \neq 0$  un ir atrasti rādītāji  $\mu_1 \neq 0$ ,  $\mu_2 \neq 0$ , tad ar (2.5) palīdzību uzdevumus, kas saistīti ar sistēmas drošību, var risināt uzdevumus daudz saturīgāk nekā gadījumā  $\mu_1 = 0$ . Dotajā gadījumā var daudz drošāk pieņemt lēmumus, saistītus ar riska situāciju vadību un sistēmu modernizāciju, kā šajā gadījumā  $\mu_1 \neq 0$ .

Tādā veidā zināms labums no  $\mu_2 \neq 0$  pie  $\mu_1 \neq 0$  izmantošanas ir apstākļi, ka daža netieša informācija par riska pakāpi parādās pētnieka rīcībā. Lielumu  $\mu_2$  var nosaukt par indikatīvu rādītāju bīstamiem sistēmas stāvokļiem atkarībā no tā struktūras. Šis rādītājs  $\mu_2$  pietiekami korekti tiek noteikts situācijā ar diskrētiem stāvokļiem. Uzdevums ir šāds, ka, lai atrastu pēc bīstamības pakāpes informatīvu riska novērtējumu, jāveic 2 veida  $\mu_2$  un zaudējumu novērtējumu  $H_R$ . Riska pakāpes novērtēšanai, kas piemērojama skaitliskajai kļūdu un atkāpju novērtēšanai ekipāžu darbībā lidojuma laikā  $\mu_{R1} = \mu_P = 0$ , tiek piedāvāta bīstamības pakāpe, kas apzīmēta ar nosacītu sistēmas kļūdu 2 veida riska apjomā  $\mu_{R2}$ , saistītus ar ķēdes īpašībām gadījumiem risku situācijās. Pirmajā gadījumā summa skaitliskiem atteikumiem ķēdē  $L_{K*}$  (uz atteikumu koka), ņemot vērā ķēdes garumu, tiek pieņemts riska mērs  $\mu_{R2}$  2-ā, veida lai izskatītu ķēdes. Kopējais bīstamības risks  $\mu_{R2\sum}$  tad atrodas kā

risku summa uz elementiem līdztekus notikumu ķēdei pēc veida, kas pieņemts programmā CFIT [76]:

$$\mu_{R2\Sigma(\beta)} = \sum_{i(\beta)} m_i, \quad (2.6)$$

kur  $\beta$  – notikumu ķēdes numurs no daudziem  $M_{L*}$  alternatīvu ķēdes posmu, kas noved pie katastrofas. Rodas jautājums, kuru skalu izvēlēties aprēķiniem. Ir zināma metode „risku un iespēju summa” ar atskaites risku nozīmes pēc CFIT skalas:

$$\mu_{R2\Sigma(\beta)} = \sum_i m_i + \sum_j r_j \equiv \Delta\mu_{R2}, \quad (2.7)$$

kur  $r_j$  - ekspertu „iespēju” nozīme izvairīties no bīstamības j-ā ķēdes elementā;  $\Delta_R$  – riska defekts. Kur (2.7) nozīme  $r_j$  - negatīva, kas dod riska kompensāciju uz pirmās summas samazinājuma rēķina. Rezultātā pilna summa (2.7) ar negatīvo un pozitīvo nozīmes komponentiem dos summāro risku 2-ās veida  $\mu_{R2} = \Delta_R$ . Sistēmu varēs uzskatīt par drošu, ja šis defekts nepārsniedz pieļaujamus parametrus  $\Delta_{R2*}$ :

$$\Delta\mu_{R2} \geq \Delta_{R2*}, \quad (2.8)$$

Bīstamība un risks būs vēl nozīmīgāki, jo lielāka nozīmē pie noteiktiem apstākļiem  $\Sigma_0$  vai  $\Sigma_{01}, \Sigma_{02}, \dots$  no (2.3). Šāda bīstamības vai riska nozīme jau vairs nav atkarīga no īpašību R atkārtotā biežuma. Spēle ar nestohastisko dabu ieskaitot nestohastisko vides stāvokli  $\theta$ ,  $\theta \in \Theta$  un stohāstiska lēmuma izvēli  $a \in A$  (alternatīvs) ar lēmumu noteikumu kopuma palīdzību  $d \in D$ , kas izvēlēti atkarībā no nejaušas nozīmes  $\xi \in X$  nepārtrauktā parametra  $x \in X$  iespējamības izplatības  $\xi \sim (W_\xi(x), F_\xi(x))$ , kur  $W_\xi(x)$  - iespējas izplatības blīvums,  $F_\xi(x)$  - apriori ir zināmas iespējamības izplatības funkcijas.

Spēles rezultāts ir nosacītais (uz noteikumiem  $\theta \in \Theta$ ) vidējais risks  $\tilde{R}$ :

$$\tilde{R} = \hat{R}(\theta | A, D, F_\xi(x)) \equiv f_1(\theta | A, D, F_\xi(x)), \quad (2.9)$$

kur  $A$  – lēmumu daudzums  $A = \{a_i\}$ ,  $D$  – noteikumu daudzums  $d_j \in D$ , tādu, kas palīdz  $d_j = d_j(\xi)$  pieņemt lēmumu par izvēli  $a_i \in A$ , pie  $a_i = a_i(d_j(\xi))$ .

Vidējās nozīmes panākšanas operācija nozīmē (2.9) kā matemātiskās funkcijas gaidīšanas apzīmējums no zaudējumu vai precīza finanšu zaudējumu funkcijas. Konkrēti daudz stāvokļu  $\Theta$  var būt diskrēti t.i.  $\Theta = \{\theta_j | \Sigma_0\}$ , kur  $j$  – vides stāvokļa numurs,  $\Sigma_0$  - nosacījumu komplekss nosakošs sistēmas spēli ar vidi (klimata un laika apstākļu stāvoklis). Iespējamie stāvokļi  $\theta_j \in \Theta$ , kā, piemērām, lidlauka zonā vai pie GK nosēšanās ir sekojoši:

$\theta_1$  - normāli nosēšanās apstākļi;

$\theta_2$  - slapjš skrejceļš ir atbilstošs ar augstas klases apkalpe (ar noteiktu un sertificētu „laika apstākļu minimumu”) lai veiktu nosēšanos lidlauka kategorijās III vai II – pēc ICAO);

$\theta_3$  - slapjš skrejceļš (neatbilstošs) ar labi sagatavotu apkalpe;

$\theta_4$  - zemi mākoņi (zem normas), redzamība laba, apkalpe – „norma”;

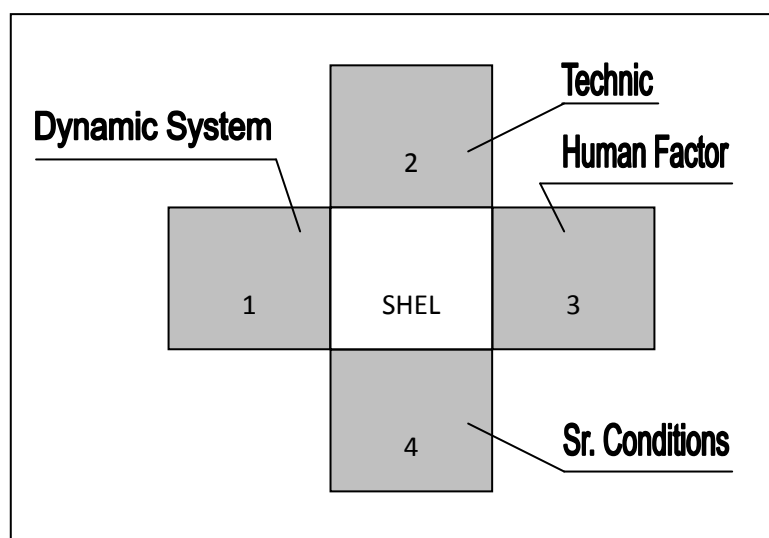
$\theta_5$  - zemi mākoņi (zem normas), redzamība laba, taču apkalpe ar zemāku sagatavotības līmeni;

$\theta_6$  - zemi mākoņi (zem normas), redzamība slikta, apkalpe – „norma”;

Risks kā bīstamība eksistē katrā apkārtējās vides stāvoklī, taču lēmums „nesēsties”, „otrs riņķis” u.c. tiek pieņemti nejauši. (2.9) ir jēga, kad no pieņemtā lēmuma  $a(\xi) \in A$  ir atkarīgs zaudējuma apmērs  $H_R(a(\xi)) = L(a(\xi) | \theta)$ , kur  $L(a(\xi) | \theta)$  - zaudējumu un precīza zaudējuma vērtējuma funkcija, līdz ar to arī “precīzs zaudējuma” punkts telpā pie nosacītā izejas tipa  $(a(\xi) | \theta)$ . Aviācijas negadījumu novēršanai paredzētajām procedūrām ir jābūt pamatotām ar potenciālo avio negadījumu risku prognozi. Kā viens no veidiem var būt piedāvāts šāds veids, kā novērst avio negadījumus uz šo darbu pamata: [62, 83, 84].

Dotā metode ir nosaukta kā meklējums „īsākais ceļš kā ātrāk nonākt pie katastrofas”, kas būvēts uz Dž. Rizona bīstamības analīzes pamata dažādās ķēdēs, kuras tiek automātiski atrastas ar datora moduļa palīdzību. Tas nodrošina katastrofas riska parādīšanās un nodrošināšanas riska vadību novērtējumu ar, piemērām, Risk Assessment Tool tabulām no ALAR Tool Kits sastāva. Bīstamības līmeņa novērtēšanas metodes, pamatotas uz Dž. Rizona īsākā ceļa vai ķēdes analīzi, kas noved pie katastrofas, tiek piedāvātas sekojošā veidā:

Tiek pieņemta SHEL koncepcijas piemērošana – interfeiss, kas nodrošina aviācijas sistēmu modeļu izveidošanu. SHEL diagramma tiek pieņemta tajā veidā, kādā ICAO ir rekomendējusi (attēls 2.3). Tiek izdalīti četri moduļi, kas atspoguļo pamata „apkalpe-GK” funkcijas: sistēmas dinamika (1); tehniskās ierīces (2); cilvēka faktors (3); ārējā vide (4). Funkciju interpretācijas piemērs moduļos uz GK piemēra konkrētai situācijai var būt sekojoši: „autopilots”; „apkalpe”; „GK, kā vadības objekta dinamiskās īpašības”; „laika apstākļi”. Uz apskatītā interfeisa pamata var radīt augstākus sarežģītības sistēmu moduļus ar to skaita palielināšanās palīdzību. Vairākumā gadījumu tas ir pietiekami.



2.3.att. SHEL diagramma [8].

Izskatāmā shēma ir nepieciešama, lai izdalītu aviācijas sistēmās tādas tās raksturojošās īpašības kā „diskrētie stāvokļi”, kuri var būt izmantoti pētniecības darbā pie notikumu ķēdes apraksta DŽ. Rizona piedāvātā tipa konkrētu situāciju funkcionēšanā un it īpaši nestandarta situācijās. Nosakot sistēmā apkopotās īpašības, kas eksistē katrā laika momentā un kas ir apkopotas kompleksā, tās sauc par „diskrēto stāvokli”  $q_i \in Q$ . Katrs stāvoklis – tā ir grupa no četriem elementiem  $a_k(i)$ , atbilstoši noteiktam modulim 1, 2, 3, 4 no SHEL interfeisa. Šādu stāvokļu nomaiņas process  $q_i \rightarrow q_j$  modelē sistēmas funkcionēšanu kā procesu pārejas stāvokļa ar likumsakarībām, kuras var tikt dotas ar grafa palīdzību (vai diagrammas). Elementu nozīme  $a_k(i)$  atspoguļo tikai divus loģiskos SHEL interfeisa stāvokļus:

0 – norma; 1 – kļūda.

Dž.Rizona ķēžu metodes piemērošana dod iespēju veikt skaitlisku bīstamības iespējas aprēķinu neizmantojot iespējamības parametru izmantošanu.

SHEL sistēmas diskretā stāvokļa izmantošanas koncepcija:

$$q_i = \{a_1(i), a_2(i), a_3(i), a_4(i)\}, \quad (2.10)$$

kur,  $a_k(i) = (0 \text{ or } 1)$  0 – „norma”, 1 – „kļūda” (atteikums),

$a_1$  - „dinamika”,  $a_2$  - „tehnika”,

$a_3$  - „cilvēka faktors”

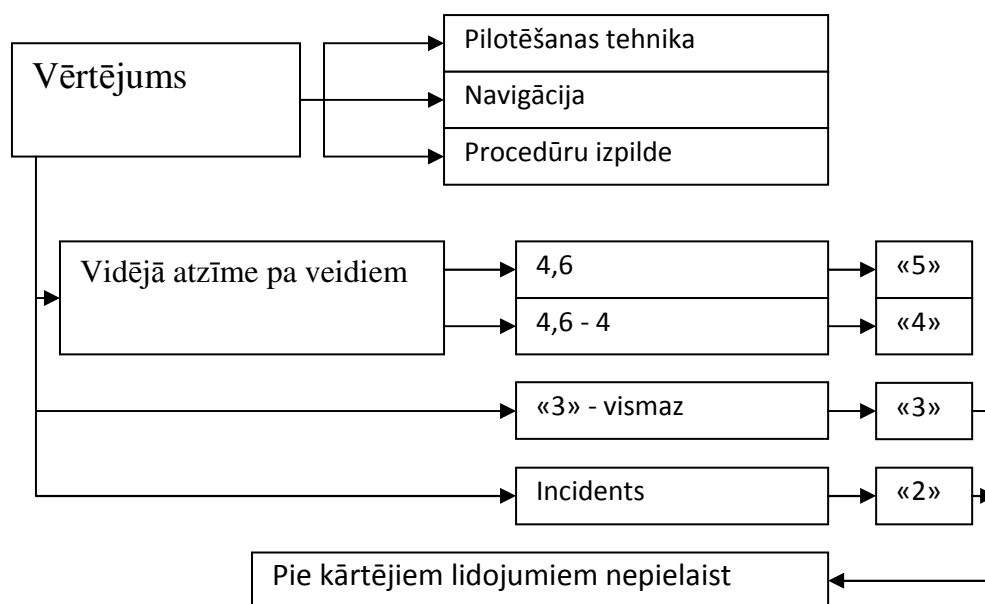
$a_4$  - „laika apstākļi”

Ideja par sistēmu modelēšanu ar diskretā stāvokļa nomaņas procesu un pārejas grafu ir zināma jau sen. Tomēr tāds modelis tradicionālajā interpretācijā caur pārejas iespējamību ir nekonstruktīva un nedod praktiski vērtīgus rezultātus katastrofu īpašību pētniecības gaitā. Tas tiek skaidrots ar to, ka katastrofas iespējamības lielumam nav nekādas praktiskā pielietojama jēgas. Dotajā piedāvājuma shēmā kā jaunums tiek vērtēts piedāvājums visu iespējamo stāvokļu kombināciju un atbilstošu ceļu (ķēžu) izstrādei, kuras noved pie katastrofas. Tas tiek panākts ar grafa sadalīšanu vairākās skaitāmās ķēdēs. Iespējamības aprēķināšana netiek veikta un nav nepieciešama, taču tā tiek analizēta no grafa iegūtās iespējamo īpašību iekļūšana sistēmā galējā katastrofas stāvokļa brīdī. Visas nepieciešamās procedūras var tikt izpildītas automātiski speciālā programmu kompleksā. Bīstamības novērtēšanas kritēriji, kas ievietoti katra stāvokļa ķēdē un kuri var novest pie katastrofas, tiek noteikti izmantojot dažādu ķēžu mijiedarbības starp „bīstami” un „nebīstami” novērtēšanas visu saņemto skaitlisko rezultātu spektrā. Pie tam tiek noteikti katastrofu notikšanas risku pakāpes un koeficienti ņemot vērā risku faktoru nozīmīgumu pa dažādām skalām.

### **2.3 Aviokompāniju pieeja notikumu riska pakāpes novērtēšanas jautājumos lidojumu drošības līmeņa vadīšanai**

*Izskatīsim aviokompāniju pieejas jautājumus, ar kuru palīdzību tiek īstenoti to mērķi LD nodrošināšanā*

*Aviokompānijā „A”* daudzu gadu garumā apkalpes darbība tika vērtēta saskaņā ar „Lidojumu izpildes kvalitātes normatīvi”. Saskaņā šiem normatīviem aviokompānijā tika izstrādāts apkalpes darba kvalitātes pārbaudes algoritms.



2.4.att. Apkalpes darba kvalitātes pārbaudes algoritms [35]

Ar augstāk parādītā (Attēls 2.4.) algoritma palīdzību tiek vērtēts:

- apkalpes pilotēšanas tehnika (tiek vērtēts katrā lidojuma etapā);
- navigācija;
- pirms izlidošanas sagatavošanās procedūras;
- kopējās lidojuma izpildes procedūras (apkalpes locekļu sadarbība, sakaru kvalitāte, pārbaužu lapu aizpilde u.c.);
- darbība pēc lidojuma (GK apskate, dokumentu aizpilde);
- procedūru izpilde (procedūru izpildes novērtēšanas algoritms ir parādīts attēlā 2.5).

Izpildīto procedūru rezultāti	Darbības (aprēķini, lēmumi) izpildītas savlaicīgi, pareizi un pilnā apjomā	5
	Pieļautas nenozīmīgas kļūdas	4
	Pieļautas kļūdas spējīgas ietekmēt pareiza lēmuma pieņemšanu	3

2.5.att. Procedūru izpildes novērtēšanas algoritms [35]

Lidojuma elementu un parametru novērtēšana tiek veikta, salīdzinot atkāpes no normatīviem, parādītiem tabulā 2.1. Pie tam tiek ņemti vērā nevis vienreizējas, bet patstāvīgi novērojamas atkāpes no noteiktajiem normatīviem. Pie pilotēšanas tehnikas novērtēšanas nelabvēlīgos laika apstākļos tiek piemērots koeficients 1,5 ja tiek ievēroti ekspluatācijas

ierobežojumi, ko nosaka ražotājs. Pilotēšanas tehnikas kvalitātes noteikšana tiek novērtēta pilnā apjomā rokas vadības posmos (vizuālais lidojums, pēc mērinstrumentiem), kontroles lidojumos, pastāvīgos lidojumos un uz trenāžieriem. Lidojumu posmos, kad tiek izmantotas GK automātiskās vadības sistēmas – saskaņā ar sadaļā „Automātiskais lidojums” 2.1. minētajiem elementiem. Rokas vai automātiskās vadības lidojumu posmu izvēli veic pilots instruktors.

2.1.tabula

Pilotēšanas tehnikas novērtējums (izvēles kārtībā) [35]

№	Pārbaudes saturs	Atzīmes		
		Pieci	Četri	Trīs
<b>1.</b>	<b>Pārvietošanās pa zemi</b>			
	Tehnika pārvietojoties pa zemi	Pārvietošanās ar sabalansētu ātrumu bez asām kustībām bremzējot, paātrinoties, veicot pagriezienus	Ne vairāk kā viens aizrādījums par pārvietošanos, bremzēšanu, pagriešanos	Pārmēru liels ātrums, asas izmaiņas dzinēju jaudās, bremzēšana, pagriezieni
<b>2</b>	<b>Pacelšanās</b>			
2.1	Virziena noturēšana ieskriešanās laikā	Pa skrejceļa asi	Atkāpe ne vairāk kā 5m no ass	Atkāpe ne vairāk kā 10m no ass
2.2	Pacelšanās ātrums km/st.	+ 10 no aprēķinātās	+15 no aprēķinātās	+15 no aprēķinātās
<b>3</b>	<b>Manevrēšana uz izeju un augstuma uzņemšana</b>			
3.1	Aizspārnu ievilkšanas augstums, m (f)	Ne mazāk kā noteikts normatīvos (lidlauka shēmā)		
3.2	Augstuma uzņemšanas ātrums km/st.	±10no uzdotā	± 15no uzdotā	±20no uzdotā
<b>4</b>	<b>Horizontālais lidojums</b>			
4.1	Augstums, m	±20 no uzdotā	±30 no uzdotā	±40 no uzdotā
4.2	Ātrums, km/st.	±10 no uzdotā	±15 no uzdotā	±20 no uzdotā
4.3	Kurss, grādi	±3° no uzdotā	±5° no uzdotā	±10° no uzdotā
<b>5</b>	<b>Augstuma samazināšana</b>			
5.1	Ātrums, km/st.	+10 -5no uzdotā	+15 -10 no uzdotā	±20no uzdotā
5.2	Kurss, grādi	±3° no uzdotā	±5° no uzdotā	±10° no uzdotā

<b>6.1</b>				
<b>Vizuālā nosēšanās uzsākšana</b>				
6.1.1	Izeja uz apgrieziena punktu nosēšanās kursam	Nosēšanās stāvokļi mehānismiem, šasijas, ātrums un uzdotais augstums	Vēlāka (taču vēl zonā) apgrieziena izpilde ar nosēšanās stāvokli	Apgrieziena izpilde nenosēšanās stāvoklī vai zemāk par pieļaujamo augstumu
6.1.2	Izeja uz nosēšanās kursu  D 2 km   augstums, m Pēc virziena, ģ	+ 10 ±20	+15 ±40	+20 -10 ±65
6.1.3	Ātruma no turība km/h	+ 10	+ 15 -5	+20 -10
6.1.4	Sānsvere pagrieziena laikā	Ne vairāk kā noteikts		
<b>6.2</b>				
<b>Nosēšanās pēc mērinstrumentiem</b>				
6.2.1	GK izvadīšana skrejceļa ietvarā  - ar reaktīvās jaudas kompensatora izmantošanu:  - bez reaktīvās jaudas kompensatora izmantošanas:	Zinātniskās ražošanas uzņēmuma 1 punkta robežās  ±3°	Zinātniskās ražošanas uzņēmuma skalas robežās  ±5°	Novirzīšanās no skalas limitiem  ±10°
6.2.2	Pilotēšana kursa zonā:  - ar reaktīvās jaudas kompensatora izmantošanu:  - bez reaktīvās jaudas kompensatora izmantošanas:	Zinātniskās ražošanas uzņēmuma loka robežās ( 1/2 iedaļas)  ±3°	Zinātniskās ražošanas uzņēmuma 2 punkta robežas (1iedaļa)  ±5°	Iziešana aiz robežām  2-ā LDVR punkta (2iedaļas)  ±10°
6.2.3	Augstuma samazināšanas glisādes noturība:  - ar gāzes sadales mehānisma izmantošanu:  - bez gāzes sadales mehānisma izmantošanas:	Zinātniskās ražošanas uzņēmuma loka robežās (1/2 iedaļas)  Nav zem augstuma samazināšanās minimuma atkarībā no attāluma līdz skrejceļam	Zinātniskās ražošanas uzņēmuma otrā punkta robežās(1iedaļa)  Zem augstuma minimuma, instruktora labojums	Zinātniskās ražošanas uzņēmuma iziešana ārpus 2 punkta (2iedaļas)
6.2.4	Ātruma noturība, km/st.	+ 10 +15 -5	+20 -10	

7	Nosēšanās			
7.1	Aprēķins, m:	150- 600m robežās no skrejceļa sākšanās	1 00 -150 un 600-800m robežās no skrejceļa sākšanās	0 -100m un>800m robežās no skrejceļa sākšanās
7.2	Tangāža, grādi:	Pieļaujamo leņķu diapazona robežās		Nosēšanās uz “trīs punktiem”
7.3	Nosēšanās raksturs	Nosēšanās ar nobīdes leņķi ne vairāk par pieļaujamo uz balsta šasijām ar pārslodzi līdz 1,5 vienībām bez atrašanās no skrejceļa	Nosēšanās uz balsta šasijām ar pareizu GK horizontālo stāvokli vai ar atrašanos no skrejceļa, ar pārslodzi 1,51-1.7	Nosēšanās ar nepareizu GK horizontālo stāvokli vai ar atkārtotu atrašanos no skrejceļa, ar pārslodzi 1.71 līdz maksimāli pieļaujamajam normatīvam

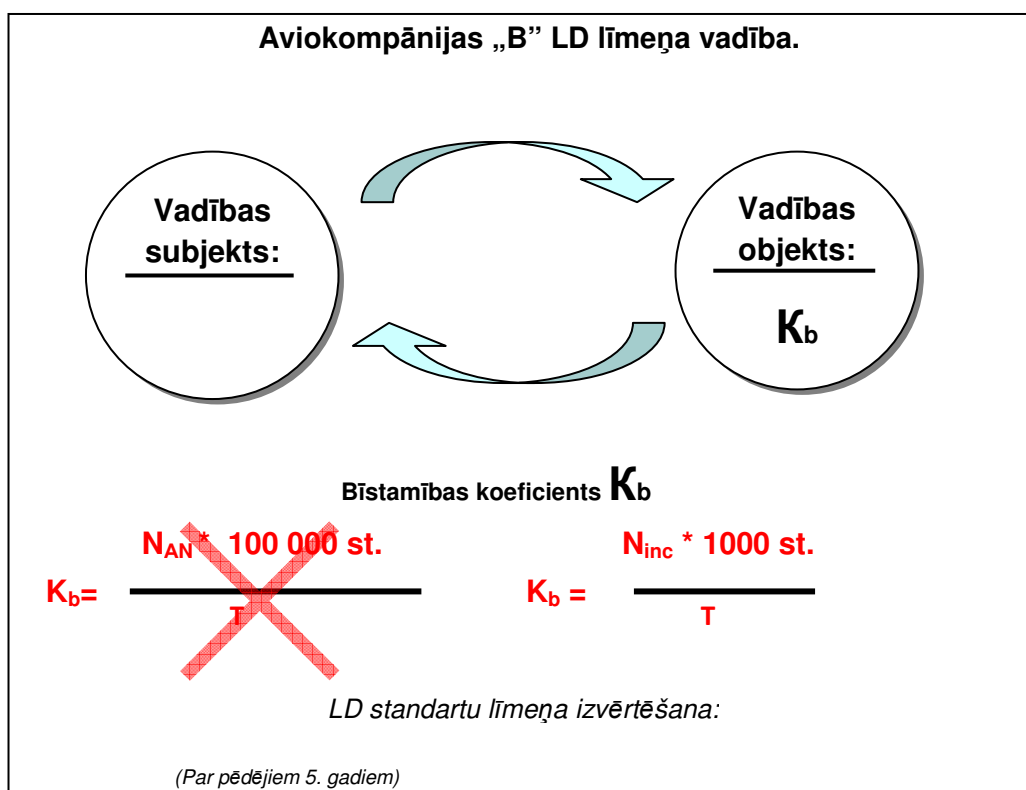
Apkalpes darba kvalitātes kontrole tiek nodrošināta, balstoties uz objektīvās kontroles aprīkojuma atšifrējuma rezultātiem, informācijas no dispečeriem un/vai pilotiem instruktoriem. Atkarībā no saņemtajiem rezultātiem lidotāju kompleksa speciālisti pieņem lēmumu par ekipāžas lidošanas atļaujas pagarināšanu. Šādas metodikas galvenā priekšrocība ir – sistēmas pieeja ekipāžu darba kvalitātes pārbaudēm, kas atļauj kontrolēt katru no ekipāžas locekļiem atsevišķi, vienlaicīgi nodrošinot to profesionālās kvalifikācijas izaugsmi. Pielietotās metodikas izmantošana aviokompānijā „A” tās speciālistiem ļāva būtiski palielināt lidojumu drošību kompānijā. Pie galvenajām izvēlētās stratēģijas priekšrocībām ir jāmin, ka ir iespēja veikt ekipāžu darba kvalitātes kontroli katrā lidojuma etapā. Tomēr, neskatoties uz visām dotās metodikas priekšrocībām, tā satur vienu nopietnu trūkumu, kas izpaužas tādā veidā, ka vienlaikus ar skaitliskās kvalitātes novērtēšanu, lidotāju kompleksa speciālisti neņem vērā un neaprēķina nelabvēlīgu notikumu rašanās iespējas kā tādas, gan ļoti bīstamas, gan tādas, kas neizraisa acīmredzamu bīstamību. Tas ir, LD nodrošināšanas sistēmā, pamatotai tikai uz dotās metodikas piemērošanu, aviokompānijā tiek veidotas tikai kopējās analīzes tāda vai savādāka negadījuma iespējamībai, kas liek saprast galvenos darbības virzienus ar ekipāžām. Turpinot darboties tikai ar lielapjoma atkāpēm, lidotāju kompleksi riskē izlaist no skatupunkta tuvojošos draudus, precīzāk, lidojumu ar atkāpēm no vadības un ekspluatācijas noteiktajiem parametriem, kas var novest pie katastrofas.

**Tagad izskatīsim pavisam savādāku pieeju LD nodrošināšanas jautājumiem, kādus izmanto aviokompānija „B”**

Nozīmīga priekšrocība dotās aviokompānijas speciālistu piedāvātās LD nodrošināšanas sistēmas tehnoloģijā ir pāreja uz nelabvēlīgo faktoru bīstamības koeficienta izvērtēšanu atkarībā no incidentu skaita, nevis aviācijas negadījumu skaita, kā tas bija pieņemts darīt agrāk. Kopējā pieeja dotai problēmai ir parādīta attēlā 2.6.

Tas ir, LD sistēmā, kas bāzēta tikai uz šīs metodes, aviokompānijās tiek veikta tikai vispārējā analīze par notikumu varbūtību, kas padara neiespējamu noteikt galvenos virzienus darbā ar apkalpi. Turpinot darboties tikai ar lielapjoma atkāpēm, lidotāju kompleksi riskē izlaist no skatupunkta tuvojos draudus, precīzāk, lidojumu ar atkāpēm no vadības un ekspluatācijas noteiktajiem parametriem, kas var novest pie katastrofas.

Ievērojama priekšrocība LD tehnoloģiju vadībā, kuru ieteica speciālisti no aviokompānijas, ir pāreja pie nelabvēlīgo riska faktoru koeficienta vērtējuma atkarībā no incidentu skaita, nevis aviācijas negadījumu skaita, kā tika pieņemts agrāk. Vispārējā pieeja problēmai parādīta 2.6. attēlā.



2.6. att. Aviokompānijas „B” LD līmeņa vadība. [52]

Aviokompānijas „B” LD līmeņa vadība notiek pēc 2.1. nevienlīdzības.

$$\Delta N_{\text{norm.min}} = \Delta N_{\text{fakt}} = \Delta N_{\text{norm.max}}, \quad (2.11)$$

Tādā veidā LD vadības politika izpaužas faktisko kontrolēto noviržu parametru uzturēšanā normu ietvaros, balstoties uz normatīvo dokumentāciju. Aviokompānijas vadības uzstādītais uzdevums ir risināt bīstamības koeficienta uzturēšanu dotajā intervālā, kura vērtību nosaka, izmantojot šādu formulu:

$$K_b = \frac{N_{an}}{T} * 100000 \text{ st.}, \quad (2.12)$$

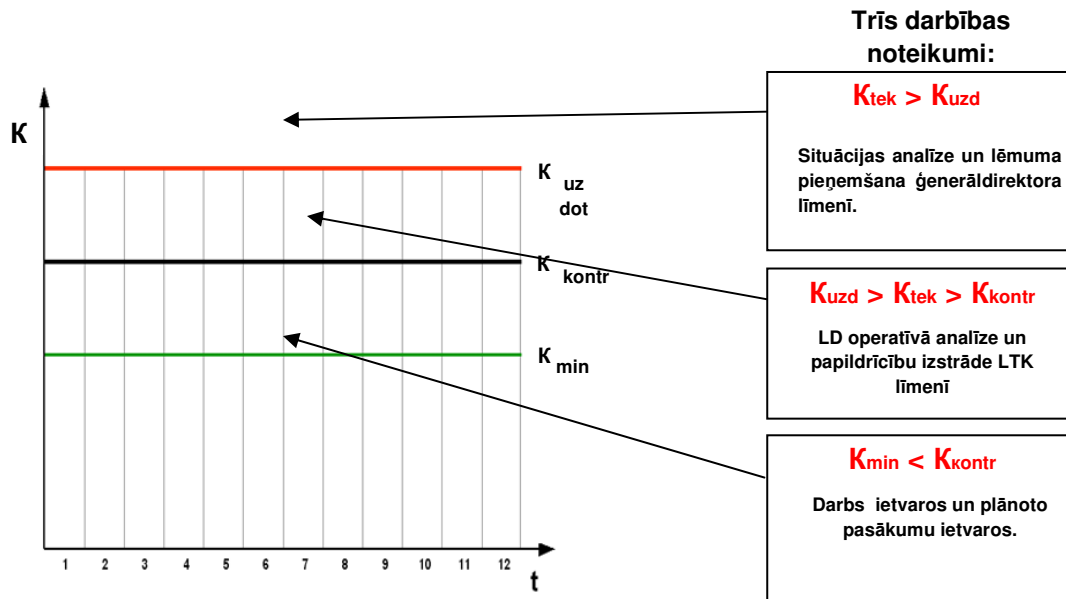
Tomēr, ņemot vērā LD aviokompānijas līmeni, vadība secināja, ka, lai sasniegtu ekipāžas augstu darba kvalitāti, darba metodēs jānodrošina stingrākas prasības:

$$K_b = \frac{N_i}{T} * 1000 \text{ st.}, \quad (2.13)$$

Nākamajā posmā lidojuma kompleksu speciālisti piešķir „lidojumu drošības līmeņus”.

Att. 2.7. parādīta „lidojumu drošības līmeņu” shēma. Koeficienta briesmu atkarība no laika ir sadalīta trīs daļās, kuras nosaka noteiktu, kontrolētu un minimālo koeficientu.

## LD līmeņu noteikšana



2.7. att. LD līmeņu noteikšana [52]

Noteikti un kontrolētie LD līmeņa koeficienti tiek noteikti pēc formulas 2.14. un 2.15.

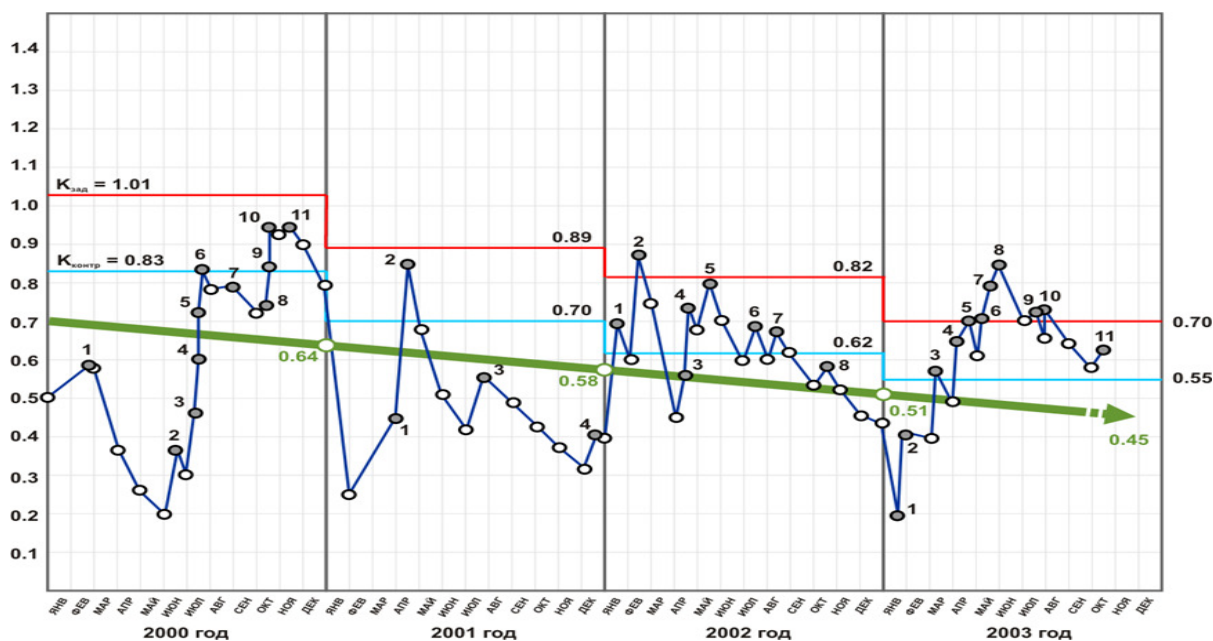
5

$$K_{uzd} = K_{bāz} = 0.2 \sum_{i=1} K_i \quad (\text{par pēdējiem 5. gadiem}) \quad , \quad (2.14)$$

$i=1$

$$K_{kontr} = \frac{K_{bāz} + K_{min}}{2} \quad (2.15)$$

Lietojot šādu tehniku, kuru izskatījuši eksperti no aviokompānijas "B", tā atļāva ievērojami uzlabojot LD līmeni savā uzņēmumā tikai trīs gadu laikā. LD līmeņa izmaiņu tendence aviokompānijā "B" nepārtraukti uzlabojas, kas ļauj uzsvērt aprakstītās metodes efektivitāti.

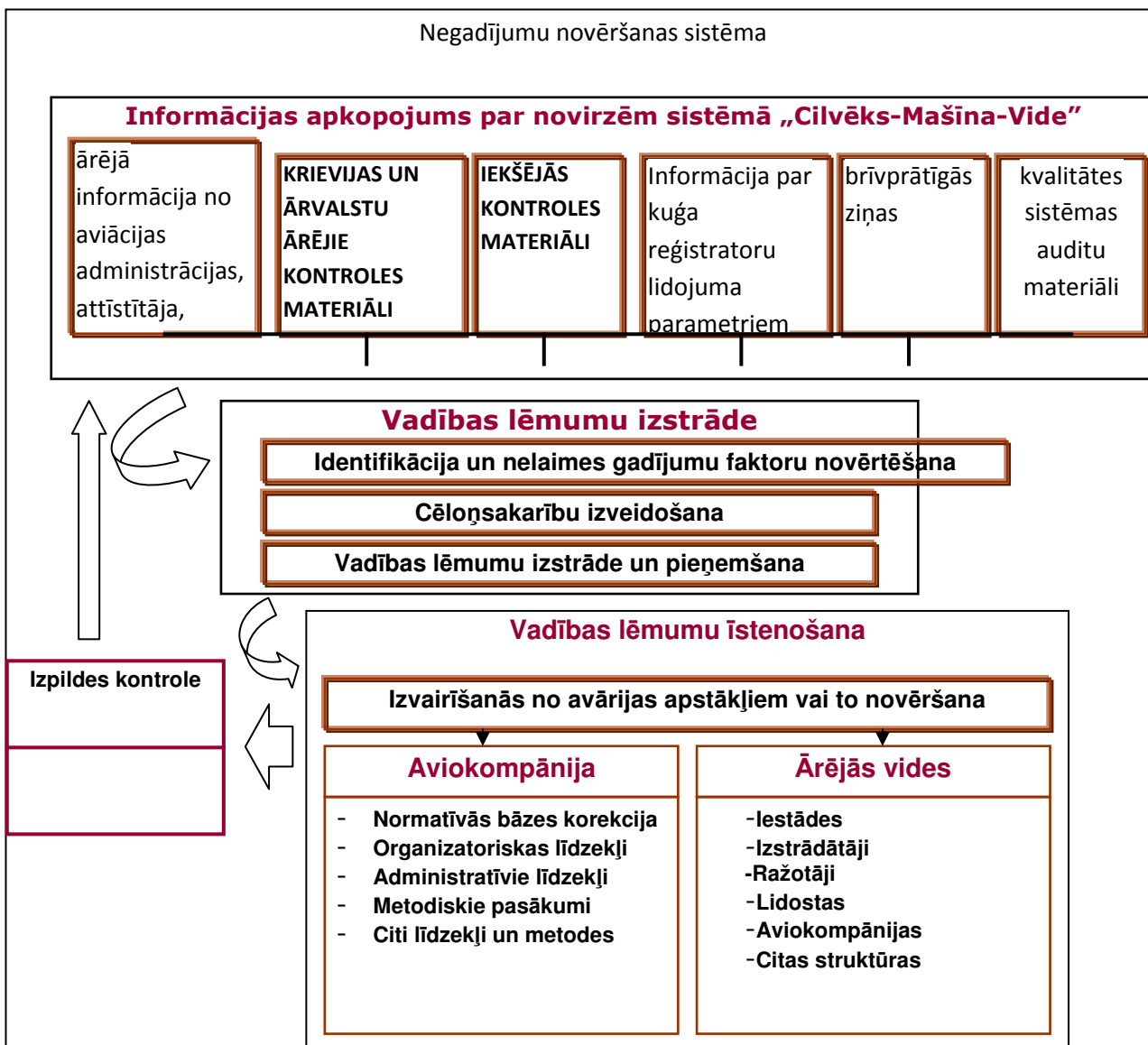


2.8. att. LD līmeņa izmaiņas tendence aviokompānijā „B” [52]

Informācija LD līmeņa analīzei nāk no lidojumu tehniskā kompleksa no sekojošiem avotiem:

- ārējā informācija no aviācijas administrācijas, attīstītāja, ražotāja;
- ārējās kontroles materiāli;
- iekšējās kontroles materiāli;
- lidojuma parametru reģistratora informācija;
- brīvprātīgās ziņas;
- kvalitātes sistēmas auditu materiāli (ISO 9000).

Ar šādu informācijas plūsmu aviokompānijās automātisko informācijas līdzekļu izmantošana ir neizbēgama.



2.9. att. Negadījumu novēršanas sistēma aviokompānijā „B”[52]

Metodikas pamatprincips LD līmeņa kontroles vadībai aviokompānijā "B" izpaužas tā, ka eksperti nonāca jaunā līmenī bīstamo notikumu vērtēšanā lidojuma laikā. Citiem vārdiem sakot, LD līmenis aviokompānijā vērtē pēc apjomīgāka piramīdas segmenta, kas tika parādīts att. 2.11. Pastāvīgi samazinot incidentu skaitu, eksperti cenšas samazināt nelaimes gadījumu skaitu. Tādējādi Krievijas aviokompānijas veica vēl vienu soli, lai īstenotu programmu LOSA, kas tika izklāstīta 2002. gada pirmajā izdevumā ICAO LD pārbaudes veikšana aviokompāniju lidojumu laikā (programma LOSA)”. Šodien auditu lidojuma rezultātu arhīvs (LOSA) satur datus no datu bāzes, ietverot 3309 lidojuma posmus (ciklus), kuru laikā apmācīti novērotāji identificēja briesmas, ar kurām saskārās katra lidojuma ekipāža, kā arī kļūdas, kuras ekipāžas dalībnieki pielaida. Izmantojot audita lidojuma datus (LOSA), lai

ekstrapolēt teorētisko maksimālo kļūdu skaitu, atskaitē prognozējās pielaisto kļūdu kopējais skaits uz noteiktu lidojuma dalībnieku skaitu. 35% šo datu ir ļoti svarīgi, un katrs aviopārvadātājs ir labi informēts, kā meklēt problēmu cēloņus, lai veiktu iespējamo sistemātisku korekciju. Lai veiktu LD (LOSA) auditus, izmanto kvalificētus ekspertus, kuri nerada nekādas briesmas apkalpei. Tādā veidā iegūst augstas kvalitātes datus, kas parāda, kādas darbības no ekipāžas puses var sagaidīt, ja to nenovēro [61]. Pirmie LD (LOSA) rezultāti salīdzina apdraudējumu un kļūdu lielumu starp dažādiem gaisa pārvadātājiem, rezultātā tika atrastas būtiskas atšķirības [61]. Audita LD (LOSA) arhīvā ir apmēram 4000 pārbaužu atskaites. No šīm atskaitēm seko, ka lidojuma laikā vidēji notika 2,7 bīstamas situācijas un 2,2 pieļāva kļūdas. LOSA programmas kļūdu metožu pamatprincipi ir parādīti att. 2.10.

<p style="text-align: center;"><b><i>LOSA programma</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Piedāvāta kā kritiska organizatoriska stratēģija, kuras mērķis ir izstrādāt kādus līdzekļus pret cilvēka pieļautām kļūdām tehnikas ekspluatācijas laikā.</li> <li>• Instruments, kuru izmanto, lai noteiktu briesmu draudus lidojuma laikā, lai samazinātu riska skaitli līdz minimumam, kurš var rasties saskaroties ar šīm briesmām, kā arī cilvēka pielaisto kļūdu kontrolēšana.</li> <li>• Dod iespēju lietotājiem pareizi novērtēt viņu izpratnes līmeni, saskaroties ar jaunu apdraudējumu faktoru rašanos, operatīvo risku un pieļauto kļūdu rašanos, atrodoties priekšplānā atrast principiālu, bāzētu uz objektīvu informāciju pieeju, prioritāšu atlasīšanu un darbības īstenošanu ar mērķi uzlabot lidojuma drošību.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piedāvā izmantot augsti kvalificētus un īpaši apmācītus novērotājus, lai vāktu informāciju par ekipāžas darbu, kā arī diskriminācijas faktoriem situācijās "normāla" lidojuma laikā (lidojuma laikā novērotāji pieraksta savus novērojumus un kodē iespējamās drošības apdraudējumus, fiksē ekipāžas reakciju uz šiem draudiem, kā arī piezīme ekipāžas uzvedību bīstamajās situācijās, kuras agrāk notika un noveda līdz nelaimes gadījumiem).</li> <li>• Ļauj noteikt augstas profesionālo prasmju labākos piemērus, kurus var attīstīt un izmantot kā apmācību modeli (stiprākā programmas puse)/</li> <li>• Nav nekādi metodikas ierobežojumi uz tās izplatīšanu un uz citiem lidojumu veikšanas sektoriem, ieskaitot gaisa satiksmes vadības pakalpojumus, tehniskās ekipāža personālu, stjuartus, kravu un pasta nosūtīšanu.</li> </ul>
---	--

2.10. att. Pamata kļūdu metožu koncepcijas, pēc LOSA programmas

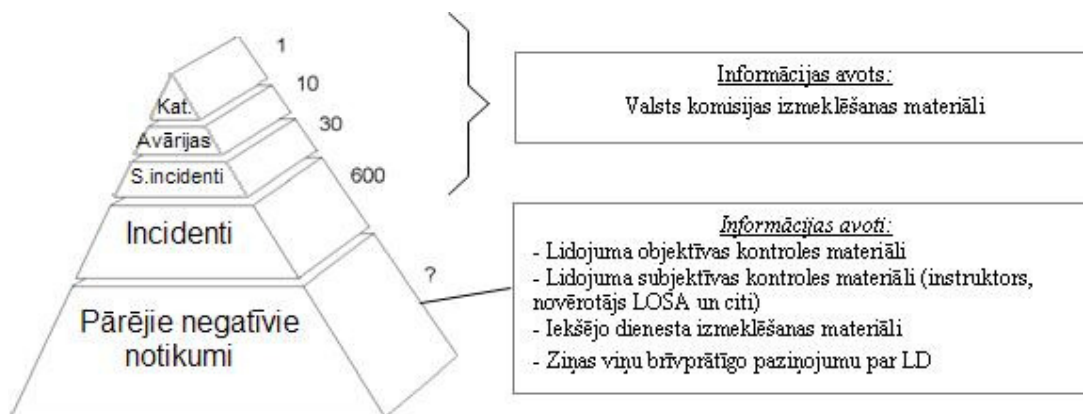
*LD vadības stratēģijas, balstoties uz dažādiem informācijas avotiem*

Reaktīvā stratēģija	Proaktīvā stratēģija
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aviācijas incidentu un negadījumu izpēte;</li> <li>• Inspekcijas;</li> <li>• Objektīvā kontrole, vadoties pēc reģistrētiem lidojuma parametriem;</li> <li>• Apmācības un praktikantu uzraudzība</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parasto lidojumu monitorings, kurus veic aviokompānija;</li> <li>• Jebkurā tipiski, regulāri notiekošā lidojuma laikā ekipāža pielaiž neizbēgamas kļūdas. Vairumā gadījumu šīs kļūdas nerada negatīvas sekas, jo ekipāžai ir stratēģija, lai sekmīgi pārvarētu tās, kā arī iedarbojas sistēmas mehāniskā aizsardzība, tā darbojas kā ierīces tīkla ierobežotājs;</li> <li>• Lai izstrādātu korektīvās darbības stratēģiju, aviācijas speciālistiem jākoncentrējas uz šo veiksmīgu metožu izpēti, kā arī aizsardzības mehānismu izpēti, nevis koncentrēties uz neveiksmēm, kā vēsturiski notika līdz šim.</li> </ul>

2.10. att. turpinājums Pamata kļūdu metožu koncepcijas, pēc LOSA programmas

Aviācijas negadījumu un incidentu izmeklēšanas ceļā nevar noteikt briesmas pirms tam, kad jau paliks par vēlu. Tomēr lielāko daļu no briesmām izdodas identificēt ar LOSA programmas palīdzību. Cilvēka faktora ietekmi uz panākumiem un neveiksmēm aviācijā vislabāk var panākt, uzraugot apkalpes darbību normālos apstākļos, nevis izmeklējot nelaimes gadījumus un starpgadījumus. Neatkarīgi no iespējamās kļūdas rakstura, kas saistītas ar tīšu noteikumu neievērošanu, svarīgi ir iegūt datus par šiem pārkāpumiem, lai pievērstu uzmanību iespējamai sodīšanai. Starp profesionālas apkalpes gaisa pārvadātājiem visbiežāk tāds rezultāts sastopams slikti pārdomātajās situācijās. Otrkārt, starp būtiskajām kļūdām, lielu pusi no tām pielaiž lidojošā aparāta nepietiekami labs tehniskais stāvoklis. Šī ir visbīstamākā kļūda, ir ļoti svarīgi to noteikt un fiksēt. Jebkurā gadījumā apkalpei apzinās, ka tā ir pieļāvusi 1,7 kļūdas katrā lidojumā laikā, un komisija par šīm kļūdām varētu ziņot, ja eksistētu atbilstoša brīdinājumu sistēma.

Galvenie izskatīto metodiku trūkumi LD pārvaldībā ir balstīšanās uz „smaga līmeņa” notikumiem (aviācijas nelaimes gadījumi, incidenti), analizējot riska līmeni un ievērojot nelabvēlīgus faktoros lidojuma laikā, kā arī riska līmeņa rupjība un aptuvenums. Tāpēc, lai minimizētu šos trūkumus, autors iesaka analizēt ne tikai bīstamus gadījumus un novirzes, bet arī „citus negatīvus notikumus” att. 2.11.



2.11. att. Negatīvo gadījumu piramīda (Likums 1:10:30:600)

Mēs vadamies no ICAO rekomendācijām „Citi negatīvie notikumi”, kuri var rasties kā mazāk nozīmīgi drošības apdraudes gadījumi, bet tomēr var būt LD nodrošinājuma apslēpto problēmu vēstnesim (tādu paslēptu drošības apdraudes avotu ignorēšana var sekmēt nopietnāku negadījumu skaita palielināšanu). Šo gadījumu atkārtosanas biežums ir nesalīdzināmi augstāks nekā citiem, kas dara informāciju par šiem datem ļoti pievilcīgu statistisko vērtējumu izmantošanai.

Galvenais piedāvātas metodikas sarežģījums ir tāds, ka vajag nodefinēt negatīva gadījuma svāra koeficientu šo gadījumu nelīdzvērtības dēļ. Tāpēc dotā darba mērķis ir negatīvā gadījuma svāra koeficienta skaitliska novērtējuma sistēmas izstrādāšana, kas balstās uz riska pakāpes vērtējuma teorijas. Taču, kā norādīts 1.5 nodaļā, lai efektīvi strādātu ar daudz lielākiem masveida pasākumiem ir nepieciešams attīstīt automatizētās vadību sistēmas, kas ļautu uzglabāt un analizēt iegūtos datus.

### **3. LIDOJUMU DROŠĪBAS LĪMEŅA NOVĒRTĒJUMS, JĒDZIENU “RISKI”**

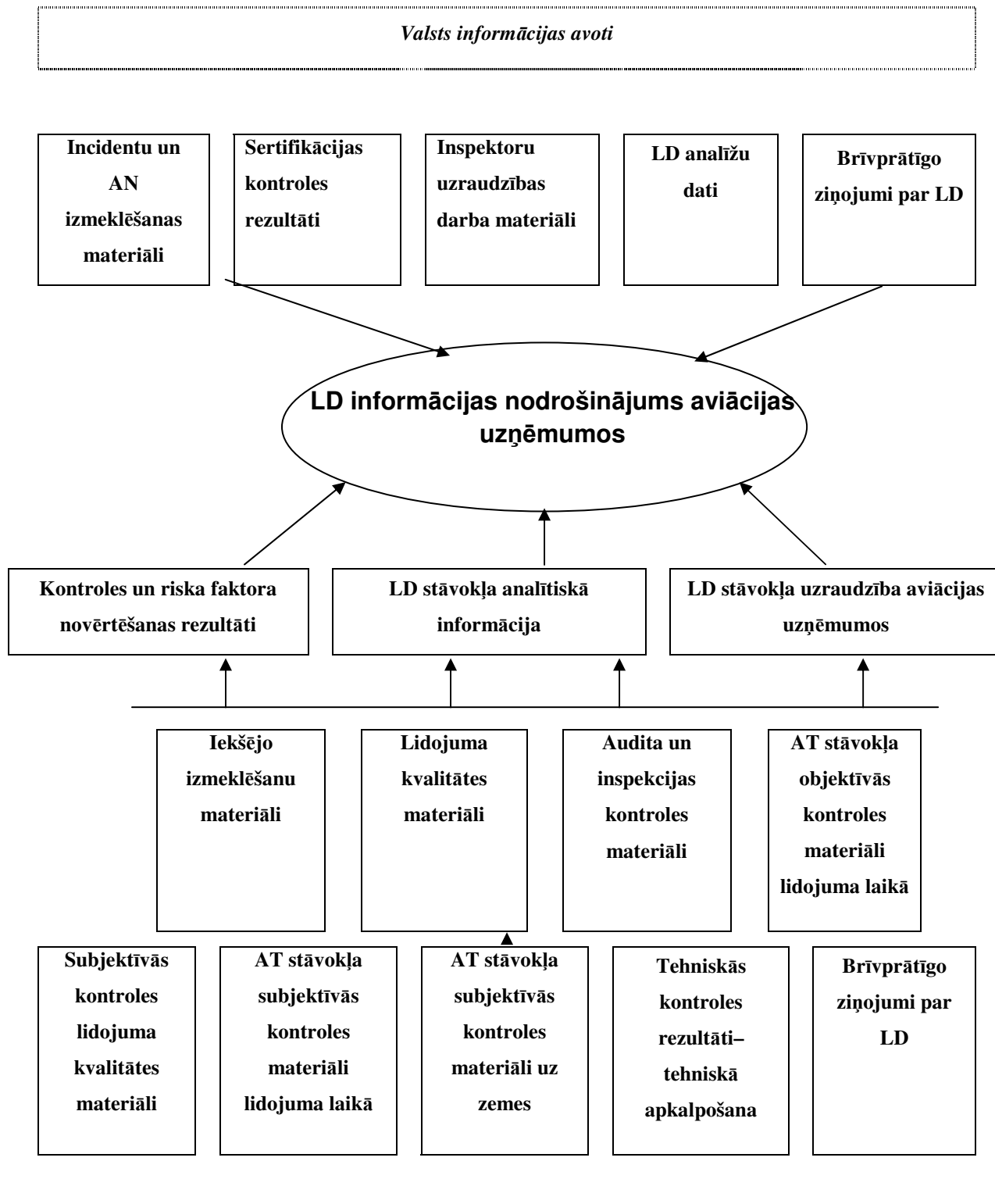
#### **IESKAITOT, AR EKSPERTU NOVĒRTĒJUMA METODI PAMATĀ**

##### **3.1. Ekspertu novērtēšanas teorijas pielietošana lidojumu drošības monitoringam**

LD rādītāji pasaules civilajā aviācijā nepārtraukti uzlabojas, bet uzlabošanas temps samazinās. Tas liecina par pakāpenisku pāreju uz "līdzsvara" stāvokli, pozitīvo un negatīvo LD noteicošiem faktoriem, un jaunas pozitīvas ietekmes nepieciešamību lidojumu laikā. Par pozitīvu ietekmi uzskatīsim profilakses darbību, lai novērstu nevēlamās blakusparādības lidojumu laikā.

Vispārīgajā formulējumā runa iet ne tikai par aviācijas nelaimes gadījumiem un incidentiem, bet arī par visiem notikumiem, potenciāli bīstamām situācijām, kas var samazināt lidojuma drošību. To apliecina saistība starp lidojumu analīžu darbības dziļumu un tās realitāti: jo dziļāka analīze, jo augstāka profilakses vērtība. Pašlaik civilās aviācijas praksē ir jēdziens „nelaimes gadījumu novēršana”, plašākā jēdziena izskaidrojumā to var saprast kā profilakses darbību, lai novērstu kādu nevēlamu notikumu lidojuma laikā. Šī koncepcija paredz potenciālo noviržu noteikšanu lidojuma laikā. Identifikācijas posmā noviržu noteikšanā ir ļoti svarīga informācijas avotu efektivitāte, kas ir parādīta 3.1. attēlā.

## LD informācijas avotu veidi



3.1.att. LD informācijas avotu veidi.

Nelabvēlīgo risku noteikšanai kopumā var būt plaša gradācija, gan pēc sastopamības biežuma, gan pēc iespējamo negadījumu samazinājuma. Tādēļ, izvēloties kvantitatīvu riska rādītāju, lietderīgi ņemt vērā nepieciešamību atspoguļot abas parādības. Divu komponentu risks tiek noteikts, pirmkārt, kā visaptverošs procesa izmantošanas apraksts, tendences, kas raksturo tās efektivitāti. Otrkārt, tā var būt raksturīga apkalpes veiksmīgā darba veikšanā sakarā ar notikuma (parādības) novēršanu. Izmaiņu dinamika raksturo pasākumu efektivitāti, kuras mērķis ir uzlabot darba efektivitāti. Lidojuma praksē ir iespējamās vairākas parādības, nelabvēlīgie apstākļi, kas sava sarežģītuma dēļ nav pakļauti matemātiskai formalizēšanai. Bez tam var būt gadījumi, kad nav pietiekamas informācijas un analītiskā modelēšana nav iespējama. Šāda veida parādību skaitu varētu atveidot laboratorijas apstākļos vai trenēšanas laikā, bet dažas nevar būt atveidotas jebkurā veidā. Šādos gadījumos neizbēgami jāizmanto pieredze, zināšanas un speciālistu intuīciju, ir nepieciešams izmantot heuristiskās metodes (metodes, kas balstās uz cilvēku pieredzes vispārinājumu). Heuristiskās metodes, atkarībā no konkrētajiem uzdevumiem, paredz dažādas pieejas. Tās varētu izmantot, lai iegūtu augstas kvalitātes risinājumus (intuitīvu-loģiskas risinājumus) un kvantitatīvos rezultātus (loģiski-matemātiskos rezultātus). Pētījumiem par lidojumu procesu ekspluatāciju var izmantot gan šos, gan arī citus. Nozīmes (riskā) faktora salīdzinājumam var izmantot ekspertu atzīmju metodi.

Ekspertu atzīmju metodes būtība ir sniegt intuitīvu-loģisku analīzi problēmas apstrādei ar apjoma atzīmēm problēmas vērtējumā un formālu rezultātu apstrādi, pie tam rezultātu efektivitāte ir atkarīga no ekspertu darba kvalitātes. Galvenās metodes iezīmes, lai atrisinātu sarežģītas problēmas neformulējamās problēmas, pirmkārt, uz zinātnisko pamatojumu balstīta ekspertīzes organizācija, kuru veic visos pārbaudes posmos, nodrošinot visaugstāko efektivitāti visos posmos, otrkārt, piemērot kvantitatīvās metodes, piemēram, organizējot ekspertīzes, novērtējot ekspertu spriedumu un formālo grupu apstrādes rezultātus. Ekspertu atzīmju metodi var uzskatīt par metodi, kur dota iespēja apvienot privāto speciālistu viedokli un saņemt rezultātu kopsavilkumu. Jo šī metode galvenokārt balstīta uz vairāku ekspertu dalību, tā praktiskā realizācija nodrošina:

- Ekspertu grupas komplektāciju;
- Ekspertu darba organizāciju;
- Kopējā analītiskā viedokļa iegūšanu;
- Apkopotu eksperta viedokli;
- Ekspertu viedokļu saskaņotību.

Ekspertu viedokļu vispārinājums un to saskaņošana ir visdarbietilpīgākie procesi šajā metodē [20].

Lai noteiktu bīstamo situāciju daudzumu jāizmanto, atzīmju metode. Jāatzīmē, ka ekspertu atzīmes kvalitāte tieši atkarīga no locekļu skaita ekspertu grupā [20].

Aplūkosim gadījumu, kad vērtības ir:

$$x_{ij}^h (i = 1, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; h = 1, 2, \dots, l), \quad (3.1)$$

kur,  $m$  - ekspertu skaits,  $l$  - GK skaits, kuras novērtē pēc bīstamību risku parādībām,  $j$  - ekspertu skaits,  $i$  - notikumu skaits,  $h$  – GK kārtas numurs.

Pēc salīdzinājuma metodes ir iegūti,  $x_{ij}^h$  tie var būt skaitļi vai balles. Lai iegūtu bīstamo situāciju kopējo atzīmi, šajā gadījumā mēs varam izmantot vidējo vērtējumu katram gadījumam

$$\sum_{h=1}^l q_h = 1; \sum_{j=1}^m k_j = 1. \quad (3.2)$$

kur, masu koeficienti var būt noteikti ekspertu ceļā. Ja  $q_{hj}$  - svara koeficients  $h$  pēc rādītājiem ; kuru nosaka  $j$  eksperts, tad vidējais svara koeficients  $h$  rādītāja pēc visiem ekspertiem ir vienāds

$$q_h = \sum_{j=1}^m q_{hj} k_j (h = 1, 2, \dots, l) \quad (3.3)$$

Grupu ekspertu veikto novērtējumu saņemšana, kur summējas atsevišķie aprēķini ar kompetences svaru un rādītāju nozīmi pie bīstamības situācijas mērīšanas kardinālās skalās, bāzējās uz notikumiem koordinātu skalās , kura balstās uz fon Neimana-Morgensterna (von Neumann-Morgenstern) aksiomu teorijas, kā individuāliem, trā arī grupu notikumu nedalāmībai grupu novērtēšanā, ja tie nav atšķirīgi visos atsevišķos novērtējumos (daļēji Pareto princips). Reālajās problēmās šie nosacījumi parasti izpildās, tāpēc grupu bīstamības atzīmes iegūšana, summējot to ar individuālo ekspertu atzīmēm, tādēļ tie tiek plaši izmantoti praksē. Ekspertu kompetences koeficientus var noteikt pēc posterioriem datiem, tas ir, noteikt pēc bīstamības atzīmes rezultātiem. Šī aprēķina galvenā ideja ir tāda, ka ekspertu kompetence jāvērtē pēc atzīmju atbilstības līmeņa notikumu riska novērtējumam.

Saskaņā ar [20] skaitļošanas ekspertu kompetences algoritms izskatās kā rekurenta procedūra:

$$x_i^t = \sum_{j=1}^m x_{ij} k_j^{t-1} (i = 1, 2, \dots, n); \quad (3.4)$$

$$\lambda^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} x_i^t (t = 1, 2, \dots); \quad (3.5)$$

$$k_j^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_i^t; \sum_{j=1}^m k_j^t = 1 (j = 1, 2, \dots, m) \quad (3.6)$$

Skaitļošana sākas ar  $t=1$ . Formulā (3.4.) sākotnējās koeficientu kompetences vērtības pieņem kā vienādas ar  $k_j^0 = 1/m$ . Tad pēc formulas (3.4) grupas bīstamību notikumu pirmā tuvināšana, kura vienāda ar vidējo aritmētisko ekspertu atzīmju vērtējumu.

$$x_i^1 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij} (i = 1, 2, \dots, n). \quad (3.7)$$

Tālāk aprēķina  $\lambda^1$  izmantojot formulu (3.5.):

$$\lambda^1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} x_i^1 \quad (3.8)$$

un pirmās kompetences koeficientus nosaka pēc formulas (3.6.):

$$k_j^1 = \frac{1}{\lambda^1} \sum_{i=1}^n x_{ij} x_i^1. \quad (3.9)$$

Lidojumu ekspluatācijas jautājumos kompetences noskaidrošanai var kalpot uzlidojums šī tipa GK piemērotos apstākļos. Kompetences koeficienta noteikšana noteik šajā gadījumā, ņemot vērā lidojuma uzlidojumu dotos apstākļus.

$$k_j = m \frac{T_j}{\sum_{(i)} T_j} \quad (3.10)$$

$T_j$ - j eksperta vērtēto lidojumu skaits

Izmantojot pirmā tuvinājuma kompetences koeficientus, jūs varat atkārtot visu aprēķināšanas procesu pēc formulām (3.4), (3.5), (3.6) un iegūt otrās tuvināšanas vērtības  $x_i^2, \lambda^2, k_j^2$ .

Rekursīvās procedūras atkārtošana, veicot bīstamo līmeņa atzīmju aprēķinus un kompetences koeficientu, rada jautājumu par tās konvergenci. Lai risinātu šo jautājumu, mēs izņemsim no (3.4), (3.6) vienādojumiem  $k_j^{t-1}$  un  $x_i^t$ , un atkārtoti reprezentēsim to vektora formā

$$x^t = \frac{1}{\lambda^{t-1}} Bx^{t-1}; k^t = \frac{1}{\lambda^t} Ck^{t-1} (t = 1, 2, \dots), \quad (3.11)$$

Kurt B matrica, kuras izmērs ir  $n \times n$  un C izmērs  $m \times m$  vienāds

$$B = XX', C = X'X, X = \|x_{ij}\|. \quad (3.12)$$

Vērtību  $\lambda^t$  vienādojumos (3.11) nosaka pēc formulas (3.5).

Ja B un C matricas nav negatīvas un nesadalās, tad, kā izriet no Perron-Frobeniuss teorēmas, pie  $t \rightarrow \infty$  vektori  $x^t$  un  $k^t$  nonāk pie savu matricu vektoriem B un C, kas maksimāli atbilst savu šo matricu skaitļiem

$$x = \lim_{t \rightarrow \infty} x^t, k = \lim_{t \rightarrow \infty} k^t. \quad (3.13)$$

Maksimālās x un k vektoru vērtības var aprēķināt pēc vienādojumiem:

$$\begin{aligned} Bx = \lambda_B x, \sum_{i=1}^n x_i = 1, |B - \lambda_B E| = 0, \\ Ck = \lambda_C k, \sum_{j=1}^m k_j = 1, |C - \lambda_C E| = 0, \end{aligned} \quad (3.14)$$

kur  $\lambda_B, \lambda_C$  savu B un C matricu maksimālie skaitļi.

Pozitīvās B un C matricas nosacījums viegli izpildāms pozitīvo elementu  $x_{ij}$  matricas X atzīmju ar bīstamības risku ekspertu notikumiem.

B un C matricu nedalāmība, gandrīz izpildās, jo, ja šīs matricas ir dalāmas, tas nozīmē, ka eksperti un blakusparādības ir sadalītas neatkarīgās grupās. Pie tam katra ekspertu grupa novērtē nevēlamo blakusparādību risku tikai grupā. Protams, saņemt grupas vērtējumu šajā lietā nav nekādas jēgas. Tādējādi pozitīvo un nedalāmības B, C matricas nosacījumi, ka arī konverģences procesa nosacījumi (3.4) (3.5) (3.6) praktiskā vidē izpildās.

Jāatzīmē, ka praktiskās blakusparādību atzīmju grupu aprēķinu un koeficientu kompetenci vieglāk veikt saskaņā ar (3.4), (3.5), (3.6) formulām. Maksimālās vērtības noteikšanai (3.15).

Novērtēšanas ekspertu atzīme ir precīza, ja ekspertu viedoklis ir vienots starp tiem. Ekspertu viedokļa vienotība var būt nedefinēta ar daudzu rādītāju palīdzību it īpaši ar entropija koeficienta atbilstību, kuru nosaka pēc formulas (piekrišanas koeficients):

$$W = 1 - \frac{H}{H_{\max}}, \quad (3.15)$$

kur  $H$ - entropija, kuru nosaka pēc formulas:

$$H = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \log p_{ij}, \quad (3.16)$$

un  $H_{\max}$  - maksimālo entropiju skaits. Entropijas formulā  $p_{ij}$  - j ranga varbūtību atzīmes, attiecināmu uz i-notikumu. Šīs varbūtību atzīmes aprēķina kā attiecību starp ekspertu skaitu  $m_{ij}$ , kas piešķirts notikuma  $O_i$  rangs, j kopējam ekspertu skaitam.

$$p_{ij} = \frac{m_{ij}}{m}. \quad (3.17)$$

Entropijas maksimālā vērtība tiek sasniegta pie vienādu rangu sadalīšanas, t.i. kad  $m_{ij} = m/n$ . Tad

$$p_{ij} = \frac{m}{mn} = \frac{1}{n} \quad (3.18)$$

Tad šo vērtību ievietojam formulā (3.16) un iegūstam

$$H_{\max} = -\frac{1}{n} \log \frac{1}{n} \sum_{i,j=1}^n = n \log n. \quad (3.19)$$

Piekrišanas koeficients svārstās no nulles līdz vienam. Ja  $W_{\circ} = 0$  notikumu kārtība pēc rangiem ir vienāda, tad šajā gadījumā  $H = H_{\max}$ . Šis gadījums var būt saistīts ar objektu ranžējuma nespēju vai ekspertu viedokļu nesakritību. Ja  $W_{\circ} = 1$ , kurš rodas pie nultās entropijas ( $H=0$ ), tad visi eksperti dod vienādu ranžerējumu.

Patiešām, šajā gadījumā katram fiksētam pasākumam  $O_i$  visi eksperti piešķir tam vienu un to pašu  $j$  rangu, tātad  $p_{ij} = 1$  un  $p_{kj} = 0$  ( $k \neq j, k = 1, 2, \dots, n$ ). Tāpēc arī  $H=0$ .

Ekspertu salīdzināšanas metode palīdz noformēt iekasēšanas procedūras, ekspertu viedokļu apkopojumu un analīzi ar mērķi pārvērst tās visizdevīgākajā formā. Tomēr jāatzīmē, ka salīdzinošā metode nespēj aizstāt administratīvu vai plānošanas lēmumus, tā ļauj jums papildināt informāciju, kas vajadzīga, lai sagatavotu un pieņemtu šādu lēmumu. Ekspertu atzīmju novērtēšanas izmantošana ir spēkā tikai tad, ja turpmākajā analīzē nav iespējams piemērot precīzākas metodes. Mums vajadzētu ņemt vērā procesa sarežģītību, kurš ne tikai speciālistiem aizņem būtisku dienas laika daļu, bet arī veicina cilvēka faktora izpausmi šādos posmos:

- Kopējā analītiskā viedokļa iegūšana;
- Ekspertu viedokļu apkopošana;
- Ekspertu viedokļu saskaņotības vērtējums

Tādēļ šīs metodes efektivitātei tā ir jāautomatizē.

### **3.2. Aviācijas tehnikas drošuma un apkalpes sagatavotības līmeņa ietekmes**

#### **novērtēšana lidojumu drošībā**

Šī nodaļa aplūko GK drošības ietekmi un apkalpes LD gatavību lidojumam. No LD definīcijas seko, ka lidojuma izpildes varbūtība pēc saraksta bez tehnikas problēmām un bez kļūdām, kuras neietekmēja LD vai kuras ekipāža likvidēja lidojuma laikā, vienmēr būs lielāka par lidojuma neizpildes varbūtību  $P_{kop}(t)$ , kuru nosaka pēc formulas:

$$P_{kop} = P_k P_m P_n, \quad (3.20)$$

kur,  $P_k$  - Varbūtība sistēmas bezatteices darbībai pēkšņos atteices gadījumos, ko šajā tehnoloģijas attīstības līmenī vēl joprojām nav iespējams prognozēt;

$P_m$  - Varbūtība atteices sistēmas pakāpeniskos izmaiņas parametros, kuru iziešanu ārpus pieļaujamām robežām ne vienmēr spēj novērst pastāvošās profilakses un prognozēšanas metodes;

$P_n$  - Varbūtība sistēmas bezatteices darbībai noteiktu elementu klātbūtnē, kuru atteice vienmēr noris pēkšņi, bet kuru var novērst, uzlabojot pakalpojumu kvalitāti.

Tomēr, iepriekšminētajā formulā nav ņemti vērā divi faktori: nepilnību likvidēšana gaisa kuģī un funkcionālā aprīkojuma pārdaudzums dažādos lidojuma posmos. Tādēļ šī formula neatspoguļo neveiksmju ietekmi AT tieši uz LD. Parādīsim, kā ņemt vērā šo ietekmi balstoties uz darbiem. [16, 17, 49]

Pieņemsim, ka drošības sistēmā „cilvēks-mašīna” nodrošināta, ja laiks  $T_1$ , patērētais uz avārijas situācijas likvidēšanu, nepārsniedz maksimāli pieļaujamo laiku  $T_2$ .  $T_1$  laiks sastāv no avārijas situācijas atklāšanas laika un no laika tās likvidēšanai. Tad drošības noteikums dotajā sistēmā var pierakstīt ( $T_1$  un  $T_2$ - gadījuma lielumi) kā:

$$P\{T_2 - T_1 \geq 0\} \geq a, \quad (3.21)$$

kur,  $a$ -varbūtība, ar kuru garantē sistēmas drošību.

$T_1$  un  $T_2$  nosaka ar aviācijas tehniku ekspluatācijas un tehnisko raksturojumu, tās konstruktīvo noslogojumu, nolietotības līmeni, ekspluatācijas noteikumiem, apkalpojošā personāla kvalifikāciju un daudziem citiem aspektiem.

Pamatojoties uz (3.21), mums ir

$$P\{T_2 < T_1\} = \int_0^{\infty} F(t) dG(t) = V = \int_0^{\infty} F(t) q(t) dt, \quad (3.22)$$

kur,

$$F(t) = P\{T_1 < t\}; G(t) = P\{T_2 < t\}; q(t) = G'(t), \quad (3.23)$$

Formulas (3.20) un (3.21) var izmantot jebkurā  $T_1$  un  $T_2$  lielumu sadalījuma gadījumā, ņemot tikai pozitīvās vērtības un kurām ir blīvuma iedalījums, kā arī kuru vērtība negatīvos argumentos ir vienāda ar nulli. Šīs formulas ir iegūtas, pamatojoties uz to, ka ekspluatācijas vai uzdevuma izpildīšanas laikā notiek ne vairāk kā viena avārijas situācija. [15]

Reālajos apstākļos, sistēmas kalpošanas laikā vai  $t$  ilguma uzdevuma izpildīšanas laikā, avārijas situācijas var rasties vairakkārtīgi. Apkalpojošā personāla drošība noteiktajā ekspluatācijas laikā (uzdevuma izpildīšanas laikā) būs nodrošināta šādos gadījumos: avārijas

situāciju neesība; izveidojusies viena avārijas situācija, kura tika likvidēta noteiktajā laikā; izveidojušās divas avārijas situācijas, katra no kurām tika likvidēta noteiktajā laikā. Atzīmēsim  $\xi_i (i = 0, 1, \dots)$  laika intervāls starp  $i$ -m un  $(i+1)$ -m noraidījuma, bet  $F_i(t) = P\{\xi_i < t\}$  sadalījuma funkcija  $\xi_i$ . Pieņemsim, ka neveiksmes plūsma ir plūsma ar ierobežotām sekām ( $\xi_i$  neatkarīga). Tad saskaņā ar sistēmas atteikuma definīciju par kopējo varbūtības formulu varam ņemt varbūtību apkalpes drošības laikā  $t$ :

$$P(t) = \bar{F}(t) + \sum_{k=1}^{\infty} \int_0^t \int_0^{t-x_1} \dots \int_0^{t-\sum_{s=1}^{k-1} x_s} F_k(t - \sum_{s=1}^k x_s) \prod_{s=1}^k dF_s(x_s) W(t - \sum_{l=1}^s x_l), \quad (3.24)$$

kur,  $\bar{F}_1(t) = 1 - F_1(t)$ . Šeit  $W(t)$  varbūtība, ka atteikums, kurš parādījās pirms neilga laika  $t$  nenovedīs pie avārijas situācijas pēc laika  $t$ .

Acīmredzams, ka

$$W(t) = P\{T_2 > t\} + \int_0^t P\{T_1 < u\} dP\{T_2 < u\} = \bar{G}(t) + \int_0^t F(u) dG(u) \quad (3.25)$$

Izteiksme (3.25), ko iegūst saskaņā ar pieņēmumu, ka katra atteikums likvidējas neatkarīgi. Bieži vien pieņem, ka sistēmas atteikumu plūsma veido vienkāršu plūsmu ar parametru  $\lambda$ . Šajā gadījumā

$$F_i(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda t} & \text{pie } t \geq 0, \\ 0 & \text{pie } t < 0. \end{cases} \quad (3.26)$$

Ievietojot (3.26) vienlīdzībā (3.24), iegūstam vajadzīgo varbūtību:

$$P(t) = e^{-\lambda t} + \sum_{k=1}^{\infty} \lambda^k e^{-\lambda t} \int_0^t \int_0^{t-x_1} \dots \int_0^{t-\sum_{s=0}^{k-1} x_s} \prod_{s=1}^k W(t - \sum_{l=1}^s x_l) dx_s, \quad (3.27)$$

Praktikā ir gadījumi, kad var likvidēt tikai vienu atteikumu un divi atteikumi noved līdz avārijas situācijai. Skaidri redzams, ka atteikuma parādība tajā brīdī, kad  $\sum_{l=1}^s x_l$  nenoved līdz

avārijas situācijai vai arī, kad  $T_2 > t - \sum_{l=1}^s x_l$  (ja  $x_{s+1} \geq t - \sum_{l=1}^s x_l$ , t.i. atteikumu nebija līdz  $t$  momentam un pieļaujama laiks  $T_2$ ). Citiem vārdiem sakot, šajā gadījumā

$$\{T_1 < \min(x_{s+1}, T_2)\} \quad (3.28)$$

Pirmajā gadījumā avārijas neesības varbūtība vienāda ar  $W(t - \sum_{l=1}^s x_l)$ , otrajā gadījumā notikuma (3.28) varbūtība vienāda ar:

$$W^*(x_{s+1}) = \int_0^{x_{s+1}} G(x) dF(x), \quad (3.29)$$

Formula (3.27) un (3.28) kļūst par:

$$P(t) = \overline{F}_1(t) + \sum_{k=1}^{\infty} \int_0^t \int_0^t \dots \int_0^{t - \sum_{s=1}^{k-1} x_s} F_k(t - \sum_{s=1}^k x_s) \prod_{s=1}^k dF_s(x_s) \times \prod_{s=1}^{k-1} W^*(x_s) W(t - \sum_{s=1}^k x_s) \quad (3.30)$$

$$P(t) = e^{-\lambda t} + e^{-\lambda t} \sum_{k=1}^{\infty} \lambda^k \int_0^t \dots \int_0^{t - \sum_{s=1}^{k-1} x_s} \prod_{s=1}^{k-1} W^*(x_s) \times W(t - \sum_{s=1}^k x_s) dx_1 \dots dx_k \quad (3.31)$$

Ierosinātā pieeja ļauj ņemt vērā tādu svarīgu ekspluatācijas faktoru kā laika redundanci, kurš ievērojami uzlabo darbības drošumu šīm sistēmām. Tajā pašā laikā var aprēķināt konkrētu pasākumu ietekmi, lai uzlabotu drošības sistēmu „cilvēks-mašīna”. Turklāt, ārkārto situāciju vadības procesu automatizācija, kas rodas GK, aizņem svarīgu vietu LD nodrošināšanā.

Pie ārkārtas situāciju obligātām prasībām attiecas sistēmas ātrums un uzticamība. Automātiskā atbalsta komplekso vadības procesu attīstības laikā šī prasība liek meklēt vienotu efektīvi tehnisko principu, kas nodrošinātu visu sarežģīto procesu komponentu augstu veiktspēju.

Mūsdienu intelektuālajās sistēmās šāda veida labi risinājumi tradicionāli tiek saistīti ar datu un zināšanu tīkla izmantošanu, kas ļauj izvairīties no liela apjoma informācijas, veicot meklēšanas operācijas.

Atlases pasākumu process tiek uzskatīts par uzdevumu, lai apmierinātu daudzus ierobežojumus. Šī uzdevuma grupas vienādojumos tiek aprakstīti mainīgās vērtības, un mērķus nosaka daudzi ierobežojumi, ar kuriem šīs vērtības jāapmierina.

Pieņemsim, ka ir vadības objekts

$$\langle X, P, D, Y, F, L \rangle$$

Kur,  $x$ - ievadmainīgo - ciparu daudzums, Būla vai lingvistikas mainīgo, kuru vērtības nav definētas ar kādu funkciju vai citu mainīgo noteikumu palīdzību.  $X$  mainīgo daudzumā izdalās  $C$  mainīgo daudzums, kas izmaiņas ceļā var ietekmēt vadības objektu stāvokli. Līdz ar to ar katru  $C$  mainīgo saistītas vadības rīcības, kuras maina mainīgā vērtību.

$P$ - parametru-ciparu daudzums, Būla vai lingvistikas mainīgo, kuru vērtības pieņem par nemainīgām viena uzdevuma risināšanas laikā;

$D$ - atvasināto mainīgo-ciparu daudzums, Būla vai lingvistikas mainīgo, kurus nosaka ar citu mainīgo funkciju palīdzību vai ar citiem produktīviem noteikumiem „ja-tad”.

$Y$ - ievadmainīgo daudzums,  $Y \subseteq D$ ;

$F$ - funkciju un produktīvo noteikumu „ja-tad” daudzums, kas nosaka atkarību no mainīgiem lielumiem no citiem mainīgiem lielumiem;

$L$ - ierobežojumu daudzums, tāda tipa  $a_y \leq y \leq b_y$ , kur  $a_y, b_y$  - ciparu konstantes,  $y \in Y$ .

Uzdevums sastāv no vadības mainīgo atrašanas punkta, kurā tie izpilda visus ierobežojumus  $L$ .

Izlaides mainīgo sauc par normalizētu, kad tā vērtība atbilst uzdotiem ierobežojumiem. Izlaides mainīgās vērtības, kuras neatbilst saviem ierobežojumiem, skaitās par nenormalizētām. Kontroles mainīgie, mainot vērtības, maina arī mainīgo vērtības - tās sauc par šīs izlaides mainīga relevantu. Situāciju, kurā tiek izpildīti visi  $L$  nosacījumi, saucim par normatīvo.

Ja  $X \rightarrow Y$  attēlošana būtu noteikta ar vienādojumu sistēmu, tad izvēloties risinājumu varētu izmantot programmēšanas matemātiskās metodes.  $X \rightarrow Y$  attēlošanā (3.31) nav

noteikts. Ka arī nav noteikta apriorā informācija (darbību rezultātu varbūtība, lietderība, darbību un stāvokļa prioritātes), kuru izmanto risinājumu izvēles teorijā. Risinājumam ir jābūt izvēlētam, balstoties tikai uz sniegto informāciju, kura nosaka mērķus un vidi. Tādos gadījumos vajag izmantot jaunas metodes, kuras izmanto informācijas modeļus šajās jomās, kurās risinās vadības uzdevums. Šādu uzdevumu risinājumu rīki ir balansētie tīkli. Procesu automatizācija balansētos tīklos ārkārtas situāciju rašanās brīdī sīki izskatīta [9].

### **3.3. Nelabvēlīgo notikumu eksperta vērtējums, kuri notikuši laika periodā no 1995 g. līdz 2006. g. Krievijas Civilajā Aviācijā**

Kā norādīts iepriekš, piedāvātā LD vadības metode pamatojas uz riska novērtējumu, ko izraisa dažādi nelabvēlīgi faktori, un nosaka katra faktora ieguldījumu, pamatojoties uz svara koeficientiem. Pēdējo var iegūt, pamatojoties uz ekspertu atzinumiem. Tādā veidā ranžējuma uzdevums ir prioritāšu piešķiršana notikumiem pēc bīstamības līmeņa.

Tā kā ekspertu atzinumu metode ietver sevī subjektivisma elementu un ir atkarīga no ekspertīžu procedūru organizācijas, tika rīkots pētījums (ekspertīze), kurš ļāva novērtēt ekspertu viedokļu vienotības līmeni, kā arī vidēju bīstamību („svarīgumu”) dotajā j notikumā,  $\mu_j$ ; atzīmju dispersiju  $D_j$ ; vidēji kvadrātisko novirzi  $\sigma_j$ ; nelielu vidēji kvadrātisko novirzi  $\nu_j$ ; īpatsvara koeficientu  $k_{ej}$  notikuma.

Lai to veiktu, no datubāzes ASV „Drošība” tika izvēlēti 48 veidu notikumi GK TU-154, kuri nonāca anketā. Anketa tika izplatīta lidojumu-instruktoru ekspertu vidū (57 cilvēki), kuri pēc baļļu sistēmas lika atzīmes. Vidējie dati pēc GK tipa arī bija vajadzīgais svars. Tajā pat laikā pirmā vieta (rang „1”) tika piešķirta visnelabvēlīgajam (bīstamākajam) notikumam, bet četrdesmit astotā vieta (rang „48”) - vismazāk bīstamākajam notikumam.

#### ***Ekspertu izvēle***

Ņemot vērā, ka nozīmīgu lomu spēlēja ekspertu personīgās īpašības, pētījuma laikā tika izvēlēti speciālisti, kuri labi pārzināja šo problēmu. Tie bija eskadriļa un lidojuma komandas komandieri, kuri bija augsti kvalificēti un pieredzējuši negadījumu izmeklēšanā. Tas ļāva kompetenti risināt problēmu pētījuma (ekspertīzes) laikā. Lai atvieglotu pētījuma (ekspertīzes) norisi, eksperti tika iepazīstināti ar notikumiem, un no sākuma viņiem bija iespēja savienot notikumus piecās grupās, pa desmit notikumiem katrā grupā. Pirmajā grupā

iekļāva bīstamākos notikumus, otrajā mazāk bīstamākos u.t.t. Pēdējā, piektajā grupā, iekļāva astoņus mazāk bīstamākos notikumus. Tālāk tika rekomendēts sagrupēt notikumus pēc bīstamības pakāpes, pirmajā vieta ievietoja visbīstamāko notikumu, otrajā vietā - mazāk bīstamāko utt. Rezultātā visi 48 notikumi tika ranžēti pēc bīstamības pakāpes.

***Pieņemtās ekspertīzes metodes apraksts***

Saskaņā ar veiktās aptaujas rezultātiem tika izstrādāta tabula (matrica), tika aptaujāti 57 eksperti par 48 nelabvēlīgiem notikumiem, kas tika ņemti no ASV „Drošība”. Kolonnu *m* skaits atbilst ekspertu skaitam, kuri piedalījās aptaujā (*m*=57), rindu skaits *n* atbilst nelabvēlīgu notikumu skaitam (*n*=48), un vietā, kur krustojas *i*-kolonna un *j*-tā rinda, atrodas elements *C<sub>ij</sub>* - rangs (vieta), dotā *i*-tā eksperta *j* notikums.

3.1. tabula

Nelabvēlīgu notikumu ranžēšana ar neatkarīgiem ekspertiem

<b>Eksperti</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>...</b>	<b>i</b>		<b>m</b>
-----						
<b>Notikumi</b>						
1	<i>c<sub>11</sub></i>	<i>c<sub>21</sub></i>		<i>c<sub>1j</sub></i>		<i>c<sub>m1</sub></i>
2	<i>c<sub>12</sub></i>	<i>c<sub>22</sub></i>		<i>c<sub>2j</sub></i>		<i>c<sub>m2</sub></i>
....						
<i>j</i>	<i>c<sub>1j</sub></i>	<i>c<sub>2j</sub></i>		<i>c<sub>ij</sub></i>		<i>c<sub>mj</sub></i>
...						
<i>n</i>	<i>c<sub>1n</sub></i>	<i>c<sub>2n</sub></i>		<i>c<sub>in</sub></i>		<i>c<sub>mn</sub></i>

Saskaņā ar tabulu ekspertu aptaujas rezultātiem var būt atzīmētas šādas vērtības par notikumu („bīstamības”) nozīmi un ekspertu viedokļa sakritība par šiem notikumiem.

Kā bīstamību (svarīgumu) notikumos, izskatīsim šādus:

- vidēji statistisko bīstamības (svarīguma) notikuma vērtību (ballēs):

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^m c_{ij}}{m}; \quad (3.32)$$

kur,  $M_j$ - vidēji statistiskā bīstamības (svarīguma)  $j$  notikuma vērtība;

$m$ - ekspertu skaits, kuri novērtē  $j$  notikumu;

$c_{ij}$ - atzīmes (ballēs),  $i$  eksperta par  $j$  notikumu („rangu”);

- dotā notikuma īpatsvara koeficients

$$K_{yj} = \frac{\sum_{i=1}^m c_{ij}}{k_{aej} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij}}; \quad (3.33)$$

kur,  $k_{yj}$  -  $j$  notikuma īpatsvara koeficients, kurš raksturo daļu no kopējām ballēm, kuri tika iegūti no  $j$  notikumiem;

$n$ - notikumu skaits;

$k_{aej}$  – ekspertu „aktivitātes” koeficients priekš  $j$  notikuma.

Ekspertu domu saskaņības līmenis par noteikto notikumu relatīvu bīstamību novērtē ar sekojošo radītāju palīdzību:

- visu ekspertu  $j$ -notikuma vērtējumu dispersijas

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^m (c_{ij} - M_j)^2}{m}; \quad (3.34)$$

- vērtējumu vidēja kvadrātiska novirze

$$\sigma_j = \sqrt{D_j}; \quad (3.35)$$

- vērtējumu relatīva variāciju koeficienta

$$v_j = \frac{\sigma_j}{M_j}; \quad (3.36)$$

Vērtējumu, kurš izvirzīts ekspertu grupai visiem notikumiem saskaņības līmenis, raksturo konkordācijas koeficients  $W$ , kurš tiek noteikts katrai rezultātu tabulai, izmantojot sekojošo formulu:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k d_j^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i'}; \quad (3.37)$$

kur,  $d_j$ - novirze no ranga kopsummas, ko saņem j notikumā no vidējā rangu summām.

$$d_j = S_{Rj} - M[S_R]; \quad (3.38)$$

kur,  $S_{Rj} = \sum_{i=1}^m C_{ij}$  - rangu summa, kuru "m" eksperti apzīmēja j notikumam.

$$M[S_R] = \frac{\sum_{j=1}^n S_{Rj}}{n}; \text{ - vidējā rangu summa, kas iegūtas no visiem notikumiem;}$$

kur,  $T_i' = \sum_t (t^3 - t)$ - saistītu (vienādu) rangu rādītājs, kurš atkarīgs no "t" daudzuma ,

kuru noteica j eksperts.

Mūsu gadījumā "n"- atzīmes (rangs, kuru noteica j eksperts) nav vienādas, tāpēc  $T_i' = 0$

Konkordācijas koeficients W var pieņemt vērtības  $0 \leq W \leq 1$ . Tajā pašā laikā pie ekspertu viedokļu sakritības  $W=1$ . W izmaiņas no 0 līdz 1 atbilst viedokļu sakritības līmeņa paaugstinājumam.

Nosakot atbilstības koeficientu ļoti svarīgs jautājums ir par to vērtību, ko raksturo Pirsona kritērijs un to nosaka pēc formulas:

$$\chi_R^2 = \frac{12 \sum_{j=1}^n \alpha_j^2}{m \cdot n(n+1) - \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^m T_i'}; \quad (3.39)$$

šeit  $\nu = n - 1$  - "brīvības pakāpes" skaits. Pašreizējā uzdevuma risinājuma līmenī, ranžējumā šis jautājums netika izskatīts.

Svarīgs datu apstrādes ekspertu vērtējumu metodikas elements ir ekspertu grupu noteikšana, kuras ietvaros viedokļu sakritība ir augstā līmenī, un ekspertu oriģinālo (atšķirīgo)

viedokļa atzinumu identifikācija. Zema koeficienta atbilstības rāda mazu ekspertu viedokļu sakritību.

*Ekspertu novērtējums par galveno nelabvēlīgo notikumu tipu ranžējumu periodā no*

*1995. līdz 2006. gadam*

Tādā veidā ekspertīzes mērķis bija ranžēt pēc bīstamības līmeņa 48 veida notikumus, kas ņemti no AVS “Drošība” un, pamatojoties uz to, izveidot bīstamības atzīmju skalu. Bīstamības notikuma varbūtība nozīmē to, ka var iestāties katastrofālas sekas.

Kopējais notikumu saraksts (saskaņā ar AVS “Drošība”):

1. Kontroles zaudēšana uz zemes/uz ūdens
2. Kontroles zaudēšana lidojuma laikā
3. Sadursme ar zemi/ūdeni
4. Sadursme ar GK
5. Sadursmes ar putniem
6. Sadursmes ar objektiem
7. Bīstamā tuvība ar citu GK
8. Novirze no lidojuma ierobežojumiem
9. Novirze no lidojuma plāna
10. Orientācijas zaudējums
11. Nosēšanās ārpus mērķa zonas
12. GK piezemēšanās uz ūdens
13. Piezemēšanās pirms skrejceļa
14. Piezemēšanās ārpus skrejceļa
15. Pieskaršanās zemei ar spārnu asmeni, gondolu
16. GK apversiens
17. GK apgāšanās
18. GK pusapversiens
19. Neievilkta šasija
20. Rupjā piezemēšanās
21. Iznīcināšana, planera kaitējums
22. Iznīcināšana, motora kaitējums
23. Iznīcināšana, šasijas kaitējums

24. Ievilkta šasija
25. Ugunsgrēks
26. Sprādziens
27. Atteikums, tehniska kļūme
28. Dzinēja atdalīšanās
29. Iznīcināšana, bojājums, asmeņu atdalījums no GK
30. Miesas bojājumi
31. GK bojājums stāvvietā
32. Nelikumīgas iejaukšanās
33. GK bezvēsts pazušana
34. Lidošana bīstamo laiku apstākļos
35. Radiosakaru zudums lidojuma laikā
36. Lidojums ar apledoto GK
37. GK elektriskā izlāde
38. Lidojums ar nobloķētām stūrēs plāksnēm
39. Apkopes locekļa saslimšana lidojuma laikā
40. Uzlidošana no nesagatavota skrejceļa
41. Nosēšanās uz nesagatavota skrejceļa
42. Nolaišanās ar nelielu degvielas atlikumu
43. Pasažieru saslimšana
44. Lidojums ar ne pilnīgi ievilktiem aizspārņiem
45. Pacelšanās / nosēšanās sliktos laika apstākļos
46. Dzinēja izslēgšana nepatiesu GK tehnikas rādījumu dēļ
47. Sadursmes draudi ar objektiem uz skrejceļa (transportlīdzekļiem, cilvēkiem, dzīvniekiem)
48. Radio/ apgaismes iekārtu atteikums pacelšanās, nolaišanās, nosēšanās laikā

Lai sasniegtu šo mērķi, mēs izmantojam ekspertu novērtēšanas metodi, kuras laikā eksperti novērtē faktiskos notikumus, balstoties uz savu pieredzi un zināšanām.

### ***Ekspertu novērtēšanas rezultāti***

Datoru aprēķina rezultāts:

Pamatojoties uz iepriekš minētajiem datora paņēmieniem, ir veikti aprēķini, izmantojot

iepriekš minēto formulu. Aprēķinu pamatā pieņemta aptaujas rezultātu matrica, kurā piedalījās 57 eksperti, kas vērtēja 48 nelabvēlīgās situācijas. Šīs matricas aptaujas elementi ir  $c_{ij}$  rangi, i ekspertu j notikumam. Aprēķinu rezultāti ir apkopoti 3.2 tabulā, kurā katra rinda attiecas uz konkrētu notikumu (no noteiktā 48 notikumiem), kā arī atbilstošajās ailēs (sākot ar otro) tiek apzīmētas attiecīgi:

vidējās bīstamības ("svaīguma") novērtējums dotajā j-tajā notikumā,  $\mu_j$ ;

- dispersijas novērtējums  $D_j$ ;
- standartnovirze  $\sigma_j$ ;
- relatīvā standartnovirze  $\nu_j$ ;
- dotā notikuma īpatsvara koeficients  $k_{ej}$ .

#### ***Pētījumā iegūti šādi rezultāti:***

Nosauksim visus 48 notikumus pēc bīstamības līmeņa, sākot no visbīstamākajām:

1. Sadursmes ar GK;
2. Sprādziens GK;
3. Kontroles zaudēšana lidojuma laikā;
4. Sadursme ar zemi / ūdeni;
5. Ugunsgrēks;
6. Dzinēja atdalīšanās;
7. Iznīcināšana, planera bojājums;
8. GK bezvēsts pazušana;
9. Sadursme ar objektiem;
10. Lidojums ar nobloķētām stūrēm;
11. GK apveriens;
12. GK apgāšanās;
13. Pieskaršanās zemei ar spārnu asmeni, gondola;
14. Iznīcināšana, bojājums, asmeņu atdalījums no GK;
15. Iznīcināšana, motora kaitējums;
16. Lidojums ar apledoto GK;
17. Iznīcināšana, šasijas kaitējums;
18. GK piezemēšanās uz ūdens;

19. Sadursmes ar putniem;
20. GK pusapversiens;
21. Ievilkta šasijas;
22. Piezemēšanās pirms skrejceļa;
23. GK elektriskā izlāde;
24. Pacelšanās / nosēšanās sliktos laika apstākļos;
25. Bīstamā tuvība ar citu GK;
26. Miesas bojājumi;
27. Piezemēšanās uz nesagatavota skrejceļa;
28. Izbraukt ārpus skrejceļa;
29. Novirzīšanās no lidojuma ierobežojumiem;
30. Nelikumīgas iejaukšanās;
31. Pacelšanās / nosēšanās sliktos laika apstākļos ;
32. Atteikums, tehniska kļūme;
33. Dzinēja izslēgšana ieslēgšana nepatiesu GK tehnikas rādījumu dēļ;
34. Uzlidošana no nesagatavota skrejceļa;
35. Orientācijas zaudējums;
36. Sadursmes ar objektiem;
37. Rupjā piezemēšanās;
38. Kontroles zaudēšana uz zemes/uz ūdens;
39. Nosēšanās ārpus mērķa zonas;
40. Radio/ apgaismes iekārtu atteikums pacelšanās, nolaišanās, nosēšanās laikā;
41. Apkalpes locekļa saslimšana lidojuma laikā;
42. Ievilkta šasijas;
43. Radiosakaru zudums lidojuma laikā;
44. Novirze no lidojuma plāna;
45. Nolaišanās ar nelielu degvielas atlikumu;
46. Lidojums ar ne pilnīgi ievilktiem aizspārniem;
47. GK bojājums stāvvietā;
48. Pasažieru saslimšana.

## Ekspertu novērtēšanas rezultāti

Ekspertu kopējā viedokļa sakritība.					
Rādītāji	$M_j$	$D_j$	$\sigma_\varphi$	$\nu_\varphi$	$k_{yj}$
Notikuma Nr					
1	32,736	117,316	10,831	0,33	0,023
2	5,385	50,166	7,082	1,315	0,003
3	5,719	17,218	4,149	0,725	0,004
4	4,350	18,472	4,297	0,987	0,003
5	23,982	98,473	9,923	0,413	0,017
6	11,754	83,974	9,163	0,779	0,008
7	27,14	86,611	9,306	0,342	0,019
8	28,701	111,366	10,553	0,367	0,020
9	37,824	60,529	7,78	0,205	0,027
10	30,228	61,508	7,842	0,259	0,021
11	33,017	102,578	10,128	0,306	0,023
12	23,35	103,244	10,160	0,435	0,016
13	25,859	100,961	10,047	0,388	0,018
14	28,596	65,608	8,099	0,283	0,020
15	14,842	62,763	7,992	0,533	0,010
16	14,789	88,902	9,428	0,637	0,010
17	14,789	87,042	9,329	0,630	0,010
18	24,754	126,29	11,237	0,453	0,017

19	36,508	119,653	10,938	0,299	0,026
20	32,245	101,834	10,091	0,312	0,023
21	11,017	60,297	7,765	0,704	0,007
22	17,017	48,578	6,969	0,409	0,012
23	22,719	74,972	8,658	0,381	0,016
24	25,701	87,928	9,376	0,364	0,018
25	8,578	39,226	6,263	0,730	0,006
26	4,701	38,559	6,209	1,32	0,003
27	29,789	77,955	8,829	0,296	0,021
28	8,578	30,559	5,528	0,644	0,006
29	15,964	88,7	9,418	0,589	0,011
30	28,035	182,7	13,516	0,482	0,020
31	42,315	38,391	6,196	0,146	0,030
32	28,859	123,102	11,095	0,384	0,020
33	11,07	71,152	8,435	0,761	0,007
34	29,035	70,279	8,383	0,288	0,020
35	37,596	47,152	6,866	0,182	0,026
36	22,614	76,236	8,731	0,386	0,016
37	26,578	91,822	9,582	0,360	0,019
38	11,807	66,716	8,167	0,691	0,008
39	35,578	87,401	9,348	0,262	0,025
40	30,052	85,557	9,249	0,307	0,021
41	28,526	78,529	8,861	0,310	0,020
42	39,263	44,509	6,671	0,169	0,028
43	42,543	58,001	7,613	0,178	0,030

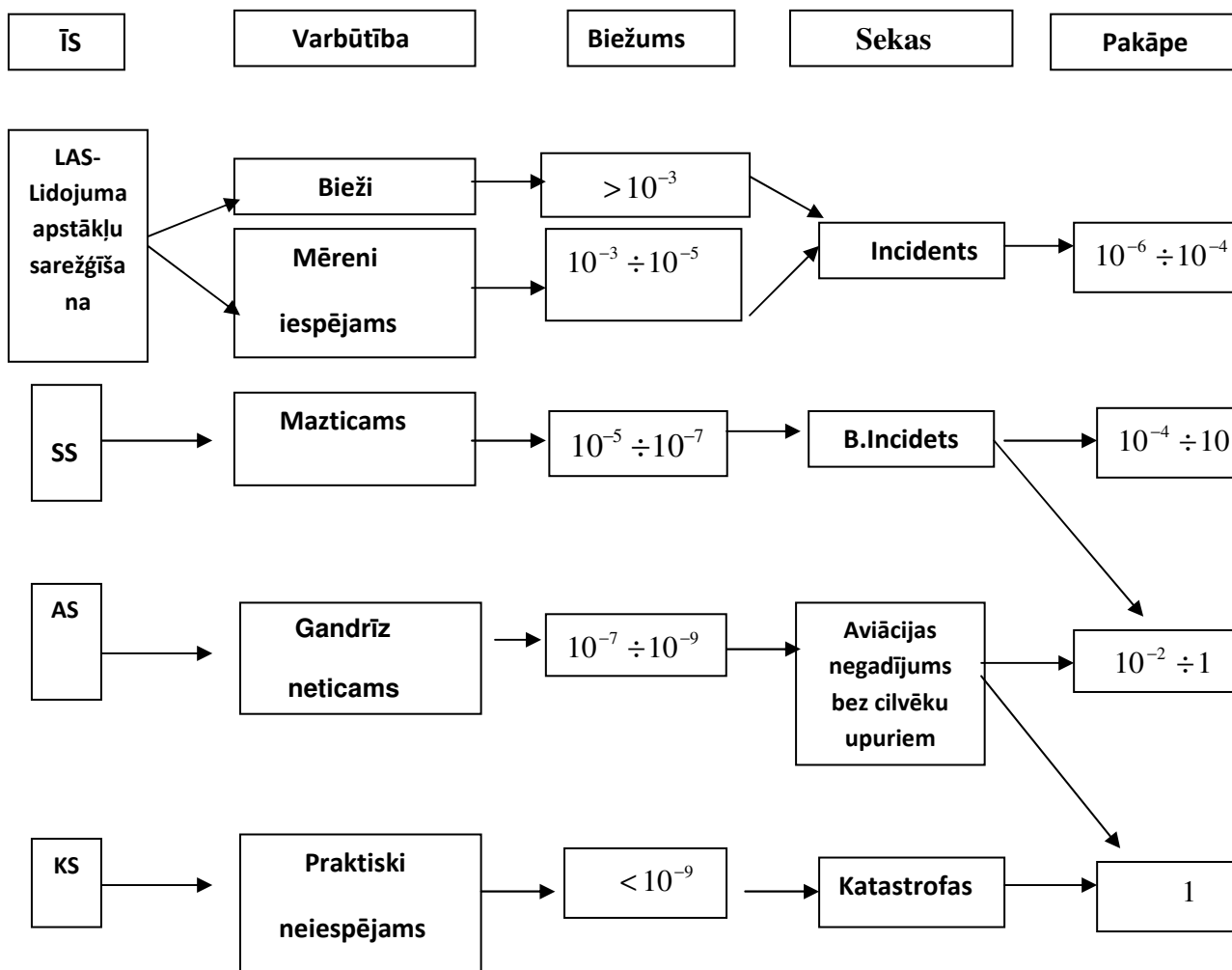
44	39,263	65,807	8,112	0,206	0,028
45	26,859	112,646	10,613	0,395	0,019
46	29,964	78,908	8,887	0,296	0,021
47	31,543	104,878	10,24	0,324	0,024
48	33,842	112,517	10,607	0,313	0,022

Pēc  $\sigma_j$ ;  $D_j$ ;  $\nu_j$ ; vērtībām var spriest par viedokļu sakritību, pie tam, jo mazāks bija  $\sigma_j$ , jo vairāk vienprātīgs bija ekspertu viedoklis. No 3.2 tabulas seko, ka visaugstāko vienprātības līmeni eksperti guva notikumā "3", tad "4", "28", u.c. (numerācija attiecas uz sākotnējo sarakstu).

No vērtības  $\mu_j$  ( $k_{ej}$ ) var klasificēt priekšlikumu riska pakāpi pēc notikumiem, pie tam, jo mazāks lielums  $\mu_j$  ( $j = 1, \dots, 48$ ), jo bīstamāks notikums. No 3.2 tabulas izriet, ka visbīstamākais ir ceturtais notikums (saskaņā ar bīstamo notikumu sarakstu), t.i notikums "sadursme ar citiem GK", tālāk seko 26. notikums ("sprādziens"), 2. notikums („kontrolas zaudēšana lidojuma laikā"), 3. notikums („sadursme ar zemi/ūdeni"), un tā tālāk. Visbeidzot, mazāk bīstamais notikums ir 43. ("pasāžieru saslimšana").

*Varbūtību gradācija konkrētajās situācijās, dažādās lidojuma derīguma normās*

FAR – 25		BCAR		ICAO	
P	Rašanās	P	Rašanās	P	Rašanās
1	2	3	4	5	6
Varbūtisks	Nenožīmīgs	Biežs $> 10^{-3}$	Mazsvarīgs notikums		
		Mēreni varbūtisks $10^{-3} \div 10^{-5}$		Mēreni varbūtisks $10^{-3} \div 10^{-5}$	Bez grūtībām, t.i. mazsvarīgs
		Mazticams $10^{-7} \div 10^{-9}$	Svarīgs katram notikumam	Mazticams $< 10^{-7}$ vai $10^{-9}$	Bez sevišķas bīstamības
Neiespējams	Bīstams		Bīstas katram notikumam  Katastrofisks katrai no sistēmām		Bīstams
Sevišķi neiespējams	Katastrofisks	Sevišķi neiespējams $< 10^{-9}$			Katastrofisks $< 10^{-9}$
<b>TSS CONCORDE</b>			<b>AII-25 (Krievija)</b>		
P	Rašanās	P	Rašanās	P	Rašanās
7	8	9	10		
Atkārojams $> 10^{-3}$	Mazsvarīgs	Atkārojams $> 10^{-3}$	Mazsvarīgs		
Mēreni iespējamie $10^{-3} \div 10^{-5}$		Mēreni iespējamie $10^{-3} \div 10^{-5}$		Bez grūtībām, t.i. mazsvarīgs	
Mazticams $10^{-5} \div 10^{-7}$	Svarīgs	Mazticams $10^{-5} \div 10^{-7}$	Svarīgs		
Sevišķi neiespējams $10^{-7}$	Bīstams	Sevišķi neiespējams $10^{-7} \div 10^{-9}$	Svarīgs		
<b>Sevišķi neiespējams</b>	<b>Katastrofisks</b>	<b>Praktiski neiespējams</b>	<b>Katastrofisks</b>		



3.2.att. Īpašās situācijas lidojuma laikā

Lidojuma derīguma standartus gaisa kuģiem klasificē visus iespējamus lidojuma laikā īpašos gadījumos uz četriem riska līmeņiem: lidojuma apstākļu sarežģītums (LAS), sarežģīta (bīstamā) situācija (SS), avārijas situācija (AS) un katastrofiska situācija (KS), kā arī pēc sastopamības biežuma klasificē pēc kvalitatīvām iezīmēm: bieži, mēreni iespējami, mazticams, mazticams un gandrīz neticams. Loģiski spriežot, starp īpašo situāciju un to sastopamības biežuma attiecību var formulēt kā 3.3 tabulā.

- Katastrofiskas situācijas, ko izraisījuši nelabvēlīgie faktori, var saistīt ar notikumiem, gandrīz neiespējamiem, biežums  $10^{-9}$
- Avārijas situācijas, ko izraisa tie paši iemesli, sevišķi mazticams, biežums  $10^{-7} \dots 10^{-9}$ ;
- Sarežģītas (bīstamas) situācijas, ko izraisa tie paši iemesli, mazticams, biežums  $10^{-7} \dots 10^{-5}$ ;
- Lidojuma apstākļu sarežģītumi, mēreni iespējams un bieži, biežums  $10^{-5} \dots 10^{-3}$

To biežums ir norādīts 3.3 tabulā.

Tagad, izmantojot iepriekš minētos sastopamības biežumus dažādām situācijām, mēs noteiksim no piedāvājuma, ka darbības laikā katra no četrām GK flotēm dod vienu un to pašu riska līmeni, proti, varbūtības, ka lidojums beigsies nelabvēlīgi, ir šādas

$$Q_{\text{бп}}=q\eta, \quad (3.40)$$

kur,  $q$ —īpašo situāciju sastopamības biežums;

$\eta$ — bīstamības pakāpe.

Neattēlotās varbūtības vērtības tās ir nelabvēlīgā faktora attēlojums, pamatojoties uz augstāk minētajiem pieņēmumiem, ka darbības laikā katra no četrām GK flotēm dod vienu un to pašu riska līmeni, mēs varam noteikt koeficientus, kas raksturo īpašās situācijas  $\eta$  bīstamības pakāpi, izmantojot sekojošo piemēru: Tā kā katastrofālu situāciju varbūtība vienā lidojuma laika stundā (vienā lidojumā) ir noteikta ar lidojumderīguma normu vērtībām  $10^{-9}$ , un īpašās situācijas rašanās varbūtība - lidošanas nosacījumu apgrūtināšana,  $10^{-3}$ , ko izraisa saskarsme ar nelabvēlīgu faktoru, tas nozīmē normalizētas vērtības apkalpes seku attēlošana, t.i. nepārejas varbūtībai ir jābūt lielākai vai vienāgai ar  $10^{-6}$ . Ja negatīvo faktoru ietekme noved pie avārijas situācijas, kuras biežums tiek normalizēts līdz  $10^{-7}$ , tad varbūtība nepārvietojas uz to katastrofālo stāvokli, tai jābūt lielākai vai vienāgai ar  $10^{-2}$  u.t.t.

Tad bīstamības pakāpei katrā no četrām iespējamajām situācijām var definēt kā:  
katastrofālai situācijai:  $\eta=1$ ;

avārijas situācijai:  $\eta=10^{-5} \dots 10^{-3}$ ;

sarežģītajai (bīstamajai) situācijai:  $\eta=10^{-7} \dots 10^{-5}$ ;

lidojumu apstākļu sarežģījumiem:  $\eta=10^{-7} \dots 10^{-9}$ .

No iepriekš minētā izriet, ka īpašo situāciju gradāciju nopietnību ietekmē tā rašanās biežums, tas ir viens no pamatprincipiem, lai izvērtētu GK derīgumu un drošību. Pilnu rašanās un bīstamības pakāpes biežumu iegūst no iepriekšminētajiem argumentiem. Šīs attiecības ļauj klasificēt īpašo situāciju pēc lielākās nosacītās varbūtības. Ar šādu pieeju, lielākā daļa no bīstamām situācijām neskaitīsies par situācijām, kuras beidzās ar incidentiem sakarā ar zemu riska līmeni. Un tie paši nelabvēlīgie faktori atkarībā no to rašanās apstākļiem var skaitīt vai neskaitīt pie ĪS, kuras beidzās ar incidentiem. Paturot prātā saikni starp bīstamo situāciju, to

biežumu, sekām un riska pakāpi, var attēlot tabulas veidā. Tādā veidā, ĪS pareizai klasifikācijai, ka arī lidojuma drošības noteikšanai, vadoties pēc statistikas materiāliem, nepieciešamas zināšanas par nosacītu varbūtību, apkalpes nelabvēlīgā faktorā ietekmi kā vienīgo kritēriju to briesmām un papildus normalizētu īpašo situāciju ietekmi.

## 4. RISKU TEORIJAS PIELETOŠANAS METODOLOĢĪSKA REALIZĀCIJA

### LIDOJUMU DROŠĪBAS NODROŠINĀŠAS JAUTĀJUMOS

#### 4.1. Nelabvēlīgo faktoru bīstamības pakāpes kvantitātes novērtējuma metodika

##### lidojuma laikā

Risinot dažādus uzdevumus, lai nodrošinātu LD, ir nepieciešams iegūt riska daudzuma novērtējumu par īpašo situāciju bīstamību dažādu nelabvēlīgu faktoru rakstura dēļ, t.i. novērtēt lidojuma smaguma rezultātu bīstamajā situācijā.

Novērtējuma ļoti svarīga prasība ir apkalpes darbību kontrole nelabvēlīgā faktora novēršanas laikā. Šis apstāklis padara neiespējamu tālāko bīstamības pakāpes metodikas izplatīšanu uz nelabvēlīgajiem faktoriem, kuras pamati ielikti Gaisa Kuģu Lidotspējas Normās, kura paredz apkalpes darbību stingro izpildi saskaņā ar lidojuma ekspluatācijas vadību.

Novērtējot riska faktoru  $Q_i$ , var izmantot sekojošo vienādojumu:

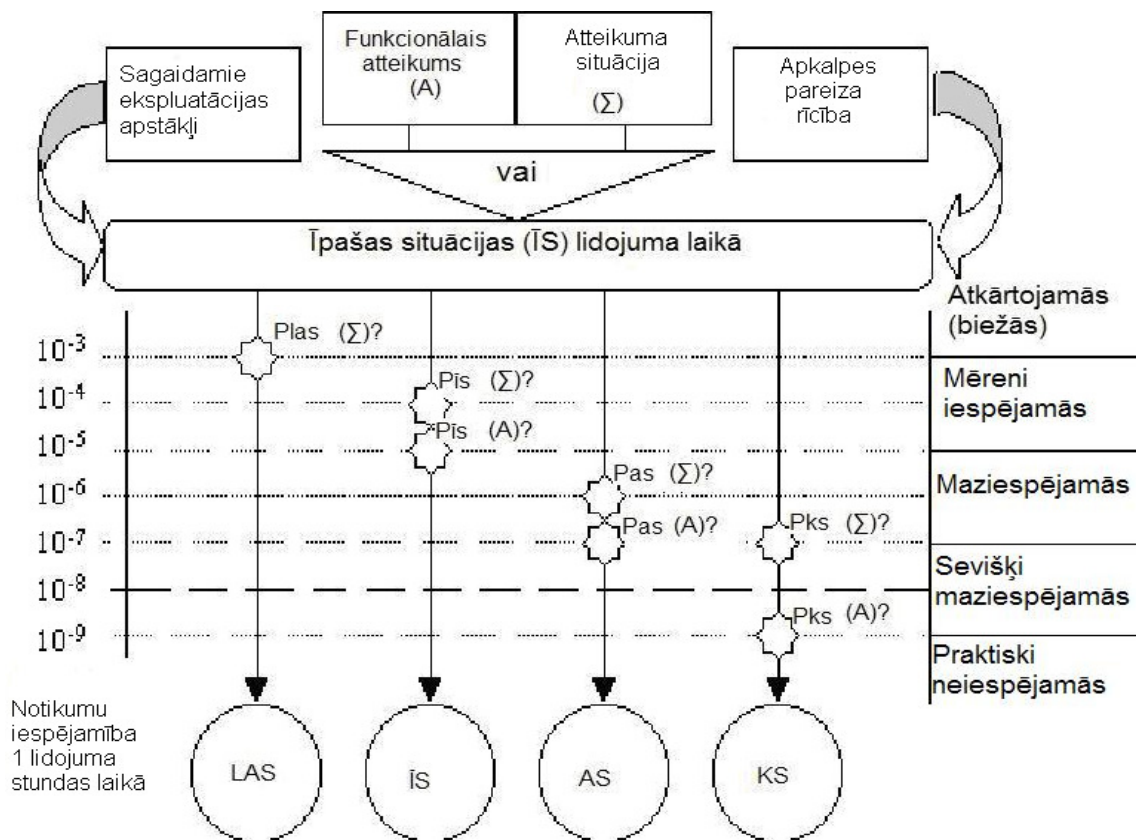
$$Q_i = q_i \eta_i, \quad (4.1)$$

kur  $q_i$  - I negatīva notikuma iestāšanās varbūtība LD,

$\eta_i$  - I notikuma bīstamība (aviācijas katastrofas varbūtība, kuru izraisīja  $i$  notikums).

Riska novērtējums ļauj noranžēt atklātos notikumus pa viena tipa notikuma grupām, kuras grupējās pēc riska samazināšanas  $R_i$ , un, izmantojot iegūto virkni, nodrošināt prioritāro secību, lai varētu nodrošināt LD.

Lai aprēķinātu risku vērtējumus pēc ekspluatācijas novērojumu rezultātiem, izmantosim lidojuma derīguma normas, normējošie īpašo situāciju, lidojuma laikā varbūtības.



4.1. att. LDN prasības AT funkcionālam drošumam

$P_{\text{ĪS}}(A)$  -īpašo situāciju, izraisītas ar funkcionālo atteikšanu, rašanās varbūtība,

$P_{\text{ĪS}}(\Sigma)$  -īpašo situāciju, kura ir izraisīta ar funkcionālo atteikšanu, rašanās summāra varbūtība.

Klasificējot saskaņā ar LDN negatīvus gadījumus, kas notiek lidojuma laikā un pieņemot katastrofas varbūtību, katastrofālo situāciju rezultātā par vienādu ar 1, mums ir:

$$Q_{\text{KS}} = r_{\text{KS}}q_{\text{KS}}, \quad r_{\text{KS}} = 1, \quad q_{\text{KS}} = n_{\text{KS}} / T, \quad (4.2)$$

kur,  $Q_{\text{KS}}$  -katastrofālas situācijas risks

$r_{\text{KS}}$  -katastrofālas situācijas bīstamība

$q_{\text{KS}}$  -katastrofālas situācijas varbūtība

$n_{\text{K}}$  - katastrofālo situāciju skaits novērošanas laika intervālā

$T$  - summārais stundu nolidojums novērošanas laika intervālā

$$Q_{\text{AS}} = \eta_{\text{AC}}q_{\text{KS}}, \quad \eta_{\text{AS}} = 10^{-1}, \quad q_{\text{AS}} = n_{\text{AS}} / T, \quad (4.3)$$

kur,  $Q_{\text{AS}}$  -avārijas situācijas risks

$r_{AS}$  - avārijas situācijas bīstamība

$q_{AS}$  - avārijas situācijas varbūtība

$n_{AS}$  - avārijas situāciju skaits novērošanas laika intervālā

$$Q_{SS} = \eta_{SS} q_{KS}, \eta_{SS} = 10^{-3}, q_{SS} = n_{SS} / T, \quad (4.4)$$

kur,  $Q_{SS}$  - sarežģītas situācijas risks

$r_{SS}$  - sarežģītas situācijas bīstamība

$q_{SS}$  - sarežģītas situācijas varbūtība

$n_{SS}$  - sarežģīto situāciju skaits novērošanas laika intervālā

$$Q_{LAS} = \eta_{LAS} q_{KS}, \eta_{LAS} = 10^{-4}, q_{LAS} = n_{LAS} / T, \quad (4.5)$$

kur,  $Q_{SS}$  - sarežģītas situācijas risks

$r_{SS}$  - sarežģītas situācijas bīstamība

$q_{SS}$  - sarežģītas situācijas varbūtība

$n_{SS}$  - sarežģīto situāciju skaits novērošanas laika intervālā

Ir piedāvāts ieviest papildus negatīvo gadījumu grupu - negatīvie gadījumi bez lidojuma apstākļu sarežģīšanas (BLAS), lai detalizētāk fiksētu notikumus, kas pazemina drošības līmeni.

Tad:

$$Q_{BLAS} = r_{BLAS} q_{KS}, r_{BLAS} = 10^{-5}, q_{BLAS} = n_{BLAS} / T, \quad (4.6)$$

kur,  $Q_{BLAS}$  - situācijas risks

$r_{BLAS}$  - situācijas bīstamība

$q_{BLAS}$  - situācijas varbūtība

$n_{BLAS}$  - situāciju skaits novērošanas laika intervālā

Šajā gadījumā pilna riska vērtējums tiek noteikts ar summu:

$$R = Q_{KS} + Q_{AS} + Q_{SS} + Q_{LAS} + Q_{BLAS}, \quad (4.7)$$

Kā tika minēts sadaļā 2.1 pamatinteresi LD jaunā līmeņa sasniegšanai izraisa visnenozīmīgāko pēc sekām notikumu analīze. Tāda līmeņa notikumu riska pakāpes novērtējumu piedāvāts veikt izmantojot ekspertu novērtējumu metodes, sakarā ar to, ka nav

iespējams izmantot citas matemātiskās metodes uzstādīto mērķu sasniegšanai. Galvenās grūtības, saistītas ar nelabvēlīgo faktoru lidojuma laikā skaitliska vērtējuma matemātisko likumu izstrādi, ir:

- tamlīdzīga veida negatīvu notikumu ranžējuma grūtības;
- tamlīdzīga veida negatīvu notikumu seku noteikšanas grūtības;
- lidojuma gaitas analīzes grūtības, iestājoties dažādiem tamlīdzīga veida negatīviem notikumiem, kopā ar citu nelabvēlīgo notikumu virkni;
- lidojuma rezultāta noteikšanas grūtības, iestājoties dažiem tamlīdzīga veida negatīviem notikumiem īsa laika posmā;
- šī nelabvēlīga faktora parādīšanas konstatēšanas grūtības, kas ir saistīts ar cita faktora parādīšanos un turpmāko nelabvēlīgo faktoru rašanas ķēdes attīstību.

Negatīvo notikumu pakāpes skaitliskā vērtējuma metodika grafiski ir attēlota 4.2. attēlā.

Tātad, balstoties uz zīmējumu, ir piedāvāts izmantot likumu 1:10:30:600 (negatīvu notikumu atkārtojamības nosacītā attiecība), un «1:10:100:10000:(>10000)» (īpašo situāciju lidojuma laikā atkārtojamības nosacītā attiecība):

$$\mathbf{n_K : n_A : n_{NI} : n_I = 1 : 10 : 30 : 600}$$

$\mathbf{n_K}$  - katastrofu skaits,  $\mathbf{n_A}$  - avāriju skaits,  $\mathbf{n_{NI}}$  - nopietnu aviācijas incidentu skaits,  $\mathbf{n_I}$  - aviācijas incidentu skaits.

$$\mathbf{n_{KS} : n_{AS} : n_{SS} : n_{LAS} : n_{BLAS} = 1 : 10 : 10^3 : 10^4 : (>10^4)}$$

$\mathbf{n_{KS}}$  - katastrofālo situāciju skaits,  $\mathbf{n_{AS}}$  - avārijas situāciju skaits,  $\mathbf{n_{SS}}$  - sarežģīto situāciju skaits,  $\mathbf{n_{LAS}}$  - lidojuma apstākļu sarežģīšanās situāciju skaits,  $\mathbf{n_{BLAS}}$  - situāciju bez lidojuma apstākļu sarežģīšanas skaits.

Tādā veidā lidojuma riska līmenis R, kā īpašo situāciju rašanas normēto risku viena lidojuma stundā integrālais vērtējums, definējas pēc sekojošās formulas:

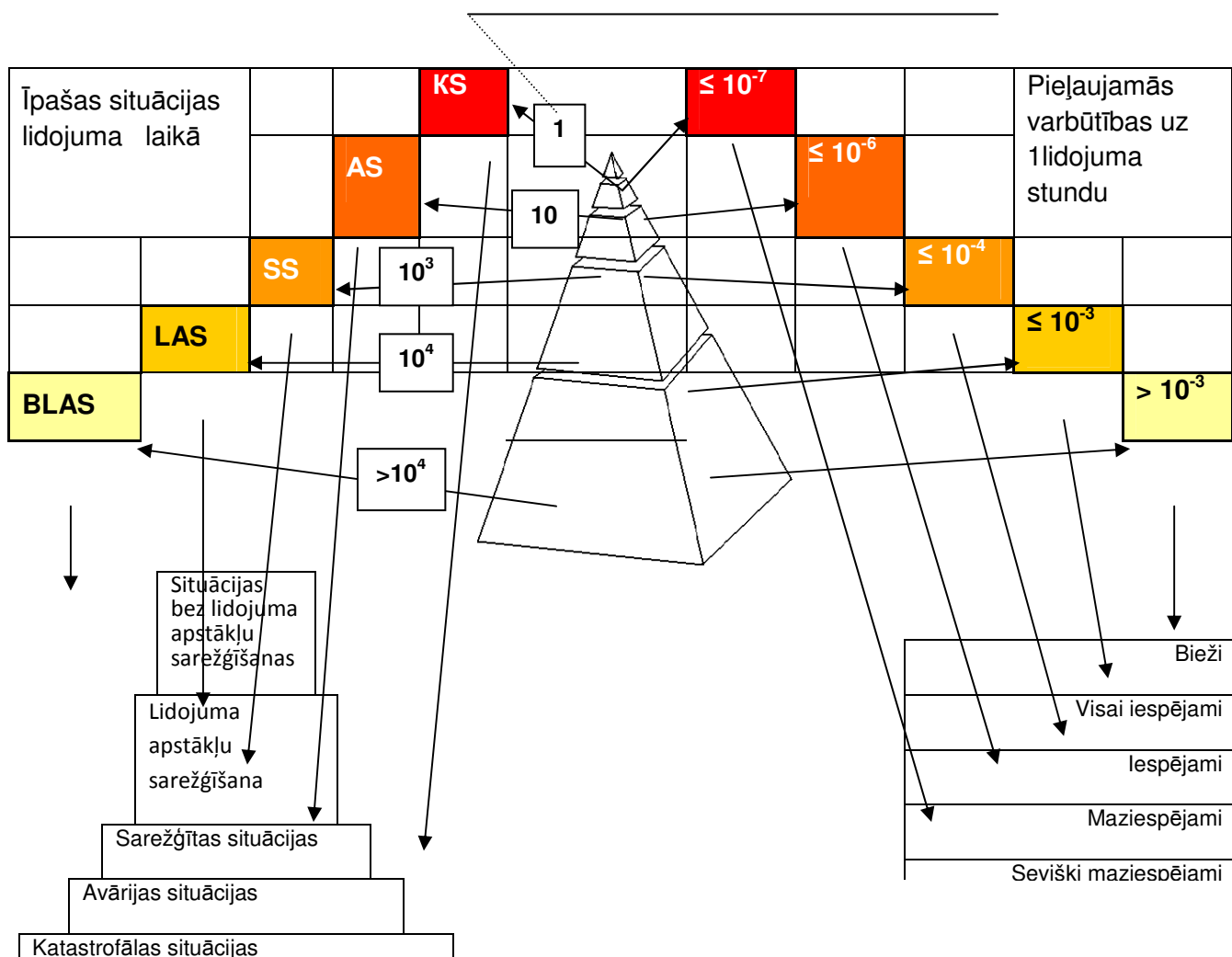
$$R = \sum_{i=1}^5 R_i = \sum_{i=1}^5 S_i Q_i = \sum_{i=1}^5 \frac{n_i}{T} Q_i$$

4.1. tabula

Bīstamība pēc notikumu tipiem

i	Notikuma tips (Īpašās situācijas lidojuma laikā)	Q <sub>i</sub> Katastrofas bīstamība	n <sub>i</sub> i-tā tipa kontrolējamo notikumu skaits	T
1	BLAS	Q <sub>1</sub> =10 <sup>-5</sup>	n <sub>1</sub> - BLAS tipa kontrolējamo notikumu skaits	Stundu nolidojums LD līmeņa kontroles laika intervālā
2	LAS	Q <sub>2</sub> =10 <sup>-4</sup>	n <sub>2</sub> - LAS tipa kontrolējamo notikumu skaits	
3	SS	Q <sub>3</sub> =10 <sup>-3</sup>	n <sub>3</sub> SS tipa kontrolējamo notikumu skaits	
4	AS	Q <sub>4</sub> =10 <sup>-1</sup>	n <sub>4</sub> - AS tipa kontrolējamo notikumu skaits	
5	KS	Q <sub>5</sub> =10 <sup>0</sup>	n <sub>5</sub> - KS tipa kontrolējamo notikumu skaits	

Notikumu nosacīti pieļaujama atkārtojamība



4.2.att. Lidojuma derīguma normēšanas izmantošana, risku novērtēšanas laikā

Riska klasifikācija ir attēlota 4.2. tabulā.

4. 2.tabula

Riska klasifikācija

		Seku nopietnība				
		Niecīgas (BLAS)	Nenožīmīgas (LAS)	Nožīmīgas (SS)	Bīstamas (AS)	Katastrofālas (KS)
Notikumu varbūtība	<b>Bieža</b> $10^{-3} < Q \leq 10^0$	Jāizanalizē	<i>Nepieņemams</i>	<i>Nepieņemams</i>	<i>Nepieņemams</i>	<i>Nepieņemams</i>
	<b>Visai iespējama</b> $Q \leq 10^{-3}$	Jāizanalizē	Jāizanalizē	<i>Nepieņemams</i>	<i>Nepieņemams</i>	<i>Nepieņemams</i>
	<b>Iespējama</b> $Q \leq 10^{-5}$	Pieņemams	Jāizanalizē	Jāizanalizē	<i>Nepieņemams</i>	<i>Nepieņemams</i>
	<b>Maziespējama</b> $Q \leq 10^6$	Pieņemams	Pieņemams	Jāizanalizē	Jāizanalizē	<i>Nepieņemams</i>
	<b>Sevišķi maziespējama</b> $Q \leq 10^{-7}$	Pieņemams	Pieņemams	Jāizanalizē	Jāizanalizē	Jāizanalizē

Šie novērtējumi ir vienkārši pielietojumā un ļauj veikt tekošā riska līmeņa monitoringu LD vadības procesā.

Notikumu klases definēšanai nepieciešams pielietot ekspertu vērtējuma teoriju, citu matemātisko metožu pielietošanas neiespējamības dēļ (šī problēma ir izskatāmā šajā nodaļā). Nelabvēlīga faktora izpausme, apkalpes rīcība to seku likvidācijai un lidojuma rezultāti – ir nejauši notikumi, tātad, kā objektīvs mērs, kas integrāli novērtē tāda lidojuma drošības līmeni, pieņemta lidojuma nelabvēlīga rezultāta, katastrofas vai avārijas varbūtības novērtēšana. Tālāk šis rādītājs ir noteikts kā lidojuma riska līmenis – Q.

Riska līmeņa skaitliskais novērtējums kāda laika posmā  $[t_0, t_k]$  tiek aprēķināts sekojoši:

$$Q_i = g_i K_{oni}, \quad (4.8)$$

kur ,  $K_{oni}$  - nelabvēlīgo faktoru ietekmes seku nelikvidēšanas laika posmā [ $t_0, t_k$ ], (līdz lidojuma beigām) nosacīta varbūtība,

$$K_{oni} = \alpha\beta, \quad (4.9)$$

kur ,  $\alpha$  – reaģēšanas uz nelabvēlīga faktora ietekmi sarežģītības koeficients;

$\beta$  – īpašās situācijas lidojumā rezultāta bīstamības koeficients.

$\alpha_{ij}$ - koeficients tiek definēts kā apkalpes nereaģēšanas uz i-tipa nelabvēlīgo faktoru

j - lidojuma etapā varbūtība:

$$\alpha_{ij} = (1 - P_{\Pi_{ij}}) \quad (4.10)$$

kur  $P_r$  – varbūtība, ka apkalpe reaģēs uz nelabvēlīgo i – lidojuma posmā, to nosaka pēc formulas (indeksi ij netiek izmantoti):

$$Pr = P_{konst} * P_{not} * P_{r.v.} * P_{n.r.}, \quad (4.11)$$

-  $P_{konst}$  – nelabvēlīgā faktora konstatācijas faktora varbūtības;

-  $P_{not}$ . – nelabvēlīga faktora nekļūdīga noteikšanas varbūtības;

-  $P_{r.v.}$  – racionāla (optimāla) reaģēšanas varianta izvēles varbūtība pie nelabvēlīga faktora;

-  $P_{n.r.}$  – nekļūdīgu darbību izpildes reaģēšanas varbūtība, pie nelabvēlīgu faktoru sekām.

Reaģēšanas sarežģītības koeficienti, kuri radās pie nelabvēlīgajiem faktoriem veido varbūtības matricu.

Reaģēšanas uz nelabvēlīgiem faktoriem, kas parādījās lidojuma laikā, sarežģītības koeficienti, sastāda varbūtību matricu:

$$\{\alpha_{ij}\} = \begin{vmatrix} \alpha_{11} \dots \alpha_{ij} \dots \alpha_{1n} \\ \dots \dots \dots \\ \alpha_{i1} \dots \alpha_{ij} \dots \alpha_{in} \\ \dots \dots \dots \\ \alpha_{m1} \dots \alpha_{mj} \dots \alpha_{mn} \end{vmatrix} \quad (4.12)$$

kur,  $i - 1, n - n$  – Lidojuma etapu skaits;

$j - 1, m - m$  – Nelabvēlīgo faktoru skaits

Īpašas situācijas rezultāta bīstamības koeficients  $\beta_{ij}$  tiek definēts kā aviācijas negadījuma varbūtība  $i$  – tipa nelabvēlīga faktora nelikvidēšanas  $j$  – lidojuma etapā rezultātā.

Lidojuma īpašas situācijas rezultāta bīstamības koeficienti sastāda varbūtību matricu :

$$\{\beta_{ij}\} = \begin{vmatrix} \beta_{11} \dots \beta_{1j} \dots \beta_{1n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \beta_{i1} \dots \beta_{ij} \dots \beta_{in} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \beta_{m1} \dots \beta_{mj} \dots \beta_{mn} \end{vmatrix} \quad (4.13)$$

Reaģēšanas uz nelabvēlīgo faktoru sarežģītības koeficienta un lidojuma īpašas situācijas rezultāta bīstamības koeficienta ieviešana, ļauj nodefinēt īpašas situācijas, īpašas situācijas, kas ir atkarīga no nelabvēlīga faktora rašanās, bīstamības koeficientu un noteikt to kā:

$$\{K_{\text{оп.ij}}\} = \{\alpha_{ij}\} \otimes \{\beta_{ij}\}, \quad (4.14)$$

kur « $\otimes$ » - nozīme matricu reizināšanu pa elementiem  $\{\alpha_{ij}\}$  и  $\{\beta_{ij}\}$ .

Tādējādi,  $K_{\text{оп.ij}}$  lielums ļauj novērtēt nelabvēlīga faktora bīstamības pakāpi un pie nelabvēlīga faktora  $q_{ij}$  rašanās zināmās varbūtības, apriori novērtēt lidojuma riska līmeni  $Q_{ij}$ :

$$Q_{ij} = K_{\text{оп.ij}} * q_{ij} \quad (4.15)$$

Izmantojot  $\alpha$ ,  $\beta$  un  $K_{\text{оп}}$  skaitlisko vērtību un izejot no lidojuma īpašas situācijas bīstamības pakāpes, var noteikt apkalpes rīcības racionālo stratēģiju nelabvēlīgo faktoru seku likvidēšanai, prasības pie LD nodrošinājuma sistēmām un prasības lidojuma apkalpju sagatavošanai. Novērtēt LD eksistējošo līmeņi GK ekspluatācijā, kā arī prognozēt plānoto profilakses pasākumu efektivitāti.

Lielumus, kas ietilpst izteiksmē  $\{K_{\text{on}_{ij}}\} = \{\alpha_{ij}\} \otimes \{\beta_{ij}\}$ , praksē var noteikt, pielietojot šādas metodes:

1. AN datu un incidentu statistiskā analīze masveida ekspluatācijas etapā;
2. Daļēji reālā modelēšana ar pilotāžas stendu un trenāžieru izmantošanu;
3. Statistiskā kalkulācijas eksperimenta veikšana imitāciju modeļos ar ĪS parādīšanās un attīstīšanās modelēšanu, ko nosaka konkrētais nelabvēlīgais faktors;
4. Pamatojoties uz ekspertu matemātiski-statistiskajām novērtēšanas metodēm.

Pirmo trīs metožu realizācija, kā zināms, prasa ievērojamus materiālos un arī laika ieguldījumus, un tas ir saistīts ar ievērojamām grūtībām informācijas gūšanā. Tomēr, AVS izmantošana ar mērķi atrisināt izvirzītos uzdevumus, var mainīt spriedumu par esošajām grūtībām. Un kalpot par esošo sistēmu, kuras izmanto piedāvātās metodes, pilnveidošanas papildus motivāciju.

Jāatzīmē, ka lidojumu ekspluatācijas praksē sastopami gadījumi, kurus nevar matemātiski formalizēt un modelēt, to nošķirtības un individualitātes dēļ. Šādos gadījumos lidojumu kompleksu speciālistiem palīgā nāk euristiskās metodes, kas pamatojas uz cilvēcisko pieredzi un zināšanām. Iemesla/faktora izpausmes bīstamības salīdzinošai novērtēšanai var tikt izmantota ekspertu novērtēšanas metode. Tomēr jāatzīmē, ka ekspertu novērtējumu metodes organizācija un novadīšana vēl līdz šodienai radīja arī nelielas grūtības, kas ir saistītas ar darbietilpīgumu. Šajā gadījumā AVS nāk palīgā arī speciālistiem. Neskatoties uz to, ka informāciju sistēma ļauj risināt problēmas, kas ir saistītas ar ekspertu novērtēšanas organizāciju un novadīšanu, tas ir arī spēcīgākais instruments analītiķa rokās, aprēķinu, sagatavošanas un iegūto datu sniegšanas ziņā viņam ērtākajā veidā. Līdzās jau minētajām informāciju sistēmas priekšrocībām, tai arī piemīt sekojoša pozitīvu īpašību virkne ekspertu novērtēšanas jomā:

- Datu uzglabāšana, kas nodrošina ātru piekļuvi ekspertu novērtēšanas rezultātiem iepriekšējos periodos, un iemesla/faktora izpausmes bīstamības analīzes iespēja atkarībā no laika un GK veida;
- Iemesla/faktora izpausmes eksperta novērtēšanas iespēja, neatejot no savas darba vietas;
- Minimālā laika patēriņa nodrošināšana apskatāmās procedūras veikšanai;
- Elastīgs iegūto datu analīzes instrumentārijs u.c.

Kā iepriekš tika minēts, galvenais darbietilpīgais moments, kas ir saistīts ar ekspertu novērtēšanas metodes realizāciju, ir etaps informācijas iegūšanai no ekspertiem. Apskatīsim ekspertu aptaujas novadīšanas organizāciju.

Pēc iemesla/faktora vai iemeslu/faktoru noteikšanas, kuru dēļ notika nelabvēlīgais notikums, lidojumu kompleksa speciālists aktivizē uzdevumu informāciju sistēmā ekspertu aptaujas veikšanai. Turklāt šajā uzdevumā tiek atzīmēts gan lidojuma etaps, gan arī notikuma parādīšanās brīdis un apstākļi. Nākošajā etapā katrs eksperta grupas loceklis saņem paziņojumu par iemesla/faktora izpausmju bīstamības novērtēšanas procedūras novadīšanas uzdevumu. Tālāk visa ekspertu aptaujas novadīšanas organizācija dalās trīs etapos, kuros tieši piedalās tikai pats eksperta grupas loceklis.

### *1. Iemesla/faktora atvairīšanas sarežģītības noteikšana*

Šī procedūra tiek veikta secīgu atbilžu ceļā uz uzdotajiem jautājumiem. Neskatoties uz datu sniegšanas šķietamu vienkāršumu, ekspertam jābūt maksimāli sakoncentrētam un pārliecinātam, ka viņa paziņojums ieņems savu vietu aviācijas notikumu novēršanas problēmas risināšanā un palīdzēs to atrisināt. Pēc šī etapa izpildes, eksperts pāriet pie nākamā etapa.

### *2. Lidojuma rezultāta bīstamības noteikšana*

Šis etaps tiek novadīts analogiski pirmajam un tā novadīšanai aizņem ne vairāk laika. Tomēr šajā etapā, tāpat kā pirmajā, eksperts nedrīkst aizmirst par sava paziņojuma svarīgumu. Lai eksperts būtu pilnīgi pārliecināts par savām atbildēm, pastāv iespēja atgriezties pie katra no diviem etapiem. Neskatoties uz to, ASV datu bāzē tiek fiksēti visi eksperta labojumi un atgriešanās apskatāmās procedūras iepriekšējos etapos. Tas tiek darīts ar mērķi gūt iespēju kontrolēt sarežģījumus, kas ir radušies ekspertiem iemesla/faktora bīstamības novērtēšanas novadīšanā. Tā kā jebkurā brīdī lidojumu kompleksa speciālisti var organizēt sarunu ar vienu vai otru ekspertu vai ekspertu grupu. Tādējādi, aviokompānijas vadība var būt pārliecināta par to, ka palaižot ekspluatācijā AVS, atgriezeniskā saite starp ekspertiem un lidojumu kompleksa speciālistiem netiks zaudēta. Tāpat kā pirmajā etapā tiek īstenota pāreja pie nākošā etapa.

### *3. Dati par ekspertu*

Trešais etaps ir paredzēts eksperta personības noteikšanai, kā arī aizsardzībai no nepiederošo personu nesankcionētas piekļuves datu bāzei. Katra lidojuma ĪS atvairīšanas

etapa nozīmīguma noteikšanai tiek pielietota pāru salīdzinājumu metode, kura būtība ir sekojoša.

Saskaņā ar [20, 49, 76, 78, 79], grupā ir P rādītāji. Eksperti veic visu grupas rādītāju pāru salīdzināšanu savā starpā, piemēram, izteikumu veidā „vairāk-mazāk”, „labāk-sliktāk”.

Izmantojot priekšrocības simbolu «>», varam pierakstīt  $\langle X_i > X_j \rangle$ , -  $X_i$  ir priekšrocība pret  $X_j$ . Katram pārim  $\langle X_i, X_j \rangle$ , izveidosim atbilstošu  $\delta$ -funkciju:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, ja & X_i > X_j, i, j = 1, p, i \neq j; \\ 0 & \text{pretēre\_gadījumā} \\ 0,5 & ja X_i \infty X_j \end{cases} \quad (4.17)$$

kur  $\infty$  - nozīmē ekvivalenci.

Ekspertam jānosaka rādītāju ranžēšanu. Iegūto atbilžu rezultātā tiek noteikta nejaušā lieluma  $\delta_{ij}$  matemātiskā gaidīšana (lij). Pamatojoties uz rādītāju pāru matemātisko gaidīšanu  $L = \|l_{ij}\|$ , noteikt rādītāju relatīvā svarīguma koeficientus un iegūt rādītāju normēto ranžēšanas sarakstu no ekspertu aptaujas rezultātiem.

Vispārējās novērtēšanas vērtību iegūšanai, tiek formēts veida kritērijs:

$$R_\alpha = \sum_{i=1}^4 \lambda_\alpha^i r_\alpha^i \quad (4.18)$$

sarežģītības atvairīšanas koeficientam:

$$R_\beta = \sum_{i=1}^4 \lambda_\beta^i r_\beta^i \quad (4.19)$$

ĪS rezultāta koeficientam.

Šādas operācijas rezultātā mēs iegūstam vektoru-stabiņu, kas veidots no viena eksperta atbildēm:

$$\text{priekš } \alpha - |R_\alpha|_m; \text{ priekš } \beta - |R_\beta|_m, \quad (4.20)$$

N ekspertiem iegūstam matricas:

$$\{R_{\alpha ij}\}_m^n \text{ un } \{R_{\beta ij}\}, \quad i = 1, \bar{N}, j = 1, \bar{M}, \quad (4.21)$$

Lai pārlicinātos, ka pastāv ekspertu viedokļu saskaņotība un tai nav nejaušs raksturs, tiek izmantots kritērijs – konkordācijas koeficients (W).

Konkordācijas koeficients tiek aprēķināts pēc formulas:

$$W = \frac{S}{N^2(M^3 - M)/12 - N \sum_{v=1}^N T_v}, \quad (4.22)$$

kur, N – ekspertu skaits;

M – iemeslu/faktoru skaits;

$$T_v = \sum_{i=1}^P (t_{iv}^3 - t_{iv});$$

P – saistītu rangu skaits v-tajā ranžēšanā;

$t_{iv}$  – IF skaits, kas ieguvuši vienādus rangus pie 1-tās sakritības;

$$S = \sum_{j=1}^M \left( \sum_{i=1}^N R_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N R_{ij}}{M} \right)^2$$

Par sākuma datiem konkordācijas koeficienta W aprēķināšanai, tiek izmantotas matricas (4.14)

Iegūto rezultātu pareizības novērtēšanai, tiek aprēķināta hi-kvadrāta vērtība pēc formulas:

$$\chi^2 = N(M - 1)W, \quad (4.23)$$

Ko pēc tam salīdzina ar tabulas vērtībām  $\chi_T^2$  pie (M-1) brīvības pakāpēm. Pamatojoties uz salīdzinājumu tiek noskaidrots, kāda ir varbūtība, ka iegūtā vērtība  $\chi^2$  pārsniedz tabulas vērtību  $\chi_T^2$ , t.i.

$$P(\chi^2 > \chi_T^2) = q, \quad (4.24)$$

Ja iegūtās vērtības  $\chi_T^2$  izrādījās nozīmīgas ar augstu uzticības līmeni ( $q > 0.99$ ), tad tas norāda uz visu N ekspertu domu saskaņotības nenejaušību.

Pēc ekspertu domu saskaņotības pakāpes pārbaudes, tiek veikta vidējo rangu vērtību aprēķināšana katram iemeslam/faktoram, pēc formulas:

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N}, \quad (4.25)$$

Tad tiek veikta rangu normēšana pēc formulas, saskaņā ar [20, 49, 76, 78, 79]:

$$d_i = \frac{R_{cp,i} - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} \quad (4.26)$$

kur  $d_i$  - i-tā iemesla/faktora normalizēts novērtējums.

Uz novērtējumiem attiecas pazīme:  $0 < d_i \leq 1$ .

Šādas operācijas rezultātā, mēs iegūstam koeficientu  $\alpha$  un  $\beta$  novērtējumu tuvības pakāpi visiem pētāmajiem iemesliem/faktoriem un tiek veidotas attālumu matricas starp iemesliem/faktoriem, kas ir izmērītas kārtas skalā:

$$\{d_{\alpha}^i\} \text{ и } \{d_{\beta}^i\}, \quad i = 1, \overline{M}.$$

## 4.2. Lidojumu drošības rādītāju aprēķināšana laika periodā no 1995. g. līdz 2006. g.

### Krievijas Civilajā Aviācijā

Ar izstrādātas metodikas palīdzību pamatojoties uz Krievijas civilās aviācijas lidojumu drošības analīzēm par 1995-2006. g., bija paveikti to funkcionēšanas risku aprēķini šajā periodā. Aprēķinu rezultāti dažādiem variantiem (ar un bez aizgājušu bojā cilvēku skaita ievērošanas) darbā ir attēloti tabulu un histogrammu veidā. LD rādītāju izmaiņas laika intervālā novērtēšanai ar relatīvo rādītāju izmantošanu, darbā bija veikta statistisko datu

izlīdzināšana ar to apstrādes procedūras palīdzību uz vidējās mainīgas bāzes par 5 gadiem (saskaņojot ar ICAO LD ceļu karti). Šo aprēķinu fragments ir attēlots 4.4. tabulā.

4.4.tabula

LD rādītāju aprēķins visam Krievijas komercaviācijas GK par 1995-2006. g.

Rādītāji	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
T, $10^5$ ч	22,41	19,2	16,91	14,54	14	14,53	15,7	16,6	16,98	18,09	18,18	20
$N_{PAS}$ , $10^6$	31,25	26,83	25	21,76	21,5	22,2	25,06	26,73	29	33,3	35	37,86
$n_K$	13	14	10	9	7	5	10	7	2	6	7	10
$10^{-1} n_A$	4,1	2,9	2,5	2,4	1,4	1,2	1,7	1,4	0,7	1,1	0,5	0,3
$n_{II}$	1165	1093	1014	965	873	877	1015	985	940	947	874	877
$10^{-3} n_{SS}$	0,58	0,55	0,51	0,48	0,43	0,44	0,51	0,49	0,47	0,47	0,44	0,44
$10^{-4} n_{LAS}$	0,1107	0,1038	0,0963	0,0917	0,0830	0,0833	0,0964	0,0936	0,0893	0,0900	0,0830	0,0833
$\Sigma n_i$	17,79	17,55	13,1	11,67	8,92	6,72	12,3	8,98	3,25	7,66	7,82	10,82
$10^5 R$	0,794	0,914	0,775	0,803	0,637	0,462	0,783	0,541	0,191	0,423	0,43	0,541
$k_{RMIR}$	1,32	1,93	1,51	0,4	0,47	0,21	2,05	1,15	0,24	0,35	0,38	1,98
$N_{MIR}$ uz $10^6$ cil	5,6	8,2	6,42	1,7	2	0,9	8,7	4,9	1	1,5	1,6	8,4
$10^5 R^*$	1,048	1,764	1,17	0,321	0,299	0,097	1,605	0,622	0,046	0,148	0,163	1,071

Šeit:

- T - gada summārais stundu nolidojums  $10^5$  st.;
- $N_{pas}$  – pārvadāto pasažieru skaits vienā gadā  $10^6$  cilv.;
- $n_K$  – katastrofu skaits;
- $n_{SS}$  – sarežģīto situāciju skaits;
- $n_{las}$  – lidojumu apstākļu sarežģīšanas situāciju skaits;
- $\Sigma n_i$  – augstāk noteikto īpašo situāciju summārais skaits;
- R – riska vērtība;
- $k_{Rmir}$  – seku smaguma uzskaites koriģēšanas koeficients pēc bojā aizgājušu cilvēku skaita.

Sarežģīto situāciju skaits (nss) un lidojuma apstākļu sarežģītības situāciju skaits (nlas) nosacīti pieņemts izejot no hipotēzes, ka sarežģīto situāciju skaits sastāda 5% no visiem incidentiem.

Riska līmeņa aprēķināšanas formula:

$$R = \sum k_i n_i \setminus T ; \quad (4.27)$$

kur i – īpašo situāciju tips (i= K, AS, SS, LAS)

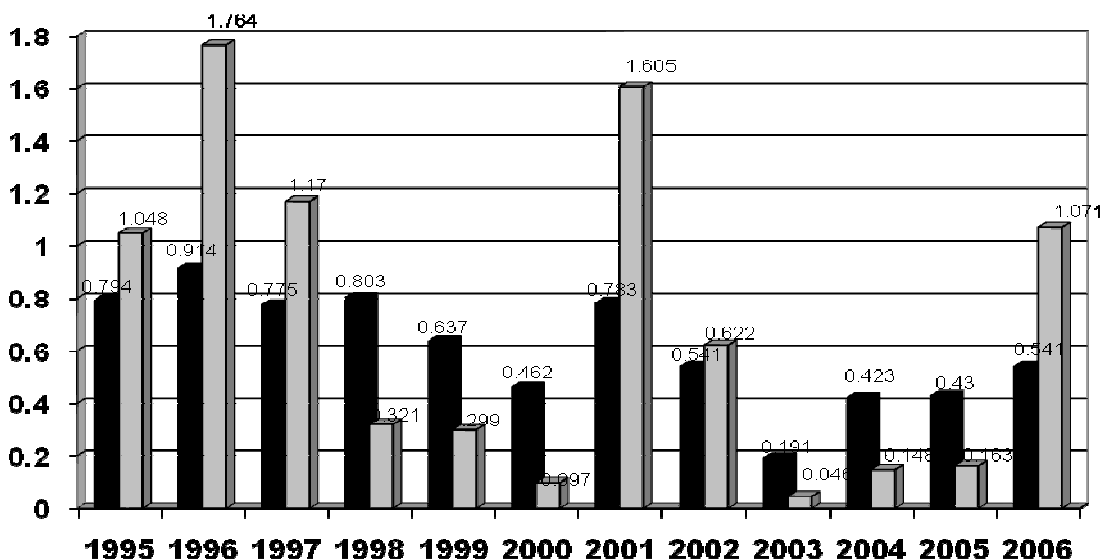
Korekcijas koeficienti seku uzskaitē pēc bojā aizgājušu skaita ir noteikti katram analizējamam gadam pēc formulas:

$$k_{Rmir(j)} = N_{mir(j)} / (1/12 \sum_{j=1995}^{2006} N_{mir(j)}) ; \quad (4.28)$$

kur, j - gads (j = 1995...2006)

$$R^* = R k_{Rmir}; \quad (4.29)$$

Aprēķināto LD parametru histogramma ir attēlota 4. 3.att.



4.3. att. Riska izkārtojuma histogrammas bez bojā aizgājušu cilvēku skaita uzskaites ( $10^5 R$  – melnā krāsa) un ar uzskaiti ( $10^5 R^*$  - pelēkā krāsa), kas ir aprēķinātas pēc īpašo situāciju rašanas Krievijas Federācijas civilajā aviācijā (KF CA) par 1995-2006 g.

Drošības radītāju izmaiņas dinamikas novērtēšanai laikā, kopā ar relatīvo radītāju izmantošanu, tiek izdarīta statistisko datu izlīdzināšana, apstrādājot datus pamatojoties uz vidējas mainīgas vērtības par 5 gadiem. Izejas dati un tādu LD radītāju aprēķināšana visam Krievijas komercaviācijas GK parkam par 1995-2006 g., ir attēloti 4.5. tabulā.

4.5.tabula

Izlīdzināto LD radītāju aprēķins visam Krievijas komercaviācijas GK parkam par 1995-2006g

<b>Rādītāji</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
$N_{AN}$ uz $10^5$ cilvē.	2,41	2,24	2,07	2,27	1,5	1,17	1,72	1,26	0,53	0,94	0,66	0,65
$N_{AN}^*$ uz $10^5$ cilvē.	2,46	2,52	2,35	2,27	2,1	1,85	1,75	1,58	1,24	1,12	1,02	0,81
$N_K$ uz $10^5$ cilvē.	0,58	0,74	0,59	0,62	0,5	0,34	0,61	0,42	0,12	0,33	0,38	0,5
$N_K^*$ uz $10^5$ cilvē.	0,5	0,58	0,58	0,51	0,61	0,56	0,53	0,5	0,4	0,36	0,37	0,35
$N_{MIR}$ uz $10^6$ pārv..	5,6	8,2	6,42	1,7	2	0,9	8,7	4,9	1	1,5	1,6	8,4
$N_{MIR}^*$ uz $10^6$ pārv.	5,22	6,48	6,36	5,64	4,78	3,84	3,94	3,64	3,8	3,4	3,54	4,9

kur

$N_{AN}$  – aviācijas notikumu skaits uz  $10^5$  lidojumu stundām;

$N_{AN}^*$  - tie paši, bet izlīdzinātie rādītāji;

$N_K$  – katastrofu skaits uz  $10^5$  lidojumu stundām;

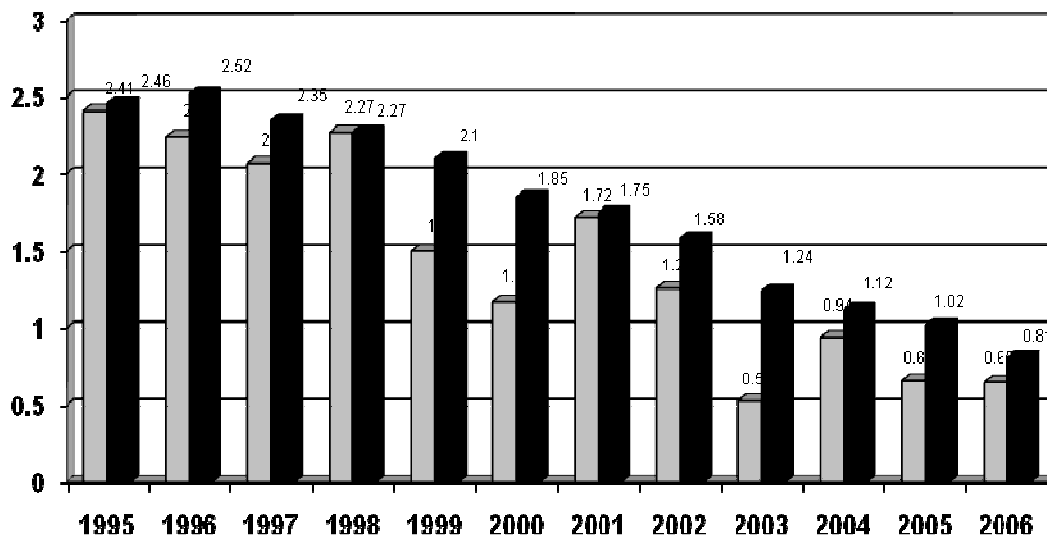
$N_K^*$  - tie paši, bet izlīdzinātie rādītāji;

$N_{MIR}$  –bojā aizgājušu skaits uz  $10^5$  lidojumu stundām;

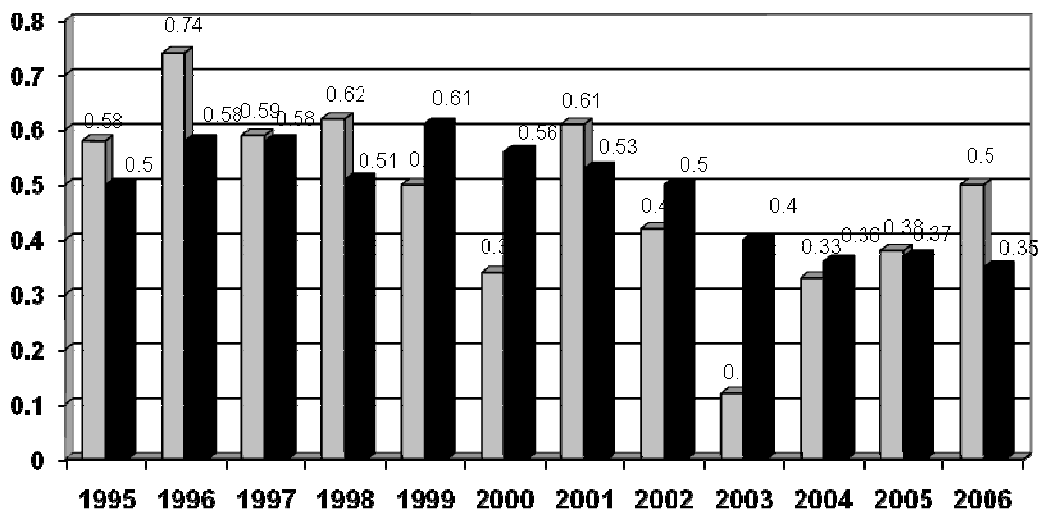
$N_{MIR}^*$  - tie paši, bet izlīdzinātie rādītāji.

Rādītāju par 1995-2006 g. izlīdzināšanai ir izmantoti dati, kas attēloti 4.4 tabulā.

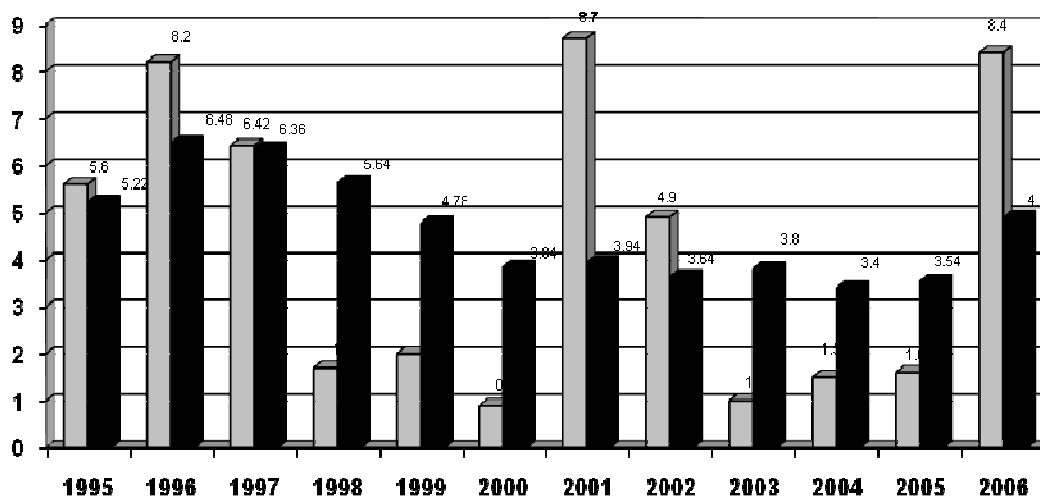
LD izlīdzinātu un neizlīdzinātu rādītāju histogrammas ir attēlotas 4.4.,4.5.,4.6. attēlā.



4.4. att. KF CA negadījumu, notikušo ar komercaviācijas GK, sadalījuma histogramma uz 100 tūkst. lidojuma stundām, par 1995-2006 g. (neizlīdzinātie - pelēka krāsa, izlīdzinātie – melna krāsa).



4.5. att. KF CA katastrofu, notikušo ar komercaviācijas GK, sadalījuma histogramma uz 100 tūkst. lidojuma stundām, par 1995-2006 g. (neizlīdzinātie - pelēka krāsa, izlīdzinātie – melna krāsa).



4.6. att. Bojā aizgājušu uz 10 miljoniem KF CA pārvadāto pasažieru, sadalījuma histogramma par 1995-2006 g. (neizlīdzinātie - pelēka krāsa, izlīdzinātie – melna krāsa).

Tādejādi, iegūta riska līmeņa vērtība R raksturo Krievijas CA funkcionēšanas bīstamības pakāpi šajos gados un nosaka to reitingu. Analogiskus aprēķinus var veikt aviouzņēmumiem, GK tiem utt. Aprēķinu rezultātus var plaši izmantot LD stāvokļa novērošanā un monitoringā un, attiecīgi, LD vadībā.

### *Secinājumi*

Veikta zinātniska pētījuma rezultātā ir sasniegts sekojošais:

Pamatojoties uz:

- CA LD vadības tradicionālo metožu analīzes;
- ekspluatētāju informēšanas nodrošināšanas par nepilnībām viņu darbā, izmantojot, pirmkārt, aviokompāniju lidojumu informācijas apstrādes rezultātus, kā informācijas pamat avotu analīzes;
- starptautiskās, nacionālās un iekšējās normatīvu bāzes, LD nodrošināšanas jautājumos, analīzes;
- dažādu aviokompāniju attieksmes pret LD līmeņa vadības jautājumiem, analīzes;
- esošas GK ekspluatētāju nodrošināšanas ar informāciju tehnoloģijas, kā arī aviokompāniju lidojumu informācijas apstrādes rezultātu izmantošanas, kā informācijas pamatavotu, analīzes

Ir izstrādāti un piedāvāti:

- Teorētiskie un metodoloģiskie jaunas pieejas nolikumi LD nodrošināšanai aviokompānijā, kas pamatoti uz no nelabvēlīgo faktoru iedarbības lidojumu laikā risku vadības un uz starptautisko kvalitātes standartu ISO-9000 un SMS principiem.
- Lidojuma rezultāta riska pakāpes, apkalpes nepareizas darbības rezultātā vai negatīvo faktoru darbības rezultātā, vērtējuma integrālā metodika, kas pamatā ir negatīvo notikumu, grupēto pēc seku bīstamības pakāpes (Katastrofa – avārija – avācijās negadījums (nopietns incidents) – incidents- citi negatīvie notikumi); ( Katastrofālā situācija - avārijas situācija – sarežģīta situācija - lidojuma apstākļu sarežģījums – bez lidojuma apstākļu sarežģīšanas), atkārtēšanas korelācijas koncepcija;
- Svara koeficientu nozīmes izvēlēs metodika dažādiem nelabvēlīgo notikumu grupām, pamatojoties uz ekspertu vērtējuma teorijas izmantošanu;
- Nelabvēlīgo notikumu civilā aviācijā ranžēšanas metodika ar ekspertu vērtējumu metožu izmantošanu;
- Risku skaitliskas vērtēšanas metodes.

Kopā ar CA Valsts zinātniski pētniecisko institūtu, ir veikta nelabvēlīgo notikumu ranžēšana, pēc visbiežāk sastopamo nelabvēlīgo faktoru radīšanas lidojumu laikā un veikts riska līmeņa aprēķins Krievijas civilā aviācijā par 1995-2006 g., kas, savukārt, līdzēja LD draudu avotu atklāšanai un profilaktisko pasākumu izstrādei turpmākām periodam (2009-2015g.). Tādējādi, var runāt par LD stāvokļa monitoringa modeles izveidošanu, LD līmeņa vadības mērķim.

## IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

1. *AIR BUS Line Operations Monitoring System. Version 2.6. A – 319, A –320*
2. *Airworthiness. An Introduction to Aircraft Certification; A Guide to Understanding JAA, EASA and FAA Standards. - Oxford: Elsevier, 2006. – 247 p.*
3. *Byrdun J. Prediction of Civil Airplane Flight Safety in Complex Conditions. Summary of Doctoral Dissertation. - Riga: Riga Technical University, 2008. – 28 p.*
4. *Bloom N.B. Reliability Centered Maintenance (RCM). Implementation Made Simple.- New York: McGraw-Hill, 2006. – 291 p.*
5. *Byars L., Rue L. Human Resource Management. - Boston: Irwin, 1991. – 545 p.*
6. *Chris R. Glaeser. How to Employ Risk Management at a Major Air Carrier. 2004, p. 57.*
7. *De Florio F. Airworthiness. An Introduction to Aircraft Certification; A Guide to Understanding JAA, EASA and FAA Standards. - Oxford : Elsevier, 2006.- 247 p.*
8. *ICAO SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS (SMS) COURSE. ICAO 2008 Revision 11 (01/01/08).*
9. *Gaile V., Startautiskās civilas aviācijas terminoloģija, terminu definīcijas saīsinājumi. Rīga: Latvijas vēstnesis, 1998. -331 lpp.*
10. *Handbook in Transport. V.3. Handbook of Transport Systems and Traffic Control / Ed. by K.Button, D. Hensher. - Oxford: Elsevier, 2001. – 700 p.*
11. *Kabashkin I. Future Air Navigation Systems. Introduction to the New Concept - Riga: Transport and Telecommunication Institute, 2000. – 337 p.*
12. *Kozlova G.A., Kozlova A.M. The World of Aviation English. - Москва: Воздушный транспорт, 2007. - 224 p.*
13. *Šestakovs V. Dažādu drošības aspektu analīze gaisakuģu lidojumus. RTU Izdevniecība. Rīga 2005. 78 lpp.*
14. *Анализ причин ошибочных (неэффективных) действий экипажа в особых ситуациях полёта. (Рекомендуемая практика) – М. Российское страховое общество «Афес», 1994.*
15. *Барзилович Е.Ю. Стохастические модели принятия оптимальных решений в экономических исследованиях. –М.: МРЦОИ Госатомнадзора России, 1999.*
16. *Барзилович Е.Ю., Нартов В.Н. Актуальные вопросы повышения эффективности летной эксплуатации воздушных судов. М.: МГУ, 2005.*

17. Барзилович Е.Ю., Лончаков Ю.В., Николайкин Н.И. *Оптимальное управление состоянием систем на основе решений, упреждающих неблагоприятные ситуации.* М.: МГУ, 2005.
18. Безруков Ю.П. Дьяков А.А. Игнатъев А.В. *Анализ авиационных происшествий с воздушными судами гражданской авиации РФ за период 1991-2001 годы, связанных с человеческим фактором.* ГСГА Минтранса России, 2003 г.
19. Бецков А.В. *Модели оценок и снижений рисков на воздушном транспорте.* М.: МГУ, 2004.
20. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. *Математико-статистические методы экспертных оценок.* – М.: Статистика, 1980.
21. В.И. Жулев, В.С. Иванов. *Безопасность полетов летательных аппаратов.* – М.; Транспорт, 1986.
22. Голубев И.С., Сакач Р.В., Логинов Е.Л. *Исследование операций в гражданской авиации.* – М.: Транспорт, 1980.
23. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталева Е.Н. *Моделирование рискованных ситуаций (в экономике и бизнесе).* М.: Финансы и статистика, 1999.
24. Зубков Б.В. *Методологические основы анализа и оценки безопасности полетов и летной годности воздушных судов.* М.: МГТУ ГА, 1997.
25. Зубков Б.В. *Теоретические основы безопасности полетов.* – М.: МИИГА, 1987.
26. ИКАО, *Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП), Издание первое – 2006.*
27. Козлов В.В. *Человеческий фактор: история, теория и практика в авиации.* – М.: Полиграф, 2002.
28. Крамер Г. *Математические методы статистики.* – М.: ИЛ, 1982
29. Литвак Б.Г. *Экспертная информация. Методы получения и анализа.* – М.: Радио и связь, 1977.
30. Люлько С.В. *Разработка и обоснование методик количественных оценок показателей безопасности полетов, адаптированных к исходной статистической информации.* М.: МГТУ ГА, 2002.
31. Малинецкий Г.Г., Кульба В.В., Косяченко С.А., и др. *Управление риском. Риск. Устойчивое развитие. Синергетика.* М.: Наука, 2000. 431 с. Сер. «Кибернетика», РАН.

32. *Методические рекомендации по разработке «Программы предупреждения авиационных происшествий в ГА РФ»* - М. Академия ГА, 1998.
33. *Наземная система на базе ПК для обработки ПИ. Программа автоматизированной обработки V. 2.0. Описание. Инструкция оператору* – М. ГосНИИГА, 1995.
34. *Новожилов Г.В., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г. Безопасность полета самолета.* М.: Машиностроение, 2003.
35. *Нормативы оценок качества выполнения полётов в ОАО «Аэрофлот»* - М. 2000.
36. *О совершенствовании организации работ по сбору, обработке и анализу полетной информации. Приказ Федеральной службы воздушного транспорта РФ № 33 от 17 августа 1999г.*
37. *Овчаров В.Е. Специальные методы оценки процесса пилотирования.* – М.: Изд-во Полиграф, 2001.
38. *Отчёт о работе цеха по сбору и обработке ПИ* – М. 2004.
39. *Полтавец В.А. Безопасность полетов и методы ее обеспечения: Учеб. пособие.* -М.: Изд-во МАИ, 1995.
40. *Пособие по дисциплине «ТЭО решений в сфере эксплуатации ВС».* – М.: МГТУ ГА, 2000.
41. *Розов С.А. Определение уровня безопасности полетов с учетом проявления человеческого фактора, внешней среды и безотказности авиационной техники.* - М.: Транспорт, 2001.
42. *Руководство по информационному обеспечению автоматизированной системы обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации (АСОБП).* – М.: Аэронавигационное консалтинговое агентство, 2002.
43. *Руководство по организации сбора, обработки и использования ПИ в авиапредприятиях ГА РФ* – М. Государственная служба гражданской авиации. Приложение к распоряжению МТ РФ от 31.07.01 № НА – 296 – р.
44. *Руководство по предотвращению авиационных происшествий.(Дос 9422-AN/923).* Первое издание – 1984 год. – ИКАО, 1984.
45. *Руководство по эксплуатации системы «Безопасность - 1».* – М.; Воздушный транспорт, 1984.
46. *Рыбалкин В.В. Безопасность полетов Ч. 1, 2.* – М.: Изд-во МИИГА, 1994.

47. Сакач Р.В. *Использование автоматизированных информационно-управляющих систем для обеспечения безопасности полетов.* -М. : МИИГА, 1989.
48. *Сборник нормативно-справочных и методических материалов по воздушному транспорту. Выпуск 1.* – Санкт-Петербург, 1995.
49. Смольников В.Л. *Методика количественной оценки степени опасности особых ситуаций полета. Труды общества независимых расследователей авиационных происшествий. Выпуск № 17 – М. : 2006. 267 с.*
50. *Труды общества независимых расследователей авиационных происшествий. Выпуск 20. М. 2008.*
51. *Универсальная программа ИКАО по проведению проверок организации контроля за обеспечением безопасности полетов.*
52. *Управление уровнем безопасности полётов в а/к «Волга-Днепр».*
53. *Федеральные Авиационные Правила.* – М., 1997.
54. Хэнли Э. Дж., Кумамото Х. *Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. под ред. В.С. Сыромятникова. М.: Машиностроение, 1984.*
55. Шестаков В.З. *Инженерно-организационные основы обеспечения БП в Гражданской Авиации. Учебник.* - М. : Машиностроение, 1985.
56. Шестаков В.З. *Организационные основы БП воздушного транспорта и авиационных работ. Учебное пособие – Рига, РКИИГА, 2008.*
57. Шестаков В.З. *Методические указания к практическим занятиям «Расследование авиационных происшествий». Учебное пособие-Рига, РКИИГА, 1990.*
58. Шестаков В.З. *Система активного обеспечения безопасности полетов воздушных судов. Учебное пособие-Рига, РКИИГА, 1991*
59. Helmreich, R.L., Klinect, J.R. and Wilhelm, J.A. (1999). *Models of threat, error, and CRM in flight operations. In Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology (pp. 677-682). Columbus, Ohio, U.S.: The Ohio State University.*
60. *OECD. International Transport Forum. Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach.* - Paris: OECD Publishing, 2008.-242p.
61. *CFIT, FSF «Партнерство по безопасности полетов», 2003.*
62. McCarthy J. (U.S. Naval Research Laboratory), Schwartz M. (AT & T). *Modeling Risk with the Flight Operations Risk Assessment System (FORAS). Conference of ICAO in Rio-de-Janeiro – Brazil.*

63. N. Dreimanis, V. Šestakovs. *COMPONENTS OF HUMAN FACTOR Scientific proceedings of Riga Technical University transport and Engineering, Sērija 6., sejūms 13., Rīga 2008.,301-307.lpp*
64. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat '09). Abstracts of the 9th International Conference, 21-24 October 2009, Riga, Latvia. Proceedings of the 9th International Conference. - Riga: Transport and Telecommunication Institute, 2009. - 108p.*
65. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat '10). Abstracts of the 10th International Conference, 20-23 October 2010, Riga, Latvia. Proceedings of the 10th International Conference. - Riga: Transport and Telecommunication Institute, 2010. - 93p.*
66. Smoljakova N. Šestakovs V. *Pasākumu svarīguma un nozīmīguma ranžēšana, saistībā ar aviācijas negadījumu un incidentu novēršanas darbību plānu ekonomisko novērtējumu RĪGAS TEHNISKĀS UNIVERSITĀTES ZINĀTNISKIE RAKSTI Rīga 2008., 6. SĒRIJA Transports. Aviācijas transports*
67. V. Shestakov, V.B Dissanayake. *Estimation of aircraft state in flight under the influence of adverse faktor. Journal Aviation, Vilnius “ tehnika” Nr 6.,2002.,117.-122.*
68. V. Šestakovs, Je. Jaroslavceva. *Cilvēciskā faktora vadība lidojumu inženirtehniskā nodrošinājuma sistēma . RTU zinātniskie raksti, Mašīnzinātne un Transports, Sērija 6, sejūms 8., Rīga 2002., 57.-65.lpp*
69. V. Shestakov, V.B Dissanayake. *Gaisa kuģā sarežģītas tehniskās sistēma stāvokļu lidojuma laikā analīze. RTU zinātniskie raksti, Mašīnzinātne un Transports, Sērija 6., sejūms 8, Rīga 2002., 75.-82. lpp*
70. V. Shestakov, V.B Dissanayake. *Working out Identification for special situations During Flight. Scientific proceedings of Riga Technical University transport and Engineering,*
71. V. Shestakov, I. Petuhov. *Operational-Economical Flyng safety Regulations System in Aircompany. Scientific proceedings of Riga Technical University transport and Engineering, Sērija 6., sejūms 13., Rīga 2003., 150- 155.lpp*
72. V. Shestakov, V. Shkutan. *Development of mathematical Model of Reliability of System of the Aircraft Scientific proceedings of Riga Technical University transport and Engineering, Sērija 6., sejūms 13, Rīga 2003., 167.- 171.lpp*

73. V. Shestakov, V.B Dissanayake, A. Pankov. *Quality Control on the Basis of Entropy determination* TRANSPORT Journal of Vilnius Gediminas Tehnical University and Lithuanian Academy of Sciences, Vol XIX, No2, 2004, 1.51-56
74. V. Shestakov, I.Petuhov, A. Pankov. *Processual method lika method which helps to manage the quality of transport services* Jurnal of business economics and management, vol IV,Nr 2,North-German Academy of Informatology, 2004, 123-127
75. V. Shestakov, I. Petuhovs, A. Pankov. *A Processual method, the helping to manage the quality of transport servis* TRANSPORT Journal of Vilnius Gediminas Tehnical University and Lithuanian Academy of Sciences, Vol. XX, No 6, 2005, 232-235
76. Барзилович Е.Ю., Гладун В.П., Люлько С.В. *Управление нештатными ситуациями и определение вероятности благоприятного результата* // Научный вестник МГТУ ГА. 2004. № 74.
77. Володин В.В., *Надежность в технике. Научно-технические, экономические и правовые аспекты надежности. Институт машиноведения им. А.А. Благонравова, МНТК «Надежность машин». М.: РАН, 1993. с. 119-123.*
78. Гузий А.Г. *Апостериорная оценка точности и надежности индивидуального и группового экспертного прогнозирования количества авиационных событий в авиакомпании* // Проблемы безопасности полетов. Научно-практический журнал. Вып. 7, 2007 – М. : ВИНТИ, 2006. – С.3-12.
79. Гузий А.Г. *Методология логико-вероятностного количественного оценивания и активного управления риском авиационного происшествия в предстоящих полетах* // Проблемы безопасности полетов. Научно-практический журнал. Вып. 200 – М.: ВИНТИ, 2007.
80. Гузий А.Г., Гришунов В.Н. *Оценка функционального состояния летчика в полете на основании логиковероятностных методов. Эксплуатация и ремонт авиационной техники. Научно-технический сб. – М.: ВВИА им. Жуковского, 1990.*
81. Гузий А.Г., Малевинский Ю.А. *Концепция предотвращения авиационных происшествий и управление уровнем безопасности полетов. Труды общества исследователей авиационных происшествий (Вып. 16). – М.: Полиграф, 2004. С.182-198.*
82. Куклев Е.А. *Модели рисков катастроф, как маловероятных событий в системах с дискретными состояниями: Сб. трудов международной конференции «Системный анализ и системное моделирование». СПб.: ЛЭТИ, 2003. с. 158-163.*

83. Куклев Е.А. Прогнозирование появления авиационных происшествий на основе цепей случайных событий. Сб. докладов Международного Симпозиума «МАКС-99» (ЦАГИ). 1999. Авг.
84. Чунтул А.В. Актуальные проблемы внедрения программы добровольных сообщений по безопасности полетов в авиации России. Труды общества исследователей авиационных происшествий (Вып. 11). – М., 2004. С.143-148.
85. Шаров В.Д. Об одном методе оценки эффективности мероприятий по предотвращению авиационных происшествий // Проблемы безопасности полетов. Научно-практический журнал. Вып. 11, 2006 – М.: ВИНТИ, 2006. – С.3-8.
86. Шаров В.Д., Гузий А.Г., Гладкин С.М. Возможности теории нечетких множеств при оценивании факторов риска авиационных происшествий // Проблемы безопасности полетов. Научно-практический журнал. Вып. 6, 2007. – М. : ВИНТИ, 2007.– С.10-18.
87. Шестаков В.З. Идентификация особых ситуаций в полете. Материалы международной научно-технической конференции.
88. EASA/Internets.-<http://www.easa.europa.eu/home.php>
89. CIVILĀS AVIĀCIJAS AGENTŪRA /Internets.-<http://www.caa.lv>
90. International Civil Aviation Organization/Internet.-<http://www.icao.int>

