

Aleksandrs Bitiņš

**LIDOJUMA DROŠĪBAS INFORMĀCIJAS  
BĀZES SISTĒMU TEORĒTISKO  
UN METODISKO PIEEJU IZSTRĀDE**

Promocijas darbs

Aleksandrs Bitiņš

Promocijas darbs



**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultāte  
Aeronautikas institūts

**Aleksandrs Bitiņš**

Doktora studiju programmas „Transports” doktorants

**LIDOJUMA DROŠĪBAS INFORMĀCIJAS  
BĀZES SISTĒMU TEORĒTISKO UN  
METODISKO PIEEJU IZSTRĀDE**

**Promocijas darbs**

Zinātniskais vadītājs  
profesors *Dr. habil. sc. ing.*  
VLADIMIRS ŠESTAKOVŠ

RTU Izdevniecība  
Rīga 2022

## **ANOTĀCIJA**

Promocijas darbā izstrādāta teorētiskā un metodiskā pieeja, lai izveidotu informācijas datubāzi aviācijas drošības sistēmai, ieskaitot riska faktoru identificēšanu, apkopošanu un apstrādi. Izveidots informācijas datubāzes modelis, kas ļauj laikus identificēt, apstrādāt un sniegt objektīvu informāciju aviokompānijas struktūrvienībām un lēmumu pieņēmējiem.

## **ANOTATION**

The Thesis focuses on the development of theoretical and methodological approaches for the creation of an information base for the aviation security system, including the identification, compilation and processing of risk factors. An information database model has been developed for the airline, which allows timely identification, processing and provision of information and allows the departments and decision-makers of the airline to provide objective information.

## SATURS

DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS .....	5
IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI UN DEFĪNICIJAS .....	9
1. LIDOJUMU DROŠĪBAS PIEEJU ANALĪZE UZŅĒMUMA LĪMENĪ.....	10
1.1. Vispārīgi drošības aspekti ražošanā un transportā .....	10
1.2. Īpaši drošības aspekti ražošanā un transportā .....	13
1.3. Negatīvo notikumu pazīmes (prekursori) rūpniecībā un transportā.....	14
1.4. Nevēlamo notikumu piramīdu izmantošana drošības novērtēšanai .....	16
1.5. Lidojumu drošības pārvaldības metožu analīze .....	17
1.5.1. Retroaktīvā vadības metode.....	18
1.5.2. Proaktīvā drošības stratēģija .....	18
1.5.3. Prognozējošā drošības metode.....	19
2. AVIOKOMPĀNIJAS RISKU ANALĪZES SISTĒMAS MODEĻA IZSTRĀDE .....	20
2.1. Izmantojamo lidojumu drošības digitālo sistēmu analizē .....	22
2.2. Aviokompānijas informācijas sistēmas modeļa izstrādē.....	24
2.3. Algoritma izstrāde .....	27
2.4. Aviokompānijas struktūrvienību un personāla darbības noviržu un pārkāpumu analīzes algoritma izstrāde nenoteiktības apstākļos .....	28
3. METODOLOĢIJAS IZSTRĀDE DROŠĪBAS RĀDĪTĀJU SASTĀVA NOTEIKŠANAI STRUKTŪRĀM UN LĒMUMU PIENĒMĒJIEM .....	39
3.1. Metodes izvēle rādītāju sastāva noteikšanai.....	39
3.2. Pārbaudes vispārīgā kārtība .....	39
3.3. Ekspertīzes organizēšanas un ekspertīzes apstrādes metodes izvēle .....	40
3.4. Objektu sarindošanas (ranžēšana), izmantojot Līdera metodi .....	42
3.5. Provizoriska rādītāju sastāva ranžēšana .....	43
3.6. Ekspertīze .....	44
3.7. Ekspertu aptaujas rezultātu apstrādes programmas funkcionālā shēma .....	45
3.8. Rādītāju grupu veidošana, kas ietekmē lidojuma drošību aviokompānijā .....	46
4. LIDOJUMU DROŠĪBAS RĀDĪTĀJU NOVĒRTĒŠANAS METODIKAS IZSTRĀDE PIEDĀVĀTAJAI AVIOKOMPĀNIJAS AUTOMATIZĒTAJAI INFORMĀCIJAS BĀZEI.....	47
4.1. Problēmas risināšanā izmantotie jēdzieni. ....	47
4.2. Vispārēja pieeja gaisa kuģa un tā sastāvdaļu ekspluatācijas lidotspējas novērtēšanai 50	
4.3. Gaisa kuģis kā sarežģīta daudz līmeņu tehniskā sistēma.....	51
4.4. Iekārtas atteice lidojuma laikā kā tehniskais faktors.....	53
4.5. Atteicu uzskaites un lidojumu drošības pieejas, ievērojot tehnisko faktoru .....	54
4.6. Kopēja modeļa izstrāde lidojumu drošības tehniskā faktora novērtēšanai (faktoru grupa .....	62
4.7. Metodikas izstrāde lidojuma drošības rādītāju novērtēšanai gaisa kuģu atteices apstākļu gadījumā.....	66
4.7.1. Gaisa kuģa atteices stāvokļi lidojuma laikā .....	66

<b>4.7.2. Gaisa kuģa komponentu atteices bīstamības pakāpes novērtējums no lidojuma pabeigšanas varbūtības viedokļa ar labvēlīgo iznākumu.....</b>	<b>67</b>
<b>4.8. Atteices stāvokļu klasifikācija lidojumā .....</b>	<b>68</b>
<b>4.8.1. Varbūtības termini atteices stāvokļu kvalitatīvai un kvantitatīvai analīzei.....</b>	<b>69</b>
<b>4.8.1. Lidojuma laikā atteices situāciju bīstamības pakāpes novērtējums .....</b>	<b>70</b>
<b>5. RISKĀ NOVĒRTĒŠANAS METODIKA UN LIDOJUMU DROŠĪBAS RĀDĪTĀJI .....</b>	<b>72</b>
<b>5.1. Riska novērtēšanas metodika lidojuma pabeigšanai ar incidentu .....</b>	<b>72</b>
<b>5.2. Atteices situācijas identifikācija lidojuma laikā.....</b>	<b>73</b>
<b>5.3. Gaisakuģa tehniskās apkopes ietekmes novērtējums uz lidojumu ekspluatācijas drošības rādītājiem .....</b>	<b>76</b>
<b>5.4 Lidojuma drošības rādītāju matemātiska modelēšana ar kvadrātisku un kubisku to pamatfunkciju izmaiņu tuvināšanu.....</b>	<b>79</b>
<b>5.4.1 Slidošo rādītāji metode .....</b>	<b>79</b>
<b>5.4.2 Aviācijas Tehnikas drošības rādītāju pamatfunkciju kvadrātiskā tuvināšana .....</b>	<b>79</b>
<b>5.4.3 Regresijas koeficientu formulu atvasināšana tuvināšanai .....</b>	<b>79</b>
<b>6. AR GAISA KUĢI UN TĀ EKSPLUATĀCIJU SAISTĪTO C GRUPAS DROŠĪBAS RĀDĪTĀJU NOTEIKŠANAS METODOLOĢIJU APROBĀCIJA .....</b>	<b>84</b>
<b>6.1. Kabīnes gaisa kondicionēšanas sistēmas darbības uzticamības rādītāju aprēķins ..</b>	<b>84</b>
<b>6.2. Aviokompānijas ekspluatēto gaisa kuģu darbības lidotspējas uzticamības rādītāju regresijas (korelācijas) analīze.....</b>	<b>87</b>
<b>6.3. Atteices situāciju lidojumā bīstamības pakāpes novērtējums ar nelabvēlīga lidojumu izbeigšanas iznākumu risku .....</b>	<b>88</b>
<b>6.4. Piramīdas metode atteižu situāciju bīstamības pakāpes kvantitatīvai novērtēšanai, kad lidojuma laikā rodas tehniski nelabvēlīgi faktori .....</b>	<b>90</b>
<b>6.5 Gaisa kuģa tehniskās apkopes novērtējuma ietekmes uz ekspluatācijas drošības rādītājiem .....</b>	<b>93</b>
<b>6.5.1 Drošības rādītāju pamatfunkciju izmaiņu grafika analīze.....</b>	<b>93</b>
<b>6.6 Lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences novērtējums .....</b>	<b>97</b>
<b>REZUMĒJUMS .....</b>	<b>98</b>
<b>SECINĀJUMI.....</b>	<b>99</b>
<b>LITERATŪRAS SARAKSTS.....</b>	<b>101</b>
<b>1 .Pielikums Elementāras Darbības Pase.....</b>	<b>107</b>
<b>2. Pielikums Ekspertu aptauja.....</b>	<b>108</b>
<b>3. Pielikums Gaisa kondicionēšanas sistēmas elementu atšifrējumi .....</b>	<b>109</b>
<b>4. Pielikums Gaisa kondicionēšanas sistēmas atsevišķu komponentu atšifrējums .....</b>	<b>110</b>

## DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS

### Tēmas aktualitāte

Aviokompānijas galvenais uzdevums ir uzturēt atbilstošu lidojumu drošības līmeni saskaņā ar *ICAO* rekomendācijām un izstrādāt pasākumus, lai analizētu, novērtētu un veiktu pasākumus risku samazināšanai līdz pieņemamam līmenim, kā arī risku kontroli.

Aviācijas lidojumu drošība ir aviācijas sistēmas vai organizācijas stāvoklis, kurā ar aviācijas darbībām saistītie riski, kas saistīti ar gaisakuģu darbību vai tieši atbalsta tos, tiek samazināti un kontrolēti līdz pieņemamam līmenim [11]. Lidojuma drošības pārvaldība ir balstīta sistemātiskā bīstamības avotu noteikšanas un riska faktoru kontroles pieejā. Tās plānošanai nepieciešami organizatoriski pasākumi, lai identificētu un novērstu bīstamības avotus un riska faktorus, tas nozīmē, ka nepieciešama sakārtota pieeja, kurā ietilpst organizācijas struktūra, atbildības sfēras, principi, politika un procedūras. Tādā veidā lidojumu drošības pārvaldības sistēma dod iespēju prognozēt un novērst problēmas, pirms tās radušās. Lidojuma drošības nodrošinājuma pieredze nosaka, ka aviosabiedrībai ir nepieciešama strukturizēta un mērķtiecīga procesu organizācija, kas darbojas pret iespējamiem riskiem. Turklāt šī procesa organizēšanā jāpiedalās ne tikai par šo jomu atbildīgajiem cilvēkiem, bet arī profesionāliem speciālistiem, aviokompāniju vadībai, vadošajiem aviokompāniju darbiniekiem utt.

Līdz šim vienota pieeja riska pārvaldībā lidojumu drošības jautājumos vienā atsevišķā aviokompānijā nav izveidojusies, un *ICAO* un *EASA* dokumentu norādes nav pietiekamas, lai izveidotu efektīvu lidojumu drošības sistēmu šajā līmenī. Šajā jomā trūkst vienotu prasību, standartu, noteikumu utt., tāpēc katra aviokompānija izstrādā savu drošības koncepciju. Procesa pieeja uzņēmuma darbības sistēmā ir ļoti populāra, tāpēc to plaši izmanto kā metodiku, lai pārvaldītu un uzlabotu darba procesus dažādās jomās, ieskaitot vadības un drošības procesus. Lai uzlabotu tādas sarežģītas struktūras kā lidojumu drošības sistēma efektivitāti, nepieciešams izstrādāt automatizētu sistēmu datu par riskiem (atkāpes no standartiem dažādu struktūru un aviokompāniju personāla darbībā) apkopošanai, apstrādei un izmantošanai. Šādas sarežģītas struktūras efektivitātes uzlabošanai ir izstrādātas automatizētas sistēmas datu vākšanai, apstrādei un lietošanai, lai nodrošinātu nepieciešamo lidojuma drošības līmeni aviosabiedrībā. Piedāvātās pieejas informācijas bāzes izveide ļaus struktūrām un lēmumu pieņēmējiem aviokompānijā identificēt, apstrādāt un savlaicīgi sniegt informāciju par tām jomām, kurās nevēlamo notikumu risks ir vislielākais, kā arī noteikt lidojuma izmaiņu tendences. Tāda aviokompāniju datubāze ar integrētu vadības sistēmu ļauj savlaicīgi un saprātīgi noteikt paredzamo lidojumu drošības līmeni. Pētījums veltīts teorētisko un metodisko pieeju izstrādei, lai izveidotu informācijas datubāzi lidojuma drošības sistēmai aviosabiedrībā vienai no Latvijas aviokompānijām. Šī pieeja nozīmē pāreju uz jaunu drošības pārvaldības līmeni aviokompānijā.

### **Promocijas darba mērķis**

Teorētisko un metodisko pieeju izstrāde, lai izveidotu informācijas bāzi aviācijas drošības sistēmai, ieskaitot riska faktoru identificēšanu, apkopošanu un apstrādi.

### **Uzdevumi**

1. Transporta drošības problēmu risināšanas pieeju analīze.
2. Aviokompānijas informācijas sistēmas modeļa izstrāde.
3. Algoritma izstrāde, lai identificētu un analizētu novirzes un pārkāpumus struktūrvienību un aviosabiedrību personāla darbībā nenoteiktības apstākļos.
4. Rādītāju veidošanas metodikas izstrāde struktūrām un personām, kas pieņem lēmumus par drošību aviokompānijā.
5. Metodoloģisko pieeju izstrāde drošības darbības novērtēšanai.
6. Vispārināta modeļa izstrāde, lai novērtētu tehniskā faktora ietekmi uz lidojumu drošību.
7. Novērtēšanas metodikas izstrāde, lai novērtētu gaisakuģu tehniskās apkopes ietekmi uz lidojumu ekspluatācijas drošību.
8. Ar gaisakuģi un tā ekspluatāciju saistīto C grupas lidojumu drošības rādītāju noteikšanas metodiku aprobācija.

### **Izpētes objekts**

Aviokompānijas lidojumu drošības līmenis.

### **Izpētes priekšmets**

Informācijas bāze lidojumu drošības līmeņa novērtēšanai, izmantojot aviosabiedrības integrēto vadības sistēmu. Vidēja lieluma aviokompānija, *ICAO*, *IATA*, *EASA*, *ISO*, *CAA* dokumenti, aviokompāniju statistikas dati un dokumenti.

### **Pētījumā izmantotās metodes**

1. Matemātiskā modelēšana.
2. Varbūtības teorija.
3. Statistisko datu apstrāde.
4. Ekspertu novērtējums.

### **Uzdevumu risināšanā izmantotie teorētiskie un metodoloģiskie līdzekļi**

1. Semiotiskā modelēšana.
2. Statistiskas metodes.
3. Ekspertu novērtējuma metodes.
4. Metodes statistikas datu apstrādei, izmantojot *Microsoft Office Excel 2016* programmatūru.
5. Aprēķinu matemātiskā programatūra *Matlab*.
6. Metodes risku novērtēšanai: *ICAO*, *IATA (IOSA)*, *EASA*, *ISO*, *SHELL*, *DEMATEL* u. c.

## **Izpētes vieta**

Vidēja lieluma aviokompānija. Visi konkrētie aprēķini un statistikas dati, kas izmantoti šajā darbā, ir paredzēti vidēja lieluma aviokompānijai.

## **Zinātniskā novitāte**

1. Aviokompānijas informācijas sistēmas modeļa izstrāde.
2. Algoritma izstrāde, lai identificētu un analizētu novirzes un pārkāpumus struktūrvienību un aviosabiedrību personāla darbībā nenoteiktības apstākļos.
3. Lidojuma drošības rādītāju veidošanas metodes struktūrām un lēmumu pieņēmējiem aviokompānijā.

## **Praktiskā nozīme**

Šīs sistēmas ieviešana aviokompānijā ļaus savlaicīgi sniegt nepieciešamo informāciju struktūrām un lēmumu pieņēmējiem tajās jomās, kurās ir vislielākais nevēlamo notikumu risks, kā arī ļaus identificēt lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences, kas balstītas uz informācijas plūsmām no dažādām aviokompānijas darbības jomām ar integrētu vadības sistēmu un ļauj savlaicīgi un saprātīgi noteikt paredzamo drošības līmeni.

## **Aizstāvamās tēzes**

- Aviosabiedrības informācijas sistēmas modelis, kas ņem vērā visa veida novirzes no standartiem un pārkāpumus aviokompānijā.
- Algoritms aviokompānijas strukturālo nodaļu un personāla darbības noviržu un pārkāpumu identificēšanai un analīzei nenoteiktības apstākļos.
- Lidojumu drošības rādītāju matemātiskā modelēšana izstrādātajai sistēmai.

## **Darba rezultāti**

1. Izstrādāts informācijas datubāzes modelis, kas ļauj savlaicīgi identificēt, apstrādāt un sniegt objektīvu informāciju struktūrvienībām un lēmumu pieņēmējiem aviokompānijā par jomām, kurās ir nevēlamu notikumu risks, kā arī ļauj identificēt lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences, pamatojoties uz informācijas plūsmām no dažādām aviokompānijas darbības jomām ar integrētu vadības sistēmu, kas ļauj savlaicīgi un saprātīgi noteikt paredzamo lidojumu drošības līmeni. Tas ļauj līdz minimumam samazināt risku un līdz ar to uzturēt aviokompānijai pieņemamu lidojumu drošības līmeni, kā arī prognozēt lidojumu drošības rādītājus nākamajam periodam. Šo pieeju var uzskatīt par pāreju uz jaunu drošības pārvaldības līmeni aviosabiedrību līmenī.
2. Izstrādāts algoritms struktūrvienību anomāliju un pārkāpumu un aviokompāniju personāla kļūdu noteikšanai un analīzei nenoteiktības apstākļos, kas ļauj analizēt drošības aspektus, pamatojoties uz faktisko informāciju, kas no dažādiem avotiem nonāk aviokompānijas informācijas bāzē, kurā to apkopo, klasificē, glabā un analizē, izmantojot analītiskās metodes un paņēmienus. Uz šī algoritma pamata ir izstrādāta programmatūra informācijas automatizētai apstrādei un analīzei.



3. Lidojumu drošības novērtēšanai ir izstrādāta rādītāju sistēma (sešas rādītāju grupas aviokompānijas darbības vispārējiem virzieniem), no kuriem katrs ietver konkrētu rādītāju kopumu, kā arī to novērtēšanas metodiku.
4. Izstrādāta metodika lidojuma drošības līmeņa noteikšanai, izmantojot *C* grupas rādītājus, kas saistīti ar gaisakuģi un tā ekspluatāciju, novērtējot lidmašīnu kā daudzlīmeņu funkcionālu sistēmu, ņemot vērā katra līmeņa atteices varbūtību un tā seku smagumu.
5. Izstrādātā metodika tika pārbaudīta, pamatojoties uz aviokompānijas darbības rezultātiem, kas liecina, ka šīs sistēmas ieviešana aviokompānijas praksē ļauj savlaicīgi sniegt nepieciešamo informāciju aviokompānijas struktūrām un lēmumu pieņēmējiem tādās jomās, kurās nevēlamo notikumu risks ir vislielākais, kā arī ļauj identificēt lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences, balstoties uz informācijas plūsmām no dažādām aviokompānijas darbības jomām ar integrētu vadības sistēmu un savlaicīgi noteikt paredzamo lidojumu drošības līmeni.

### **Pētījuma rezultātu precizitāte**

- Visi iegūtie pētījumu rezultāti ir balstīti autora praktiskajos aprēķinos, normatīvajās prasībās un aviokompānijas dokumentos.
- Autora izstrādātie matemātiskie modeļi, metodes, algoritmi, diagrammas un organizatoriskās struktūras ir pārbaudītas praksē un ieviestas metodiskajos un normatīvajos dokumentos, ņemot vērā aviokompāniju standartus, citu aviokompāniju praksi, tostarp starptautiskās aviokompānijas.
- Izstrādātā sistēma pārbaudīta, izmantojot aviokompānijas datus.

### **Darba aprobācija**

Darbs prezentēts sešās starptautiskās zinātniskās konferencēs Latvijā un Polijā, 11 publikācijās, trīs zinātniskos žurnālos.

### **Starptautiskās zinātniskās konferences**

1. Seminarium II Institute of Aviation Warsaw Poland 05.02.2021. Analysis Of Approaches Ensuring Safety On Transport Industry.
2. READ 2020/ 15th EWADE Rzeszow University of Technology 21-23.10.2020 Rzeszow Poland. Using the Heinrich's (Bird) Pyramid of Adverse Events to Assess the Level Of Safety in an Airline.
3. RTU 60. starptautiskā zinātniskā konference 16.10.2019. Rīga Latvija. Algorithm for Analyzing Deviations and Irregularities in the Functioning of the Airline's Structural Units and Personnel in the Face of Uncertainty.
4. KLIK 2nd Aviation and Space Congress Rzeszow University of Technology 18–20.09.2019 Rzeszow Poland. Development of Information Database for the Evaluation of Flight Safety Level of Aviation Companies Using the Integrated System of Management.
5. V starptautiskā zinātniski praktiskā konference transports. Izglītība. Loģistika un inženierija Rīgas Aeronavigācijas institūts, Rīga, Latvija 29.–30.06.2018. Development of methodology for safety risk – based airline.

6. RTU 58. starptautiskā zinātniskā konference 20.–21.10.2017. Rīga, Latvija. Development of an Information Database for the Integrated Airline Management System (IAMS).

## IZMANTOTIE SAĪSINĀJUMI UN DEFĪNICIJAS

*CAA* – Civilās Aviācijas Aģentūra

*EASA* – Eiropas Aviācijas Drošības Aģentūra (*European Aviation Safety Agency*)

*FAA* – Federālā Aviācijas Administrācija (*Federal Aviation Authority*)

*FAR* – Federālās Aviācijas Prasības (*Federal Aviation Requirements*)

*IATA* – Starptautiskā Gaisa Transporta Asociācija (*International Air Transport Association*)

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

*IOSA* – *IATA* (*International Air Transport Association*) gaisakuģa ekspluatācijas drošības audits (*IATA* (*International Air Transport Association*) *Operational Safety Audit*)

*JAA* – Apvienotā Aviācijas Institūcija (*Joint Aviation Authority*)

*SMS* – drošības vadības sistēma (*Safety Management System*)

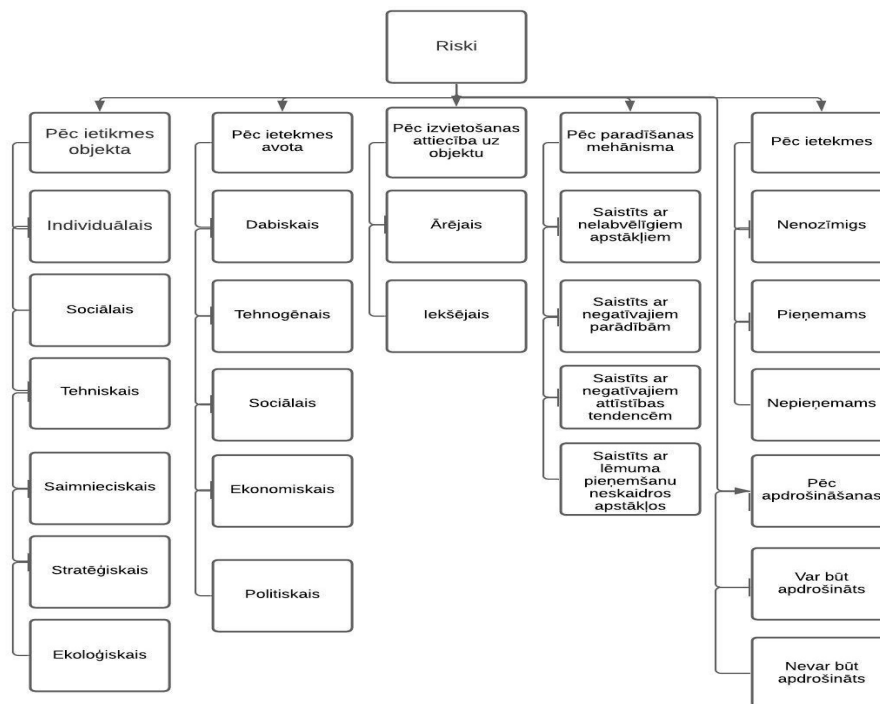
Vidēja izmēra aviācijas uzņēmums: no 50 līdz 249 darbiniekiem un gada apgrozījums mazāks par 50 miljoniem eiro vai balance mazāka par 43 miljoniem eiro

# 1. LIDOJUMU DROŠĪBAS PIEEJU ANALĪZE UZŅĒMUMA LĪMENĪ

Drošība ir darbības stāvoklis, kurā ar zināmu varbūtību tiek izslēgta bīstamības izpausme vai nav pārmērīgas bīstamības. Drošība visās dzīves sfērās ir asa sociāli ekonomiska problēma. Ražošanā un transportā, tāpat kā visās citās dzīves sfērās, pastāv problēmas, kas saistītas ar drošību: teroristu un cilvēku radītie draudi, nolaidība un cilvēciskie faktori, ekonomiskās problēmas – resursu neracionāla izmantošana vai to pārvaldība utt. Drošība likumdošanas ietvaros nozīmē „indivīda, sabiedrības un valsts vitālo interešu aizsardzības stāvokli no iekšējiem un ārējiem draudiem”. Viena no šīm interesēm ir uzņēmējdarbība. Tajā pašā laikā organizācijas drošības nodrošināšanas galvenais mērķis ir aizsargāt tās īpašumu un darbiniekus no iekšējiem un ārējiem draudiem, identificēt un, ja iespējams, novērst to rašanās cēloņus. Organizācijas drošības nodrošināšanas mērķis ir aizsargāt sabiedrības divas pamatintereses: pirmā – organizācijas īpašuma saglabāšana un palielināšana, otrā – organizācijas biznesa reputācijas nodrošināšana un aizsardzība. Efektīvai drošības sistēmai nepieciešama pārvaldība, kuras pamatā ir skaidra visu tās elementu darbību koordinācija. Augsta līmeņa mijiedarbība starp departamentiem ir iespējama tikai tad, ja pastāv vispārējs departamentu darbību regulējums, kas skaidri definēts organizācijas politikā un procedūrās, kā arī normatīvajā sistēmā. Mūsdienu tehniskie rīki un līdzekļi ļauj novērst situācijas, kas saistītas ar iepriekšminētajām problēmām, vai tikt galā ar to sekām. Drošības nodrošināšanas problēma ir sarežģīta, tas nozīmē, ka nepieciešams veidot mērķtiecīgu pasākumu sistēmu, kas palīdzētu novērst un mazināt negadījumus, mazināt negadījumu skaitu un ekonomiskos zaudējumus, kā arī varētu novērst sekas. Tajā pašā laikā pieeja drošības problēmu risināšanai dažādās dzīves sfērās ir gan vispārēja, gan specifika.

## 1.1. Vispārīgi drošības aspekti ražošanā un transportā

Pašlaik dažādās darbības jomās tiek plaši ieviests jēdziens “risks”. Nelabvēlīga faktora un riska jēdzieni ir sinonīmi. Risks tiek apzīmēts kā “liels” vai “mazs” vai dažu nelabvēlīgu notikumu risks. Riska jēdziens ir ļoti daudzveidīgs. Risku daudzveidību var redzēt 1.1. attēlā.



1.1. att. Risku klasifikācija.

“Riska” jēdziens atspoguļo situāciju ar rezultātu nenoteiktību un obligātu negatīvu seku klātbūtni. Risks nozīmē kvantitatīvu apdraudējuma novērtējumu, kas definēts kā viena notikuma rašanās biežums, pie nosacījuma, ka notiks cits notikums. Pamatā ar vārda “risks” visbiežāk saprot zaudējumu varbūtību, to var raksturot arī kā varbūtību iegūt rezultātu, kas atšķiras no gaidītā. Risks, kas saistīts ar ražošanu un transportu, notiekošo procesu ar nenoteiktām īpašībām izlases laikā, var būt daudzdimensionāls un nosacīts. Riska jēdziens ir universāls potenciālo briesmu kvantitatīvs mērījums, kas ļauj pielāgot sākotnējos mērķus un stratēģijas riska analīzes problēmu risināšanai, salīdzināt dažāda rakstura apdraudējumus un darbības mehānismus, klasificēt un sarindot (ranžējot) iespējamus bīstamības avotus atbilstoši to ieguldījumam integrētiem riska rādītājiem; izpētīt mehānismu un nevēlamu notikumu rašanās un attīstības cēloņus un seku loģiku, kā arī dažādu faktoru ietekmi uz riska rādītājiem; nodrošināt riska samazināšanu optimāli pārvaldot tehnisko, organizatorisko un metodisko ietekmes faktoru (samazinot varbūtību, samazinot zaudējumu apjomu).

Riska, bīstamības jēdziena ietvaros, atkarībā no uzdevuma formalizēšanas iespējas un sākotnēji pieejamās informācijas, tiek izmantoti šādi rādītāji: kvantitatīvie; kvalitatīvie, kurus izmanto, ja nav iespēju veikt kvantitatīvus novērtējumus (nepieciešamie statistikas dati, modeļi).

Riska noteikšanai tiek izmantots ekspertu vērtējums. “Riska” jēdziens ir visbiežāk lietojamais kvantitatīvais raksturlielums bīstamības realizēšanai.

Riska rādītāji, kā vienots kaitējuma indekss, novērtējot dažādu negatīvo faktoru ietekmi uz cilvēku, tiek izmantoti, lai noteiktu darba apstākļu stāvokli un ekonomisko kaitējumu uz ekonomisko stāvokli.[58]

**Risks** ir paredzamais bīstamības biežums vai varbūtība, negatīva notikuma iestāšanās varbūtības un iespējamā kaitējuma funkcija.

Riska noteikšanai nav vienādas formulas, vispārēju pieeju riska novērtēšanai var izteikt šādi:

$$\{Risks\} = \{notikuma\ varbūtība\} \times \{kaitējums\ no\ notikuma\}. \quad (1.1.)$$

Risku visbiežāk definē kā notikuma biežumu vai varbūtību. To var aprēķināt, pamatojoties uz statistikas informāciju:

$$R = \{N(t)\} / \{Q(t)\}, \quad (1.2.)$$

kur:  $N(t)$  – nelabvēlīgo noteikumu skaits laikā  $t$ ;

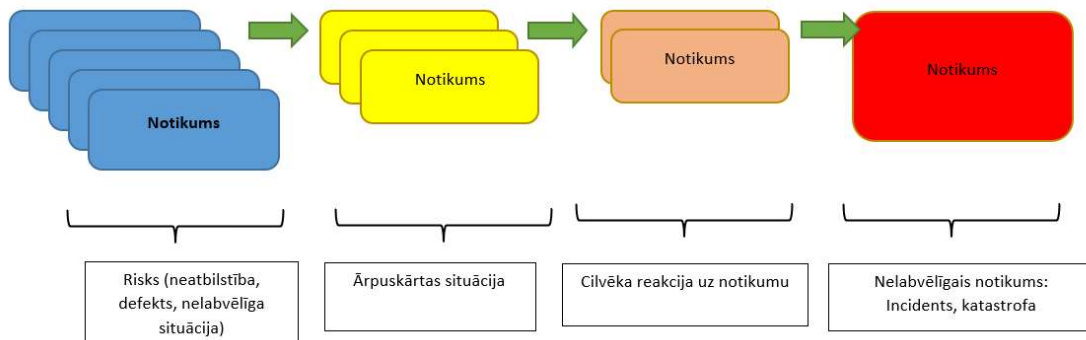
$Q(t)$  – kopējo noteikumu skaits laikā  $t$ .

Piemēram, nāves risks no zibens spēriena ir  $R = 10^{-7}$  /gadā; nāves risks tehnoloģiskas avārijas dēļ –  $R = 10^{-6}$ – $10^{-8}$ /gadā; nāves risks darba negadījuma vai arodslimības rezultātā –  $R = 10^{-2}$ – $10^{-4}$ /gadā. Zinātniskajā literatūrā ir minēti vairāk nekā 200 risku veidi[22,24].

Praksē, kad risks izpaužas jebkurā objektā, rodas ārkārtēja situācija. Cilvēkam (operatoram) tas izpaužas kā viņa psihofizioloģiskā stāvokļa maiņa, mašīnai – ekspluatācijas raksturojumu maiņa. Ārkārtas situācijas būtība ir drauds drošībai. Draudiem var būt dažādas bīstamības pakāpes - no nelieliem līdz letāliem. Situācijas apzināšanās rezultāts būs nelabvēlīgs notikums. Negatīvs notikums ir jebkurš noticis notikums, kas nodarījis kaitējumu cilvēka veselībai un/vai radījis materiālus zaudējumus.[50,75]

Atkarībā no bīstamības pakāpes, pēc kuras seko ārkārtas situācija, nelabvēlīgs notikums var būt dažāda smaguma. Termins „draudi” un „bīstamība” ir sinonīmi. Ja nelabvēlīga notikuma iestāšanās varbūtība ir lielāka par nulli, tad runā par draudiem; ja tā ir ievērojami lielāka par nulli, tad runā par bīstamību. Nelabvēlīgos notikumus iedala incidentos un katastrofās. Katastrofas ir saistītas ar cilvēku nāvi un/vai nopietniem materiāliem zaudējumiem, incidenti ir saistīti ar reāliem vai potenciāliem draudiem, kas nebeidzas ar katastrofu.

Nevēlama notikuma attīstības process parādīts 1.2. attēlā. Tajā parādīts, ka persona (operators) spēj iejaukties procesā un mazināt vai novērst riska izpausmes sekas vai pilnībā novērst draudus objekta drošībai.

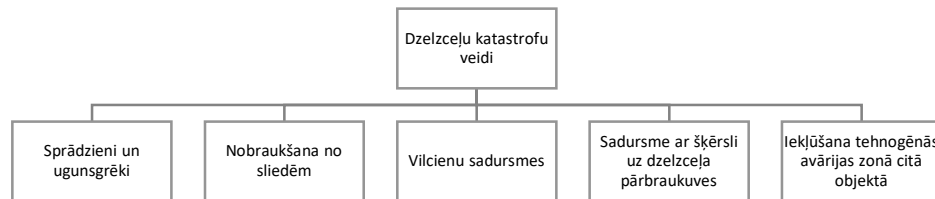


1.2. attēls. Nelabvēlīga notikuma attīstības process ražošanā un transportā.

## 1.2. Īpaši drošības aspekti ražošanā un transportā

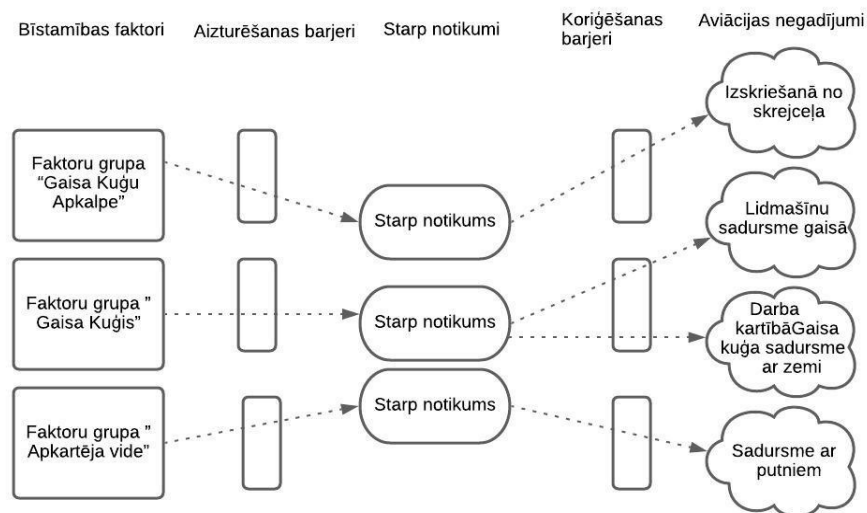
Šajā nodaļā tiks izskatīta nelabvēlīgo notikumu klasifikācija ražošanā un transportā. Kā iepriekš tika minēts, nelabvēlīgie notikumi tiek dalīti incidentos un katastrofās. Galvenais negadījumu atšķirīgais kritērijs transportā ir seku smagums un cilvēku upuru skaits. Pamatojoties uz iepriekš minēto, tos iedala negadījumos un katastrofās. Negadījums jeb avārija ir transporta līdzekļa, darbgalda, aprīkojuma, ēkas, konstrukcijas bojājums. Katastrofa ir liela letāla nelaime ar cilvēku upuriem. Gan normatīvajos dokumentos, gan zinātniskajā un mācību literatūrā tie bieži tiek grupēti ārkārtas incidentu kategorijās. [9]

Savukārt daudzus citus nelabvēlīgo notikumu klasifikācijas veidus izmanto ražošanas un transporta veidu normatīvajos dokumentos, kā arī zinātniskajā un mācību literatūrā. Piemēram, dzelzeļa transportā saskaņā ar normatīvajiem dokumentiem iespējamie nelabvēlīgie notikumi tiek definēti kā bīstami notikumi. Īpaša uzmanība vērsta uz notikumiem, kas var nodarīt kaitējumu, un tiek klasificēti grupās un apakšgrupās, ieskaitot īpašus notikumus ar dažādu bīstamības pakāpi. Dzelzeļa īpaši nelabvēlīgie notikumi parādīti 1.3. attēlā. [26]



1.3. att. Dzelzeļa transporta nelabvēlīgie notikumi.

Aviācijas nozarē daudzi autori klasificē gan riskus, gan to radītos nelabvēlīgos notikumus atkarībā no risināmām problēmām pēc saviem ieskatiem. Viens no klasifikācijas piemēriem dots 1.4. attēlā.



1.4.att. Aviācijas nelabvēlīgo notikumu iespējamā klasifikācija

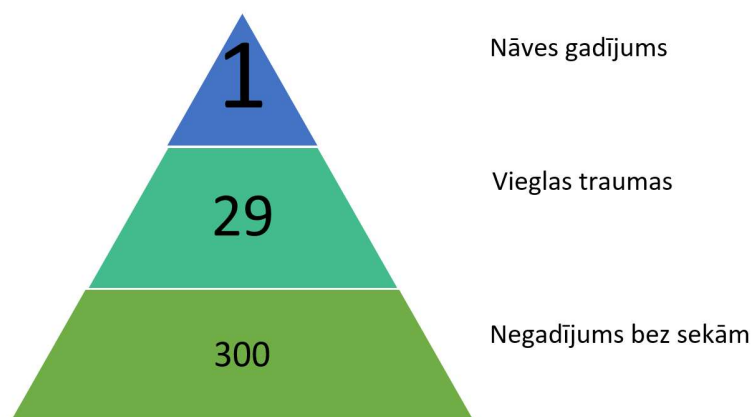
1.4. attēlā dotā piemēra autors par klasifikācijas pamatu pieņem nevēlamu notikumu klasifikāciju, kas minēta normatīvajos dokumentos un aviācijas literatūrā, kur nevēlamos notikumus uzskaita četrās iespējamās sekās, īstenojot riska faktorus [24]:

- notikums ar cilvēku upuriem jeb katastrofa;
- incidents (avārija);
- nopietns incidents;
- notikums bez sekām.

### **1.3. Negatīvo notikumu pazīmes (prekursori) rūpniecībā un transportā**

Nelabvēlīga notikuma pazīmes (prekursori) jau ir bijuši pirms paša notikuma, un tie kļūst saprotami tikai vēlāk. Latentie nedrošie apstākļi, iespējams, pastāvēja pirms negadījuma. Lai identificētu un novērstu šos latentos apstākļus, nepieciešama objektīva un padziļināta riska analīze. Tāpēc ir nepieciešama sistemātiska pieeja drošības pārkāpumiem, pamatojoties uz šo notikumu prekursoru sistemātisku identificēšanu un novēršanu, kam nepieciešama objektīva un padziļināta riska analīze. Lai gan ir ļoti svarīgi pilnībā izpētīt nelabvēlīgus notikumus ar lielu nāves gadījumu skaitu, tas nav visefektīvākais veids, kā noteikt drošības nepilnības organizācijā. Ir jāpārlicinās, ka objekta darbības racionālā (pieņemamā) riska un nedrošo apstākļu analīze nemazina „vitālo prioritāti”, kas bieži tiek atklāta pēc letāliem notikumiem. Ir dažādi modeļi, kas nosaka saikni starp nevēlamu notikumu pazīmēm (prekursoriem) un pašiem notikumiem. Viens no pirmajiem, kas darba aizsardzības jomā izveidoja šādu saikni, bija Herberts Viljams Heinrihs.

Heinriha likums – traumu (nevēlamu notikumu) piramīda. Herberts Viljams Heinrihs 1931. gadā noformulēja traumas likumu, pēc būtības definējot zinātnisku pieeju nelabvēlīgu notikumu novēršanai darba vietā. Heinriha likums (traumu piramīda, nelaimes gadījumu piramīda vai Heinriha trijstūris) nosaka, ka katram lielam nelaimes gadījumam darba vietā ir 29 vieglas traumas un 300 potenciāli bīstamu notikumu bez sekām.(1.5. att.). [12] Viņš secināja dažāda smaguma traumu attiecību, izklāstīja domino teoriju par saistīto notikumu secību, kas noved pie nelaimes gadījuma, nodalot “bīstamu uzvedību” un “bīstamu stāvokli”, kā negadījumu cēloņus. Bija gan atbalstītāji, kuri attīstīja Henrija likumu (rezultātā tika izveidota Bērda piramīda un Konoko Filipa Marine piramīda), gan oponenti, kuri kritizēja pētījuma kvalitāti. Tomēr Heinrihs tiek uzskatīts par vienu no darba aizsardzības pionieriem, jo apgalvoja, ka tieši nedrošas darbības un uzvedība noved pie letāliem nelaimes gadījumiem. Tāds pieņēmums ir darba aizsardzības vadības sistēmu pamats daudzās rūpniecības organizācijās, kas vēlāk tika pārņemts transportā un aviācijā industrijās. Ja nelaimes gadījumus ir grūti paredzēt un tie ir neatgriezeniski, nedrošu uzvedību organizācijā var pārvaldīt, izmantojot izglītojošus pasākumus un atlīdzības un naudas sodu sistēmu. [39]



1.5. att. Heinriha piramīda.

1969. gadā zinātnieks Frenks Bērds [8] veica drošības pētījumu arī rūpniecības jomā, un nopietnas statistikas analīzes rezultātā arī nonāca pie secinājuma, ka var uzskatīt, ka attiecībā uz katrām 600 zema līmeņa starpgadījumiem notiek 30 negadījumu ar īpašumu bojājumiem (negadījumi bez nopietni ievainotiem cilvēkiem); 10 negadījumu ar nopietni ievainotiem cilvēkiem un 1 letāls negadījums. Tādējādi tika iegūta piramīda, ko sauc par noteikumu 1:600 (1.6. attēls).



1.6. att. Bērda notikumu piramīda, noteikums 1:600.

Šīs piramīdas [8] labi ilustrē biežuma attiecību starp incidentiem ar nopietnām sekām, starpgadījumiem un bīstamiem notikumiem (1.5. un 1.6. att.).

Attiecība 1-10-30-600, kas parādīta 1.6. attēlā, ir zaudētās iespējas rādītājs, ja izmeklēšana koncentrējas uz retiem nopietni ievainojumiem vai gadījumiem ar būtiskiem bojājumiem. Latentie faktori, kas saistīti ar šādiem incidentiem, ir starp simtiem citu gadījumu ar nelielām sekām, vai bez tiem var jau iepriekš identificēt nopietnu starpgadījumu. Efektīvai drošības pārvaldei ir nepieciešams, lai visi darbinieki un vadība identificētu un analizētu pārkāpumus vēl pirms nopietna negadījuma. Piramīda parāda veidu, kā pārvaldīt drošību. Katram vadītājam ir jāsaprot, ka neliela neatbilstība personāla darbībā vai bezdarbība, kas netika pienācīgi



novērtēta un netika veikti atbilstoši pasākumi, var pārvērsties par nevēlamu notikumu ar nopietnām sekām. [39, 42]

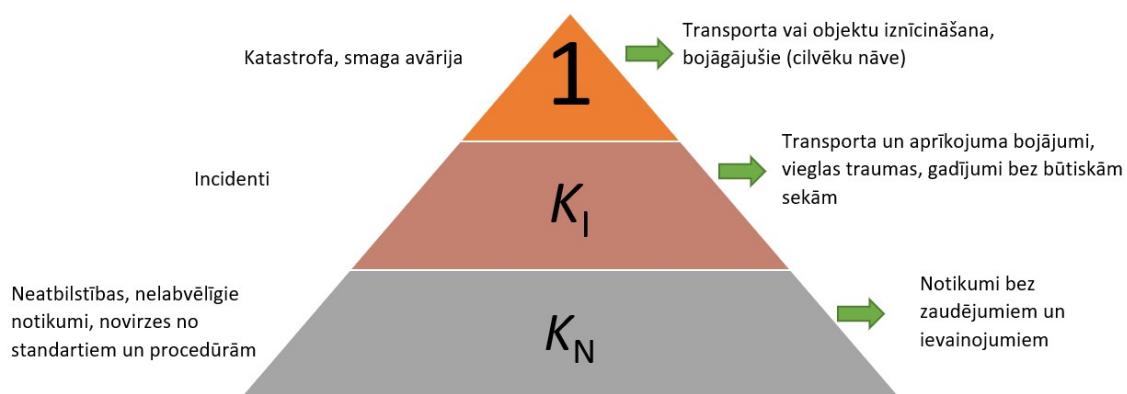
Piramīdās iekļautās idejas balstās uz šādiem principiem:

1. Sadalot piramīdu trīs līmeņos, mēs iegūstam:
  - augšējo līmeni - nopietni incidenti, nelaimes gadījumi, katastrofas;
  - vidējo līmeni - incidenti (notikumi ar reāliem vai iespējamiem draudiem);
  - zemāko līmeni (mēs to varam saukt par pjedestālu) - neatbilstības organizācijas un personāla darbībā (neatbilstības notikumi un pārkāpumi).
2. Galvenais klasifikācijas kritērijs ir drošības pārkāpuma seku smagums (vai bojājumu apmērs) negadījumu un katastrofu dēļ; šī pieeja ļauj, novērtējot riskus, neizmantojot riska matricas, bet pašlaik tikai uz notikumu iestāšanās varbūtības pazīmēm;
3. Pamatojoties uz pastāvīgas cēloņsakarības klātbūtni starp Heinriha piramīdas un Bērd piramīdas līmeņiem, var pieņemt, ka neatbilstības dienestu un personāla darbībā noved pie incidentiem, savukārt incidenti, noved pie nelaimes gadījumiem un katastrofām. Šādas likumsakarības klātbūtne ļauj prognozēt “augšējā līmeņa” notikumu risku ar risku kontroli un samazinājumu vidējā un zemākā līmenī.[57]

#### 1.4. Nevēlamo notikumu piramīdu izmantošana drošības novērtēšanai

Cēloņu un seku attiecību stabilitāte starp piramīdas līmeņiem ļauj ieviest atbilstības koeficientus:  $K_I$  – incidentu un notikumu skaita attiecību;  $K_N$  – dienestu un personāla darbības neatbilstību attiecība pret incidentiem, lai noteiktu saistību starp pjedestāla līmeņa neatbilstībām ar incidentiem un starpgadījumiem (1.7. att.).

Tas ļauj izmantot piramīdu, veidojot drošības vadības sistēmu, un vairāk uzmanības pievērst sistemātiskam darbam, nevis tradicionālajām metodēm, kas saistītas ar incidentu izmeklēšanu, lai samazinātu piramīdas pjedestāla daļu – sistemātiski un plānveidīgi samazināt neatbilstību skaitu organizācijas dienestu un to personāla darbībā.



1.7. att. Atbilstības koeficienti.

Atbilstības stabilitāte Heinriha piramīdā ļauj kvantitatīvi raksturot drošības līmeni konkrētā objektā kā varbūtības pazīmi piramīdas „augšējam līmenim” – incidentu (katastrofu un avāriju) līmenim. Par galveno rādītāju tiek piedāvāts izmantot notikuma skaitu attiecībā uz laika

vienību. Šo intensitāti var novērtēt kā trīs novērtējumu lineāru kombināciju, pamatojoties uz piramīdu (1.4. att.). Rezultāts būs visaptverošs drošības indikators vai drošības līmenis  $K_{DL}$ :

$$K_{DL} = \frac{1}{3} \lambda_a + \frac{1\lambda_{KI}}{3K_I} + \frac{1\lambda_{KN}}{3K_N} \quad (1.3.)$$

kur  $\lambda_a$  - nelaimes gadījumu intensitāte organizācijā;

$\lambda_{ki}$  - incidentu intensitāte;

$\lambda_{kn}$  - neatbilstību intensitāte organizācijā (visu dienestu un personāla);

$K_i$  un  $K_n$  - incidentu un neatbilstību attiecība pret nelabvēlīgiem notikumiem pētījuma laikā.

Var teikt, ka  $K_{DL}$  - tas ir incidentu riska novērtējums, pamatojoties uz visu notikumu riska novērtējumu.

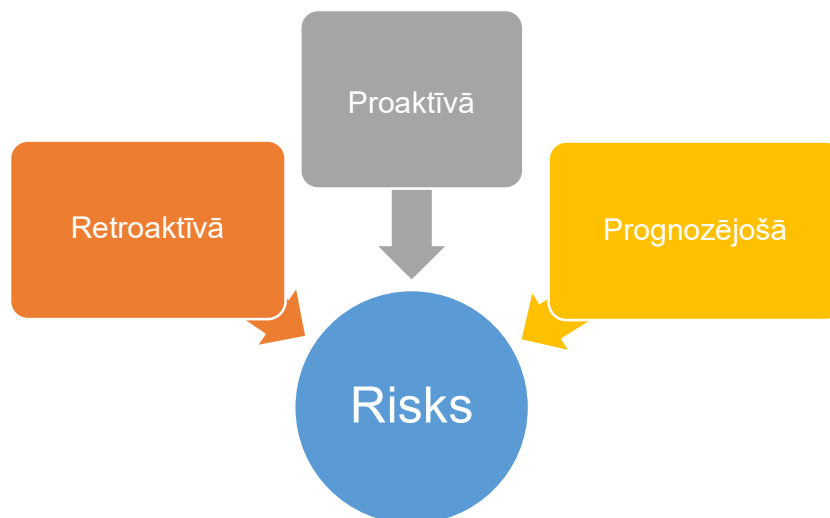
Jo precīzāka būs organizācijas un tās personāla neatbilstību (drošības pārkāpumi) datu bāze, kas tiek izmantota piramīdas konstrukcijas veidošanā, jo precīzāks būs riska novērtējums.

Ir svarīgi ņemt vērā, ka  $K_{DL}$  ļauj noteikt skaitliskus kritērijus riska tolerancei “augstākā līmeņa” notikumiem, un pēc tam tos paplašināt pārējos līmeņos.

Šo drošības radītāju var izmantot, lai plānotu un novērtētu uzlabojumus pēc korektīvo darbības plānu izpildes. Veiksmīgiem korektīvo darbības plānu pasākumiem ir jānovērš turpmākos starpgadījumus un neatbilstības, kas var novest pie smagiem nelabvēlīgiem gadījumiem (katastrofām un avārijām), korektīvām darbībām proporcionāli jāsamazina vai jānovērš smagu nelabvēlīgu gadījumu rašanos.

## 1.5. Lidojumu drošības pārvaldības metožu analīze

Riska novērtēšanai var izmantot dažādas metodes un shēmas. Tiek uzskatīts, ka pastāv trīs riska pārvaldības metodes (1.8. att.) [10, 11, 49]. Visām trim metodēm ir nepieciešams izstrādāt atbilstošus pasākumus, lai novērstu draudus un samazinātu riskus.

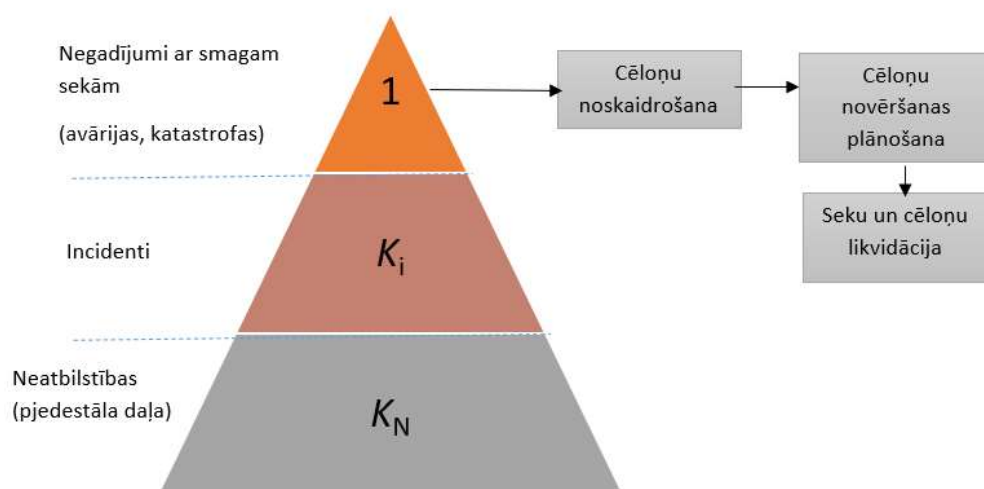


1.8. att. Riska (drošības) novērtējuma metodes.

### 1.5.1. Retroaktīvā vadības metode

Retroaktīvās vadības metodes būtībā ir vadības ietekmes veidošana, reaģējot uz lieliem incidentiem. Retroaktīvās pārvaldības (1.9. att.) metode sastāv no negadījumu cēloņu izpētes un korektīvo darbību plānošanas. Galvenais retroaktīvās vadības metodes trūkums ir tāds, ka negadījums (katastrofa vai avārija) ir signāls darbam, lai uzlabotu darbības procesus, kas atrodas piramīdas virsotnē. Uzlabojumi organizācijas darbībā tiek veikti tikai pēc smaga negadījuma.

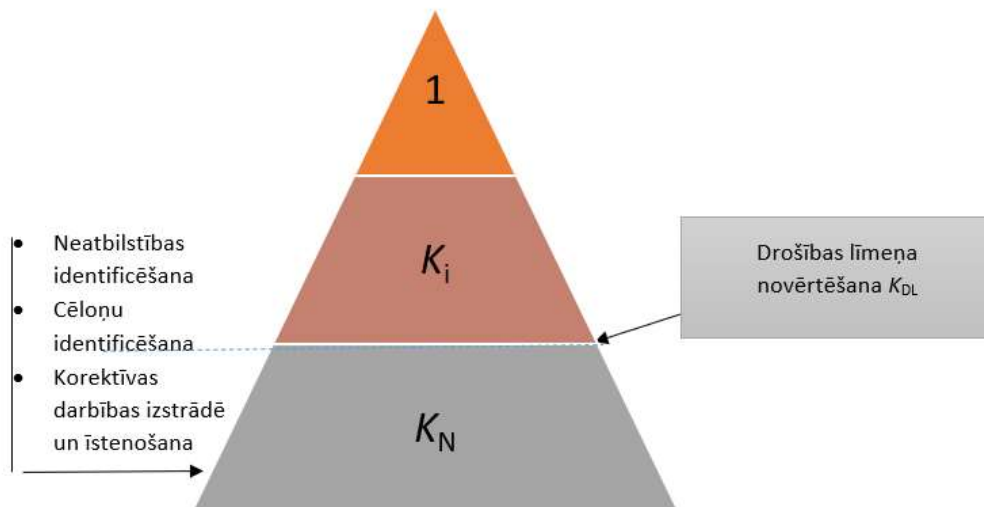
Drošības pārvaldība ar retroaktīvo metodi ir paredzēta, lai nodrošinātu noteiktu drošības līmeni  $K_{DL}$  (1.3), sistemātiski uzraugot drošības noteikumu ievērošanu. Drošības uzlabošanas darbības šajā gadījumā nav plānotas, jo starpgadījumu rašanās gadījumā ir liela nenoteiktība. Tāpēc netiek plānoti konkrēti darba veidi noteiktu darbības procesu uzlabošanai.



1.9. att. Retroaktīvās vadības metodes princips

### 1.5.2. Proaktīvā drošības stratēģija

Proaktīvā drošības stratēģija: aktīva informācijas vākšana no dažādiem avotiem, kas varētu liecināt par jaunām drošības problēmām. Organizācijas, kas īsteno proaktīvu lidojumu drošības pārvaldības stratēģiju, uzskata, ka negadījumu risku var samazināt līdz minimumam, nosakot vajās vietas (neatbilstības), pirms tās veidos bīstamu situāciju, un veicot nepieciešamos pasākumus šo risku mazināšanai. Attiecīgi, izmantojot piemērotus rīkus, proaktīvi tiek identificēti sistēmiski nedroši apstākļi (1.10. att.).



1.10. att. Proaktīvā drošības pārvaldības metode

### 1.5.3. Prognozējošā drošības metode

Prognozējošā drošības metodes pieeja ir balstīta uz trūkumu identificēšanas principu pirms tie rodas. Tādējādi riska faktoru noteikšanas prognozēšanas sistēma apkopo un integrē datus no dažādiem informācijas avotiem, kas var liecināt par iespējamo riska faktoru cēloni. Prognozējošās sistēmas būtība ir statistikas sistēmās, kas apkopo datus par riskiem, vāc un analizē ievērojamu operatīvo datu daudzumu, kas paši par sevi nav nozīmīgi, un pēc tam šos datus apvieno ar retroaktīvo un proaktīvo metodēm. [10] Tādējādi, pamatojoties uz savāktajiem datiem, tiek sagatavota visaptveroša informācija, kas ļauj uzņēmumam darboties, lai īstenotu noteiktus riska mazināšanas pasākumus. Izmantojot prognozēšanas pieeju, kur nevēlamu notikumu novēršana balstās uz iespējamo risku prognozēšanu. Riski tiek novērtēti kvalitatīvi vai kvantitatīvi. [10] Izmantojot kvalitatīvās metodes, risks tiek novērtēts galvenokārt subjektīvi. Industrijā šādas kvalitatīvās riska novērtēšanas metodes tiek izmantotas visbiežāk.

Skaitliskajam vai kvantitatīvajam riska novērtējumam ir vairākas priekšrocības salīdzinājumā ar iespējamo bīstamību noteikšanu:

- sniedz pamatu objektīvi novērtēt riska pakāpi un salīdzināt to ar normatīvajām prasībām;
- ļauj novērtēt riska pakāpi ar atbilstošu riska pārvaldības sistēmu.

Daudzos gadījumos šīs metodes balstās uz tā saukto "Risku matricu". Eksistē vēl viena metode, "īsāko ceļu noteikšana, kas noved pie katastrofas", kuras pamatā ir dažādu shēmu bīstamības analīze, kas tiek izveidota automātiski, izmantojot datora algoritmu. Tas ļauj novērtēt nevēlamu notikumu risku un pārvaldīt riskus. Pastāv arī citas metodes. [10]

Lai ieviest aviokompānijā efektīvo lidojumu drošības sistēmu nepieciešams izmantot visus drošības pārvaldības metožu kombinācijas. Var secināt ka drošības novērtēšanai iespējams izmantot Henriha un Bērda definētas likumsakarības apvienojot to ar Lidojumu Drošības riska novērtēšanas principiem.

## 2. AVIOKOMPĀNIJAS RISKU ANALĪZES SISTĒMAS MODEĻA IZSTRĀDE

Aviosabiedrības lidojumu drošības vadības pamats ir sistemātiska pieeja bīstamības avotu noteikšanai un riska faktoru kontrolei, kā to prasa *ICAO*. Tas ietver aviosabiedrības nodaļu, dienestu un personāla darbības noviržu apkopošanu un analīzi, to rezultātu izmantošanu pārvaldības pasākumu izstrādē un korektīvo darbību ieviešanu. Šāda sistēma ļauj organizācijai paredzēt un novērst problēmas, pirms tās izraisa nelabvēlīgu notikumu (incidentu vai katastrofu) [70].

Neatbilstības personāla darbībā nozīmē normu un noteikumu, kas reglamentē aviācijas kompleksa elementu darbību, pārkāpšanu, un tā rezultātā šādas neatbilstības rada draudus lidojumu drošībai.

Neatbilstības struktūrvienību un aviosabiedrības personāla darbā ir apzināta vai neapzināta noteikumu pārkāpšana, piemēram, tehnoloģiskās dokumentācijas neievērošana, vadības rīkojumu, kas reglamentē aviācijas komplekso elementu darbību, neizpilde. Tādas neatbilstības un novirzes var radīt īpašas situācijas lidojuma laikā, veidot riskus, kas var izraisīt nelabvēlīgu gadījumu (incidentu vai katastrofu) [76, 77].

Tādējādi vadības organizatoriskajai struktūrai jānodrošina augsta efektivitāte, uzticamība un kontrole attiecībā uz visiem elementiem, kas nodrošina gaisa transporta procesu: transportēšanas procesu, visu struktūrvienību darbības procesu, kā arī pareizu pakļautību komandas kontroles ietvaros. Mūsdienu apstākļos augstas efektivitātes rezultāts var būt sasniegts, balstoties uz procesu pieeju, kad uzņēmuma darbību veido ražošanas procesa kopums (darbības jomas) [29, 30]. Katrā no šīm jomām aviokompānijā izveidotas atbilstošas vadības sistēmas, kuras ir izstrādātas, sertificētas, ieviestas un darbojas saskaņā ar starptautiskajiem standartiem. Šo procesu mijiedarbības rezultātā tiek sasniegti aviokompānijas mērķi, kas nosaka tās konkurētspēju. Aviokompānijas struktūrvienību un atsevišķa personāla darbības novirzes un pārkāpumu, kas ietekmē lidojuma drošību, analīze ir aviokompānijas dienestu un struktūrvienību vadības lēmumu pieņemšanas procedūras neatņemama sastāvdaļa. Šīs procedūras ieviešanā tiek iesaistīti dažādu kategoriju speciālisti, kuriem pirms jebkāda kontroles pieņemšanas lēmuma ir jāapkopo un jāapstrādā informācija par kontroles objektu (KO), noformulēt objekta stāvokli, salīdzināt šo stāvokli ar pieņemto modeli, identificēt neatbilstības šajā salīdzinājumā un formāli noteikt piedāvāto darbību kopumu, un izvēlēties vienu vai vairākas prioritātes. Katrā no uzskaitītajiem risinājuma izstrādes posmiem ir nepieciešams analizēt: informāciju par kontroles objektu (KO), tā pilnīgumu un kvalitāti, kontroles objekta stāvokli, pieņemto kontroles objekta modeli, KO salīdzināšanas rezultātus ar modeli, paredzamo darbību kopumu un to īstenošanas rezultātus.

Dažādu situāciju daudzpusība, daudzveidība, daudzi kritēriji un nenoteiktība ievērojami sarežģī algoritma izveidošanu noviržu un pārkāpumu analīzei.

2.1.attēlā ir redzama vispārīga aviosabiedrības iespējamo neatbilstību avotu shēma.



2.1. att. Faktori, kas ietekmē neatbilstību rašanos aviokompānijas dienestu un personāla darbībā.

Tajā pašā laikā ir jāuzsver divas analīzes jomas: noviržu un pārkāpumu analīze, lai noteiktu to ietekmi uz lidojumu drošību, un cēloņu un faktoru, kas noveda pie novirzēm un pārkāpumiem, analīze, lai izstrādātu pasākumus to novēršanai.

Novirzes un pārkāpumi var tieši ietekmēt lidojumu drošību, neievērojot gaisa kuģa galveno elementu lidojumu derīguma prasības un ar netiešu ietekmi samazinoties atsevišķu gaisa kuģa elementu funkcionālai efektivitātei, vai to kombinācija ir iespējama arī tad, ja negatīvā ietekme izpaužas papildus faktoru klātbūtnē.

Noviržu un pārkāpumu cēloņi var būt cilvēka faktors, tehnoloģija un ietekme uz vidi, trūkumi aviācijas speciālistu darbības organizācijā un gaisa kuģu ekspluatācijā u.c. faktori.

Noviržu un pārkāpumu ietekmes uz lidojumu drošību analīzes virziens attiecas uz sistēmas organizatorisko faktoru analīzi.

Faktoru analīzes galvenie uzdevumi tradicionāli ir sadalīti divās klasēs: noteiktas (determinētas) analīzes un analīzes nenoteiktības apstākļos.

Nozīmīgs faktors sistēmas zinātniskā vadības līmeņa uzlabošanā lidojumu drošībā ir matemātisko metožu un matemātisko modeļu izmantošana.

Tomēr aviācijas sistēmas procesu pilnīga matemātiska formalizēšana ir praktiski neiespējama, ņemot vērā tās elementu daudzveidību un sarežģītību, kā arī faktorus, kas ietekmē tās darbību. Šajā sakarā šķiet lietderīgi izmantot pieejas, kuru pamatā ir semiotisko sistēmu teorija. Kā viena no pieejām informācijas attēlošanai semiotiskā sistēmā tiek izmantots modelis, kura pamatā ir daudz līmeņu loģika (*Multi-layer logic* saīsināti MLL). [1] MLL ir loģiskas pieejas integrācija, kas balstīta uz semantisko teoriju, ir ērts līdzeklis izskatāmās problēmas formalizēšanai. Hierarhiskā abstraktā struktūra, kas sadalīta blokos un līmeņos, padara to kompaktāku, piemērojot tam atbilstošo matemātisko metodi, mēs atrisinām izvēlēto problēmu. Šī pieeja ļauj adekvāti aprakstīt problēmas, kuras raksturo sarežģīta struktūra.

Semantiskajā teorijā balstīts modelis ir ērts instruments, lai formalizētu apskatāmo problēmu, analītiski piemērojot šai problēmai atbilstošu matemātisko metodi. Mēs izmantojam šo pieeju, izstrādājot lidojumu drošības vadības sistēmas struktūru aviokompānijā [71].

## **2.1. Izmantojamo lidojumu drošības digitālo sistēmu analizē**

Uz dotu brīdi daļa no aviokompānijām izmanto lidojumu drošības vadībai digitālas sistēmas. Katra aviokompānija risina lidojumu drošības datu bāzes izveidošanas uzdevumu pēc saviem uzskatiem un finansiālam iespējam. Dažas aviokompānijas kompānijas iegādājas jau gatavo produktu, dažas izveido savu produktu. Pārsvarā visas programatūras ir daudz funkcionālas un izmantotas dažādiem mērķiem: ka dokumentācijas izplatīšanā, kvalitātes sistēmas uzturēšanas, apziņošanai, apmācības termiņu kontrolei, riska novērtējumam, ziņošanai un tā tālāk. Gatavas programatūras, ko var iegādāties uz tirgus ir ar standartu interfeisu, kuru ļoti bieži nevar izmainīt un piemērot aviokompānijas prasībām, ka arī šādas programatūras lietojamas pēc abonementa bāzes un bieži vien jāmaksā par katru lietotajā licenci. Nelielas aviokompānijas ar mazam finansiālam iespējam izmanto lētas plaši lietojamas programatūras, tabulu redaktorus vai datu bāzes ar vispārējo funkcionālu bez aviācijas specifikas ievērošanas. Apskatīsimies dažus no tiem kas izmanto Latvijas aviosabiedrībās.

### ***Centrix***

Centrix izstrādātais Francija produkts, kuru izmanto viena vidējā lieluma aviokompānijā un citi Eiropas kompānijas un Civilas Aviācijas Autoritātes.

Centrix ļoti attīstītā daudzfunkcionāla programatūra, kura sastāv no daudziem moduļiem kas paredzēti dokumentācijas izplatīšanai, Kvalitātes sistēmai, apmācības kontrolei, un lidojumu drošības sistēmai. Kas attiecas uz lidojumu drošības sistēmas funkcionālu, sistēma paredz lidojumu negadījumu/ neatbilstību iekļaušanu, piesaisti pie atbildīgas personas un novērtējumu baltoties uz operatora riska matricas. No trūkumiem ir tas ka sistēmā nav piesaistes pie aktuālas lidojumu informācijas- aviokompānijas nolidojumam, katrs negadījums, deviācijā no standartiem novērtētā atsevišķi, ne tiek ņemtā kopējā bilde [60].

### ***Q-puls***

Q-puls viena no vecākām programatūrām, kas ir uz tirgus, izstrādātā Lielbritānijā. Q-pulse izmanto lielākā Latvijas aviosabiedrībā un Latvijas Civila Aviācijas Aģentūrā, ka arī daudz Eiropas aviosabiedrības un civilas aviācijas aģentūras. Sistēma paredzētā Kvalitātes vadības sistēmas uzturēšanai, apmācības kontrolei, dokumentācijas izplatīšanai ka arī lidojumu drošības sistēmai -ziņošanai un koriģējošām darbībām. Analītiskais modulis ļauju veikt informācijas atlasī pēc nepieciešamiem kritērijiem. No trūkumiem nevar integrēt riska matricas un piesaistīt aktuālai lidojumu informācijai [61].

### ***Hub***

Hub kompānijas izstrādātā programatūra. HUB izmanto otra lielāka Latvijas aviokompānija. Sistēma paredzētā dokumentu un informācijas izplatīšanai aviokompānijā un lidojumu drošības vadības sistēmas nodrošinājumam. Lidojumu drošības moduli iekļauta iespēja ziņot negadījumus, veikt risku novērtējumu un apstrādāt tos. Katrs ieraksts var būt piesaistīts atbildīgai personai un novērtēts. Algoritms paredz, ka negadījums, novirzes no standartiem jābūt novērtētiem pēc kompānijas riska matricas, kur ir pamata ņemtā vērā varbūtībā un finansiālie zaudējumi. Sistēma piesaistīja pie lidojumu plānošanas sistēmas un tas ļāvu veikt automātisko analīzi galveno lidojumu drošības veiktspējas rādītāju/indikatoru, kas ir gadījumu skaits uz lidojumu stundām ( $I = N/h$ ). Lidojumu drošības veiktspējas rādītājiem ir iespējas uzstādīt kontrolējamus parametrus kas noteikti organizācijas lidojumu drošības politikā.

No trūkumiem var minēt ka katrs gadījums novērtēts individuāli un ne tiek ņemtā vērā lidotspējas drošuma faktors. Analizēti tikai tehniskie negadījumi kas ir obligāti raportējami[37].

### ***AVEX Safety Layer***

Viena no Latvijas aviokompānijām izmanto AVEX Safety Layer kas paredzētā tikai lidojumu drošības vadības sistēmas nodrošināšanai. Programatūra ļāvu ziņot par notikumiem, piesaistīt atbildīgam personām, veikt analīzi pēc parametriem, novērtēt negadījumus/novirzes no standartiem pēc riska matricas. Sistēma paredz vērtēt tikai svarīgus notikumus un ka papildus novērtēšanai izmantot Bow Tie metodi. Lidojumu drošības veiktspējas rādītājiem ir iespējas uzstādīt robežas kontrolei. Ka trūkumu var uzskatīt ka iepriekšējos gadījumos notikumi analizēti individuāli, netiek ņemtas vērā lidotspējas normas un analizēti tikai svarīgie notikumi [59,62].

### ***Citas programatūras***

Programatūras Oases un Amos izmantojamas Latvijas aviosabiedrības un daudzas aviācijas aviokompānijās. Programmas domātas izmantošanai lidotspējas uzturēšanas organizācijās un tehniskas apkopes organizācijās. Programatūras sastāv no moduļiem: tehniskas apkopes programmas moduļiem, drošības direktīvu kontroles moduļiem, servisu biļetenu moduļiem, komponentu resursu kontroles moduļiem, materiālu loģistikas moduļiem, defektu kontroles moduļiem. Šādas programmas ir specifiska nozīmē un iespēja ierobežotā izmantošanai tikai lidotspējas uzturēšanas organizācijās un tehniskas organizācijās. Oases un Amos nav iespējams izmantot par pilnvērtīgu lidojumu drošības nodrošināšanas sistēmu, jo paredzētas citiem mērķiem, izmantošanai aviokompāniju tehniskas nodaļās [63,64].



## 2.2. Aviokompānijas informācijas sistēmas modeļa izstrādē

Lidojuma drošību aviokompānijā nodrošina efektīva lidojuma drošības vadības sistēma. Drošības vadības sistēma ir sakārtotā pieeja aviācijas drošībai, ieskaitot nepieciešamās organizatoriskās struktūras, pienākumus, pamatnostādnes, politiku un procedūras. Lidojumu regularitāte, darba aizsardzības stāvoklis, draudzīgums videi, apkalpošanas līmenis utt. arī kompleksa raksturojumi. To nodrošināšana prasa, lai aviokompānijā būtu atbilstošas vadības sistēmas. Tāpēc svarīga vieta aviokompānijas gaisa pārvadājumu drošības nodrošināšanas sistēmā ir organizatoriskā vadības struktūra, kurai jānodrošina augsta efektivitāte, uzticamība un kontroles pilnīgums attiecībā uz visām sastāvdaļām, kas nodrošina gaisa transporta procesu: transportēšana, visu struktūrvienību bez kļūdu darbs nepārtrauktā transporta procesā un to pareiza kontrole un pakļautība.

Kā rāda prakse, katra aviokompānija ir izstrādājusi dažādus vispārējus vadības modeļus, kuru mērķis ir koncentrēt uzmanību tikai uz šiem modeļiem atbilstošajām aviosabiedrības darbības jomām (aviācijas drošībai, lidojumu drošībai, darba aizsardzībai, kvalitātes nodrošināšanai utt.). Šeit tiek veikts darbs, kas galvenokārt saistīts ar informācijas ievākšanu, uzkrāšanu un sākotnēju riska novērtēšanu. Šī informācija vienmēr cirkulē aviokompānijā un vienā vai citā veidā nonāk līdz vadībai. Katrs vadītājs faktiski pastāvīgi un nepārtraukti novērtē riskus. Tajā pašā laikā netiek veikta pilnvērtīga risku analīze un to iekļaušana lidojumu drošības sistēmā, tāda pieeja samazina atbilstoša drošības līmeņa nodrošināšanas efektivitāti kopumā. Tāpēc ir svarīgi maksimāli izmantot šo informāciju, lai pārvaldītu riska faktoros.

Pašlaik, kad neatkarīgas aviokompānijas atšķiras pēc aviācijas aprīkojuma, personāla skaita un attiecīgi gaisa kuģu skaita, prasības aviokompānijas struktūrai, pilnībā neatspoguļo pašreizējo situāciju. Operatori izstrādā savus aviokompānijas struktūru shēmu variantus un tās apakš nodaļu veidojumus. Tajā pašā laikā nav iespējams nodrošināt vienādu pieņemamu lidojumu drošības līmeni visām aviosabiedrībām to darbības daudzveidības dēļ. Tādējādi praksē lidojumu drošību kvantitatīvi novērtē ar rādītājiem, kas ir sasniegumu rezultāti lidojuma drošības nodrošināšanā. Tajā pašā laikā aviosabiedrības izmanto noteiktus (pieņemamus) lidojumu drošības līmeņus. Tos nosaka, ņemot vērā to, kādi drošības līmeņi ir pieņemami aviokompānijai. Tajā pašā laikā drošības mērķiem jābūt viegli izmērāmiem un *CAA* pieņemamiem [73,74].

Aviokompānijas pieņemams lidojuma drošības līmenis neaizstāj juridiskās, normatīvās vai citas apstiprinātas prasības un neatbrīvo aviokompāniju no pienākumiem saistībā ar *ICAO Konvenciju (Doc7300)* un tās pielikumiem. Tomēr, izmantojot šo pieeju, drošības rādītāji dažādās aviokompānijās būs atšķirīgi. Šie jautājumi visefektīvāk tiek atrisināti aviosabiedrībās ar integrētu vadības sistēmu. Aviokompānijas integrēta vadības sistēma ir elementu komplekss, kas savstarpēji saistīti ar informācijas bāzes palīdzību, kurā jāņem vērā, jāuzglabā un jāanalizē nepieciešamais datu masīvs, izmantojot iebūvētu algoritmu. Šīs pieejas pamatā ir risku noteikšana, novērtēšana un novēršana visās aviokompānijas struktūrvienībās, kas ietekmē drošību.

Tajā pašā laikā integrētā vadības sistēma:

- paplašina aviokompānijas vadības sistēmas „ģeogrāfiju”, tādējādi nodrošinot tās sakārtotības pakāpes pieaugumu;
- nodrošina lielāku darbības konsekvensi aviokompānijā;
- samazina lidsabiedrības atsevišķu struktūrvienību un pakalpojumu funkcionālo disociāciju;
- tiek sasniegta augstāka personāla iesaiste aviokompānijas darbības uzlabošanā, galvenokārt lidojumu drošības jautājumos;
- pieaug korporatīvā kultūra, kurā kvalitāti un drošību uzskata par līdzvērtīgām pamatvērtībām.

**Efektīvai aviokompānijas vadībai** ir nepieciešamas analītiskas prasmes, kuru vadība ne vienmēr pielieto ikdienas darbā. Jo sarežģītāka analīze, jo svarīgāk pielietot vispiemērotākās analītiskās metodes. Vadības procesa slēgtajam ciklam nepieciešama atgriezeniskā saite, ļaujot administrācijai pārbaudīt savu lēmumu pareizību un novērtēt to īstenošanas efektivitāti. Slēgto atgriezeniskās saites ciklu nodrošināt ar efektīvi funkcionējošas aviokompānijas vadības sistēmas informācijas bāzes palīdzību.

Piedāvātā pieeja risku apkopošanai integrētas vadības sistēmas ietvaros ir pāreja uz jaunu lidojumu drošības vadības kvalitātes līmeni. Tāda pieeja ļauj identificēt un nekavējoties nodrošināt aviokompānijas vadību ar informāciju par tām jomām, kur negatīvo notikumu risks ir visaugstākais. [65,66]

**Aviosabiedrības vadības informācijas sistēmai** ir jāuzskaita, jāuzglabā un jāanalizē nepieciešamie dati, jāstrādā ar visiem notikumu līmeņiem, pēc iebūvēta algoritma un vienlaikus jāatbilst jaunākajām *ICAO* un *EASA* prasībām lidojumu drošībai.

Visracionālākā un visefektīvākā ir automatizētas sistēmas izveide: datu vākšanai, glabāšanai un rezultātu un noviržu no prasībām aviokompānijas darbībā apstrādei (2.1. att.).

Šajā sistēmā visa ienākošā informācija tiek uzkrāta datu bāzē, kurai ir piekļuve organizācijas struktūrām un lietotājiem-lēmumu pieņēmējiem operatīvā vai stratēģiskā līmenī.

Lietotāju piekļuves organizēšanu sistēmas resursiem var veikt, pieslēdzoties sistēmai izmantojot datoru un saņemot informāciju reālā laikā.

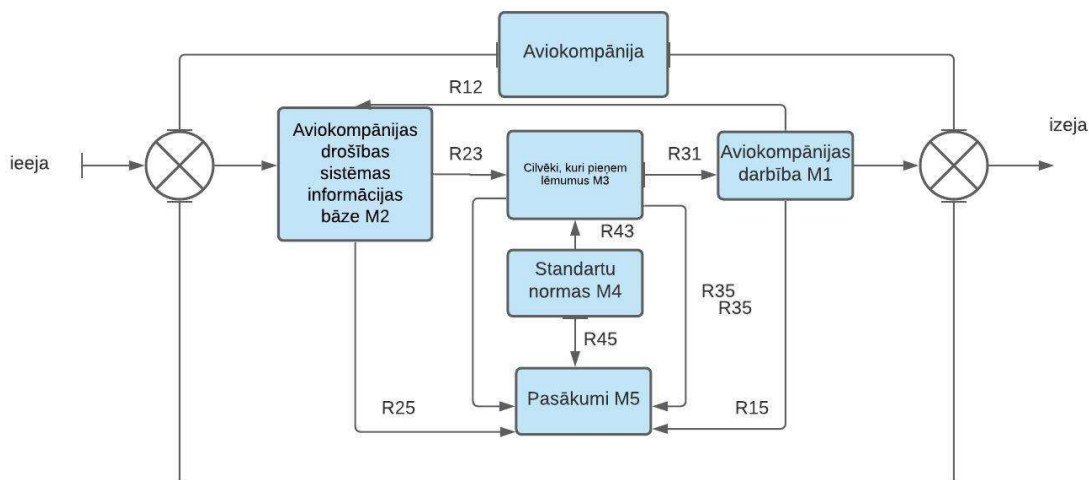
Turklāt šāda sistēma ļauj operatoram nodibināt un uzturēt komunikāciju ar aviācijas gaisa kuģa izstrādātāju, kas ļauj savlaicīgi izstrādāt un īstenot dažādus pasākumus, piemēram, kā izstrādāt preventīvus pasākumus un novērst ekspluatācijas laikā radušās problēmas, kā arī novērtēt šo pasākumu efektivitāti.

Šajā gadījumā sistēma uzkrās, glabās un apstrādās informāciju par dažāda tipu gaisa kuģu darbību, datus par resursiem un gaisa kuģu fizelāžu darbības vēsturi, dzinējiem un komponentiem.

Informācijas vākšana ir nepārtraukts process, kura galvenais elements ir menedžments - cilvēku pārvaldība, risku pārvaldība, resursu pārvaldība, aizsardzības līdzekļu pārvaldība utt..

Liels operatīvās informācijas daudzums, kas uzkrāts sistēmā, nodrošinās statistisko pētījumu rezultātu augstu ticamību, kas ļauj nodrošināt augstu lidojuma drošības līmeni.

Aviokompānijas darbības datu vākšanas, uzglabāšanas, apstrādes un izmantošanas sistēmas modeļa ar integrētu vadības sistēmu shematiskais attēlojums redzams 2.2. attēlā.



2.2. att. Aviokompānijas ar integrētu vadības sistēmu modelis.

Apakšsistēma  $M_1$  – „aviokompānijas darbība”; funkcionālās apakšsistēmas vadības objekti, kuros izveidojas nelabvēlīgas situācijas  $S_1...S_n$  lidojumu laikā un uz zemes, vai nelabvēlīgi notikumi. Tieši šeit var notikt nelabvēlīgi notikumi. To raksturo produktivitātes rādītāji:

- gaisakuģa lidojumu apkalpes nolidojums (stundas);
- lidojumu skaits (nolaišanās);
- agregātu darbības laiks (stundas);
- pārvadāto pasažieru skaits (cilv.);
- citi rādītāji.

Apakšsistēma  $M_2$  – „informācijas bāze”; ietver novirzes aviokompānijas darbības visās darbības jomās un nelabvēlīgus notikumus, kas ir notikuši gaisā un uz zemes noteiktā laika periodā. Šeit notiek to apkopošana, uzglabāšanas un apstrādāšana. Nelabvēlīgi notikumi lidojumu laikā notiek dažādu dienestu vainas dēļ. Šeit tiek apkopota informācija par tiem.

Apakšsistēma  $M_3$  – „organizācijas un cilvēki, kuri pieņem lēmumus”; ietver kompānijas struktūrvienības un personas, kas ārkārtas gadījumos pieņem operatīvos un stratēģiskos lēmumus uz noteiktu laika periodu. Katram no šīs apakšsistēmas dalībniekiem ir jānodrošina automatizētas darba stacijas. Automatizētās darba vietas jāveido stingri atbilstoši to paredzētajam funkcionālajam mērķim. Tas var būt tikai klēpjdators vai stacionārais dators ar iespēju savienoties ar sistēmu. Tas var būt datoru servisa un programmatūras komplekss, kas paredzēts, lai automatizētu darbinieka darbu viņa uzdevumu ietvaros.

Apakšsistēma  $M_4$  ietver normatīvos dokumentus saskaņā ar dažādām aviokompānijas darbības jomām, kā arī struktūrvienības un personas, kas novērtē darbību atbilstību standartiem.

Apakšsistēmā  $M_5$  ir dienesti un darbinieki, kuri izstrādā lidojumu drošības izpildīšanas pasākumu plānus. Aviouzņēmumu līmenī viņi kontrolē lidojumu drošības līmeni un pieņem lēmumus un vienlaikus ir informācijas avoti  $M_3$ .

Tādējādi ir iegūts slēgts sistēmas dinamiskais modelis, starp kura elementiem notiek pastāvīga informācijas apmaiņa. Darbību secība modelī norādīta ar virziena bultiņām –  $R_{ij}$ .

Lēmumus pēc modeļa var pieņemt nekavējoties (taktiskie lēmumi) un ilgtermiņā (stratēģiskie lēmumi), pamatojoties uz dziļu un visaptverošu datu, kas ievadīti  $M_2$  datubāzē, analīzi.

Starp apakšsistēmām darbojas informācijas saites:

$R_{12}$  – riska faktora datu nodošana informācijas bāzē  $M_1$ ;

$R_{23}$  – rezultātu iesniegšana informācijas pārstrādei apakšsistēmā  $M_3$ ;

$R_{31}$  – vadības lēmumi, kuru pamatā ir informācija no datubāzes  $M_1$ ;

$R_{35}$  – uzdevumu uzdošana izpildes pasākumu izstrādāšanā  $M_5$ ;

$R_{25 \times R_{15}}$  – informācijas nodošana aviokompānijas struktūrvienībām, kas izstrādā pasākumus  $M_5$ ;

$R_{43 \times R_{45}}$  – prasību iesniegšana un normētu rādītāju uzstādīšana  $M_3$ ,  $M_5$ .

### 2.3. Algoritma izstrāde

Lai sekmīgi analizētu novirzes un pārkāpumus aviokompānijas struktūrvienībās un personāla darbībā nenoteiktības apstākļos, nepieciešams izstrādāt kopējo algoritmu.

Aviācijā lidojumu organizēšanas, atbalsta un veikšanas procesus veic cilvēki, kas ir dažāda profila aviācijas speciālisti. Viņi veic daudzas darbības, kā, piemēram, sagatavošanas darbus gaisa kuģu tehniskajai un lidojumu ekspluatācijai, iekraušanu un izkraušanu, degvielas uzpildi, aprīkojuma uzturēšanu ekspluatācijas gatavībai un tam līdzīgas darbības. Aviācijas speciālisti kontrolē visu aviokompānijas apakšsistēmu darbu, kontrolē visus ražošanas procesus. Viņu darbības rezultāti tieši ietekmē lidojumu rezultātus.

Kļūdaina aviācijas speciālistu darbība noved pie dažāda veida negadījumiem (katastrofām, avārijām, negadījumiem, starpgadījumiem utt.). Kļūdas, kas ietekmē lidojumu drošību, aviācijas speciālists pieļauj profesionālās darbības procesā, kas kopumā ir ārkārtīgi sarežģīta parādība un ietver visas aktīvās saziņas sastāvdaļas starp personu un apkārtējo vidi. Piedāvātā pieeja aviācijas speciālistu darbību analīzes uzdevumu metodiskajam un algoritmiskajam atbalstam ir vērsta uz struktūrvienību un personāla noviržu un pārkāpumu analīzes automatizētu apstrādi. Ražošanas procesā darbība tiek realizēta, izmantojot noteiktu darbību secību, ko vieno viens motīvs. Darbība tiek saprasta kā aviācijas speciālista darbības funkcionāls elements, kuram ir uzstādīts mērķis. Darbības var būt vienkāršas vai sarežģītas.

Vienkāršas darbības nevar sadalīt elementos, kuriem ir neatkarīgi mērķi. Sarežģītas darbības var uzskatīt par vienkāršu darbību kopumu. Ja tiek atklāta šīs kopas loģiskā organizācija, sarežģītu darbību var raksturot kā algoritmu, kas sastāv no vienkāršām darbībām. Acīmredzams, ka dažādie darbības veidi var sastāvēt no vienādām vienkāršām un sarežģītām tipiskām darbībām, bet ar dažādu secību. Tāpēc cilvēka darbības kļūdu vienmēr rada darbības kļūdas elementārākais komponents. Tādējādi no tā izriet, ka darbības kļūdas ir primārais rādītājs, kas ir universāls jebkura veida aviācijas speciālista darbībai, kas var kalpot kā indikators, lai novērtētu aviācijas speciālista negatīvo ietekmi uz lidojumu drošību.

Pamatojoties uz iepriekš teikto, mēs ieviešam šādus jēdzienus:

**ED** - elementāra darbība ar patstāvīgiem mērķiem, kas raksturo mijiedarbību starp aviācijas speciālistu un aviācijas sistēmas elementiem. Šīs darbības var būt garīgas (plānošana, studēšana, analizēšana), garīgi motoriskas (pārbaude, aprakstīšana, novērošana) vai mehāniskas (darbība, darbības nodrošināšana). Turklāt ir pieņemtas šādas definīcijas;

**Grupa ED** - apvienojot ED dažādām funkcionālām, pagaidu, profesionālām vai citām īpašībām;

**Sakopojums ED** - vienas grupas ED kopumā, kuras vieno tikai loģiskā summēšanas vai tikai loģiskās reizināšanas nosacījums;

**Apakš pazīmē (AP)** - loģisks piedāvājums, kas apvieno divas vai vairākas zemāka līmeņa pazīmes;

**Pazīme (P)** - loģiska ED parametru, ED kopums un/vai AP vērtību kombinācija, kas ir nosacījums iespējamās normālas vai īpašas situācijas rašanās gadījumam.

Katrā laika posmā aviokompānijas un tās struktūru stāvoklis ir atkarīgs no iepriekšējās darbības, savlaicīguma, personāla darbību secības un normatīvo dokumentu prasību ievērošanas pakāpes.

Gandrīz visu aviācijas speciālistu darbu var attēlot kā secīgu ED kopumu, raksturojot vai nu atsevišķas darbības, lai atbalstītu vai veiktu lidojumus, instrukcijas saņemšanu vai izdotu instrukcijas utt.. Katrai ED, kura ieviešana var izraisīt īpašu situāciju raksturīgos papildus apstākļos, vai, ja tādu nav, var sastādīt ED pasi. Šai pasei jāatspoguļo situācijas pazīmi (P) vai pazīmes, kas rodas, parādoties kādai ED, iekļaujot ED, ar apakš pazīmi AP kopu stāvokļa zīmi, raksturīgāko parametru vērtības un šo parametru punktu vai atskaites momentu. Turklāt pasē ir jānorāda, kuru parametru un kuras turpmākās ED vērtības no situācijas sākuma ir jāuzskaita no šīs ED. Iespējamā ED pases forma un situācijas, kas rodas no aviācijas speciālistu darbības aviokompānijā, parādīta 1.pielikumā Elementāras Darbības Pase. Algoritmā aviācijas speciālistu darbību analīzei būtu jāņem vērā dažādu lidojuma drošības līmeņu atkarībā no darba pienākumiem un darba veidiem, kā arī darba sarežģītības pakāpes dažādos apstākļos.

Pases datu aizpildīšana aviācijas speciālistu darbam atsevišķos aviokompānijas elementos vienkāršos viņu darbības analīzes veikšanu, detalizējot programmas fragmentus pēc strukturālajām nodaļām, pakalpojumiem, kvalifikācijas un veiktajiem darbiem. Programmatūras struktūra aviācijas speciālistu darbības novērtēšanas uzdevumam būtu jāizstrādā, ņemot vērā pietiekami daudz iespēju aviācijas speciālistu darbībām, lai atbalstītu un veiktu drošus lidojumus. Personāla kompetentu darbību iespējas, kas noteiktas normatīvos dokumentos, ir atkarīgas no ārējiem apstākļiem.

## **2.4 Aviokompānijas struktūrvienību un personāla darbības noviržu un pārkāpumu analīzes algoritma izstrāde nenoteiktības apstākļos**

Faktoru analīzes uzdevumus nenoteiktības apstākļos raksturo tas, ka nav skaidras formas, lai precizētu sistēmas rādītāju analītisko atkarību no dažādiem faktoriem pie pietiekami reprezentatīvas statistikas par faktoriem, rādītājiem un notikumiem aviokompānijā.

Deterministiskās faktoru analīzes uzdevumos tiek pieņemts, ka tiek dotas analītiskās attiecības starp faktoriem, rādītājiem un notikumiem, kā arī tiek noteikti paši fakti, rādītāji un notikumi.

Šo un citu uzdevumu risināšana paredz:

- sistēmas organizatoriskā struktūra ar funkcionālām un informatīvām saitēm starp elementiem;
- noteiktā veidā organizēts rādītāju vai faktoru kopums (datu bāzes sistēmas);
- speciālisti, kas apmācīti veikt analīzi, pieņemot lēmumus un kuriem ir attiecīgas pilnvaras;
- statistikas materiāli par novirzēm un pārkāpumiem dienestos un nodaļās;
- matemātiskās metodes un modeļi informācijas apstrādei par gaisa kuģu ekspluatāciju;
- tehniskie līdzekļi un datori analīzei un lēmumu pieņemšanai;
- noviržu un pārkāpumu ietekmes uz lidojumu drošību novērtēšanas kritēriji;
- izstrādāto pasākumu efektivitātes un to īstenošanas izmaksu novērtēšanas kritēriji.

Vispārējs algoritms, lai analizētu novirzes aviokompānijas elementu darbībā, un lai izstrādātu pasākumus, kuru mērķis ir paaugstināt lidojumu drošības līmeni, parādīts 2.3. attēlā strukturālās diagrammas formā. Šajā algoritmā tiek izmantota novirzes pakāpeniskas analīzes metode. Kā vispārēju atgriezenisko saiti, uzrādītais algoritms uzņemas kontroli pār pasākumu īstenošanu, kas veikti, lai novērstu notikuma sekas un novērstu tā rašanos, uzraugot sistēmas elementa stāvokli pēc pasākumu ieviešanas. Algoritms tiek veidots, ņemot vērā konkrēta vadītāja ierobežotās pilnvaras un iespēju analīzes procedūrā iesaistīt augstāka līmeņa vadītāju un pieņemt lēmumu. Augstākā līmeņa vadītāja iekļaušana analīzes shēmā ir iespējama jebkurā posmā, pat ja padotā darbība nav saskatāmas neatbilstības un turpināt analīzi no paša sākuma. Algoritms paredz vadības iespējamu kompetences trūkumu vai problēmas ar lēmuma pieņemšanu, ka arī iespēju piesaistīt speciālistus, kurus shēmā apvieno nosaukums “eksperti”, lai risināt atsevišķas analīzes problēmas. Analīzes shēma paredz nepieciešamību veikt operatīvus pasākumus attiecībā uz notikumu un iespēju uzskaitīt paveiktos pasākumus un ar to saistītās darbības. Autora izstrādātais algoritms vēlāk kļuva par pamatu automatizētai neatbilstību analizēšanas sistēmai.

Neatbilstības aviokompānijas dienestu un personāla darbībā tika konstatētas, pamatojoties uz darba dokumentu analīzi, kas izmantoti dažādos aviokompānijas dienestos.

Iespējamais dokumentu saraksts lai analizētu novirzes un pārkāpumus:

- Bortžurnāls - *Journey Technical logs*;
- Tehnikās apkopes darba kartes ar bojājumu pārbaudes uzdevumu kartēm;
- Lidojuma datu monitorings (Lidmašīnu sistēmās veiktā monitoringa rezultāti izmantojamie lidotspējas uzticamības programmā);
- Aizpildītās pirms lidojuma, ikdienas/iknedēļas pārbaudes tehniskās apkopes darba kartes;
- Atvērto un atlikto defektu saraksti, kā arī Minimālā aprīkojuma sarakstā atklātie defekti;
- Negadījumu izmeklēšanas rezultātu ieraksti;

- Dzinēju veselības uzraudzības dati un dzinēju darbības testa dati;
- Lidmašīnas kontroles lidojuma dati;
- Aviokompānijas dispečeru dienesta ieraksti;
- Kavējumi, kuri balstās uz tehniskiem defektiem un tehnisko dienestu kļūmēm;
- Lidojumu negadījumu ziņojumi, tehnisko negadījumu ziņojumi un izmeklēšanas rezultāti;
- Lidotspējas uzticības programma;
- Lidojumu apkalpes kontroles pārbažu rezultāti lidojuma laikā. Apkalpes līnijas darbība, drošības pārbaudes, līnijas pārbaudes, kvalifikācijas pārbaudes ieraksti;
- Lidojuma datu monitorings, pilota balss sakari ar gaisa telpas dispečeri, pilota balss ierakstītāji (CVR);
- Gaisa kuģu apkalpes lidojumu trenāžiera FSTD pārbaudes rezultāti, operatora kvalifikācijas pārbaude (OPC);
- Lidojuma instruktažas un analīzes žurnāls;
- Īpašu gadījumu, incidentu žurnāls;
- Lidojumu drošības pārskati ar izmeklēšanas dokumentiem lidojumu kontroles dispečeru dienestā;
- Gaisa satiksmes dispečera maiņas instrukcijas un nodošanas žurnāls;
- Īpašu lidojuma gadījumu, starpgadījumu, gaisa telpas noteikumu un gaisa telpas pārkāpumu reģistrācijas žurnāls;
- Lidojumu drošības pārskati ar izmeklēšanas dokumentiem utt..

Kā piemērs 2.2. tabulā ir statistika par neatbilstībām gaisa kuģa AVRO-RJ70 tehniskajā apkopē laika posmā no 1995. līdz 2005. gadam, ko ekspluatēja AirBaltic [1], kas iegūta, analizējot tehnisko dokumentāciju.

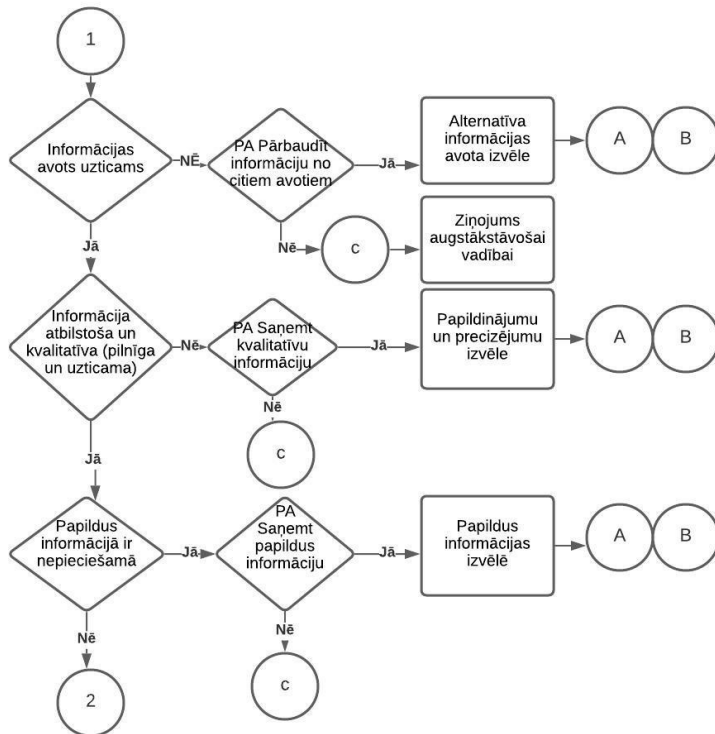
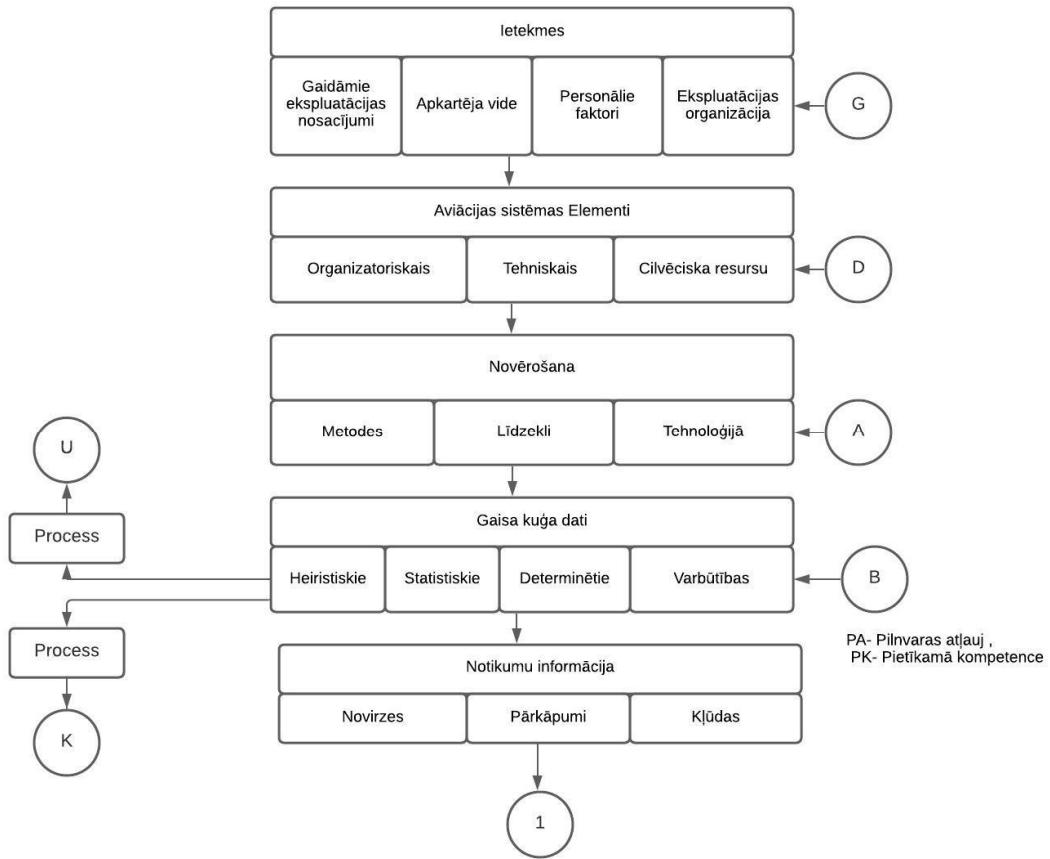
2.2. tabula.

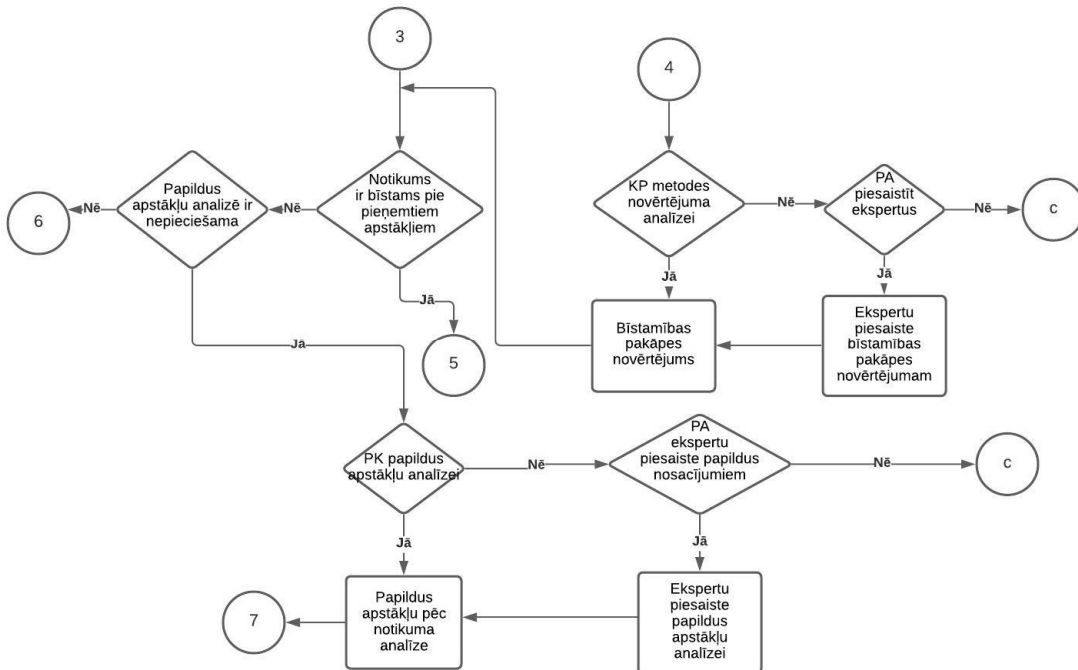
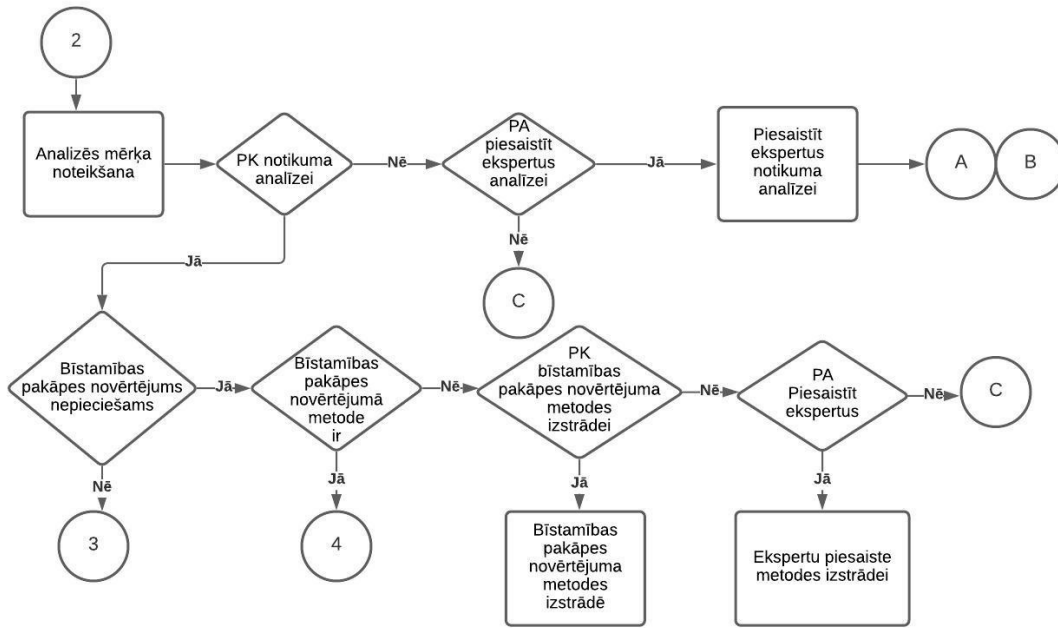
Gaisa kuģa AVRO tehniskās apkopes neatbilstību statistikas fragments

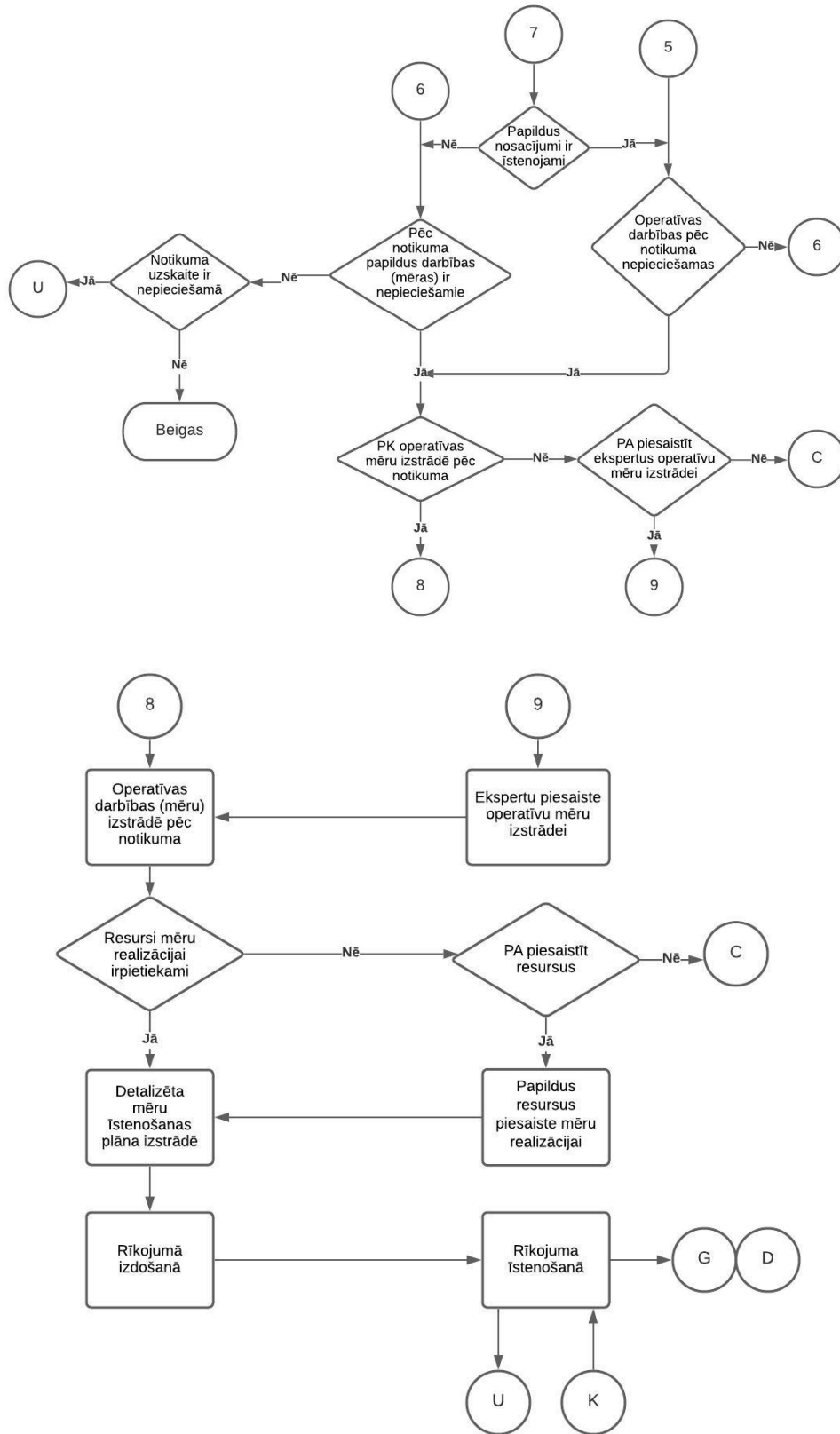
<b>Būtiskas nepilnības un pārkāpumi personāla darbā.</b>	<b>Bāzes tehniskās apkopes grupa (%)</b>	<b>Līnijas tehniskās apkopes grupa (%)</b>	<b>Līnijas un bāzes tehniskās apkopes grupas (%)</b>	<b>Avioniku grupa (%)</b>
<b>1. Nolaidība tehniskās apkopes laikā</b>	31,7	6,16	14,5	-
<b>2. Nekvalitatīva apkope</b>	19	8	3,22	-
<b>3. Disciplīnas pārkāpumi</b>	16	16,7	4,8	2,85
<b>4. Tehniskās apkopes programmas uzdevumu neizpilde pilnībā</b>	6,0	14,28	12,88	-
<b>5. Mutisku vai rakstisku instrukciju neievērošana.</b>	2,7	10,55	14,05	5,7
<b>6. Apkopes tehnoloģijas pārkāpšana.</b>	7,42	14,28	12,88	-
<b>7. Uzņēmuma vadības rīkojumu neievērošana.</b>	-	4,4	4,8	-
<b>8. Nesavlaicīga dokumentācijas aizpilde.</b>	4,72	6,16	8,05	11,4
<b>9. Defektu nekvalitatīvā novēršanā</b>	7,42	14,28	12,88	-

2.3. attēlā parādīts autora izstrādātais algoritma fragments, lai apkopotu un analizētu novirzes aviokompānijas darbībā. Algoritms tiek veidots, ņemot vērā konkrēta nodaļas (dienesta) vadītāja pilnvaru pietiekamību aviosabiedrībā.









2.3. att. Algoritma fragments noviržu apkopošanai un analīzei aviokompānijas darbībā.

2.3. attēlā norādītā pieeja ļauj savlaicīgi identificēt novirzes visās aviokompānijas struktūrvienībās, kas var izraisīt nelabvēlīgus notikumus lidojuma laikā, novērtējot to bīstamības pakāpi, prognozējot bīstamības ietekmes tendences lidojuma drošības līmenī, izstrādājot preventīvos pasākumus un informējot izpildītājus, īstenojot operatīvos un ilgtermiņa pasākumus, lai novērstu vai ierobežotu apdraudējumu darbības, kontrolētu pasākumu efektivitāti.

Kad novirzes ir noteiktas, jānovērtē saistītie riski un jāpārbauda risku veids, lai noteiktu, vai tie ir „pieņemami vai nepieņemami”. Ja risks ir „nepieņemams”, ir jāveic attiecīgi pasākumi, tostarp jānosaka individuālā atbildība. Piedāvātais algoritms ir pamats automatizētai sistēmai datu vākšanai, glabāšanai, apstrādei un analīzei, izmantošanai aviokompānijas darbībā ar integrētu vadības sistēmu.

Mēs šo sistēmu attēlosim arī kā lidojuma drošības sistēmas rādītāju, kas sastāv no pieciem funkcionāliem blokiem (piecām sekcijām):

1. Vadības objekts. Aviokompānijas, tās apakšnodaļu, pakalpojumu, personāla darbības rezultātu novērtējums kā daudzdimensionāls ietekmes faktors uz lidojuma drošības rādītājiem. Šis sadaļas mērķis ir novērtēt aviokompānijas darbību un lidojuma drošības stāvokli, tai skaitā:

- drošības rādītāju aprēķināšana par noteiktu periodu,
- lidojuma drošības rādītāju sadalījuma veidošana pēc lidmašīnu izmantošanas tipiem un veidiem, pēc lidojuma posmiem, pēc dienestiem, u.c..

2. Valdības subjekts: dienesti un personāls, kas ir pilnvarots pieņemt organizatoriskus, tehniskus un tehnoloģiskus lēmumus, lai pārvaldītu aviācijas uzņēmumu, tā apakšnodaļu ražošanas procesus, ieskaitot dienestu un personālu neatbilstību sadalījumu pēc nodaļām un personāla, ka arī to ietekmes uz lidojumu drošību un iespējamo ārkārtas situācijas rašanos lidojuma laikā novērtējumu.

3. Kontroles darbības, pamatojoties uz ārkārtas situāciju un nelabvēlīgu notikumu bīstamības novērtēšanas rezultātiem lidojumā. Šim nolūkam ir paredzēts:

- riska faktoru sadalījumu veidošana pēc bīstamības aviokompānijā;
- riska faktoru sadalījumu veidošana pēc darbības jomas un pēc riska faktoru kategorijas (cilvēki, aprīkojums, vide);
- riska faktoru sadalījumu veidošana pēc bīstamības pakāpes uz zemes nodrošināto pakalpojumu ķēdē, dažādos gaisa kuģu sagatavošanas posmos pirms lidojuma un lidojuma laikā;
- lidojumu drošības stāvokļa prognoze nākamajam periodam.

4. Atsauksmes (atgriezeniskā komunikācijas saite). Informācija par lidojuma drošības līmeņa stāvokli, uzraudzītās darbības parametru stāvokli, kas ietekmē lidojuma drošību. Korektīvo pasākumu izstrāde individuāliem bīstamības faktoriem, aviokompānijas darbības elementiem un jomām.

5. Profilaktisko darbību efektivitātes novērtējums aviokompānijā:

- lidojumu drošības efektivitātes rādītāju par noteiktu laika periodu aprēķins, kā arī aviokompānijas darbības rādītāji vispārējās vadības jomās;
- darbības efektivitātes rādītāju tendences veidošana;
- darbības efektivitātes rādītāju tendences cēloņu noteikšana;

- secinājumi.

Pamat īpašības dažādiem variantu iezīmēm ir šādas:

- aviācijas speciālista darbības variants, kas paredz visu darbību veikšanu stingri reglamentētā kritiskā laikā –  $T$ , vai uz jebkura parametra izmaiņu laika periodu no vienas regulētās vērtības līdz citai;
- aviācijas speciālista rīcības variants, kas neparedz stingru laika ievērošanu un nav atkarīgs no aviokompānijas elementu parametriem;
- variants ar stingru darbību secību, lai atbalstītu vai veiktu lidojumu;
- variants kas neparedz stingru darbību secību;
- varianti, kas izriet no iespējamām a), b), c), d) variantu kombinācijām;

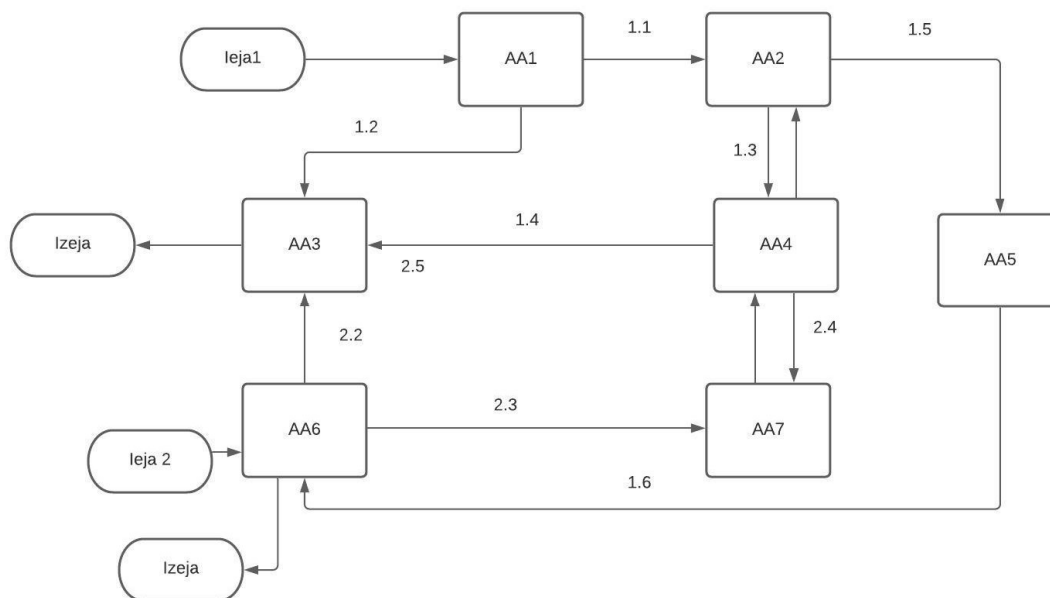
Personāla nekorektas rīcības variantu skaits principā var būt diezgan liels, taču var aprobežoties ar sekojošiem visbiežāk sastopamiem variantiem:

- aviosabiedrības laika vai fiziskie parametri pārsniedz atļautās robežas;
- noteikto darbību secības neievērošana;
- vienas vai vairāku darbību neizpilde;
- veicot kļūdainu darbību, kas nav paredzēta.

No izskatītajiem variantiem redzams, ka aviācijas speciālistu nekorektu darbību rezultātā iespējamās situācijas, kas ir bīstamākas par pašreizējo sistēmas stāvokli, ir iespējama vai nu nepareizas ED (elementāras darbības) izpildes rezultātā, vai arī parametrs pārsniedz pieļaujamās robežas.

Tāpēc analīzes programmai vajadzētu būt divām pieejām: pirmā pieeja - veicot jebkuru ED, otra - kad kāds parametrs sasniedz atļauto vērtību.

Lai kontrolētu ne visu kritisko vērtību sasniegšanu ar raksturīgo parametru, bet vismazāko, šīm vērtībām jābūt sakārtotām dilstošā secībā un nepieciešams kontrolēt tikai pēdējo pieļaujamo vērtību no datu masīva. Tā kā ir paredzēts veidot ED atbilstoši noteiktiem grupas nosacījumiem un atribūtu pazīmes ietilps kopumos, kas sastāv no noteiktas grupas ED, ir nepieciešams pārbaudīt, vai visas ED grupas pašreizējais stāvoklis atbilst kopu stāvoklim, ko pieprasa pase. Aviācijas speciālistu darbību analīzes programmas struktūrā jāņem vērā dažādie lidojuma drošības līmeņi atkarībā no darba pienākumiem un darba veidiem, kā arī darba sarežģītības pakāpes dažādos apstākļos. Ir nepieciešams saņemt informāciju par noteiktām personāla kļūdām, kas paredz teksta īsziņas izsniegšanu par nepareizām darbībām aviokompānijā. Programmas algoritma struktūra, ņemot vērā personāla darbību analīzi, var būt saskaņā ar 2.4. attēlu.



2.4. att. automatizētas programmas aviācijas speciālistu darbību novērtējuma algoritms.

Ieejā 1 programma notiek pie kādas ED veikšanas no grupas ED ar kopnes grupas numuru (KGN). Programma AA1 izpilda dispečera funkciju un pēc ED numura novirza pieprasījumu pie apakšprogrammas AA2 (ceļš 1.1), kura pēc ED numura nosaka pāreju pie apakšprogrammas, kura pārbauda loģiskos nosacījumus saskaņā ar ED pasi.

Ja izpildās kāds no nosacījumiem, kas ierakstīts kādā no pasēm, bez iepriekšējas ED kopuma pārbaudes notiek pieslēgšanās pie apakšprogrammas AA3 (ceļš 1.2), kas veido teksta ziņojumu par nekorektām speciālista darbībām. Ja nepieciešams ED pārbaude, kādā no kopumiem, kurā ietilpst nosacījums, tad notiek ieeja apakšprogrammā AA4 (ceļš 1.3). Ja kopas stāvoklis atbilst atribūtā norādītajam, turpmāka pārbaude nav nepieciešama, tiek nosūtīta īsziņa ar apakšprogrammu AA3 (ceļš 1.4).

Ja ir nepieciešams uzsākt atskaiti no konkrētā ED parametra vērtības, kas raksturīga turpmākajiem iespējamiem notikumiem, un ED no apakšprogrammas AA2, tad notiek piekļūšana apakšprogrammā AA5 (ceļš 1.5), kas ir programma, kura paredzētā dažādu parametru kritiskās vērtības masīvu veidošanai, kā arī pievienotās informācijas vērtības par iespējamo notikumu un situāciju, kurai būtu jānotiek, sasniedzot kritiskās vērtības parametru.

Apakšprogramma AA5 arī sakārto kritisko parametru vērtību masīvus dilstošā secībā.

Pievienojot masīvam katru jaunu kritisko parametru vērtību elementu, parametru pārbaudes indikatora vērtība tiek palielināta par vienu. Indikatora vērtība tiek pārsūtīta uz apakšprogrammu AA6 (ceļš 1.6.).

Otrais veids, kā notiek informācijas ievads programmā, ir: ja parametru pārbaudes indikators katrā informācijas apstrādes posmā atšķiras no bāzes (ieeja 2.).

PP6 apakšprogramma identificē, kuri no parametriem jāpārbauda attiecībā uz kritisko vērtību sasniegšanu, veic nepieciešamo pārbaudi un, ja pārbaudes nosacījums ir izpildīts,

samazina indikatora vērtību par vienu un pieslēdzas pie apakšprogrammas AA3 (ceļš 2.2) īsziņas izsniegšanai.

Lai noteiktu papildu nosacījumu izpildi, ja tādi ir, apakšprogramma AA6 pieslēdzas pie apakšprogrammas AA7 (ceļš 2.3), kas organizē papildu nosacījumu pārbaudi, ieskaitot ED parādīšanos kopās, izmantojot apakšprogrammu AA4 (ceļš 2.4) un, ja nepieciešams, veic īsziņu izsniegšanu apakšprogrammā AA3 (ceļš 2.5).

Izstrādāta aviokompānijas lidojumu drošības metodoloģijā informācijas bāzes modelim, ļauj apkopot visu ienākošo informāciju un identificēt riskus un kontrolēt tos.

### **3. METODOLOĢIJAS IZSTRĀDE DROŠĪBAS RĀDĪTĀJU SASTĀVA NOTEIKŠANAI STRUKTŪRĀM UN LĒMUMU PIEŅĒMĒJIEM**

#### **3.1 Metodes izvēle rādītāju sastāva noteikšanai.**

Kā norādīts 2. nodaļā, autors izmantoja pieeju, izstrādājot algoritmu, strukturālo nodaļu un aviosabiedrību personāla darbības noviržu analizēšanai nenoteiktības apstākļos.

Šajā sakarā, kā visefektīvākā metode rādītāju atlasei ir ekspertu metode, iesaistot dažādus ekspertus, un tajā pašā laikā visracionālāk būtu iesaistīt aviokompānijas aviācijas speciālistus - potenciālos informācijas sistēmas lietotājus. Veicot aviokompānijas pārbaudi saskaņā ar ekspertu metodi, nepieciešams ņemt vērā, ka nodaļu un dienestu vadības personāls kopumā nav labi pazīstams ar ekspertu novērtējuma metodi, un tāpēc ne vienmēr izturas pret pārbaudes procedūru ar pilnu atbildību, uzskatot pārbaudi par laika izšķērdēšanu. Šajā gadījumā racionāli ir organizēt aptauju, izdalot anketas starp ekspertiem tieši darba vietā. Izstrādājot anketas, tika ņemts vērā: anketas aizpildīšanas procedūras vienkāršība un nenozīmīgais laika patēriņš, ekspertu anonimitāte, kas ļauj palielināt viņu aktivitāti, suverenitātes nodrošina spriedumos un eksperta "diktāta" neesamību pieņemot lēmumus. Jebkuru rādītāju pievienošanai vai dzēšanai eksperta individuālajā sarakstā nevajadzētu būtiski mainīt pārbaudes gala rezultātu. Anketu aizpildīšanas principam jābūt pazīstamam ekspertiem ikdienas dzīves apstākļos vai profesionālajā darbībā.

#### **3.2. Pārbaudes vispārīgā kārtība**

Ekspertu pārbaudes pēc aviokompānijas nodaļām un dienestiem, lai izvēlētos lietotāju automatizēto darbstaciju rādītāju sastāvu, var iedalīt šādos posmos:

- organizēšanas pārbaudes metodes izvēle;
- ekspertu informācijas apstrādes metožu izvēle;
- programmatūras izstrāde un izveide automatizētai apstrādei;
- ekspertu aptauju saraksta veidošana;
- ekspertīzes organizēšana un ieviešana;
- rezultātu apstrāde un ekspertu vērtējumu atbilstības un ticamības pārbaude;
- rādītāju optimālā sastāva izvēle;
- rādītāju klasifikācija.

Ekspertu vērtējumu statistiskās metodes, papildus iepriekšējam darbam ar pārbaudes metožu izvēli, vērtējumos parasti ietver šādus ekspertu vērtējumu saskaņošanas analīzes un grupas novērtējuma iegūšanas posmus:

- provizorisks rādītāju ranga piešķiršana;
- ekspertu uzticamības pakāpes novērtējums;
- ekspertu atzinumu saskaņošanas novērtējums katram rādītājam atsevišķi un rādītāju grupai kopumā;



- ekspertu grupas atlase ar “tuvu” viedokli salīdzinājumā ar sākotnējās grupas “vidējo” viedokli;
- viedokļu atšķirības iemeslu noteikšana, attiecību noteikšana starp vērtējumu kvalitāti, kompetenci un eksperta ieņemamo amatu;
- ekspertu izslēgšana ar “īpašu” viedokli;
- tādu rādītāju izslēgšana, kuri saņēma viszemāko rangu, ko piešķir ekspertu grupa;
- galīgā lēmuma veidošana par optimālu rādītāju sastāva izvēli.

### 3.3. Ekspertīzes organizēšanas un ekspertīzes apstrādes metodes izvēle

Dažādu ekspertīzes organizēšanas metožu – komisijas metodes, tiesas metodes, prāta vētras metodes, Delfi metodes, lēmumu matricas metodes, prognozējoša grafika metodes un citas metodes – analīze ļāva izvēlēties „līdera” metodi izstrādātās informācijas sistēmas rādītāju sastāva noteikšanai, kas ir pāru salīdzināšanas metodes tālāka attīstība [25, 28, 31, 34].

Pāru salīdzināšanas metodes būtība ir piedāvāt ekspertam objektu (rādītāju) sarakstu, kas pēc kāda kritērija ir jāsalīdzina pāros viens ar otru (šajā gadījumā indikatora nozīme lidojuma drošības uzlabošanas problēmu risināšanā).

Ir ērti veikt pāru salīdzinājumu, ja objektu skaits ir liels, kā arī gadījumā, ja atšķirības starp objektiem ir nenozīmīgas. Salīdzinot objektus pa pāriem, eksperts atzīmē tikai viena objekta priekšrocības, salīdzinot ar citu vai to ekvivalenci. Tas ir līdzīgi kā „uzvara“, „zaudējums“ vai „neizšķirts” komandu sporta spēlē, kas piedalās apļa turnīrā.

Ja pēc pāriem salīdzina  $n$  objektus un eksperta vēlmes apmierina tranzitivitātes īpašība, proti, ja objekti  $a_i$  un  $a_j$  saistīti ar attiecību  $P$ , un tai pašā laikā objekti  $a_j$  un  $a_e$  arī saistīti ar  $P$ , no tā izriet, ka,  $a_i$  un  $a_e$  arī ir saistīt ar šīm attiecībām, šajā gadījumā objekti tiek sarindoti (ranžēti).

Katra eksperta salīdzināšanas rezultāti ir apkopoti kvadrātveida tabulā (3.1. tabula). Līdzīgi, kā vispazīstamākajā apļveida sporta spēļu sistēmā (katrs ar katru) rezultāts apkopots kopvērtējuma tabulā.

3.1. tabula

Eksperta tabula

Radītāja Nr.	1	2	...	N
1	•			
2		•		
...				
n				•

Tabulā atbilstošās rindas krustpunktā  $i$  objektu un kolonna, kas atbilst  $j$ , objektam ieliks „2”, ja attiecībā uz  $i$  priekšroka dodama objektam  $j$ , „0” – pretējā gadījumā, „1”, ja ir neizšķirts (ekvivalents) (attiecīgi kopvērtējumā „uzvara“, „zaudējums” vai „neizšķirts”).

Kopējais salīdzinājumu skaits vienā pāri būs vienāds ar  $n(n-1)/2$ .

Preferenču (“punktu”) saskaitīšana katram objektam atbilstoši tabulas rindām ļauj atklāt objektu rindas (rangu).

Matemātiski ekspertu tabulu var attēlot kā kārtību  $n \cdot n$  attiecību  $\|P_{ij}\|$  kvadrātveida matricu ar šādiem elementiem:

$$\begin{cases} 2, & \text{ja } a_i > a_j \\ 0, & \text{ja } a_i < a_j \\ 1, & \text{ja } a_i \cong a_j \end{cases}, \quad (3.1.)$$

kur:  $i$  – matricas rindas numurs;  $j$  – kolonnas numurs; apzīmējums  $a_i > a_j$  nozīmē priekšroka  $a_i$  attiecībā pret  $a_j$ ; zīme  $\cong$  nozīmē ekvivalentu (līdzvērtību).

Lai novērstu matricas  $P_{ij}$  galvenās diagonāles pie elementu vērtību nenoteiktības  $i = j$ , kas tabulā norādīta ar simbolu  $\bullet$ , šiem elementiem tiek piešķirta vērtība „1” (spēle ir „pašam ar sevi”).

Pāru salīdzinājumu metodes ieviešanas vizuāls attēlojums var būt orientēts multigrāfs ar virsotnēm  $i$ , kas atbilst salīdzinājumiem  $a_i$  ( $i = 1, n$ ), kurā priekšroka  $a_i$  salīdzinājumā ar  $a_j$  attēlota ar diviem lokiem, kas vērsti no virsotnes  $i$  uz virsotni  $j$ , bet līdzvērtību (ekvivalentu)  $a_i$  un  $a_j$  – ar vienu loku no  $i$  uz  $j$  un vienu loku no  $j$  uz  $i$ .

Lai attiecību matricai būtu uzbūvēta grafika blakusesības matrica, katrai tās virsotnei jābūt aprīkotai ar cilpu.

Piecu objektu grafika piemērs, kas attēlo vienu no iespējamām  $2^{(n-1)n/2} = 2^{10}$  situācijām, redzams 3.4. attēlā [32].

Šajā gadījumā blakusesības matrica izskatīsies šādi:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 2 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad (3.2.)$$

Matricas elementi atbilst nosacījumiem:

$$a_{ij} + a_{ji} = 2 \quad (3.3.)$$

Summējot matricas elementu rindas pēc kārtas, var sarindot objektus.

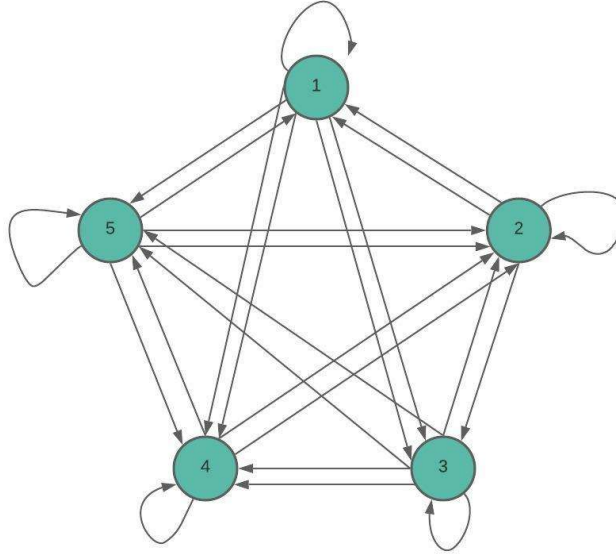
Tomēr, kā liecina pāru salīdzināšanas izmantošanas pieredze, var būt situācijas, kad tranzīta nosacījums nav izpildīts. Tātad, ja eksperts priekšroku devis objektam  $a_1$  attiecībā pret  $a_2$ , priekšroka objektam  $a_2$  attiecībā pret  $a_3$ , un tajā pašā laikā objektam  $a_3$  ir dota priekšroka attiecībā pret  $a_1$ , tad veidojas noslēgts cikls, un priekšrokas noteikšana starp objektiem  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ , ir neatrisināms uzdevums.

3.4. attēlā redzami orientēti maršruti  $\overrightarrow{142}$ ,  $\overrightarrow{1342}$  un  $\overrightarrow{1352}$ , kas veido noslēgtu ciklu.

Līdera metodes izmantošana ļauj novērst šīs grūtības un dod iespēju pareizāk sarindot objektus [32, 34].

### 3.4. Objektu sarindošanas (ranžēšana), izmantojot Līdera metodi

Metodes pamatā ir īpašība, ka grafā eksistē garuma ceļš  $\lambda$ , tad, kad matrica  $A^2 \neq 0$ , un neeksistē slēgtu kontūru, kad  $A^2 = 0$ , sākot no kāda ceļa  $\lambda$ .



3.1. att. Priekšrocību grafs.

Metodes būtība ir atrast atsevišķu objektu „relatīvo spēku” un tā rangu (rindu) atbilstoši iegūtajām šī stipruma vērtībām.

Tās noteikšana tiek veikta, atrodot iespējamo garuma ceļu skaitu  $\lambda$  ( $\lambda = 1, 2, 3, \dots, n$ ), kas iet no virsotnes  $i$  uz virsotni  $j$  priekšrocību grafā (3.4. att.). Apzīmējot  $P_{ij}(\lambda)$  kā matricas kopējo elementu  $A^\lambda$ , kas atbilst garuma ceļu skaitam  $\lambda$  no  $i$  uz  $j$ , summējot elementus ar katras šīs matricas rindām  $\lambda$ , atradīsim „integrēto spēku” rindas  $\lambda$  objekta  $a_i - P_i(\lambda)$ , tas nozīmē, ka

$$P_i(\lambda) = \sum_{j=1}^n P_{ij}(\lambda) \quad (3.4.)$$

Kopumā „relatīvais spēks”  $P_i$  objekta  $a_i$  būs

$$P_i = \lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{P_i(\lambda)}{\sum_{i=1}^n P_i(\lambda)} \quad (3.5.)$$

Praktiski objektu ranžēšanai  $a_i$  pietiek secīgi veidot blakusesības matricas pakāpes  $A - A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^3$  un salīdzināt „relatīvo spēku” klasifikāciju katrā solī ar iepriekšējā soļa rangiem.

Ja „relatīvo spēku” rangs sakrīt divos secīgos posmos, process tiek pārtraukts un objektu  $a_i$  rangs tiek pieņemts saskaņā ar iegūto objektu „relatīvo spēku” rangu.

Pabeidzot objektu ranžēšanu, visvēlamākajam objektam tiek piešķirts 1. rangs (vieta), nākamajam – 2. utt.

Apstrādājot dažādu ekspertu tabulas, tiek aprēķināta katra rādītāja rangū summa no visām tabulām. Vispiemērotākais būs rādītājs ar mazāko rangū summu. Tad rādītāji tiek sakārtoti rangū summu augošā secībā, un summas tiek saskaitītas. Aviācijas uzņēmumu vidējā un augstākā līmeņa vadītāju iesaistīšana aviācijas speciālistu darbā negarantē visu ekspertu grupas locekļu augstu kvalitāti. Eksperta kvalitāti ietekmē darba pieredze, pilnīga izpratne par

risināmajiem uzdevumiem, psihofizioloģiskās īpašības, ārējie faktori un daudz kas cits. Lai izolētu objektīvu komponentu no atsevišķu ekspertu secinājumiem, ir jānovērtē katra eksperta atbilstība. Šīs problēmas izpētei tiek velēts pietiekams zinātnisko darbu skaits [25, 27, 28, 31, 34].

Ekspertīzes kvalitātei un atsevišķu ekspertu atbilstības novērtēšanai izmanto šādus parametrus:

- absolūtā eksperta uzticamības pakāpe, kas vienāda ar gadījumu skaitu, kurā novērtējums sakrīt ar provizorisko rezultātu, attiecību pret eksperta noteikto novērtējumu skaitu;
- relatīvā eksperta uzticamības pakāpe, kas vienāda ar eksperta absolūtās uzticamības pakāpes pie ekspertu grupas vidējās uzticamības pakāpes attiecību;
- saskaņotības koeficients (vienošanās) ekspertu vai ekspertu grupu ranžēšanas;
- izslēgto rādītāju skaitu, zemā rangu līmeņa dēļ salīdzinot ar citiem rādītājiem;
- rādītāju klātbūtne, kas ir „obligāti” atbilstoši normatīvo aktu vai pamatdokumentu prasībām, tehnoloģiskiem vai citiem iemesliem, ka arī papildus rādītājiem ekspertu neuzskaitītiem vai slikti novērtētiem iekļaušana.

### 3.5. Provizoriska rādītāju sastāva ranžēšana

Provizoriska rādītāju sastāva ranžēšana, apstrādājot ekspertu informāciju pēc „līdera” metodes, tiek veikta, pamatojoties uz kvalitatīvajām īpašībām, precīzi kvantitatīvi nenosakot dažu rādītāju priekšrocību pār citiem. Uzdevuma risināšanai, kā atrast garuma ceļu  $l$  no virsotnes  $i$  līdz virsotnei  $j$  attiecību grafā, tiek atrisināta, secīgi paaugstinot grafa blakus esošo matricu (tā ir eksperta priekšrocību matrica) lielākā pakāpē līdz  $l$  ieskaitot, un iegūto matricu summēšana pēc līnijām ļauj izslēgt pretrunīgos ekspertīžu rezultātus un veikt pareizu rādītāju ranžēšanu. Vēlamākajam rādītājam ir piešķirts 1. rangs (vieta), nākamajam – 2. utt.

Apstrādājot vairāku ekspertu tabulas, tiek aprēķināta katra rādītāja pakāpju summa no visām tabulām. Priekšroka tiek dota rādītājam ar mazāko rangu summu. Tad rādītāji tiek sakārtoti rangu summu augošā secībā, un pašas summas tiek normalizētas un uzskaitītas.

Iegūto rezultātu ticamības un ekspertīzes kvalitātes, kā arī atsevišķu ekspertu pārbaudi veic, izmantojot šādus parametrus:

- absolūtā eksperta uzticamības pakāpe;
- relatīvā eksperta uzticamības pakāpe;
- ekspertu vai ekspertu grupu klasifikācijas atbilstības ranžēšanas koeficients (vienošanās);
- izslēgto rādītāju skaits zemā rangu līmeņa dēļ attiecībā pret citiem rādītājiem;
- rādītāju klātbūtne, kas ir „obligāti” atbilstoši normatīvo vai pamatdokumentu prasībām, tehnoloģisko vai citi iemeslu dēļ, neiekļauto rādītāju pārbaude, kurus kaut kādu iemeslu dēļ vai nezināšanas dēļ eksperti neuzskaitītajā vai slikti novērtēja („direktīvie” rādītāji).

Ekspertus ar zemu ticamības pakāpi var izslēgt no analīzes, savukārt viņu ekspertu tabulas ir jāanulē, rādītāju rangi – jāpārreķina. Līdzīga pārreķināšana jāveic, dzēšot vismazāk vēlamos rādītājus.

Ja eksperti  $M$  norādīja objektu  $n$  rangū pēc vēlmēm, tad ekspertu viedokļu konsekveni (saskaņotības) var novērtēt, izmantojot saskaņošanas koeficientu  $W$ , t.i. rangū korelācijas koeficients, kas kopīgs visai ekspertu grupai. [27,28]

Lai aprēķinātu konsekvenču un saskaņotības koeficienta vērtību, vispirms tiek atrasta katra objekta rangū summa, kas saņemta no visiem ekspertiem  $\sum_{k=1}^M r_{ik}$ , tad – starpība starp šo summu un rangū vidējo summu, t. i., jāatrod visu rangū summu novirzes no vidējās vērtības:

$$\Delta = \sum_{k=1}^M r_{ik} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^M \bar{r}_{ik}}{n}, \quad (3.6.)$$

kur:  $\bar{r}_{ik} = -\frac{1}{2}M(n+1)$  – vidējais rangū summas rādītājs.

Tālāk tiek aprēķināta starpību kvadrātu summa  $S$ :

$$S = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{k=1}^M r_{ik} - \frac{1}{2}M(n+1) \right\}^2 \quad (3.7.)$$

Ja visi eksperti piešķir vienādas preferences, maksimālā vērtība  $S$  būs vienāda ar:

$$S_{max} = \frac{1}{2}M^2(n^3 - n) \quad (3.8.)$$

Jo konsekventāki ir saskaņotie ekspertu rezultāti, jo tuvāka vērtība  $S$  pie  $S_{max}$ .

Jo vairāk nesaskaņu, jo tuvāk rangū summas vidējai vērtībai  $M(n+1)/2$ , savukārt vērtība  $S$  tuvāka 0.

Tādējādi saskaņotības ekspertu raksturojums  $M$  ir saskaņotības koeficients, ko nosaka pēc izteiksmes:

$$W = \frac{S}{S_{max}} \quad (3.9.)$$

Šo koeficientu var noteikt arī pēc Kendala ieteiktās formulas [27]:

$$W = \frac{12S}{M^2(n^3 - n)} \quad (3.10.)$$

Vērtība  $W$  mainās no 1, ja ekspertu ranžēšana pilnībā sakrīt, līdz 0, ja trūkst saskaņotības.

Zema saskaņotības koeficienta vērtība parasti liecina vai nu par kopēja ekspertu viedokļa trūkumu, vai arī par ekspertu apakšgrupu klātbūtni, kurām ir liela saskaņotība (līdzīgi domājoši cilvēki) kopējā grupā, taču šo personu apakšgrupu viedokļi ir pretēji.

Līdzīgi domājošu ekspertu apakšgrupu identifikācija tiek nodrošināta, izslēdzot vienu ekspertu no grupas un aprēķinot pārējo ekspertu saskaņotības koeficientu. Ja jaunā koeficienta vērtība ir lielāka par visa ekspertu kopuma koeficientu, tad šis eksperts tiek izslēgts un, gluži pretēji, ja tā vērtība ir mazāka, tad šis eksperts paliek grupā. Veicot šādus aprēķinus secīgi katram ekspertam, identificē ekspertus ar „oriģinālu” viedokli un palielina pārējo saskaņotības un konsekvenču pakāpi.

### 3.6. Ekspertīze

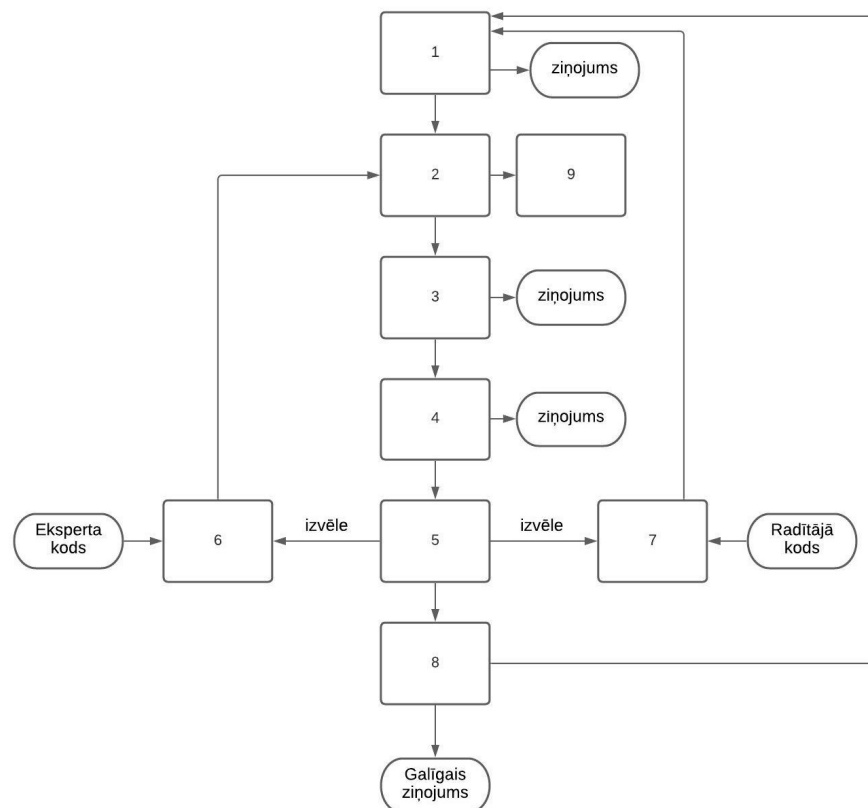
Lai izvēlētos optimālo rādītāju sastāvu lietotāju automatizētām darbavietām - dažādu kategoriju un specialitāšu vadītājiem, var iedalīt šādus ekspertīzes galvenos posmus [28]:

1. pārbaudes mērķu formulēšana un aptaujas procedūras izstrāde;
2. ekspertīzes organizatoru grupas izveidošana;
3. ekspertu grupas atlase un veidošana;
4. aktuāla ekspertīze;
5. no ekspertiem saņemtās informācijas analīze un apstrāde;
6. izpētes rezultātā iegūtās informācijas un objektīvas informācijas pārveidošana ērtā formā, lai atvieglotu lēmuma pieņemšanu.

Aptaujas procedūra ir atkarīga no daudziem apstākļiem. Tātad ekspertīzi var veikt aviokompānijas speciālisti vai pieaicināti speciālisti no ārpuses. Tādā var aptvert visus vai tikai izvēlētos servisos un nodaļas utt. Pirms mērķu formulēšanas un aptaujas procedūras izstrādes, ieteicams veikt virkni konsultāciju ar speciālistiem, kuri zina problēmas būtību un ekspertu aptaujas metodes. Pirms ekspertīzes veikšanas, pēc organizācijas vadītāja rīkojuma ir jāizveido eksaminācijas organizatoru iniciatīvas grupu.

Šajā grupā vēlams iekļaut IT speciālistus, pārbaudāmo dienestu pārstāvjus, aviācijas uzņēmuma vadības darbiniekus. Iniciatīvas grupu nepieciešms vadīt speciālistam ar atbilstoši augstām pilnvarām.

### 3.7. Ekspertu aptaujas rezultātu apstrādes programmas funkcionālā shēma



3.2. att. ekspertu aptaujas rezultātu apstrādes programmas funkcionālā shēma.

### **3.8. Rādītāju grupu veidošana, kas ietekmē lidojuma drošību aviokompānijā**

Attiecīgajām automatizētajām darbavietām tiek veidotas rādītāju grupas, kuras dienesti un lēmumu pieņēmēji drošības jomā, aviokompānijā izmanto atbilstoši struktūrai, kas attēlota 3.2. attēlā.

Aptuvenais rādītāju grupu saraksts var būt šāds:

A grupa. Rādītāji, kas saistīti ar cilvēka faktoru.

B grupa. Rādītāji, kas saistīti ar novirzēm aviokompānijas speciālistu profesionālā darbībā, blakus traucējumu faktoriem (veselības stāvoklis, konflikti, brīvdienas, inspektori utt.).

C grupa. Rādītāji, kas saistīti ar Aviācijas lidaparātiem un to darbību.

D grupa. Rādītāji, kas saistīti ar aviokompānijas vadības sistēmas organizāciju.

*\*var būt arī citi grupas rādītāji*

Grupu (apakšgrupu) veidojošo rādītāju saraksta veidošana notiek, veicot mutiskas aptaujas vai izdalot anketas. Šajā posmā katras grupas rādītāji tiek sadalīti ekspertu kategorijās un pēc specialitātēs. Pamatojoties uz aptaujas rezultātiem, tiek veidoti provizoriski rādītāju saraksti, kas iekļauti katrā no grupām (apakšgrupām) atsevišķi katrai ekspertu kategorijai un specialitātei. Nākamais pārbaudes posms būs ekspertu aptaujas anketu izveide ekspertiem, kas sagrupēti pēc kategorijas un specialitātes. Anketu aizpildīšana un apstrāde ar rādītāju sarakstu tiek veikta pēc analogijas ar iepriekš aprakstīto rādītāju grupu ranžēšanas procedūru. Pēc šo anketu apstrādes veido ranžēto rādītāju sastāvu un to grupas informācijas sistēmai beidzot tiek veidotas katrai lietotāja automatizētai darbavietai (2. pielikums „Ekspertu aptaujas anketa”).

## 4. LIDOJUMU DROŠĪBAS RĀDĪTĀJU NOVĒRTĒŠANAS METODIKAS IZSTRĀDE PIEDĀVĀTAJAI AVIOKOMPĀNIJAS AUTOMATIZĒTAJAI INFORMĀCIJAS BĀZEI

Drošības līmeņa noteikšanai, mēs izmantosim C grupas rādītājus, kas saistīti ar gaisa kuģi un tā ekspluatāciju. Šīs grupas rādītāju novērtēšanas galvenais mērķis ir kontrolēt radīto bīstamo atteices biežumu un novērtēt to novēršanas pasākumu efektivitāti. Tas arī palīdz identificēt un ātri novērst aviosabiedrības darbības traucējumus, kas saistīti ar aviācijas lidaparātu tehnisko stāvokli. Lai sasniegtu šos mērķus, ir nepieciešama statistika par atteicem, kas izraisījušas aviācijas nelaiemes gadījumus vai starpgadījumus, kā arī par iepriekšējām avārijas situācijām lidojuma laikā, to biežumu un bīstamības pakāpi. Uzraudzītā perioda laikā iegūtos datus salīdzina ar iepriekšējiem periodiem, lai identificētu to izmaiņu tendences.

Pamatojoties uz šo, tiek vērtēta struktūrvienību, personāla un lēmumu pieņēmēju, veikto pasākumu efektivitāte un atbilstība, lai novērstu ar aviokompānijas gaisa kuģu izmantošanu saistīto negatīvo notikumu cēloņus, tostarp uzlabot gaisa kuģu tehniskās apkopes tehnoloģijas, uzlabot diagnostiku, ieviest papildus pārbaudes utt..

### 4.1. Problēmas risināšanā izmantotie jēdzieni.

Lai labāk izprastu šo sadaļu, mēs ieviesīsim jaunus jēdzienus jau plaši izmantotajiem jēdzieniem literatūrā, proti:

- tehniskas apkopes operators;
- gaisa kuģu ekspluatācijas drošums;
- gaisa kuģu ekspluatācijas lidojumu drošība;
- gaisa kuģu patērētāji.

Izstrādājot metodiku, mēs izmantosim zemāk uzskaitītos jēdzienus.

***Tehniskās apkopes operators un viņa uzdevumi.*** Tehniskās apkopes operatora definīcija ir saskaņā ar *EASA Part-145* daļas prasībām sertificētām aviosabiedrības tehniskajām organizācijām vai tehnisko apkopju organizācijām.

Tehniskās apkopes operatora pienākums ir nodrošināt gaisa kuģu, kurus aviosabiedrība izmanto, ekspluatācijas drošumu. Tehniskās apkopes operatora darbība, tāpat kā gaisa kuģa apkalpes darbība, spēj novērst aviācijas aprīkojuma atteices vai aprīkojuma nepareizas darbības kaitīgo ietekmi uz lidojuma drošumu, to novēršot gaisa kuģa tehniskās apkopes laikā, vai, gluži pretēji, pastiprina kaitīgo ietekmi vai pat rada atteices vai darbības traucējumus ar savām negatīvām aktivitātēm un attieksmi.

***Lidojumu drošība.*** Ar lidojumu drošību mēs saprotam kompleksu raksturlielumu, kas ietver divas sastāvdaļas: gaisa kuģa un to sastāvdaļu ekspluatācijas uzticamību (drošumu) un lidojumu ekspluatācijas drošību.

***Gaisa kuģu ekspluatācijas drošums.*** Gaisa kuģa un tā sastāvdaļu ekspluatācijas drošums: daļas, mezgli, agregāti, funkcionālās sistēmas ietver to uzticamību lidojumā (bez atteices darbību) kā drošuma pamatīpasību. Darbības drošumu novērtē pēc lidojuma un/vai tehniskās



apkopes laikā pēc konstatētas atteicem un darbības traucējumu relatīvā skaita, tos nedalot pēc iemesliem atsevišķās grupās.

**Ekspluatācijas drošums** ir svarīga lidojuma drošības sastāvdaļa. Ekspluatācijas drošuma nodrošināšana ir īpaši aktuāla mūsdienu problēma augsti automatizētajām lidmašīnām, jo, neskatoties uz atsevišķu elementu un sistēmu uzticamības pieaugumu, var secināt, ka līdz ar to arī visu lidaparātu drošums ne tikai nepalielinās, bet dažkārt pat samazinās, kas galu galā samazina ekspluatācijas darba kārtības pakāpi un līdz ar to arī gaisa kuģu gatavību lidojumam, samazinot to izmantošanas efektivitāti un lidojumu drošību.

Tāpat viens no **C grupas pamat radītājiem** tiks uzskatīts gaisa kuģa un tā sastāvdaļu: daļu, agregātu, mezglu, funkcionālo sistēmu uzticamība (bez atteices darbība).

**Drošums lidojumā** ir viena no gaisa kuģa drošuma īpašībām, kas sastāv no gaisa kuģa un tā sastāvdaļu (daļu, agregātu, mezglu, funkcionālo sistēmu) darbības uzturēšanas lidojuma laikā.

### **Gaisa kuģu ekspluatācijas lidojumu drošība SMS**

**Gaisa kuģa lidojumu ekspluatācijas drošība** – gaisa kuģa īpašība būt drošai un darba kārtībā, ka arī to gaisa kuģa konstrukcijas elementu būt darba kārtībā, kas nodrošina lidojuma pabeigšanu bez lidojuma starpgadījumiem visā lidojuma laikā. Šādus elementus saucim par Patērētājiem.

**Gaisa kuģa Patērētāji** ir vitāli svarīgi gaisa kuģa konstrukcijas elementi, kuru īpašības tieši nosaka lidmašīnas stāvokli lidojumā, t.i. tā galvenos parametrus, var teikt iegūtās īpašības, ar kurām ārkārtas (īpašās) situācijas tiek normalizētas smaguma ziņā, atkarībā no to novirzes lieluma no pieļaujamajām vērtībām, ko nosaka normatīvā un tehniskā dokumentācija.

**Saistība starp ekspluatācijas drošumu un lidojuma drošību.** Ekspluatācijas drošums un lidojuma drošība ir cieši saistīti jēdzieni. Lai pārietu no ekspluatācijas drošuma uz lidojuma drošības novērtējumu ir nepieciešams ņemt vērā lidojuma laikā konstatētās un/vai apkopes laikā atklātos defektus un darbības traucējumus, tos sadalot atsevišķās grupās atkarībā no nelabvēlīgo drošības faktoru veida, kas izraisīja lidojuma drošības līmeņa pazemināšanos, un katram no tiem notiek aviācijas drošības radītājus, ko nosaka *ICAO*.

Paredzami gaisa kuģa ekspluatācijas apstākļi (**PGKEA**). Apstākļi, kas ir zināmi no prakses vai kuru rašanos var pamatoti paredzēt gaisa kuģa darbības laikā, ņemot vērā gaisa kuģa ekspluatācijas nosacījumus. Šie apstākļi ietver stāvokļa parametrus un vides faktorus, kas ietekmē gaisa kuģi, ekspluatācijas faktorus, kas ietekmē lidojuma drošību. Šādos apstākļos ietilps:

**Maksimālie ierobežojumi.** Lidojuma tipa/režīma ierobežojumi, kuru pārsniegšana nav pieļaujama.

**Ekspluatācijas ierobežojumi.** Apstākļi, režīmi un parametru vērtības, kuru apzināta pārsniegšana nav pieļaujama gaisa kuģa ekspluatācijas laikā. Ekspluatācijas ierobežojumus jānosaka, ņemot vērā ārējās ietekmes iespējamību un sistēmas kļūdas, gaisa kuģa īpašības, pilota precizitāti, kā arī borta sistēmu un aprīkojuma atteici.

**Ieteicamie lidojuma režīmi.** Režīmu robežas, ko nosaka ekspluatācijas ierobežojumi, kas noteikti lidojumu ekspluatācijas rokasgrāmatā (Aircraft Flight Manual AFM).

**Nelabvēlīgo faktoru klasifikācija.** Kā minēts iepriekš, lai pāriet no ekspluatācijas uzticamības novērtējuma uz ekspluatācijas drošības novērtējumu, mēs izmantosim trīs kategoriju riska faktoru klasifikāciju, kas vispārpieņemtas lidojumu drošības teorijā:

A - Cilvēka faktors, kas saistīts ar tehnisko personālu;

B - Tehniskie faktori, kas saistīti ar gaisa kuģa atteicēm un darbības traucējumiem;

C - vides faktors.

Pamatojoties uz šo iedalījumu, lidojumu drošības rādītāji tiek aprēķināti informācijas bāzē un tiek nosūtīti uz organizāciju un lēmumu pieņēmēju darba vietām, pēc modeļa, att. 2.2

**Nelabvēlīgu faktoru vispārināšanas metodika.** Nelabvēlīgus faktorus (NF), kas noved pie lidojuma ārkārtas situācijas, un to rašanās gadījumā - līdz aviācijas nelaimes gadījumiem vai starpgadījumiem, mēs klasificēsim pēc to vispārināšanas pakāpes, tas nozīme ar dažādu detalizācijas pakāpi. Nav vispārēju ierobežojumu pakāpes piešķiršanā un to sadalījumam. Viss ir atkarīgs no pētījuma mērķa. Nelabvēlīgo faktoru vispārināšanas metodika balstās uz hipotēzi, kuras pamatā ir vairāki nejausu faktori, kurus var izmērīt, un kurus mēs saucim par konkrētiem faktoriem, saistībā ar faktoriem, kurus ne vienmēr var noteikti skaitliski. Faktorus, kurus nevar noteikt skaitliski, saucim par vispārinātiem faktoriem.

Ne normālas situācijas lidojumā rodas, ja gaisa kuģis, kas atrodas normālā režīmā, tiek pakļauts vienam no nelabvēlīgajiem faktoriem (aprikojuma atteices gadījumā lidojuma laikā). Noteikumos [15] šādas situācijas tiek klasificētas kā īpašas situācijas. Tās tiek dalītas četrās kategorijās: sarežģīti lidojuma apstākļi, sarežģītas (bīstamas) situācijas, ārkārtas situācijas, katastrofālas situācija. [6, 7] Īpašas situācijas lidojumā raksturo gaisa kuģa īpašību un pilotu psihofizioloģisko rādītāju kombinācija, kas atšķiras no normatīvajiem rādītājiem, un lidojuma režīms atšķiras no "standarta".

**Īpaša situācija** ir situācija, kas lidojumā rodas nelabvēlīgu faktoru vai to kombinācijas ietekmes rezultātā un kas noved pie lidojumu drošības pasliktināšanās. Īpašas situācijas klasificē, izmantojot šādus kritērijus:

- a) lidojuma raksturojošo parametru, stabilitātes un vadības īpašību, izturības un sistēmas darbaspējas pasliktināšanās.
- b) apkalpes darba (psihofizioloģiskās) slodzes palielināšanās, kas pārsniedz pieņemamās normas līmeni.
- c) neērtības, traumas vai nāve cilvēkiem, kas atrodas gaisa kuģī.

**Darbība ar defektu.** Notikums, kas sastāv no gaisa kuģa un tā sastāvdaļu ekspluatācijas stāvokļa izmaiņas, bojājums, kas neietekmē darbaspējas: daļām, agregātiem, mezgliem, funkcionālām sistēmām, vienlaikus saglabājot ekspluatācijas darbības stāvokli. Darbību ar defektu var uzskatīt par atteices priekšvēstnesi - prekursoru.

**Atteice.** Notikums, kas sastāv no gaisa kuģa un tā sastāvdaļu ekspluatācijas stāvokļa izmaiņām ar darbaspējas zudumu: detaļām, agregātiem, mezgliem, funkcionālajām sistēmām.

**Gaisa kuģa atteices stāvoklis.** Gaisa kuģa stāvoklis ar pazeminātu lidojumu drošības līmeni.

**Atteice lidojumā.** Neparasta (īpaša) situācija lidojumā, ko izraisa gaisa kuģa atteices stāvokli.

**Funkcionāla atteice, sistēmas atteices veids.** Ar atteices stāvokli saprot kā neaktīvu visas sistēmas stāvokli, kam raksturīgs īpašs tās funkcionālais bojājums, neatkarīgi no cēloņiem, kas izraisa šo stāvokli. Atteices stāvoklis tiek noteikts katras funkcionālās sistēmas līmenī, izmantojot sekas, kā tās ietekmēja sistēmas darbību. To raksturo arī tās ietekme uz citām funkcionālajām sistēmām un gaisa kuģi kopumā.

**Varbūtību skaitliskās vērtības.** Ja ir nepieciešams kvantificēt notikumu rašanās varbūtību, mēs izmantosim šādas vērtības vienā lidojuma stundā. Varbūtības tiek noteiktas kā vidējais risks lidojuma stundā, kuras ilgums ir vienāds ar vidējo lidojuma laiku pēc standarta lidojuma profila. Īpašos gadījumos varbūtība tiek aprēķināta arī vidēji vienā lidojuma stundā standarta profilā. Turpmāk šajā darbā formulējumu izmantosim šādā formā uz stundas lidojumu:

- bieži  $> 10^{-3}$ ;
- mēreni iespējams – no  $10^{-3}$  līdz  $10^{-5}$ ;
- maz iespējams – no  $10^{-5}$  līdz  $10^{-7}$ ;
- ļoti maz iespējams – no  $10^{-7}$  līdz  $10^{-9}$ ;
- praktiski neiespējams –  $\leq 10^{-9}$ .

Norādītās varbūtības satur maksimāli pieļaujamās īpašo situāciju robežas, kas var rasties, ņemot vērā visa nelabvēlīgo faktoru kompleksa ietekmi uz gaisa kuģi, kas praksē parasti tiek iedalīta trīs kategorijās: aprīkojuma atteice, cilvēciskais faktors un nelabvēlīgais vides faktors. Izvērtējot, piemēram, tikai vienu nelabvēlīgu tehnisko faktoru, varbūtības atšķirsies. Norādītās varbūtības tiek plaši izmantotas aviācijas lidaparātu sertifikācijā, gaisa kuģu negadījumu izmeklēšanā, kā arī dažādos zinātniskos darbos. Kad notiek īpaša situācija, t.i., gaisa kuģis pienācīgi nereaģē uz pilotu darbībām, lai novērstu riska faktora iedarbības sekas, notiek viens no iepriekš minētajiem nelabvēlīgajiem notikumiem: incidents vai katastrofa.[52,67, 68,72]

## **4.2. Vispārēja pieeja gaisa kuģa un tā sastāvdaļu ekspluatācijas lidotspējas novērtēšanai**

Pēc savas struktūras un funkcionālajām īpašībām gaisa kuģim ir hierarhiska struktūra ar lielu skaitu mērķtiecīgi funkcionējošu funkcionālo sistēmu (FS). Savukārt FS ir arī mērķtiecīgi funkcionējošs informācijas kopums un mijiedarbojušies atsevišķi elementi un mezgli, kuru skaits var svārstīties no vairākiem desmitiem līdz simtiem vienību, kas paredzēts, lai veiktu stingri piešķirtas funkcijas, kas saistītas ar gaisa kuģa lidojumu. Tādējādi gan gaisa kuģis kopumā, gan katru tā FS jāuzskata par sarežģītām tehniskām ierīcēm ar visām raksturīgajām iezīmēm, proti:

- elementu kopums ar skaidri definētām mērķa funkcijām;
- hierarhiski saistītas sastāvdaļas (apakšsistēmas), katrai no tām ir sava uzvedība;
- sistēmas (apakšsistēmas), kuru darbība hierarhiskā līmenī nav to sastāvdaļu (apakšsistēmu, elementu) uzvedības summa;
- katrā no šīm sistēmām (apakšsistēmām, komponentiem) ir ārējās vides funkcija, ar kuru tā pastāvīgi kontaktējas (mijiedarbojas). Gaisa kuģim tā ir gaisa vide, lidlauka apstākļi utt., un FS gadījumā arī pats gaisa kuģis;

- starp sistēmu (apakšsistēmu, elementiem) un vidi sistēmā pastāv ārējie un iekšējie savienojumi (enerģija, informācija un citi).

Lidojuma drošības nodrošināšana ir atkarīga no gaisa kuģa un tā FS funkcionālā stāvokļa, kas nosaka to veikspēju noteiktā situācijā, tostarp atsevišķu elementu atteices un darbības traucējumu gadījumā. Gaisa kuģis un tā apakšsistēmas darbojas ārējā vidē, kur tos saista dažādi savienojumi. Katrā laika posmā šī ārējā vide raksturojama ar daudziem parametriem ( $a_1, a_2, \dots$ ), kuri veido vektoru  $\vec{A}$ , proti: temperatūra, spiediens, mitrums, vējš un citi. Gaisa kuģim un tā FS ir raksturīgi arī daudzi parametri katrā laika momentā. Daži no tiem šobrīd nosaka stāvokli, citi - kontrolētos parametrus.

Apzīmēsim pirmo grupu kā vektoru  $\vec{B}$  ( $b_1, b_2, \dots, b_l$ ), otro kā vektoru  $\vec{U}$  ( $u_1, u_2, \dots, u_k$ ).

Mijiedarbības kopums starp šīm trim parametru grupām, uzliekot tiem atbilstošus ierobežojumus un pieņēmumus atkarībā no risināmās problēmas rakstura, parasti būs matemātisks modelis. Analītiski tas izskatās šādi:

$$\begin{aligned} f_1(a_1, a_2, \dots, a_s; b_1, b_2, \dots, b_l; u_1, u_2, \dots, u_k) &= 0 \\ f_2(a_1, a_2, \dots, a_s; b_1, b_2, \dots, b_l; u_1, u_2, \dots, u_k) &= 0 \\ f_m(a_1, a_2, \dots, a_s; b_1, b_2, \dots, b_l; u_1, u_2, \dots, u_k) &= 0 \end{aligned} \quad (4.1.)$$

Koeficienti ( $a$ ) tiek veidoti no ārējās vides parametru atkarības; koeficientus ( $b$ ) veido no gaisa kuģa vai tā FS tehniskajiem un projektēšanas parametriem, un koeficientus ( $u$ ) - no parametriem, kas raksturo vadītas (kontrolētos) ietekmes. Šīs modeļa praktiskajai pielietošanai var būt dažādas sarežģītības pakāpes, un tā ir atkarīga no konkrētā uzdevuma. Mūsu pētījuma vajadzībām mēs uzskatīsim lidmašīnu par sarežģītu daudz līmeņu tehnisko sistēmu.

### 4.3. Gaisa kuģis kā sarežģīta daudz līmeņu tehniskā sistēma

Kā minēts iepriekš, Gaisa Kuģis un jebkura tā Funkcionālam Sistēmām FS sastāv no daudzām apakšsistēmām un tām ir hierarhiska struktūra. Tas nozīmē, ka katrā no apakšsistēmām savukārt ietilpst zemāka līmeņa apakšsistēmas. Zemākā līmeņa apakšsistēma sastāv no tehnisko elementu kopuma. Tieši šajā līmenī lidojumā notiek atteices un darbības traucējumi, izraisot gaisa kuģa pāreju no normāla stāvokļa uz ārkārtas (īpaša) stāvokli, kas noved pie starpgadījuma: incidenta vai katastrofas. Uzskatīsim par augstāko līmeni mūsu strukturālajā hierarhiskajā shēmā pašu Gaisa Kuģi. Savukārt lidmašīna sastāv no vairākām no lidojuma drošības viedokļa būtiskām apakšsistēmām, kuras mēs saucim par Patērētājiem. Lidmašīnā ir mazāk Patērētāju nekā funkcionālo sistēmu. Tā kā viens patērētājs var apkalpot vairākas funkcionālas sistēmas vai viena FS var apkalpot vairākus patērētājus. Piemēram, hidrauliskā sistēma kalpo šasijai, bremžu vadības mehānikai. Tajā pašā laikā šos patērētājus apkalpo arī citi FS, piemēram, elektriska barošanas sistēma un citi. Saskaņā ar nenormālu-īpašu situāciju raksturojuma pazīmēm lidojuma drošības apdraudējums izpaužas kā izmaiņas lidmašīnas stabilitātes un vadāmības īpašībās, apkalpes psihofizioloģiskajā stāvoklī un nepieciešamībā mainīt lidojuma trajektoriju, neatkarīgi no atteices veida un satura.

Tāpēc mēs varam droši pieņemt, ka šo pazīmju rašanās pilnā apjomā ir atkarīga no Patērētāju izejošiem raksturojumiem, kas ietver tās funkcionālās sistēmas vai to kombināciju, kas nosaka stabilitātes un vadāmības īpašību izmaiņu iestāšanos, psihofizioloģiskā stāvokļa

izmaiņas apkalpes locekļiem vai nepieciešamību mainīt lidojuma trajektoriju. Pamatojoties uz ekspluatācijas pieredzi, aviācijas nelaiemes gadījumu izmeklēšanu utt. ir iespējams noteikt patērētāju sastāvu noteiktam gaisa kuģa tipam. Lai nodrošinātu lielāku uzticamību, to var izdarīt, izmantojot aviācijas speciālistu ekspertu novērtējumus. Pamatojoties uz ekspluatācijas pieredzi, Patērētāji ietver: lidmašīnas vadības sistēmu, bremžu sistēmu, spārnu mehānizācijas orgānus, dzīvības atbalsta sistēmas, pilotu kabīnes hermētiskumu utt. Tad mūsu gaisa kuģa strukturālajā shēmā patērētāji veidos nākamo otro līmeni. Nākamais trešais līmenis strukturālajā diagrammā parādīs patērētājiem apkalpojošo lidmašīnu funkcionālās sistēmas. Piemēram, vadības sistēmu var apkalpot hidrauliskās un elektriskās funkcionālās sistēmas FS, līdzīgi arī bremžu sistēma utt. Strukturālās diagrammas ceturtais līmenis attēlos atsevišķas vienības un citus funkcionālo sistēmu elementus: agregāti, krāni, sūkņi, cauruļvadi utt. Tieši šajā līmenī rodas atceses, kas ietekmē funkcionālo sistēmu izejas parametrus, un tās, savukārt, ietekmē pēc ķēdes uz patērētājiem un tas izejas parametriem utt. Izejas parametrus. Gaisakuģim kā daudzlīmeņu tehniskās sistēmas semiotiskajam modelim būs tāda forma, kā redzams 4.1. attēlā.

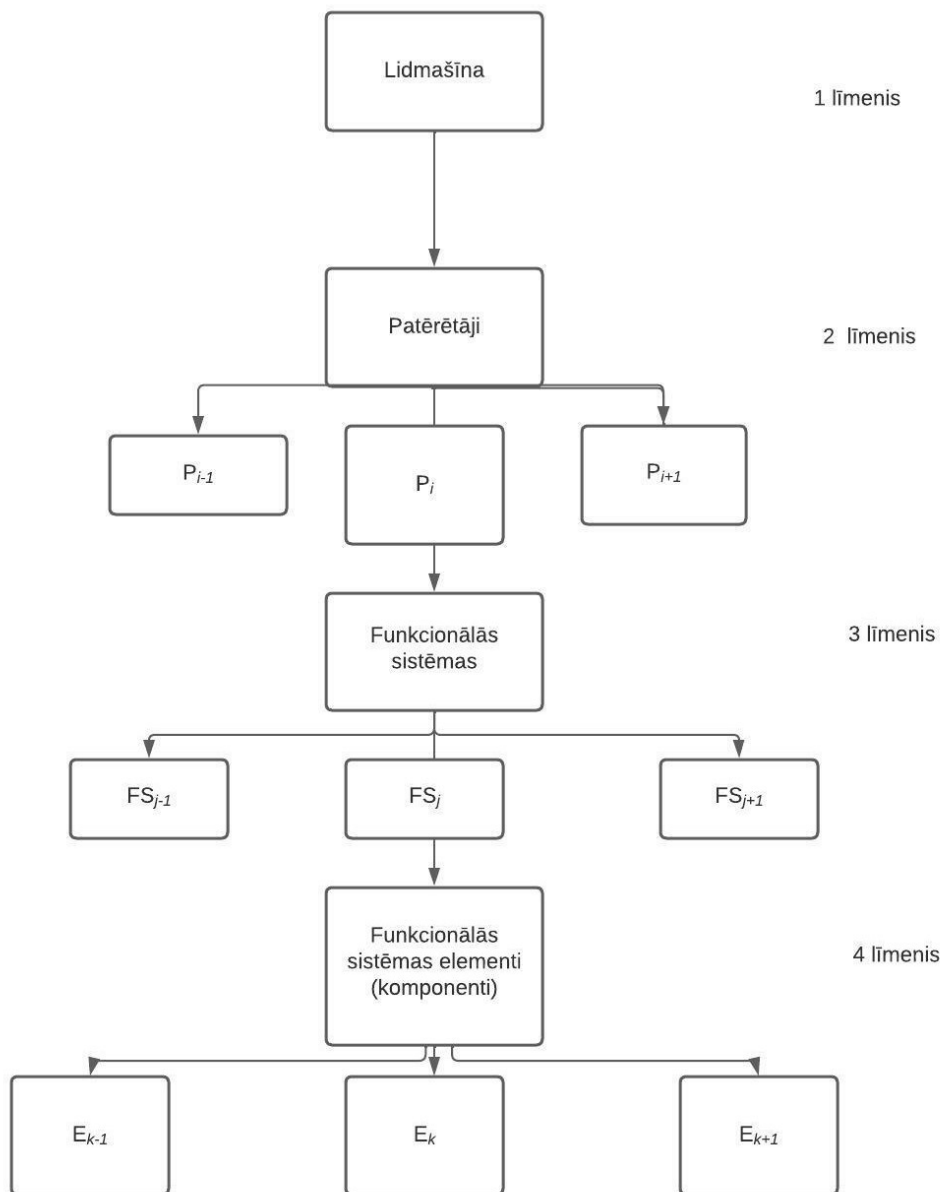
1. līmenis – lidmašīna.

2. līmenis – patērētāji; lidmašīnas sistēmas un elementi, kuru īpašības tieši nosaka to stāvokli lidojumā (vadības sistēmas, bremzēšana, spārnu mehānizācija utt.).

3. līmenis – funkcionālas gaisakuģu sistēmas, kas apkalpo patērētājus (hidrauliskās, degvielas utt.).

4. līmenis – funkcionālo sistēmu elementi.

Atsevišķu funkcionālo sistēmu elementu atceses tiek reģistrētas kvantitatīvi un kvalitatīvi, kas ļauj noteikt matemātisku sakarību starp gaisakuģa atceciem un ārkārtas situācijām lidojuma laikā, taču tiem ir jānosaka nosacījumi gaisakuģa pārejai uz dažādiem stāvokļiem.



4.1.att. Gaisa kuģa kā daudzlīmeņu tehniskās sistēmas semiotiskais modelis.

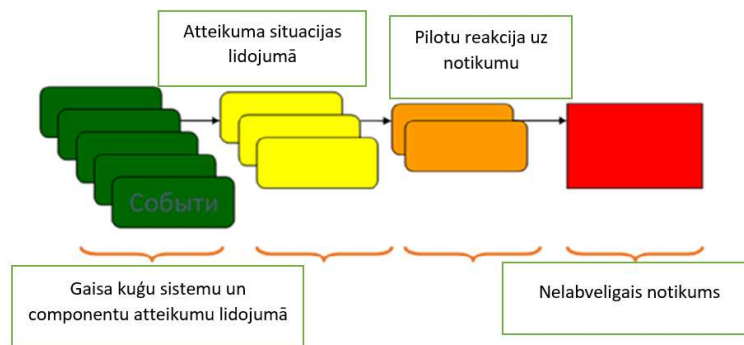
P-patērētājs  $i$ -patērētāju kārtas numurs, FS-funkcionālās sistēma  $j$ -funkcionālās sistēmas kārtas numurs, E-elementi  $k$ -elementa kārtas numurs

#### 4.4. Iekārtas atteice lidojuma laikā kā tehniskais faktors

Tehniskā faktora izpausme lidojumā uzsāk nelabvēlīga incidenta procesa attīstību, kas veido secīgu notikumu ķēdi ar cēloņsakarībām. Incidenta attīstības procesa posmi ir parādīti 4.2. attēlā.

Gaisa kuģa sastāvdaļas atteice rada īpašu (nenormālu) situāciju, ko raksturo izmaiņas gaisa kuģa lidojuma īpašībās un gaisa kuģa apkalpes stāvoklī, kas mēģina ar vadības darbībām tos

atgriezt sākotnējā (normāla) stāvoklī. Tajā pašā laikā situācija no viena bīstamības līmeņa var pārvērsties par mazāk bīstamu vai otrādi par bīstamāku, kas savukārt var pārvērsties par incidentu vai nopietnu aviācijas nelaimes gadījumu. Nelabvēlīga notikuma attīstības process ir parādīts attēlā (att.4.2.). Apskatīsim detalizētāk izklāstītos posmus.



4.2. att. Atteices procesa attīstība līdz ārkārtas situācijas lidojumā

Transport industrijas gaisa kuģi projektēti uz principiem gaisa kuģa atteice neietekmēs uz lidojumā drošību (fail-safe design), kuri ietver sevi atteices parādīšanas varbūtības un tas sekas. **Jēdziens atteices drošība** nozīmē ka gaisa kuģa jebkura sistēmas un apakš sistēmas iespējams atteice jebkura atsevišķa elementa, komponenta, vai savienojuma jebkurām no tiem lidojumā laikā neatkarīgi no tas atteices varbūtības. Šādi atsevišķas atteices nedrīkst novest līdz smagam sekām. Atļautas arī sekojošas atteices tā paša lidojumā laikā atklātie vai paslēptie, ka arī atteices kombinācijas, tikai tad, ja tie nav saistīti sava starpā, tas praktiski nav iespējams, ar pirmo atteices parādīšanos.

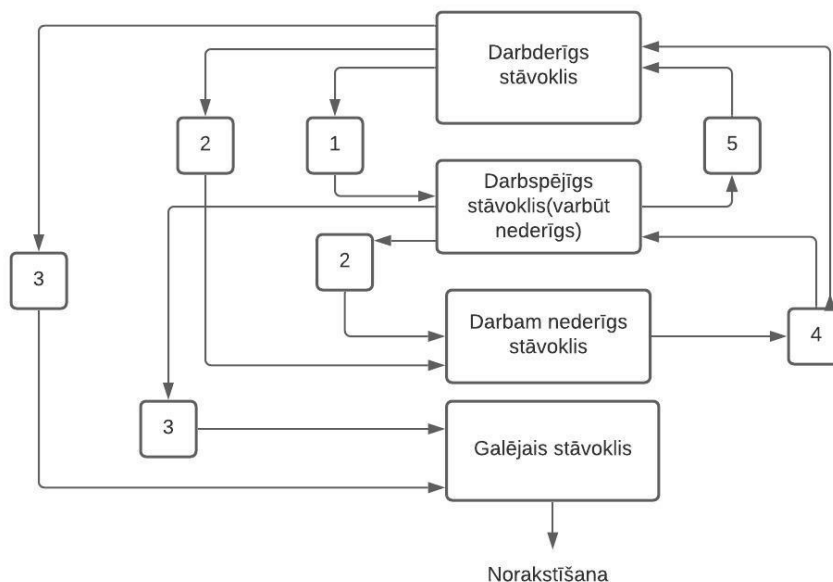
Ka izklāstīt iepriekš par ekspluatācijas drošumu mēs varam vērtēt to pēc atteižu skaitu un defektu kas atklāts lidojuma laikā vai tehniskas apkopes laikā bez to dalīšanas pēc iemesliem uz pastāvīgam grupām, tas nozīmē pēc gaisa kuģa komponentu bezatteices. Izskatīsim detalizētāk šo faktoru grupu

**Tehniskie faktori** - nelabvēlīgie faktori, kuri ir saistīti ar visu aviācijas tehnikas kopumu, kas ietekmē lidojuma drošības (LD) līmeni lidojumā. Pēc ICAO informācijas, lielākā daļa atteižu un bojājumu (98 ... 99%) tiek konstatēti un novērsti uz zemes, tehniskās apkopes laikā, zināma daļa (1 ... 2%) atklājas gaisā un tiek lokalizēta ar apkalpes savlaicīgu un pareizu rīcību, un tikai aptuveni 0.01% noved pie aviācijas negadījumiem[70,71].

#### 4.5. Atteižu uzskaites un lidojumu drošības pieejas, ievērojot tehnisko faktoru

Ekspluatācijas procesā GK izstrādājums var atrasties vienā no sekojošiem stāvokļiem (4.3.attēls), turklāt pāreja no stāvokļa stāvoklī tiek īstenota caur noteiktu notikumu.

1 – bojājums; 2 – atteice; 3 – aviācijas tehniska izstrādājuma pāreja galējā stāvoklī konstrukcijas nenovēršamā bojājuma dēļ; 4 – atjaunošana (remonts); 5 – atjaunošana.



4.3.att. Iespējamie gaisa kuģa komponentu darba stāvokļi ekspluatācijas laikā

**Atteiču un defektu reģistrācijas procedūra.** Visi defekti, atteiču un bojājumi tiek fiksēti, ka jau iepriekš bija minēts, tehniskajā bortžurnālā. Tehniskais bortžurnāls tiek pārbaudīts katru reizi, ikdienas lidmašīnas apskatē (Daily Check). To pārbauda tehniķi lai saņemtu pēc lidojuma informāciju (par defektiem, aizrādījumiem, darbības stāvokli, nolidojumu) Pilotiem, ievērojot defektus vai atteičus, ir pienākums piefiksēt tos lidmašīnas bortžurnālā, ja tie atbilst minimālās aparātūras sarakstā ( turpmāk tekstā *MEL*), vai ja defekts un atteice ir nopietni, bet neietilpst *MEL* sarakstā. Tehniķi pārbaudot bortžurnālu, novērš defektu vai atteici, ja ir nepieciešamas rezerves daļas, instrumenti, cilvēku resurss, vai nu atver atlikto defektu (*Hold Item List*, turpmāk tekstā *HIL*) saskaņā ar *MEL*. Gaisa kuģa komandieris ir atbildīgs par tehniskā bortžurnāla pārbaudi pirms izlidošanas, kā arī par atlikto defektu sarakstu pārbaudi. Pārbaudē ietilpst, lai visas tabulas būtu aizpildītas un parakstītas. Defektu un atteices novēršanas laiki nav pārsniegti, kā arī netiks pārsniegti novēršanas laiki atlidojot lidostā ar nepieciešamo infrastruktūras un tehnisko organizāciju defektu un atteiču novēršanai. Defektu sarakstam ir divas rindkopas. Pirmajā tiek fiksēti attālinātie defekti pēc *MEL* pirmās fiksēšanas. Otrajā rindkopā piefiksē defekta vai atteices novēršanas datumu un parakstās tehniķis, kas to novērsa. Tātad lidmašīnas komandieris var pārbaudīt vai nav pārsniegts laiks defekta vai atteices novēršanai pēc *MEL*. [3, 4, 17]

**Ieviešana minimālo iekārtu sarakstā.** *MMEL* – tas ir normatīvi tiesiskais dokuments, kas ir vajadzīgs gaisa kuģa pieļaušanai ekspluatācijai (lidojumu izpildīšanai). Pirms apstiprināšanas vai akceptēšanas šo dokumentu saskaņo ar pilnvarotām institūcijām. Tā rezultātā *MMEL/MEL* garantē drošo lidojumu izpildīšanu gaisa telpā ar vienu un vairākiem bojātam iekārtu sastāvdaļām. *MEL* mērķis nav lidojumu ar bojāto iekārtu stimulēšana, jo nav vēlams, lai gaisa kuģis izpildītu lidojumu tādos apstākļos, kas ir pieļauts tikai pēc rūpīgās analīzes veikšanas. Lidojumi tiek pieļauti tikai pēc rūpīga katras sastāvdaļas pētījuma, lai nodrošinātu pieņemamā



drošības līmeņa saglabāšanu. Tāpēc ar *MEL* ir nepieciešams salīdzināt uz zemes un tikai tad, kad darbnederīgums ir atklāts un apstiprināts. *MMEL* mērķis ir nodrošināt:

- Pieņemamo lidojumu drošības līmeni, izpildot lidojumus ar bojāto (neiedarbināto) iekārtu;
- Gaisa pārvadājumu rentablumu, novēršot situācijas, kas ir saistītas ar gaisa kuģa dīkstāvi (AOG).

*MMEL* – tas ir organizācijas *Airbus* dokuments, kurā ir uzskaitītas iekārtas vai funkcijas, kas var palikt bojātas neierobežotā laika periodā, kad ir noteikti apstākļi, atbilstoši:

- Lidotspējas prasībām (lidojumu drošība, sertificēšana, ekipāžas noslodze);
- Eksploatācijas prasībām, kas ir saistītas ar gaisa kuģa īpatnībām (eksploatācijas raksturojumi un ierobežojumi, sistēmu procedūras un īpatnības).

Iekārtas, kas ir uzskaitītas *MMEL*, ietver:

- Drošības nodrošināšanas iekārtu, ko prasa:
  - Tipa sertifikācija (*JAR/FAR/PART-21(CS)*);
  - Eksploatācijas noteikumi (*VHF, VOF, RVSM, NAT HLA, LVO, ETOPS* utt.).
- Iekārtas, kas ir uzstādītas *MOD/SB* (nav obligātas iekārtas, jaunas sistēmas, jaunie datora standarti utt.).

Iekārtas, kas nav uzskaitītas *MMEL*, ietver:

- Komerciālās iekārtas / iekārtas komforta nodrošināšanai, kas ietekmē gaisa kuģa lidotspēju. Piemērs: Izklaides sistēmas, pasažieru komforta nodrošināšanas līdzekļi.
- Tehniskās apkalpes līdzekļi, to darbnederīguma gadījumā, neietekmē gaisa kuģa lidotspēju. Šīs iekārtas neprasa ne Tipa sertifikātu, ne eksploatācijas noteikumus. Piemērs: *LED* borta elektronisko iekārtu nodalījumā, kas dublē informāciju, kas jau ienāca ekipāžas kabīnē.

Tāpēc tiek paredzēts, ka visām iekārtām/funkcijām/ierīcēm/sistēmām, kas ir saistītas ar gaisa kuģa lidotspēju un kas nav uzskaitītas *MMEL*, ir jābūt darbderīgām pirms 1 gaisa kuģa pieļaušanas lidojumu izpildīšanai (piemērs: spārni, dzinēji utt.).

*MMEL* *Airbus* ir formāts, ko nosaka *CS-MMEL* un sastāv no piecām ailēm.

Minimālo iekārtu galvenajam sarakstam (*MMEL*) un minimālo iekārtu sarakstam (*MEL*) ir darīšanas ar darbnederīgumiem sistēmās, kuri rada ietekmi uz gaisa kuģa lidojuma drošību. Darbnederīgumi var radīt dažādu ietekmi uz gaisa kuģi, atkarībā no sastāvdaļas nozīmīguma sistēmā(s). Neapšaubāmi, individuālās apgaismošanas salonā neietekmēs lidojuma drošību un, tāpat, nekavēs gaisa kuģa pieļaušanu lidojumiem. No otras puses, ne viens ekspluatants neuzskata par iespējamu nosūtīt gaisa kuģi lidojumā ar nedarbojošos dzinēju. Taču hidrauliskās sistēmas sekundārā indikatora atteices gadījumā ekspluatantam nav vienkārši noteikt, vai var nosūtīt gaisa kuģi lidojumā, jo tam ir trīs neatkarīgas hidrauliskās sistēmas. *MMEL* mērķis ir sniegt ekspluatantiem efektīgu un drošu līdzekli, lai ātri noteiktu, vai gaisa kuģis var būt pielaists lidojumiem, neradot draudus lidojuma drošībai. *MEL* arī palīdz atrast izeju no radušās stāvokļa. Gaisa kuģu konstrukcija paredz augsta līmeņa drošas iekārtas un sistēmas rezervēšanu. Gaisa kuģa Tipa sertifikāts apliecina, ka gaisa kuģis ar savām iekārtām atrodas darbderīgā stāvoklī. Neraugoties uz to, var rasties traucējumi, bet reisu aizkavējumi vai atcelšanas izraisa lielus eksploatācijas izdevumus. Tāpēc *MMEL* galvenais uzdevums ir līdzsvara noteikšana starp lidojumu drošības pieņemamo līmeni un gaisa kuģa rentabilitāti,

ekspluatējot gaisa kuģi ar bojātām iekārtām. Gaisa kuģis ir sertificēts pēc tipa ar visām nepieciešamām iekārtām darbderīgā stāvoklī. Ja šī tipa sertificētā konfigurācija un/vai vajadzīgo iekārtu lietošanas noteikumi aizliedz novirzes, tad gaisa kuģi var izmantot lidojumiem tikai, kad iekārtas ir darbderīgā stāvoklī. Gaisa kuģa ekspluatācijas prakse parāda, ka īpašos gadījumos un uz noteikto laika periodu, visu gaisa kuģa sistēmu vai to elementu darbs nav obligāts, ja ierīces un iekārtas, kas atrodas darbderīgā stāvoklī, nodrošina pieņemamo drošības līmeni. Tādējādi, tiek sankcionētas dažas nosacītās novirzes no Tipa sertifikāta prasībām, lai nodrošinātu nepārtraukto gaisa kuģa ekspluatāciju, izpildot komerciālus reisus. Šīs nosacītās novirzes citādi tiek dēvēti „pieļaujas ekspluatācijai (lidojumu izpildīšanai) noteikumi” un ir publicēti Minimālo iekārtu galvenajā sarakstā (*MMEL*). Kad gaisa kuģis tiek izmantots atbilstoši *MMEL*, tiek nodrošinātas gan ekspluatācija, gan arī lidojumu drošība. *MMEL* mērķis ir gaisa kuģa drošās ekspluatācijas sasniegšana, pat tad, ja dažas sastāvdaļas ir bojātas. *MMEL* aizliedz gaisa kuģa izmantošanu ar bojāto sistēmu, ja šīs sistēmas atteice traucē gaisa kuģa ekspluatāciju vai samazina lidojumu drošības līmeni. Tā kā *MMEL* galvenais mērķis – dot iespēju ekspluatēt gaisa kuģi neierobežotā laika periodā, tad ir noteikts laiks, kas ir vajadzīgs, lai novērstu darbnederīgumus, kurš ir norādīts *MMEL Airbus*. Papildus tam, *Airbus* ievadīja jēdzienu „atteices klasifikācija” ar nolūku, lai ekspluatanti varētu atšķirt atteices un noteikt ekipāžas vai tehniskās apkalpes brigādes nepieciešamās darbības. Ekspluatants katram gaisa kuģim ir jāizstrādā Minimālo iekārtu saraksts (*MEL*), ko apstiprināja pilnvarotā institūcija. Tam ir jābalstās uz *MMEL*, taču jābūt ne mazāk ierobežotam, nekā atbilstošais Minimālo iekārtu galvenais saraksts (*MMEL*) (ja tāds eksistē), ko akceptēja pilnvarotā institūcija. Ekspluatants neizmanto gaisa kuģi citādi, tikai atbilstoši *MMEL*, izņemot gadījumus, kad to atļāva pilnvarotā institūcija. Jebkura tāda atļauja, nekādos apstākļos nedos tiesības izpildīt lidojumu, neievērojot *MMEL* ierobežojumus. Tādējādi, ja dažas iekārtu vienības atrodas darbnederīgā stāvoklī, tad ekspluatantam ir jāveic salīdzināšana ar *MEL* pēc katras sastāvdaļas, lai atklātu iespējamās gaisa kuģa lidojumu neatbilstības nosacījumiem. Atbildība par situācijas novērtēšanu un lēmuma pieņemšanu attiecībā uz daudziem atteicem tiek likta uz ekipāžu.

Piemērs:

Dažas sastāvdaļas, kuras ietekmē pacelšanās raksturojumus, atsevišķi var atrasties darbnederīgā stāvoklī, ko paredz *TLO/LPC* aprēķina dati, vai *02 MEL* nodaļā. Bet, tā kā raksturojumu pasliktināšanās piemīt vēl dažu sastāvdaļu uzkrāšanas, pievienošanas tendence, tas var novest pie pacelšanās gaisā izpildīšanas aizliegumu. *Airbus* sastādīja tabulas ar daudzām atteicem. Taču situāciju vairākums, kuras ietekmē lidojumu drošību, tiek atklāts jau *MMEL* izveidošanas procesā. Tādā gadījumā, ja nosacījumi, kuri attiecas uz vienu *MMEL* sastāvdaļu, prasa, lai viena vai dažas citas sastāvdaļas būtu darbderīgā stāvoklī, tas ir skaidri jānorāda gaisa kuģa pielaišanas lidojumiem nosacījumos. Lai pieņemtu lēmumu, komandierim ir jāņem vērā:

- Lidojuma tips vai lidošanas laiks;
- Ekipāžas noslodze;
- Ierobežojumi;
- Izlidojuma un galamērķa lidostas;
- Maksimāli relatīvais augstums;

- Meteoroloģiskie apstākļi;
- Ekipāžas locekļu reakcija.

**Minimālo iekārtu saraksta termini.** Sastāvdaļa: par sastāvdaļu ir iekārtas vienība, funkcija, ierīce vai sistēma, kas ir norādīta *MMEL*. *MEL* – tas ir obligāts dokuments, kas ir jāizstrādā ekspluatantam katram sava parka gaisa kuģim. Tas balstās uz *MMEL* un iekļauj sevī nacionālās pilnvarotās institūcijas konkrētās prasības. Turklāt *MEL* ir jābūt adaptētam, ņemot vērā katra gaisa kuģa īpatnības: svara modifikācijas, papildus noteiktos līdzekļus, programmatūras atjaunināšanu, tehniskās nodrošināšanas atjaunošanu, piestrādes statusu. Ir svarīgi atzīmēt, ka *MEL* nevar būt mazāk ierobežojošs, kā *MMEL*. Pieļaušanas ekspluatācijai nosacījumi: pieļaušanas ekspluatācijai (lidojumu izpildīšanai) nosacījumi – tie ir nosacījumi, kuri ir izklāstīti 01 *MMEL* nodaļā, kas ir jāievēro gaisa kuģa pielaišanai ekspluatācijai (lidojumu izpildīšanai) ar atsevišķām darbnederīgām (neiedarbinātām) sastāvdaļām. „Tiek pielaists”: *MMEL* sastāvdaļa ar atzīmi „Tiek pielaists” – tā ir sastāvdaļa, kas ietekmē lidojumu drošību, kas var būt bojāta (vai neiedarbināta), gatavojot gaisa kuģa izlidošanai bez jebkādiem speciāliem nosacījumiem vai ierobežojumiem. *MMEL* sastāvdaļas ar statusu „Tiek pielaists” tiek aplūkoti *MMEL*, un tiem nav speciālu pieļaušanas nosacījumu lidojumu izpildīšanai. Taču sastāvdaļai „Tiek pielaists” vienmēr ir laika ierobežojums, kura ietvaros ir jābūt novērstam darbnederīgumam. Šo periodu dēvē par „Darbnederīguma novēršanas termiņu”.

„Tiek pielaists, ja”: *MMEL* sastāvdaļa ar atzīmi „Tiek pielaists, ja” – tā ir sastāvdaļa, kura ietekmē lidojumu drošību, kas var būt bojāta (vai neiedarbināta), gatavojot gaisa kuģa izlidošanai, ievērojot pieļaušanas ekspluatācijai (lidojumu izpildīšanai) nosacījumus un / vai speciālos ierobežojumus. Sastāvdaļas „Tiek pielaists, ja” tiek uzskaitītas *MMEL* un paredz sekojošo nosacījumu izpildīšanu:

- Tiek veikti speciāli pasākumi, un/vai
- Cita (analoģiskā) iekārta ir darbderīga, un/vai
- Tiek veiktas pārbaudes, un/vai
- Tika ņemti vērā ierobežojumi, un/vai
- Tika veikts tehnisko raksturojumu aprēķins, un/vai
- Tika norādīta sīka informācija par nosacījumiem, kuros sastāvdaļa var nedarboties un/vai

„Netiek pielaista”: iekārtas daļai, funkcijai, ierīcei vai sistēmai ir statuss „Netiek pielaista”, t. i., tām ir jāatrodas darbderīgā stāvoklī, lai tiktu pielaistām komerciālo reisu izpildīšanai. Likumsakarīgi, *MMEL* netiek uzskaitītas sastāvdaļas ar statusu „Netiek pielaista”. Tiek paredzēts, ka visām iekārtām/funkcijām/ierīcēm/sistēmām, kas ir saistītas ar gaisa kuģa lidotspēju un kas nav uzskaitītas *MMEL*, ir jābūt darbderīgām gaisa kuģa pieļaušanas ekspluatācijai (piemēram, spārni, dzinēji utt.). Bojāts (nav iedarbināts): Sastāvdaļa tiek uzskatīta par „bojātu”, ja tā neizpilda savas funkcijas apmierinošā līmenī, neatkarīgi no cēloņa. Tātad sastāvdaļa tiek uzskatīta par bojātu, kad tā:

- Pavisam nedarbojas, vai
- Neizpilda vienu vai vairākas funkcijas, kurām tā ir paredzēta, vai
- Nedarbojas nepārtraukti savu paredzēto ekspluatācijas robežu vai pieļaušanu ietvaros, vai
- Jābūt uzskatītai par bojātu atbilstoši pieļaušanas ekspluatācijas (lidojumu izpildīšanas) nosacījumiem, vai

nosacījumiem, vai

**Minimālo iekārtu saraksta izstrāde.** *MMEL* izstrāde – tas ir process, kurā piedalās daudzi *Airbus* korporācijas darbinieki, tādi kā *MMEL* speciālisti, sistēmu izstrādes speciālisti, speciālisti lidojumu drošības jomā utt.

Katrai *MMEL* sastāvdaļai speciālisti ņem vērā:

- Šīs sastāvdaļas atteices ietekme uz lidojuma drošību
- Lidošanas izmēģinājumu un/vai izmēģinājumu ar trenāžieru rezultāti
- Atteices ietekme uz ekipāžas darba noslodzi
- Dažu darbnederīgumu ietekme
- Papildus kritiskās atteices ietekme.

Mijiedarbība starp sistēmām tiek rūpīgi analizēta, lai pārliecinātos, ka daudzas atteices noved pie lidojumu drošības neapmierinoša līmeņa. Vēl jo vairāk, veicot analīzi, tiek aplūkotas ne tikai šīs sastāvdaļas atteices sekas, bet arī papildus kritiskās atteices sekas. Kad gaisa kuģis tiek sagatavots izlidojumam, tad, ja ir *MMEL/MEL*, drošības pieņemamais līmenis tiek uzturēts ar:

- funkcijas nodošanu citai iekārtas sastāvdaļai (rezervēšanai) vai
- nepieciešamo datu sniegšanu ar citu iekārtas sastāvdaļu (rezerves ierīci) vai
- atbilstošu ierobežojumu un/vai procedūru (lidojuma ekipāžas un/vai tehniskās apkopes procedūras darbības kārtības) ievērošanu.

Līdz tam laikam, kad var piedāvāt Lidotspējas institūcijai jaunu *MMEL* punktu, Lidojumu ekspluatācijas departamentam *Airbus* (*MMEL* izstrādātājam) un lidojumu drošības speciālistiem ir jāapstiprina iespēja saglabāt „lidojumu drošības pieņemamo līmeni”, kā to prasa spēkā esošais nolikums, pat, ja kāda sistēma ir darbnederīga. *MMEL* saraksts – tas ir vispusīgās pētīšanas un analīzes rezultāts, kas iekļauj sevī lielu daudzumu ekspluatācijas nosacījumu un faktoru aplūkošanu, kuras mērķi ir gaisa kuģa lidojumu veikšanas un normālās ekspluatācijas drošības nodrošināšana. Pirms piedāvāšanas Lidotspējas dienestiem aplūkot jaunu *MMEL*, *Airbus* ir jāpierāda, ka pat, ja noteikta gaisa kuģa sistēma atrodas darbnederīgā stāvoklī, tomēr var saglabāt pieņemamo drošības līmeni, kas ir paredzēts atbilstošā instrukcijā. Šī mērķa sasniegšanai sistemātiski tiek veikta kvalitatīva analīze un, nepieciešamības gadījumā, kvantitatīva analīze. Veicot šādu analīzi, tiek izpētītas ne tikai sastāvdaļas atteices sekas, bet arī kritiskās atteices, kas var notikt lidojumā, sekas. Saskaņā ar *FAA*, pastāv trīs sastāvdaļu kategorijas, kurus ir jāiekļauj ekspluatanta *MEL*:

- *MMEL* sastāvdaļas;
- Sastāvdaļas, kas attiecas uz pasažieru apkalpošanu: pasažieru ērtību, komforta un izklaides nodrošināšanu (piemēram, virtuves iekārtu, kinofilmu demonstrēšanas iekārtu, telefonu sakariem lidojumā, pelnu traukiem, stereofonisko iekārtu un individuālo apgaismojumu lasīšanai).
- Lidojumu izpildīšanas kontroles sastāvdaļas (piemēram, kontrolkartes lidojuma ekipāžas kabīnē, medicīniskās palīdzības komplekti).

*MMEL* ir jābūt atjauninātam gaisa kuģa kalpošanas termiņa laikā, ar nolūku, lai uzturētu pieņemamo lidojumu drošības līmeni, „mīkstinātu”/grozītu esošos pielaišanas ekspluatācijai nosacījumus vai attēlotu izmaiņas gaisa kuģa konfigurācijā. Lai uzturētu pieņemamo lidojumu

drošības līmeni, kad ir mainījusies pielaišanas ekspluatācijai nosacījumi, *MMEL* tiek iekļauti labojumi, ņemot vērā sekojošo [3]:

- Notikumus, kuri rodas ekspluatācijas gaitā (ekspluatanta pieredzi);
- Pilnvaroto institūciju prasības;
- Kvalitātes jautājumus, veicot lidojumus.

*MMEL* var būt iekļauti papildus labojumi, sakarā ar:

- Sistēmu pilnveidošanu;
- Gaisa kuģa jaunu konstrukciju rašanos.

Gaisa kuģa pielaišanas ekspluatācijai nosacījumi var būt izstrādāti vai grozīti ar nolūku, atļaut vai ierobežot lidojumus, kad uz borta, ar Ekspluatācijas biļeteni (*SB*) vai jaunu Modifikāciju (*MOD*), ir uzstādītas jaunas sistēmas.

01 *MMEL* nodaļa ir apstiprināta saimei *A300/A310* un akceptēta saimei *A320* un *A330/A340*.

Tāpēc jaunam *MMEL* projektam ir jābūt nosūtītam pilnvarotām institūcijām katra *MMEL* labojuma paskaidrošanas un pamatošanas nolūkā. Pastāv divi *MMEL* atjaunināšanas paņēmieni:

- Parastas Redakcijas: Tās tiek laistas klajā apmēram vienu reizi gadā un iekļauj sevī nesteidzīgus labojumus, grozījumus un/vai jaunus datus.

- Pagaidu Redakcijas: Tās iekļauj sevī steidzīgus jautājumus, kuri rodas posmā starp divām Parastām Redakcijām. Pagaidu Redakcijas tiek laistas klajā uz dzeltena papīra. Pilnvarotās institūcijas apstiprina/akceptē katru 01 nodaļas Pagaidu redakciju.

Pagaidu redakcijas satur datus, kuriem ir jābūt ātri iekļautiem *MMEL*, ņemot vērā notikumus, kuri radās ekspluatācijas, jaunu sistēmu uzstādīšanas gaitā, kā arī Lidotspējas direktīvus utt.

**Atteices seku kvalitatīvā analīze.** Atteices seku kvalitatīvā analīze, pirmkārt, tiek veikta un aptver visus gaisa kuģa darba aspektus. Veicot šādu analīzi, uzmanība tiek pievērsta:

- Funkciju pārņemšanai uz alternatīvo strādājošo sastāvdaļu;

1. Piemērs:

Ja gaisa kuģī *A320* nedarbojas Izliešanas Kontroles Sistēma Nr. 1 (kas ir saistīta ar dzinēju Nr. 1), tad Izliešanas Kontroles Sistēma Nr. 2 pilnīgi nodrošina abus dzinējus.

- Dublēšanai ar citām sistēmām, kuras izpilda prasītās funkcijas vai sniedz nepieciešamo informāciju.

2. Piemērs:

Sistēmas atteici kontrolē Centrālais Borta Monitors *ECAM E/WD*, un par to signalizē kontroles lampa. Atbilstoši, ja kontroles lampa ir darbnederīga, tad *ECAM E/WD* vienalga nodrošina sistēmas kontroli.

- Ekspluatācijas ierobežojumu regulēšanai

3. Piemērs:

Ja gaisa kuģis tiek pielaists lidojumam ar vienu nedarbojošos bremzi, tad ir jāveic pasākumi, lai gaisa kuģi varētu ekspluatēt, ņemot vērā jaunus bremzēšanas raksturojumus.

- Gaisa kuģa ekipāžas un/vai tehniskās apkopes brigādes mijiedarbībai

4. Piemērs:

Ja plūsmdaļa balona spiediena indikators ir darbnederīgs, tad ir nepieciešams katru reizi pirms jauna lidojuma pārbaudīt spiedienu balonā.

- Gaisa kuģa ekipāžas pienākumu sadalīšanai

#### 5. Piemērs:

Ja gaisa kuģī *A320* nedarbojas degvielas temperatūras indikators tvērtnē, tad ekipāžai ir pienākums kontrolēt gaisa temperatūru aiz borta (TAT) visā lidojuma laikā. [16]

Kvalitatīvā analīze balstās uz tehnisko ekspertu novērtējumu. Šī analīze var būt balstīta uz jau iegūto pieredzi, strādājot ar *MMEL*. Nedrīkst pilnīgi pielietot tāda paša elementa kvalitatīvo analīzi citam gaisa kuģa tipam. Ir nepieciešams ņemt vērā gaisa kuģa ergonomikas un ekspluatācijas sistēmas atšķirības. Lai novērstu gaisa kuģa tehniskās apkopes sarežģītību un/vai ekipāžas darbības kārtību, ja ir kāda komponenta darbnederīgums, kā arī, lai palīdzētu novērtēt darbnederīga elementa iedarbības pakāpi uz ekipāžas noslodzi, ir nepieciešami lidojuma un stenda izmēģinājumi. Sistēmu mijiedarbība tiek pilnīgi analizēta, lai nodrošinātu pieņemamo lidojuma drošības līmeni, ja ir dažas atces. Kvalitatīvās analīzes mērķis – noteikt, ka sistēmas-kandidātes\* atceice rada tikai nebūtisko ietekmi uz lidojuma drošības nodrošināšanu. Tā sasniegšanai ir jāņem vērā atbilstošie papildus gaisa kuģa pielaišanas ekspluatācijai nosacījumi, tādi kā ekspluatācijas ierobežojumi, gaisa kuģa ekipāžas darbības kārtības vai tehniskās apkopes brigādes darbības.

\* Sistēma-kandidāte – tā ir sistēma, kura, iespējams, tiks iekļauta *MMEL*.

Piemērs:

Dzinēja startera vārsta atceice gaisa kuģī *A320*.

Gaisa turbo starteris tiek izmantots, lai iedarbinātu dzinēju ar gaisa ņemšanu no palīgspēk iekārtas:

a) Ja startera vārsts atrodas atvērtā stāvoklī, tas dod iespēju gaisam no palīgspēk iekārtas plūst caur turbīnu, kas iedarbinās dzinēju;

b) Ja startera vārsts atrodas aizvērtā stāvoklī, tas noslēgs karstā gaisa piekļūšanu no palīgspēk iekārtas uz dzinēju.

Kvalitatīvā analīze nodemonstrēja, ka lidot ar gaisa kuģi ar starteri, kas atrodas aizvērtā stāvoklī, ir diezgan droši:

a) Startera vārsta atceice aizvērtā stāvoklī neietekmē lidojuma drošību. Taču uz zemes ekipāžai ir jāiedarbina dzinējs ar rokām.

b) Startera vārsta atceice atvērtā stāvoklī var novest pie gaisa turbo startera atceices (tāpēc ka turbīna brīvi griezties ar pārmērīgu ātrumu), un tas var ietekmēt lidojuma drošību.

Balstoties uz iepriekšminēto dzinēja startera vārsta kvalitatīvo analīzi, *MMEL* tiek minēts startera vārsts un tiek aprakstīta atbilstošā gaisa kuģa ekipāžas un/vai tehniskās apkopes brigādes darbības kārtība, atceices gadījumā. Šī darbības kārtība paskaidro, kā iedarbināt dzinēju ar rokām uz zemes, un kā droši aizvērt startera vārstu lidojumam. Ja ir pierādīts, ka atceices sekas ir nebūtiskas, tad nākamais solis ir kritiskās atceices seku lidojumā kvalitatīvā analīze. Atceici attiecina pie „kritiskās atceices” kategorijas tādā gadījumā, ja savienojumā ar noteikto atceici, tai ir ārkārtīgi nelabvēlīga ietekme uz gaisa kuģa vadīšanu. Analīze, kas ir līdzīga jau aprakstītajai, tiek veikta pierādīšanas nolūkā, ka lidojumu var droši turpināt pieņemamos apstākļos, pat ja lidojumā notiek papildus atceice.

Piemērs:

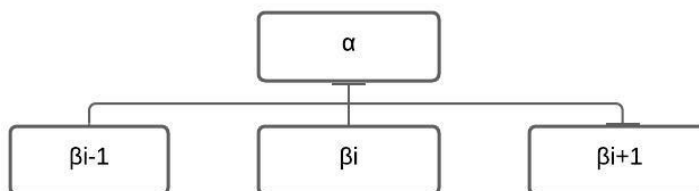
Degvielas sūkņa zemā spiediena vārsts atbilst kategorijai „NETIEK PIELAISTS”, tāpēc ka:

- Ja vārstam bija atteice aizvērtā stāvoklī, tad nav iespējams iedarbināt dzinēju.
- Ja vārstam bija atteice atvērtā stāvoklī, tad nav iespējams izolēt dzinēju tā ugunsgrēka gadījumā.

Tādējādi, kvalitatīvās analīzes mērķis – noteikt, ka kritiskajai atteicei, kas seko pēc sistēmas-kandidātes atteices iekļaušanas MMEL, nav kritisko seku ietekmes uz lidojuma drošību. Lai sasniegtu šo mērķi, ir jāņem vērā GK pielaišanas nosacījumi ekspluatācijai, tādi kā ekspluatācijas ierobežojumi, gaisa kuģa ekipāžas darbības kārtība vai tehniskās apkopes brigādes darbības.

#### 4.6. Kopēja modeļa izstrāde lidojumu drošības tehniskā faktora novērtēšanai (faktoru grupa B)

Pamatojoties uz pieņemto nelabvēlīgo faktoru metodoloģiju ievēdīsim terminu tehnisko faktoru (atteices) apkopojumu ka nelabvēlīga faktora un izskatīsim daudz līmeņu struktūru saskaņā ar 4.4. attēlu. Uzskatot visaugstāko apkopojumu NF kas plaši izmantojamo dalīšanu uz trim kategorijām (Triāde)



4.4.att. Triāde.

Šeit  $\alpha$  apkopojamais faktors, kuru var noteikt zinot šo kvantatīvo vērtību atsevišķos faktoros  $\beta$ .

Atkarībā no diviem dažādiem līmeņiem triāde veidojās faktoru statistisko datu pamatā, kuri parādījās konkrēto notikumu laikā un pēc būtības ir funkcijas kuri atkarīgi no trijām mainīgiem.

$$\alpha = f(\beta_{i-1}), \alpha = f(\beta_i), \alpha = f(\beta_{i+1}) \quad (4.2.)$$

$$\alpha_{i-1} = \alpha_{i-1}(\beta_{i-1}); \alpha_i = \alpha_i(\beta_i); \alpha_{i+1} = \alpha_{i+1}(\beta_{i+1}) \quad (4.3.)$$

Notikums  $\alpha$  tipa var notikt kopēja notikumu parādīšanas rezultāta apakšējā līmenī jebkura viņu kombinācijā

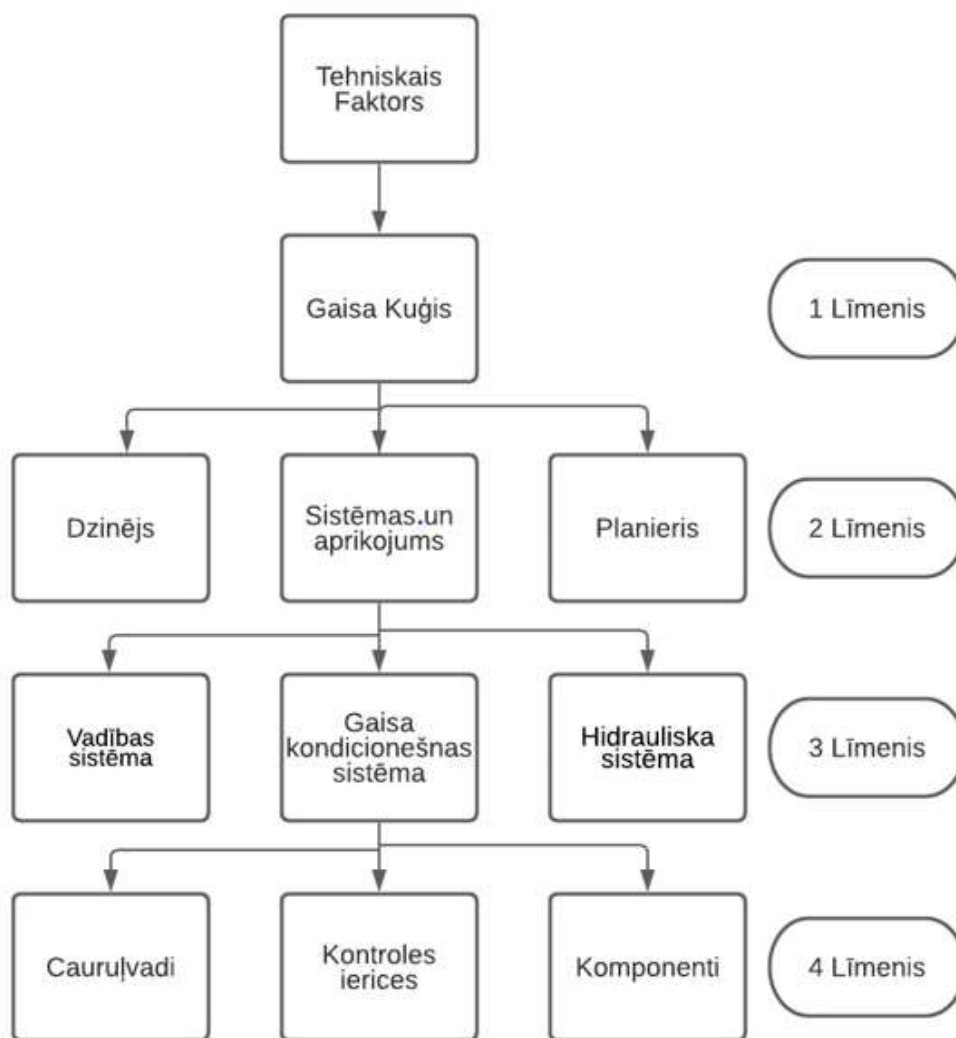
Mūsu pētījumā mēs izskatīsim tikai lidmašīnas atteices apstākļus lidojumā. Tādēļ no gaisa kuģa saistītā tehniskā faktora viedokļa pieņemto tehniskā faktora daudzlīmeņu sistēmu var attēlot sekojoša formā.

Pirmo līmeni ieņem gaisa kuģis, tas būs kopējais faktors  $\alpha$ . Draudus lidojuma drošībai tieši faktoram  $\alpha$  rada patērētāji, kuriem ir zemāks līmenis  $\beta$ . Kā minēts iepriekš, patērētāju atteice var novest pie katastrofālas īpašas situācijas rāšanos un tālākas attīstības līdz katastrofai. Tāpēc šo līmeni mēs apzīmēsim kā katastrofālu atteices situācijas līmeni-I (KAS).

Otrā līmenī būs: planieris, spēka iekārtas (dzinēji) un lidmašīnas aprīkojums un tas sistēmas. Otrā līmeņa būs apkopotie  $\alpha$  faktori. Otra līmeņa aprīkojuma atteices noved pie ārkārtas situācijām, atzīmēsim šo līmeni par atteices ārkārtu situācijas līmeni (AAS). Izņemot no tirādes tikai funkcionālas sistēmas iegūstam trešo līmeņa triādi: vadības sistēmu, gaisa kondicionēšanas sistēmu, hidraulisku sistēmu. Šo sistēmu atteice noved pie sarežģītam atteices situācijām (SAS)

Ceturtais līmenis ietvers visas esošās vienības, gaisa kondicionēšanas sistēmu gadījumā: cauruļvadus, kontroles un regulācijas ierīces, komponentu, agregātu, šļūtenes, krānus utt. Tie pārstāv atsevišķus faktorus. Šo elementu atteice izraisa sarežģītus lidojuma apstākļus (ASLAS). Tie tiek ņemti vērā aviokompānijā statistikā, apkopoti, analizēti un aprēķināti lidotspējas bezattēces rādītāji varbūtības vērtību veidā noteiktam gaisa kuģa tipam ekspluatācijas periodam. Izmantojot šādas vērtības, mēs varam aprēķināt vispārīgo rādītāju iespējamus rādītājus augstākstāvoša līmeņa. Šajā gadījumā tie kļūst par atsevišķiem rādītājiem nākamajam augstākajam līmenim utt. (4.5. attēls)[69].





4.5. att. Tehniskā faktora daudzlīmeņu struktūras fragments (iekārtas atteices lidojuma laikā)

Attiecība starp diviem līmeņiem triādē tiek noteikta, pamatojoties uz statistikas datiem par atteicēm (atteices stāvokļiem lidojumā), kas izpaužas dažādos līmeņos un ir trīs mainīgo funkcionālās atkarības (4.5. attēls).

ASLAS = f( viena komponenta atteice ka atsevišķais faktors);

SAS= f (ASLAS, kas rodas vienas atteices dēļ gadījumā vienā gaisa kuģa funkcionālajā sistēmā);

AAS= f (SAS, kas rodas atteices dēļ gaisa kuģa dažādos funkcionālās sistēmās;

KAS= f(Gaisa kuģu patērētāju atteices) [6, 13,23,44]

Šāda pieeja ļauj arī uzraudzīt aviokompānijas ekspluatēto gaisa kuģu darbības lidotspējas rādītājus, kas ļauj pieņemt pareizus lēmumus par tehniskās apkopes režīmu izmaiņām, darba

metožu utt. par analītisku matemātisko instrumentu autors ierosina izmantot regresijas (korelācijas) analīzi.

Analīzei ir pakļauti absolūtie notikumu rādītāji, kā arī darba stundas noteiktos periodos (gads, pusgads, ceturksnis utt.).

Analīzes rezultātā veidojas fiksētu statistisko lielumu grafiki (histogrammas) utt., tiek atrastas funkcijas  $K(\tau)$ , kas apraksta (aptuveno) iegūto skaitlisko vērtību kopu. Parasti izlīdzināšanas funkciju var aprakstīt ar pakāpes polinomu m:

$$K(\tau) = a_0 + b_1 \times \tau + b_2 \times \tau^2 + \dots + b_m \times \tau^m, \quad (4.4.)$$

kur  $a, b$  - izlīdzināšanas funkcijas koeficienti. Vairumā gadījumu, tuvinot izlīdzināšanas funkciju, var pietiekoši precīzi aprobežoties ar pirmās kārtas vienādojumu

$$K(\tau) = a_0 + b \times \tau. \quad (4.5.)$$

Izlīdzināšanas funkcijas koeficientus var atrast, piemēram, ar mazāko kvadrātu metodi. Tas ir balstīts uz aprēķināto vērtību kvadrātu summas novirzes samazināšanu līdz minimumam

$K(\tau_1), K(\tau_2)$  no empīriskas  $y_1, y_2, \dots$ :

$$S = \sum_{i=1}^N [y_i - K(\tau_i)]^2 = \min \quad (4.6.)$$

Starpība  $y_i - K(\tau_i)$  - ir eksperimentālā punkta novirze no ordinātu meklēšanas līknes.

Lineārās funkciju saskaņošana

$$S = \sum_{i=1}^N (y_i - a - b(\tau_i))^2 \quad (4.7.)$$

Lai samazinātu šo summu, tā daļējiem atvasinājumiem jābūt parametriem, kas vienādi ar nulli:

$$\frac{\partial}{\partial a} \sum_{i=1}^N [y_i - K(\tau_i)]^2 = -2 \times \sum_{i=1}^N (y_i - a - b \times \tau_i) = 0 \quad (4.8.)$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \sum_{i=1}^N [y_i - K(\tau_i)]^2 = -2 \times \sum_{i=1}^N (y_i - a - b \times \tau_i) \times \tau_i = 0 \quad (4.9.)$$

Pēc transformācijas iegūstam vienādojumus koeficientu  $a$  un  $b$  noteikšanai.

$$aN + b \times \sum_{i=1}^N \tau_i = \sum_{i=1}^N y_i \quad (4.10.)$$

$$a \times \sum_{i=1}^N \tau_i + b \times \sum_{i=1}^N \tau_i^2 = \sum_{i=1}^N \tau_i \times y_i \quad (4.11.)$$

Pēc šīs vienādojumu sistēmas atrisināšanas

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N y_i - b \times \sum_{i=1}^N \tau_i}{N} \quad (4.12.)$$

$$b = \frac{N \times \sum_{i=1}^N \tau_i \times y_i - \sum_{i=1}^N y_i}{N \times \sum_{i=1}^N \tau_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N \tau_i \right)^2} \quad (4.13.)$$

Iegūtie koeficienti  $a$  un  $b$  pilnībā nosaka lineārās aproksimācijas funkciju dotajam paraugam.

## 4.7. Metodikas izstrāde lidojuma drošības rādītāju novērtēšanai gaisa kuģu atteices apstākļu gadījumā

### 4.7.1. Gaisa kuģa atteices stāvokli lidojuma laikā

Nākamais aviācijas negadījuma attīstības posms, 4.6 attēlā ir atteices situācijas sākšanās lidojumā. Izskatīsim tos detalizētāk.

Kā minēts iepriekš, gaisa kuģa komponenta atteice rada neparastu atteices situāciju. Ar atteices situāciju lidojumā mēs saprotam gaisa kuģa un apkalpes stāvokli ārkārtas situācijā, kas rodas lidmašīnas sastāvdaļas atteices rezultātā. Atteices situāciju raksturo gaisa kuģa lidojuma īpašību un apkalpes stāvokļa izmaiņas, kas ar vadības darbībām cenšas tos atgriezt sākotnējā stāvoklī. (Nākošais etaps 4.6. attēls). Katrai no šīm situācijām ir atšķirīgs bīstamības līmenis attiecībā uz lidojuma pabeigšanu bez aviācijas incidenta. Neveiksmes situācijas bīstamības pakāpe kvantitatīvi būs atkarīga no neveiksmes bīstamības pakāpes. Apskatīsim šo jautājumu detalizēti.

Mēs izmantosim aviācijā pieņemto nevēlamo notikumu klasifikāciju formā:

Aviācijas negadījumi (ANG):

K - Katastrofa;

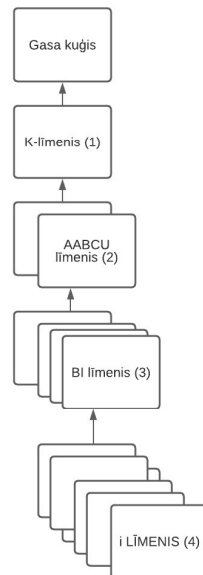
Avārija (ANBCU) - Aviācijas negadījumi bez cilvēku upuriem;

BI - Bīstams incidents;

I - Incidents.

Augstāk minētās atteice situācijas beidzas ar nelabvēlīgiem notikumiem (NN). Tāpēc tāpat kā nelabvēlīgo faktoru gadījumā pieņemsim tos daudzlīmeņu sistēmas veidā, sadalot tos pēc smaguma pakāpes. Tad par vissmagākiem pieņemot ANG – katastrofu, iegūsim (4.6 attēls):

- Katastrofas līmeni (K);
- Aviācijas atgadījumu bez cilvēku upuriem (AABCU) līmeni;
- Bīstamu incidentu (BI) līmeni;
- Incidentu (I) līmeni;



4.6. att. Nevēlamo notikumu daudzlīmeņu struktūra atteices situācijās lidojuma laikā  
Veidojot mijiedarbības struktūru starp atteices situācijās lidojuma laikā un Nevēlamo Notikumu (NN), iziesim no sekojošiem pieņēmumiem:

- Daudz augstāka līmeņa notikuma seku smagums vienmēr ir augstāks, nekā zemākam līmenim.
- Īpašu situāciju attīstība NN attīstībā visbiežāk notiek no mazāk bīstama uz bīstamāku.
- Kā īpašo situāciju sarežģītumu sekas ir viens no augstāk minētajiem NN apzīmējumiem.
- Saskaņā ar NN attīstību un seku smagumu, faktori, kas atklājas NN daudz augstākā līmenī, tiek ņemti vērā ar NN zemākajos gadījumos.

#### 4.7.2. Gaisa kuģa komponentu atteices bīstamības pakāpes novērtējums no lidojuma pabeigšanas varbūtības viedokļa ar labvēlīgu iznākumu

Apzīmēsim varbūtību pabeigt lidojumu ar veiksmīgu iznākumu kā  $P_{LV}$ , vai nelabvēlīgā gadījumā -  $Q_{LV}$ . To savstarpējā sakarība ir:

$$P_{LV} = 1 - Q_{LV} \quad (4.14.)$$

Ievēdīsim īpašas situācijas bīstamības pakāpes kritēriju, kuru apzīmēsim kā  $\eta$ . Pie tam zem  $\eta$  mēs sapratīsim nelabvēlīgu faktoru iedarbības seku nenovēršanas varbūtību lidojuma laikā. Tad

$$Q = \rho \eta, \quad (4.15.)$$

kur  $\rho$  ir atteices situācijas varbūtība,  $\eta$  ir atteices situācijas bīstamības pakāpe.

Drošuma teorijā atbilstoši sekām un bīstamības pakāpei iekārtu atteices tiek iedalīti četrās kategorijās:

- katastrofiskie;
- kritiskie;
- robežu;
- drošie.

Kvantitatīvi atteices bīstamības pakāpi nosaka pēc koeficienta  $\eta_T$

Tad:

- 1) Katastrofiskie atteices mēdz beigties ar katastrofu. Tās bīstamības pakāpe praktiski ir vienāda ar vieninieku,  $\eta_T \cong 1$ .
- 2) Kritiskie atteices ir bīstamas pēc būtības un var izraisīt negadījumus-avārijas. Šādu atteices seku likvidēšana ir saistīta ar sarežģīta darba veikšanu augsta emocionālā stresa un laika trūkuma apstākļos. Šādas atteices bīstamības pakāpe ir tuvu vienotībai, ko var izteikt šādi,  $0 \ll \eta_T < 1$ .
- 3) Robežu atteici var izraisīt lidojuma traucējumus, pasliktināt lidmašīnas stabilitāti un vadāmību, palielināt apkalpes emocionālo spriedzi utt., Taču tie neapdraud lidojuma drošību. Ekipāža veiksmīgi tiek galā ar šādu nelabvēlīgu faktoru sekām. Šādu atteice bīstamības pakāpe ir tuvu nullei, ko var izteikt šādi,  $0 \ll \eta_T < 1$ .
- 4) Drošas atteices nerada bīstamas sekas, tikai rada nelielas grūtības lidojumā. Viņu bīstamības pakāpe ir praktiski nulle,  $\eta_T \cong 0$ .

Norādītie atteices riska variācijas diapazoni ir diezgan neskaidri un prasa skaidrojumu gan no šī jēdziena satura, gan no kvantitatīvās vērtības viedokļa. Apskatīsim detalizētāk atteices situācijas lidojumā jēdzienu.[36,53]

#### 4.8. Atteices stāvokļu klasifikācija lidojumā

Atteices stāvokli lidojumā tiks klasificēti atbilstoši to seku bīstamības pakāpei šādi:

1. atteižu stāvokļi, kas neietekmē lidojuma drošību, t.i., neietekmē negatīvi gaisa kuģa ekspluatācijas spējas un nepalielina lidojuma apkalpes darba slodzi. ASBLAS – atteices situācija bez lidojuma apstākļu sarežģītuma;
2. atteižu stāvokļi, kas nenozīmīgi samazina gaisa kuģa lidojuma drošību un prasa apkalpes rīcību, kas, atbilst ekipāžas iespējām, ti. ko raksturo neliela drošības līmeņa vai funkcionalitātes samazināšanās, neliels lidojuma apkalpes darba slodzes pieaugums, piemēram, lidojuma plāna maiņa, vai kāds fizisks diskomforts pasažieriem vai stjuartēm. ASLAS – atteižu situācija lidojuma apstākļu sarežģītums;
3. nozīmīgas situācijas (sarežģītā situācijas- Major): Atteižu stāvokļi, kas ievērojami samazina gaisa kuģa spējas vai apkalpes spējas tikt galā ar nelabvēlīgiem ekspluatācijas apstākļiem, t.i. ir jūtama drošības līmeņa vai ekspluatācijas spēju samazināšanās, darba slodzes palielināšana, apkalpes efektivitātes samazināšana vai diskomforts lidojumā apkalpei vai pasažieriem, apstākļu pasliktināšanās, apstākļi kas var izraisīt traumas. SAS – sarežģīta atteices situācija.

4. atteižu stāvokļi, kas samazina gaisa kuģa spēju vai apkalpes spēju tikt galā ar nelabvēlīgiem apstākļiem: darba apstākļu pasliktināšanās vai pārmērīga darba slodze, kas neļauj paļauties uz lidojuma apkalpi ka tie precīzi un pilnīgi veiktu savus uzdevumus; Nopietnas vai letālas traumas salīdzinoši nelielam personu skaitam uz gaisa kuģa, kas ietilpst apkalpē. AAS – avārijas atteices situācija;
5. katastrofālas atteices stāvokļi, pie kuriem rezultātā var būt zaudētas cilvēku dzīvības, parasti arī zaudējot lidmašīnu. Šādā situācijā katastrofu novēršana būs gandrīz neiespējams notikums, un no tās ekipāžai ir nepieciešamas īpašas prasmes un iemaņas. KAS – katastrofāla atteices situācija [6, 13, 23].

#### **4.8.1. Varbūtības termini atteices stāvokļu kvalitatīvai un kvantitatīvai analīzei**

Kvantitatīvās analīzes gadījumā atteices stāvokļus izsaka kā pieņemamus vidējās varbūtības diapazonus lidojuma stundā.

Normatīvos dokumentos tiek izmantota šāda klasifikācija :

(1) Iespējamie atteices stāvokļi (**Probable**) – atteices stāvokļi, kas iespējams parādīties vienu vai vairākas reizes atsevišķa gaisa kuģa pilna ekspluatācijas laikā, kuru vidējā iestāšanās varbūtība nepārsniedz vērtību  $\sim 10^{-4}$  vienā lidojuma stundā.

(2) Mazs iespējamie atteices stāvokļi (**Remote**) - kuru parādīšanas katrā gaisa kuģī ir maz iespējama visā tā darbības laikā, bet kas var notikt vairākas reizes noteikta tā paša tipa lidmašīnu flotes kopējā ekspluatācijas laikā, kuru vidējā iestāšanās varbūtība ir apmēram  $\sim 10^{-5}$  vienā lidojuma stundā.

(3) Ļoti mazs iespējamie (**Extremely Remote**) – atteices stāvokļi, kas parādīšanas praktiski ļoti mazs iespējamība uz visiem gaisa kuģiem visā dzīves ciklā, bet kas var notikt maz reižu, ņemot vērā visu attiecīgā gaisa kuģu tipa kopējo ekspluatāciju laiku. Vidējā iestāšanās varbūtība ir  $\sim 10^{-6}$  lidojuma stundā.

(4) Praktiski neiespējami (Extremely Improbable)– atteices stāvokļi, kas nav paredzami un iespējami visu noteiktā tipa gaisa kuģu pilnas ekspluatācijas laikā. Kuru vidējā iestāšanās varbūtība ir  $\sim 10^{-7}$  lidojuma stundā.

(5) \* Reti atteices stāvokļi, stāvokļi kas neietekmē lidojuma drošību, t.i. neietekmē gaisa kuģa ekspluatācijas iespējas un nepalielina apkalpes slodzi, kuras parādīšanas varbūtība ir  $\sim 10^{-3}$  lidojuma stundā.

\* Mēs ieviesīsim šo nosacījumu papildus analīzes pilnīgumam, uzskatot to par biežu notikumu, kas neietekmē lidojuma drošību un ir priekšvēstnesis ar smagāku gaisa kuģa atteices stāvokli.

\*\* Šīs varbūtības tiek izmantotas, projektējot lidmašīnas ar vairāk nekā vienu dzinēju paredzētajiem ekspluatācijas apstākļiem, kad apkalpe rīkojas saskaņā ar lidojuma rokasgrāmatu. Ekspluatācijas ierobežojumi jānosaka, ņemot vērā ārējās ietekmes (parādību) un atteices apstākļus (sistēmas atteices veidu) iespējamību, lidmašīnas raksturlielumus, precizitāti

Apkopojot teikto, mēs izmantosim noteiktās atteices varbūtības augšējās robežas vienā lidojuma stundā šādā formā:

- katastrofālai situācijai –  $\rho_{KAS} \cong 10^{-7}$
- ārkārtas situācijām –  $\rho_{AAS} \cong 10^{-6}$ ;
- sarežģītai situācijai –  $\rho_{SAS} \cong 10^{-5}$ ;
- sarežģītos lidojuma apstākļus –  $\rho_{ASLAS} \cong 10^{-4}$ .
- situācijai bez lidojuma apstākļu sarežģījumiem -  $\rho_{ASBLAS} \cong 10^{-3}$

#### 4.8.1. Lidojuma laikā atteices situāciju bīstamības pakāpes novērtējums

Loģiski vērtējot attiecības starp neveiksmes situācijām un to biežumu, tās var formulēt citādi:

- katastrofālas atteices situācijas (KAS) tiek atzītas par notikumiem ar praktiski neiespējamo parādīšanas biežumu viena vai vairāku Patērētāju atteices gadījumā.
- Ārkārtas atteices situācijas (AAS) ir iespējami kā ārkārtīgi maz ticams notikums, kas rodas vienlaicīgu atteicu dēļ dažādās gaisa kuģa funkcionālajās sistēmās un kas var notikt ļoti maz reīžu, ņemot vērā visu šāda veida gaisa kuģu pilnu ekspluatācijas laiku.
- Sarežģīta atteices situācija (SAS) ir iespējama kā maz ticams notikums ar divām vai vairākām vienlaicīgām atteicēm vienā no gaisa kuģa funkcionālajām sistēmām noteikta tā paša tipa gaisa kuģu flotes kopējā ekspluatācijas laikā.
- Atteices situācija ar sarežģītiem lidojuma apstākļiem (ASLAS) kā iespējamais notikums, kura varbūtības biežums ir mazāks par  $10^{-3}$  lidojuma stundā. Šis notikums ir iespējams vienu vai vairākas reizes konkrēta gaisa kuģa pilnā ekspluatācijas laikā.

Izmantojot iepriekš minētos dažādu atteicu situāciju rašanās biežumus, mēs noteiksim to bīstamības varbūtību (nenovēršanu), balstoties uz pieņēmumu, ka katram no tiem ir vienāda riska pakāpe no katastrofiskas atteices situācijas (KAS), attīstības redzējumā, izmantojot formulu (4.16)

$Q_i$ - katastrofālas atteices situācijas parādīšanas risks katrā konkrētā atsevišķā gadījumā atteices situācijā. Novērtējot konkrēto riska faktoru  $Q_i$  katrai atsevišķai atteices situācijai, mēs izmantosim šādu izteicienu:

$$Q_i = \rho_i \eta_{Ti}, \quad (4.16.)$$

kur  $Q_i$ - katastrofālas situācijas parādīšanas risks  $i$ - kartējas atteices situācijā;

$\rho_i$  –  $i$ -kartējas atteices situācijas parādīšanas varbūtība par noteiktu lidojumu stundu  $T_i$  skaitu kur :

$\eta_{Ti}$  ir  $i$ -kartējas atteices situācijas bīstamības pakāpe.

**Atteices situācija ar sarežģītiem lidojuma apstākļu sarežģījumiem (ASLAS).** Tā kā Katastrofālas atteices situācijas varbūtība vienas lidojuma stundas laikā ir definēta kā  $10^{-7}$ , un ASLAS parādīšanas varbūtība ir vienādā  $10^{-3}$  lidojuma stundā, tad varbūtībai, ka situācija nekļūs katastrofāla, jābūt lielākai vai vienādai ar  $10^{-4}$ . Faktiski tas būs šīs atteices situācijas bīstamības pakāpe, t.i. tā bīstamību novērtē pēc varbūtības  $\eta_T = 10^{-4}$ ;

**Sarežģīta atteices situācija (SAS).** Ja atteices rezultātā rodas bīstama atteices situācija, kuras parādīšanas biežums tiek definēts kā  $10^{-4}$ , tad varbūtībai, ka situācija nekļūs katastrofāla, vajadzētu būt lielākai vai vienādai ar  $10^{-3}$ . Faktiski tas būs šīs atteices situācijas bīstamības pakāpe, t.i. tā bīstamību novērtē ar varbūtību  $\eta_T = 10^{-3}$ .

**Ārkārtas atteices situācijas (AAS).** Ja atteices dēļ rodas ārkārtas atteices situācija, kuras parādīšanas biežums tiek definēts ka  $10^{-6}$ , tad varbūtībai, ka situācija nekļūs katastrofāla, vajadzētu būt lielākai vai vienādai ar  $10^{-1}$ . Faktiski tas būs šīs atteices situācijas bīstamības pakāpe, t.i. tā bīstamību novērtē ar varbūtību  $\eta_T = 10^{-1}$ .

Katastrofālas atteices situācijai bīstamības pakāpe būs,  $\eta_T \cong 1$ .

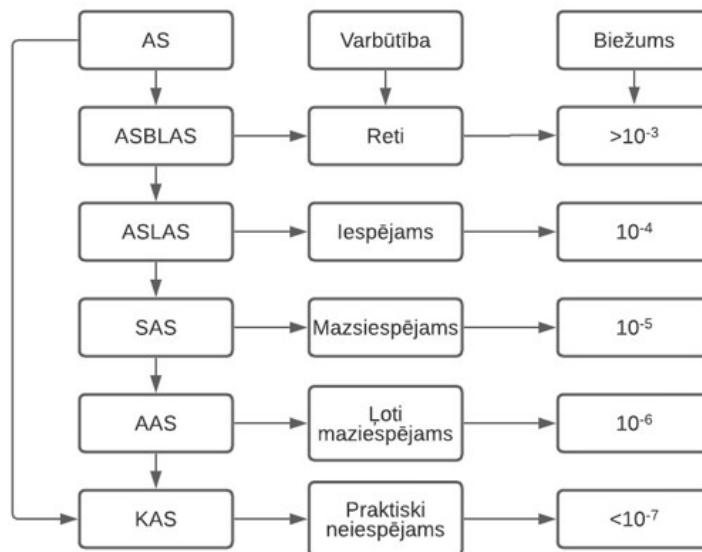
**Atteices situācija bez lidojuma apstākļu sarežģījumiem (ASBLAS)** - Aviācijas atteices gadījumu priekšzīmi-prekursori ir praktiski droši no avārijas situāciju rašanās viedokļa, var uzskatīt, ka to bīstamības pakāpe ir tuvu nullei,  $\eta_T \cong 0$ .

Tātad katrai no četrām iespējamām atteices situācijām bīstamības pakāpi var uzrakstīt šādi:

- katastrofālai situācijai:  $\eta_T \cong 1$ .
  - Ārkārtas atteices situācijai:  $\eta_T = 10^{-1}$ .
  - Sarežģīta atteices situācijai:  $\eta_T = 10^{-3}$ .
  - Situācijai ar sarežģītiem lidojuma apstākļiem:  $\eta_T = 10^{-4}$
  - Atteices situācijai priekšzīmei:  $\eta_T \cong 0$ .
- (4.17.)

No iepriekš minētā izriet, ka atteices situāciju biežuma salīdzinājums lidojumā atbilstoši to seku smagumam (seku novēršanai) ar bīstamības varbūtību  $\eta_T$  ir viens no pamatprincipiem, lai novērtētu ar lidojumu saistīto drošības līmeni ar tehnisko faktoru. Šis saikne ļauj mums klasificēt atteices situācijas saskaņā ar nelabvēlīgas ietekmes neesamības varbūtības nosacītajām vērtībām.

Saistībā ar iepriekš minēto, attiecības starp konkrētām situācijām, to parādīšanas biežumu var uzrādīt tabulas veidā.



4.7. att. atteices saistība ar to izpausmes parādīšanas biežumu augšējām robežām lidojumā



## 5. RISKĀ NOVĒRTĒŠANAS METODIKA UN LIDOJUMU DROŠĪBAS RĀDĪTĀJI

### 5.1. Riska novērtēšanas metodika lidojuma pabeigšanai ar incidentu

Iepriekš noteiktā atteices situāciju bīstamības pakāpe atspoguļo to bīstamības varbūtības augšējās robežas. Aviokompānijas informācijas bāzei, kas tika veidota šajā pētījumā, ir jāiegūst šo varbūtību pašreizējās vērtības. Tas ļaus pastāvīgi kontrolēt drošības līmeņa izmaiņu dinamiku un nepieciešamības gadījumā veikt atbilstošus pasākumus. Lai to izdarītu, jāzina dažādu līmeņu atteicu situāciju skaits lidojuma laikā noteiktā periodā. To nosaka, pamatojoties uz normatīvajos dokumentos norādītajiem atteices situāciju kritērijiem un dažādu līmeņu īpašo atteicu seku analīzi, kas noteikta šī gaisakuģa tehniskajā dokumentācijā. Tālāk darbā apskatīti vairāki piemēri, izmantojot gaisakuģa funkcionālo sistēmu un to elementu lidotspējas rādītāju aprēķinus, dota gadījuma gaisa kondicionēšanas sistēmu pilotu kabīnē. Šī funkcionālā sistēma nodrošina gaisakuģa patērētāju – pasažieru un apkalpes – vitāli svarīgas funkcijas lidojuma laikā.

Tiek pieņemts, ka lidojuma pabeigšanu ar negadījumu novērtē pēc vispārinātā riska varbūtības  $R$ . Šajā gadījumā riska  $R$  kopējo vērtību nosaka visu iespējamo atteicu situāciju risku summa lidojuma laikā  $Q_i$ :

$$R = Q_{KAS} + Q_{AAS} + Q_{SAS} + Q_{ASLAS} + Q_{ASBLAS} = \sum_{i=0}^5 Q_i \quad (5.1.)$$

kur: ASBLAS – atteices situācija bez lidojuma apstākļu sarežģītuma;

ASLAS – atteices situācija ar lidojuma apstākļu sarežģītumu;

SAS – sarežģīta atteices situācija;

AAS – ārkārtas atteices situācija;

KAS – katastrofāla atteices situācija.

Vērtējot risku nonākt katastrofālas atteices situācijā katrā konkrētā atteices situācijā  $Q_i$ , tiek izmantota 5.1. izteiksme, zinot atteicu skaitu un kvalitāti, kā arī attiecīgā lidojuma stundu skaitu, var novērtēt katra atteicu stāvokļa paradīšanas biežumu  $\rho_i$  uz vienu lidojuma stundu:

$$\rho_i = n_i / T_i, \quad (5.2.)$$

kur:  $n_i$  – attiecīgo atteicu skaits lidojuma laikā,  $i = ASBLAS, ASLAS, SAS, AAS, KAS$ ;

$T_i$  – lidojuma stundas;

$\eta_{Ti}$  – bīstamības pakāpe  $i$  kārtējās atteices situācijā.

Tiek iegūts:

katastrofas risks katastrofālas atteices situācijas dēļ ar zināmu bīstamības pakāpi  $\eta_T \cong 1$  būs:

$$Q_{KAS} = \rho_{KAS} = n_{KAS} / T_{KAS}, \text{ tādēļ ka } \eta_{TKAS} = 1, \quad (5.3.)$$

kur:  $Q_{KAS}$  – katastrofiskas situācijas risks;

$\rho_{KAS}$  – katastrofiskas atteices situācijas rašanās varbūtība;

$\eta_{mKAS}$  – katastrofiskas atteices situācijas bīstamības pakāpe.

Analoģiski ārkārtas atteices situācijai:

$$Q_{AAS} = \rho_{AAS} \eta_{m AAS} = \eta_{T AAS} (n_{AAS} / T_{AAS}), \quad (5.4.)$$

kur:  $Q_{AAS}$  – ārkārtas atteices situācijas risks;

$\rho_{AAS}$  – ārkārtas situācijas rašanās varbūtība;

$\eta_{m\text{ AAS}}$  – ārkārtas atteices situācijas bīstamības pakāpe.

Sarežģītai atteices situācijai:

$$Q_{\text{SAS}} = \rho_{\text{SAS}} \eta_{\text{T SAS}} = \eta_{\text{T SAS}} (n_{\text{SAS}}/T_{\text{SAS}}), \quad (5.5.)$$

kur:  $Q_{\text{SAS}}$  – sarežģītas situācijas risks;

$\rho_{\text{SAS}}$  – sarežģītas situācijas rašanās varbūtība;

$\eta_{\text{m SAS}}$  – sarežģītas situācijas bīstamības pakāpe;

$n_{\text{SAS}}$  – sarežģīto situāciju skaits novērošanas laika intervālā  $T_{\text{SAS}}$ .

$$Q_{\text{ASLAS}} = \rho_{\text{ASLAS}} \eta_{\text{m ASLAS}} = \eta_{\text{T ASLAS}} (n_{\text{ASLAS}}/T_{\text{ASLAS}}) \quad (5.6.)$$

Atteices situācijai ar lidojuma apstākļu sarežģījumiem:

$$Q_{\text{ASLAS}} = \rho_{\text{ASLAS}} \eta_{\text{m ASLAS}} = \eta_{\text{T ASLAS}} (n_{\text{ASLAS}}/T_{\text{ASLAS}}) \quad (5.7.)$$

kur:  $Q_{\text{ASLAS}}$  – atteices situācijas risks ar lidojuma apstākļu sarežģījumiem;

$\eta_{\text{m ASLAS}}$  – atteices situācijas ar lidojuma apstākļu sarežģījumiem bīstamības pakāpe;

$\rho_{\text{ASLAS}}$  – atteices situācijas ar lidojuma apstākļu sarežģījumiem rašanās varbūtība;

$n_{\text{ASLAS}}$  – atteižu skaits novērošanas intervālā atteices situācijai ar lidojuma apstākļu sarežģījumiem  $T_{\text{ASLAS}}$ .

Negatīvu notikumu grupai, nesarežģot lidojuma apstākļus (ASBLAS):

$$Q_{\text{ASBLAS}} = \rho_{\text{ASBLAS}} \eta_{\text{m ASBLAS}} = \eta_{\text{T ASBLAS}} (n_{\text{ASBLAS}}/T_{\text{ASBLAS}}), \quad (5.8.)$$

kur:  $Q_{\text{ASBLAS}}$  – situācijas risks;

$\eta_{\text{m ASBLAS}}$  – situācijas bīstamības pakāpe;

$\rho_{\text{ASBLAS}}$  – situācijas rašanās varbūtība;

$n_{\text{ASBLAS}}$  – situācijas skaits novērošanas laika intervālā  $T_{\text{ASBLAS}}$ .

Visbeidzot, risks pabeigt lidojumu ar gaisakuģa katastrofu:

$$R = Q_{\text{KAS}} + Q_{\text{AAS}} + Q_{\text{SAS}} + Q_{\text{ASLAS}} + Q_{\text{ASBLAS}} = n_{\text{KAS}}/T_{\text{KAS}} + \eta_{\text{TAAS}}(n_{\text{AAS}}/T_{\text{AAS}}) + \eta_{\text{TSAS}}(n_{\text{SAS}}/T_{\text{SAS}}) + \eta_{\text{T ASLAS}}(n_{\text{ASLAS}}/T_{\text{ASLAS}}) + \eta_{\text{T ASBLAS}}(n_{\text{ASBLAS}}/T_{\text{ASBLAS}}) = \sum_0^5 \eta_i(n_i/T_i) \quad (5.9.)$$

$$R = \sum_0^5 \eta_i(n_i/T_i) \quad (5.10)$$

## 5.2. Atteices situācijas identifikācija lidojuma laikā

Trešā „nenormālo ” situāciju pazīme balstās aviācijā pieņemto standartu sistēmā, kas nosaka trīs parametru jomas, kas raksturo Ekipāža–Gaisakuģis stāvokli:

1) pieļaujamo parametru vērtību diapazons,  $A_i > X_i$ ;

2) ekspluatācijas parametru ierobežojumu zona  $B_i > X_i \geq A_i$ ;

3) maksimāli pieļaujamo parametru zona,  $C_i > X_i \geq B_i$ ;

kur:  $X_i$  –  $i$  parametrs no paredzamo ekspluatācijas apstākļiem  $A_i$  – tā pieļaujamo vērtību diapazons;  $B_i$  – tā darbības ierobežojums;  $C_i$  – tā maksimālais ierobežojums.

Pirmajā zonā ietilpst **ieteicamie lidojuma režīmi (ILR)**. Tos nosaka paredzamie ekspluatācijas apstākļi, tie tiek izvēlēti atkarībā no lidmašīnas iecerētajiem ekspluatācijas mērķiem un uzdevumiem, ko tas risina, un tiek ierakstīti tehniskajā dokumentācijā.

Ekspluatācijas un maksimālie ierobežojumi, kas norādīti otrajā un trešajā zonā, ir noteikti arī attiecīgajā ekspluatācijas dokumentācijā (tehniskās ekspluatācijas rokasgrāmatā *AMM*, Lidojumu ekspluatācijas Rokasgrāmatā *AFM* utt.). Apkalpe tiek informēta par *Xi* parametru vērtību tuvu lidojuma ierobežojumiem ar īpašām tehniskām ierīcēm vai fiziskām pazīmēm. Pamatojoties uz to, 5.1. tabulā apkopoti rādītāji par atteices situācijām lidojuma laikā.

5.1. tabula

Atteices situāciju indikatori gaisakuģa atteices gadījumā

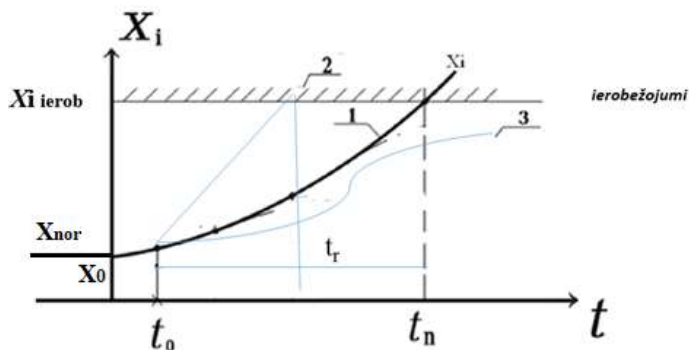
Atteices situācijas veids lidojumā	Atteices situācijas radītāji lidojumā			
	Apkalpes psihofizioloģiskā stāvokļa izmaiņas	Gaisakuģa stabilitātes un vadāmības īpašību un aerodinamikas izmaiņas	Viens vai vairāki parametri pārsniedz ekspluatācijas vai maksimāli pieļaujamās robežas	Nepieciešamība mainīt profilu, režīmu vai lidojuma grafiku
Atteices situācija bez lidojuma apstākļus sarežģījumiem	Nenožīmīgas	Nenožīmīgas	Nav	Nav
Atteices situācija ar lidojuma apstākļu sarežģījumiem	Nelielas	Nelielas	Nav	Nav
Sarežģītas atteices situācija	Ievērojamas	Ievērojamas	Viens vai vairāki parametri pārsniedz ekspluatācijas robežas	Nav
Ārkārtas atteices situācija	Nožīmīgas	Nožīmīgas	Viens vai vairāki parametri pārsniedz ekspluatācijas robežas	Nepieciešamas izmaiņas lidojuma profilā, režīmā vai grafikā
Katastrofāla atteices situācija	Lidmašīnas un cilvēku dzīvības glābšana kļūst gandrīz neiespējama ( $Q = 10^{-7}$ uz lidojuma stundu)			

Tādējādi, analizējot katru jebkura gaisakuģa komponenta bojājumu, pamatojoties uz tehnisko dokumentāciju, ir iespējams identificēt atteices situācijas un novērtēt to skaitu noteiktā laika posmā (lidmašīnas nolidojums stundā).

**Metodika pilota reakcijas novērtēšanai atteices situācijās.**

No brīža, kad lidmašīna pāriet no normāla uz atteices stāvoklī, mainās lidojuma režīma parametri  $X_i$ , piemēram, lidojuma ātrums, pārslodze, tangažas (uzbrukuma) un slīdēšanas leņķi utt., aerodinamika un lidmašīnas stabilitāte un vadāmības īpašības. Tajā pašā laikā mainās arī apkalpes psihofizioloģiskais stāvoklis. (aut. – Cilvēcisks faktors šajā darbā netiek izskatīts). Šādos apstākļos apkalpe sāk izmantot kontroles darbības, lai kompensētu neveiksmes negatīvās sekas un atgrieztu gaisakuģi normālā situācijā (stāvoklī).

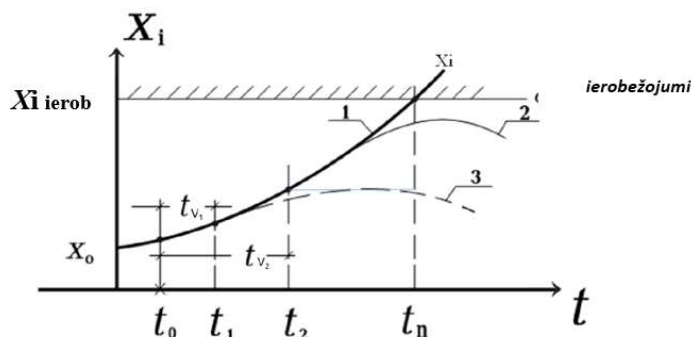
Parametra  $X_i$  izmaiņu raksturs var būt atšķirīgs, tam var būt daudz variantu (5.1. att.). Parametra līkne var būt taisna līnija ar atšķirīgu slīpuma leņķi (2), kvadrātveida vai kubiskā parabola (1) vai jebkura cita veida (3).



5.1. att. Iespējamie parametra maiņas varianti  $X_i$  atteices situācijā.

Parametra izlabošanas iespējamība ir atkarīga no atteices veida, lidojuma apstākļiem, pilota kvalifikācijas un apmācības vai automatizēto sistēmu iespējām utt. Viens no izšķirošajiem nosacījumiem ir pieejamais laiks  $t_r$ , tas laiks kas ir pieejams līdz momentam kad parametrs izies ārpus ierobežojumiem, kas ir atkarīgs no parametra maiņas ātruma un izlabošanai nepieciešamā laika.

Tālāk promocijas darbā detalizētāk izskatīta parametra  $X_i$  izmaiņas attīstība un pilota iespējas izlabot šīs izmaiņas, ņemot vērā nelabvēlīgo faktoru ietekmi (5.2. att.).



5.2. att. 1 – parametru maiņas līkne  $X_i$ , ņemot vērā atteices ietekmi; 2 un 3 – parametra maiņas līknes, ja pilots (autopilots) reaģē un izlabo situāciju (gaisakuģa reakcija dažādos laikos).

Lidojumā laikā  $t_0$  (normas lidojums) gaisakuģī notiek atteices situācija. Atteices rezultātā kaut viens lidojuma parametrs  $X_i$  sāk mainīties no noteiktas parametra vērtības  $X_0$ , vispirms tuvojoties ekspluatācijas ierobežojumu zonai. Tā ir situācija ar lidojuma apstākļu

sarežģījumiem. Ja pilots nereaģē, konkrētais parametrs laika momentā  $t_n$  izies ārpus ierobežojuma robežām (lidojuma rekomendētie režīmi), tālākā procesa gaitā situācija pāriet citā līmenī un kļūst par sarežģītu atteices situāciju. Ja pilotam (autopilotam) neizdosies novērst tālākās parametru izmaiņas, parametrs sasniegs maksimāli pieļaujamo robežu – situācija kļūst par ārkārtas atteices situāciju. Tādējādi situācijas attīstības laiks ir:

$$t = t_n - t_0 \quad (5.11.)$$

No vienas puses, tas ir atkarīgs no atteices rakstura un lidojuma režīma, no otras puses, no izmaiņu rakstura laika un paša parametra izmaiņu ātruma  $X_i$ . Šajā gadījumā parametra konverģences ātrumu ar tā ierobežojumu var vērtēt pēc izmaiņām parametra  $X_i$  izmaiņas aprakstošās funkcijas pirmajā atvasinājumā. Laiks  $t_r$  (5.3. att.) nosaka atteices ietekmes seku izlabošanas iespējas. Acīmredzot, jo augstāks parametra maiņas ātrums, jo mazāks  $t_r$ , un lielāka atteices situācijas pārejas varbūtība uz bīstamāku zonu. Pilota iejaukšanās gaisakuģa kontrolē situācijas labošanai, lai izslēgtu nelabvēlīgās sekas, sākuma laiks apzīmēts ar  $t_1$ , faktiskais pilota iejaukšanās sākuma laiks kontrolē būs vienāds ar:

$$t_v = t_1 - t_0 \quad (5.12.)$$

Tas ietver laiku, kas nepieciešams atteices atklāšanai, atpazīšanai un iedarbībai uz gaisakuģa vadību lai novērstu nelabvēlīgas sekas, t. i., šis ir lēmuma pieņemšanas laiks. To regulē normatīvie dokumenti, lai gan patiesībā tas ir aptuvenš mainīgais lielums, kas atkarīgs no daudziem apstākļiem, tostarp – no pilota psihofizioloģiskā stāvokļa, kas arī ir viena no atteices situācijas pazīmēm. Ņemot vērā to, ka parametrs nekavējoties nevar atgriezties sākotnējā vērtībā, maksimālais iespējamais pilota iejaukšanās laiks būs brīdis, kad parametra izmaiņu līkne pieskarsies robežlīnijai. Ja parametrs mainās saskaņā ar kontrolētu likumu, locījuma punkts, t. i., robežlīnijas pieskārienus noteiks šīs izmaiņas aprakstošās funkcijas pirmā atvasinājuma nulles vērtība. Maksimālais pieejamais lēmuma pieņemšanas laiks  $t_{rmax}$  vienmēr būs mazāks par vērtību  $t_{vmax} < t_{rmax}$ .

Ja  $t_v > t_{vmax}$ , pilotam nav laika izmainīt parametra pieaugumu, tas pārsniegs robežas, un atteices situācija no mazāk bīstamas kļūs bīstamāka. Šīs vērtības var noteikt, pamatojoties uz apkalpes apmācību, izmantojot lidojuma simulatorus vai atšifrējot lidojuma reģistratorus, vai arī izmantojot citus paņēmienus [51].

### **5.3. Gaisakuģa tehniskās apkopes ietekmes novērtējums uz lidojumu ekspluatācijas drošības rādītājiem**

Tiek pieņemts, ka lidmašīnu tehnisko apkopi veic tehniskas apkopes organizācija, kas sertificēta saskaņā ar *EASA 145*. daļu, vai aviokompānijas tehniskais centrs. Tehniskās apkopes organizācijas uzdevums ir nodrošināt aviokompānijas gaisakuģa lidojumu ekspluatācijas drošību (lidotspēju). Lidojumu drošība un lidotspēja ir diezgan tuvu viens otram. Lai pārietu no lidotspējas novērtējuma uz lidojumu drošības novērtējumu, jāņem vērā atteices un darbības traucējumus, kas rodas lidojuma laikā un/vai tiek atklāti tehniskās apkopes laikā, iedalot tos atsevišķās grupās un katram no tiem definējot *ICAO* pieņemtos drošības rādītājus. Tādējādi promocijas darba analīzes vajadzībām tika ieviesti divi rādītāji:

- statistiskais rādītājs laikā,  $KT_{ij}$ :

$$KT_{ij} = \frac{n_{ij}}{T_{ij}} 10^5, \quad (5.13.)$$

kur:  $n_{ij}$  – gaisakuģu flotē konstatēto atteižu un darbības traucējumu skaits, aviokompānijas gaisa flotei –  $j$  par analizētu laika posmu –  $i$ ,  $T_{ij}$  aviokompānijas gaisakuģu flotes nolidojums.

▪ statistiskais radītājs pēc nosēšanās,  $KN_{ij}$ :

$$KN_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_{ij}} 10^5, \quad (5.14.)$$

kur:  $n_{ij}$ , gaisakuģu flotē konstatēto atteižu un darbības traucējumu skaits, aviokompānijas gaisa flotei –  $j$  par analizētu laika posmu –  $i$ ,  $N_{ij}$  nosēšanas skaits par to pašu periodu.

Darbā izmantota arī riska faktoru klasifikācija trīs kategorijās, kas ir vispārpieņemtas lidojumu drošības teorijā:

$A$  – cilvēciskais faktors, kas saistīts ar tehnisko personālu;

$B$  – tehniskie faktori, kas saistīti ar gaisakuģa atteicēm un darbības traucējumiem;

$C$  – vides faktors.

Šajā gadījumā ekspluatācijas drošības statistiskajos rādītājos masīvā par laika periodu  $i$  kompānijas gaisa flotei- $j$ , jāiekļauj rādītāji:

$$KT_{ij} (A), KT_{ij} (B), KT_{ij} (C), KN_{ij} (A), KN_{ij} (B), KN_{ij} (C) \quad (5.15.)$$

Šajā gadījumā gadījuma atteices, kas rodas normālas ekspluatācijas laikā, kad sākuma ekspluatācijas aprīkojuma posms (pielāgošana) ir pagājis un intensīva nodilšana vēl nav sākusies arī būs pakļauti analīzei. Apkopojot statistiku, tiek iegūta rādītāju laika rinda, lai izpētītu tās gaitas raksturu laikā, un jāzina pamatfunkcijas forma, ko var konstruēt, izmantojot regresijas analīzes metodes. Bāzes funkcija  $\widetilde{K}_{ij}$  atšķirsies no sākotnējās funkcijas ar nejaušu kopējo kļūdu  $S_{\Sigma}$  :

$$K_{ij} = \widetilde{K}_{ij} + S_{\Sigma} \quad (5.16.)$$

Pamatojoties uz atrasto bāzes funkciju  $\widetilde{K}_{ij}$ , ir iespēja veikt ekspluatācijas radītāju  $\theta_{ij}$  attīstības tendences, kas būs pirmie atvasinājumi no bāzes funkcijas pēc laika:

$$\theta_{ij} = \frac{d\widetilde{K}_{ij}}{dt} \quad (5.17.)$$

Operatīvo rādītāju attīstības tendence noteiktā laika intervālā raksturo ilgtermiņa liela mēroga pasākumu ietekmi, kas vērsti uz lidojuma drošības līmeņa uzlabošanu. Tomēr, kā liecina analīze, līdz ar lidojumu drošības rādītāju pamatfunkciju un tā tendencēm jāņem vērā tendences izmaiņas ātrumu laikā:

$$\dot{\theta}_{ij} = \frac{d\theta_{ij}}{dt} = \frac{d^2\theta_{ij}}{dt^2} = \frac{d^2\widetilde{K}_{ij}}{dt^2} \quad (5.18.)$$

Turpmākai analīzei jebkuras pamatfunkcijas laika rinda tiks apzīmēta ar  $y=f(t)$ , un šī atkarība tiks meklēta neatkarīgā mainīgā  $t$  polinoma  $n$ -tās pakāpes veidā:

$$y = b_0 + b_1t + b_2t^2 + \dots + b_nt^n \quad (5.19.)$$

Tātad pirmais atvasinājums no bāzes funkcijas pēc laika būs bāzes funkcijas  $\theta$  izmaiņas tendence rindas veidā:

$$\theta = \frac{dy}{dt} = b_1 + 2b_2t + 3b_3t^2 + \dots + nb_nt^{n-1} \quad (5.20.)$$

Otrais pamatfunkcijas atvasinājums vai tendences maiņas ātrums būs formas laika rinda:

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = 2b_2 + 6b_3t + \dots + n(n-1)b_nt^{n-2} \quad (5.21.)$$

Izmaiņu ātrums, pamatfunkcijas laika rindu tendence vai paātrinājums ļauj novērtēt ekspluatācijas drošības rādītāja sākotnējo datu kopas uzvedības dinamiku jebkuram no apskatāmajiem faktoriem –  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Tomēr to var izdarīt, tikai pareizi izvēloties aptuvenā polinoma pakāpi un nosakot izvēlētajā pakāpes polinoma koeficientu vērtības. Pēc tam var veikt diezgan pilnīgu visa lidojumu drošības ekspluatācijas rādītāju masīva analīzi. Pirmkārt, lai iegūtu efektīvus organizatoriskus un tehniskus pasākumus, kuru mērķis ir uzlabot lidojuma drošību, kad organizācijas vadības personāls veic inženiertehnisko un sociālo analīzi par lidojuma drošības indikatoru tendences izmaiņu cēloņiem apakšsistēmai „Gaisakuģis-tehniskās apkopes organizācija”, jo tam ir jāzina ne tikai laika funkcija  $\theta$  (tās zīme), bet arī tās izmaiņu ātrums  $\dot{\theta}$ . Tieši laika momenta funkcijas izmaiņām  $\theta$  un  $\dot{\theta}$  ir jāpievērš vadības un kontroles personāla uzmanība, lai noteiktu procesa norises pārmaiņu cēloņus – sociālos, tehniskos, ekonomiskos vai citus, gan negatīvos, gan pozitīvos. Otrkārt, prognozēt šādas laika rindas uzvedību nākamajam operācijas posmam, kas vadības personālam ļaus izdarīt attiecīgus secinājumus un veikt nepieciešamos pasākumus, lai tuvākajā nākotnē novērstu nevēlamas tendences attīstību. Tādējādi ir ergonomiski jāapsver apakšsistēmas „Gaisakuģis-tehniskās apkopes organizācija” saišu mijiedarbība, lai prognozētu un līdz ar to novērstu nelabvēlīgas norises, kas izpaudīsies, pasliktinoties pamatfunkciju maiņas tendencēm, nosakot lidojuma drošības rādītājus pēc gaisakuģa flotes tehniskā faktora. Tas nozīmē, ka noteikta cikla laikā informācija par nejausiem gadījumu gaisakuģa atteicu gadījumiem un tādiem, kas radušies cilvēka darbības rezultātā, būtu jāuzkrāj, veicot iegūtās statistikas turpmāku matemātisku apstrādi. Jāizveido atteicu rādītāju  $KT(A)$ ,  $KN(A)$  bāzes funkcija un jāveic regresīvā analīze, kas ļauj novērtēt notikumu attīstības tendenci  $\theta(A)$ . Tomēr, pētot tehniskās apkopes operatoru ietekmi uz gaisa transporta drošības raksturlielumiem, secināts, ka šī pieeja nav pietiekama, jo ergonomiskajā apakšsistēmā „Gaisakuģis-tehniskās apkopes organizācija” operatora organizācijas izmaiņas, kas izraisīja drošības indikatoru parametru pasliktināšanos un tā ātruma izmaiņu, ir neizbēgama, un ar laika nobīdi tas ietekmēs gaisakuģa floti, pasliktinot tehnisko faktoru. Lai atrastu tendenču parametrus  $\theta(A)$  un tā izmaiņu ātrumu  $\dot{\theta}$ , nepieciešams pāriet kvadrātiskajā, kubiskajā vai augstākajā tuvināšanas pakāpē, tikai tad izpētītie parametri  $\theta$  un  $\dot{\theta}$  kļūs par būtiskām laika funkcijām un tiks pakļauti detalizētam pētījumam. Kubiskās aproksimācijas izmantošana ļauj iegūt ne tikai laika funkcijas  $\theta(A, t)$  un  $\dot{\theta}(A, t)$ , bet arī noteikt ceturto regresijas koeficientu un paātrinājumu, kuru noteikšana īpaši sarežģītos gadījumos būs ļoti noderīga. Tādējādi tiek izvirzīts šāds uzdevums: lai prognozētu drošības rādītāju izmaiņu tendenci pēc tehniskā faktora, apsverot gadījuma atteices, iepriekšējā laika ciklā ir nepieciešams izpētīt tendenču parametru uzvedību un to drošības rādītāju ātrumu, ko nosaka cilvēciskais faktors – tehniskās apkopes operators. Lai noteiktu pieņemtā savienojuma uzticamību starp apakšsistēmas „Gaisakuģis-tehniskās apkopes organizācija” saitēm, jāveic matemātiskais eksperiments diviem laika cikliem: jākonstruē procesa matemātiskais modelis, izmantojot pieejamos statistikas datus, un jāsalīdzina rezultāti, kas iegūti ar piedāvāto sākotnējo shēmu. Ja tiek apstiprināta iepriekš aprakstīto likumsakarību esamība, rekomendēts veikt analīzi, lai prognozētu tendenci  $\theta(B)$  un tās izmaiņu ātrumu  $\dot{\theta}(B)$  tehniskā faktoram pēc  $KT(B)$  un  $KN(B)$  plānotajam darbības ciklam.

## 5.4 Lidojuma drošības rādītāju matemātiska modelēšana ar kvadrātisku un kubisku to pamatfunkciju izmaiņu tuvināšanu

### 5.4.1 Slīdošo rādītāji metode

Lai palielinātu pētījumu rezultātu ticamību, mēs izmantosim mūsu piedāvāto indikatoru slīdošo metodi. Tās būtība ir, ka, sniedzot pētāmā procesa matemātisko tuvinājumu, vienlaikus ņemot vērā atteices  $n_i$ , kas notiek attiecīgajā  $i$ -ajā laika periodā, tiek ņemti vērā iepriekšējā periodā atteices  $n_{i-1}$ , un par iepriekšējo  $(i-1)$  periodu. Lai palielinātu pētījumu rezultātu ticamību, mēs izmantosim mūsu piedāvāto rādītāju slīdošo metodi. Tas uzlabo matemātiskās apstrādes rezultātu precizitāti, dubultojoš pētījuma periodu. Tātad, piemēram, ceturkšņa pētījumā tiek iekļauti dati par notikumiem (atteiciem) par iepriekšējo ceturksni, savukārt pusgada analīzē tiek iekļauti notikumi (atteices) par iepriekšējo pusgadu utt. Tas nozīmē ka tiek ņemta vērā notikumu „vēsture”, kas ļauj iegūt precīzākas vērtības pamatfunkcijas regresijas koeficientiem. Turpmākai analīzei  $(i-1)$  tiek noraidīts un tiek ņemtas vērā dažas funkcijas, kas ietilpst tikai  $i$ -ajā periodā. Lidojuma drošības rādītāju matemātiskā modelēšana tika veikta datorā, izmantojot autoram pieejamas programmas.

### 5.4.2 Aviācijas Tehnikas drošības rādītāju pamatfunkciju kvadrātiskā tuvināšana

5.3. attēlā parādīts rādītāja  $K_T$  pamatfunkciju un to izmaiņu tendencu  $\theta_T$  kvadrātiskās tuvināšanas aprēķina algoritms. Tā kā šāda veida aproksimācija ir aprakstīta tehniskajā literatūrā [35], tad regresijas formulas netiek uzradītas. Pamatfunkcijas  $K_T$  gala rezultāti grafiskā veidā un tās izmaiņu tendences  $\theta_T$  pēc faktoriem  $A, B, C$  aprakstīti 6. nodaļā. Tomēr šāda veida tuvināšana neļauj iegūt abus parametrus  $\theta(t)$  un  $\dot{\theta}(t)$ , aprakstot tendenci un tās izmaiņu ātrumu, izteiktu laika funkciju veidā

Rezultātā ir jāveic precīzāka notikumu (atteižu) analīze, izmantojot matemātisko modelēšanu Aviācijas Tehnikas drošības rādītāju pamatfunkcijām kubiskās atkarības formā.

### 5.4.3 Regresijas koeficientu formulu atvasināšana tuvināšanai

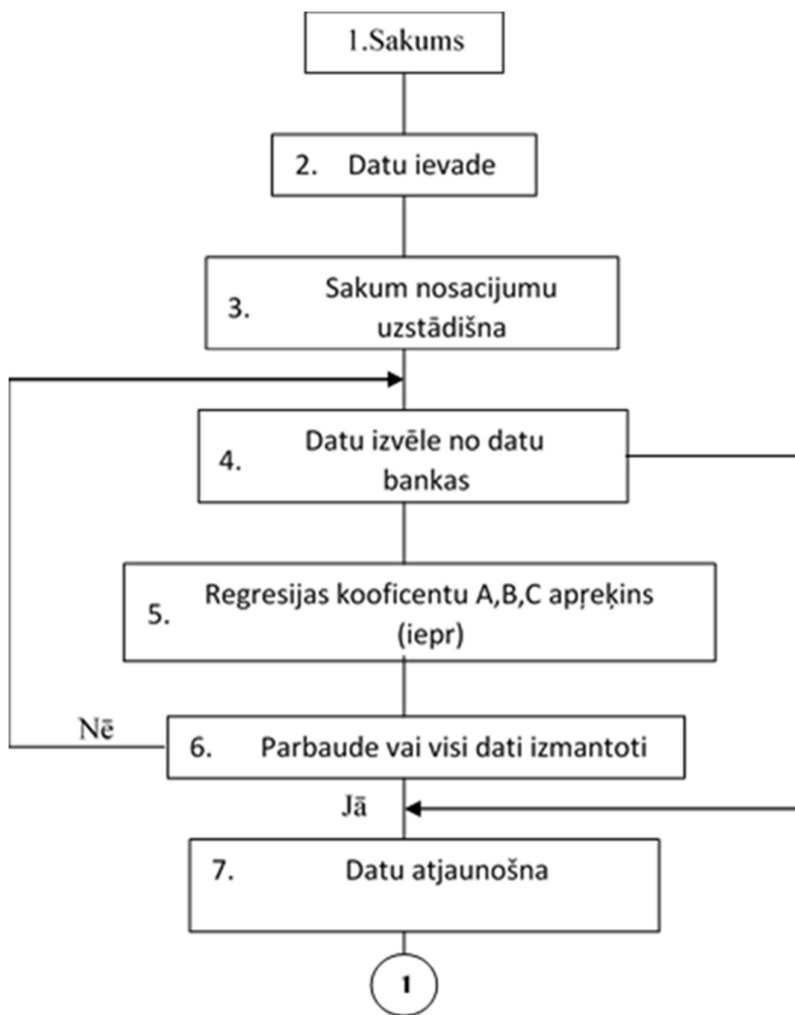
Sakarā ar to, ka tehniskajā literatūrā nav gatavu formulu regresijas koeficientu noteikšanai  $B_0, B_1, B_2, B_3$ , norādīto tuvinājumu, tad, lai atvieglotu dotās programmas algoritma izpratni ir izveidoti formulas šo koeficientu aprēķināšanai, kuras ir norādītas zemāk. Šajā gadījumā,  $Y_K$  apzīmēsim rādītāju empīriskās vērtības, bet  $\bar{Y}_K$  - ka bāzes funkciju, tad:



$$\bar{Y}_K = b_0 + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3 \quad (5.22.)$$

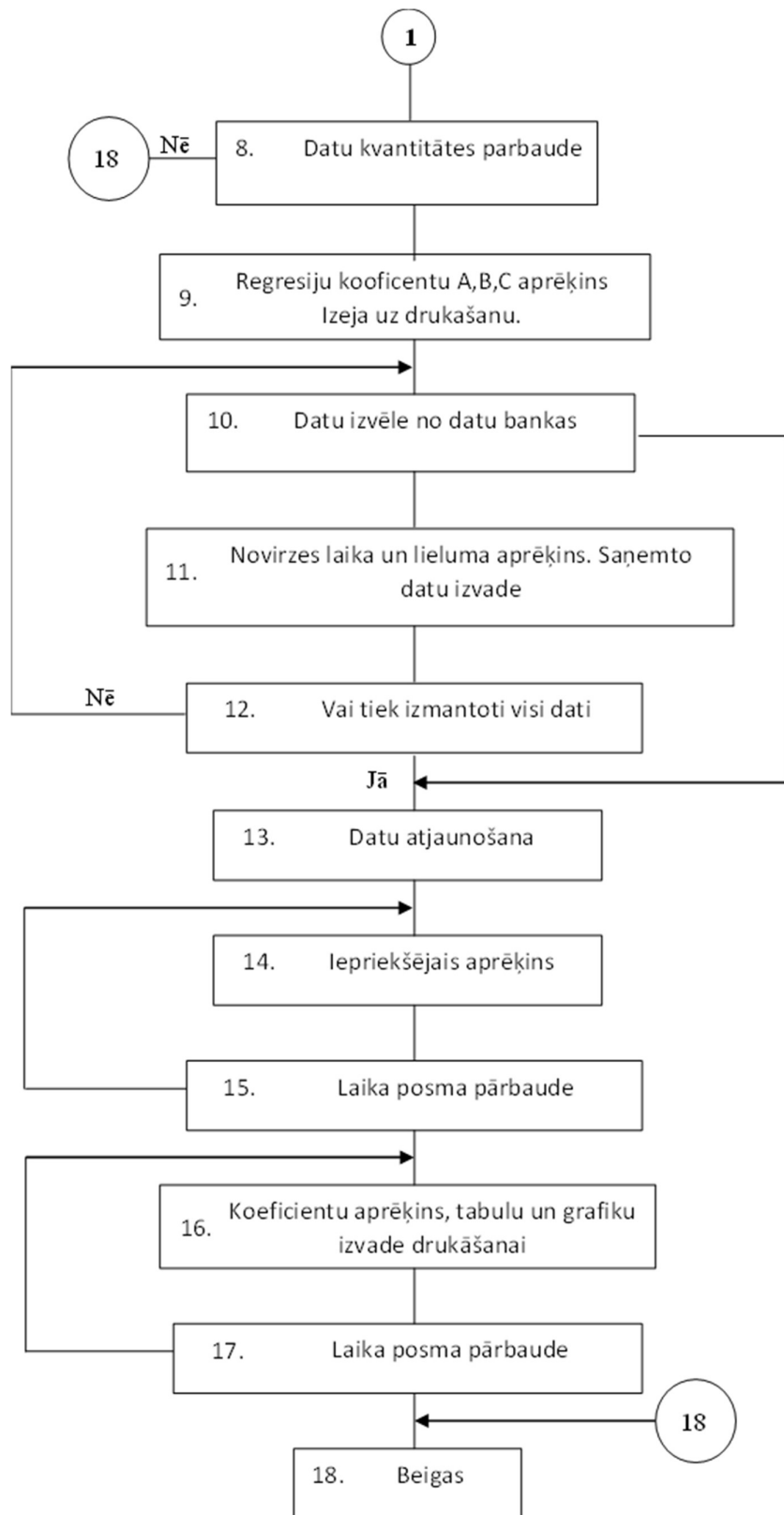
Laika intervālu informācijas vākšanai tiek apzīmēts ar  $N$ . Tas var mainīties, ņemot vērā slīdošo rādītāju metodi, no 6 līdz 15 un vairāk atkarībā no norādītajiem analīzes cikliem un prognozēšanas. Tātad :

$$\sum_{K=1}^{K=N} (Y_K - \bar{Y}_K)^2 = \sum_{K=1}^N (Y_K - b_0 - b_1t - b_2t^2 - b_3t^3)^2 \quad (5.23.)$$



5.3. att. atteižu datu apstrādes algoritms

5.3. attēla turpinājums:



5.3. att. atteiču datu apstrādes algoritms

Līdzīgi kā tas tika darīts ar lineāru tuvināšanu, uzskatīsim:

$$\frac{\partial}{\partial b_0} \sum_1^N (Y_K - \bar{Y}_K)^2 = 0; \quad \frac{\partial}{\partial b_2} \sum_1^N (Y_K - \bar{Y}_K)^2 = 0 \quad (5.24.)$$

$$\frac{\partial}{\partial b_1} \sum_1^N (Y_K - \bar{Y}_K)^2 = 0; \quad \frac{\partial}{\partial b_3} \sum_1^N (Y_K - \bar{Y}_K)^2 = 0$$

Veicot diferencējot (5.22) ņemot vērā izteiksmes (5.23.) un (5.24.), mēs ieviešam skaitlisko mainīgo apzīmējumus šādā formā:

$$\begin{aligned} \sum_1^N t_i &= A0 & \sum_1^N t_i^2 &= A1 & \sum_1^N t_i^3 &= A2 & \sum_1^N t_i^4 &= A3 & \sum_1^N t_i^5 &= A4 \\ \sum_1^N t_i^6 &= A5 & \sum_1^N t_i Y_K &= A6 & \sum_1^N t_i^2 Y_K &= A7 & \sum_1^N t_i^3 Y_K &= A8 & \sum_1^N Y_K &= A9 \end{aligned} \quad (5.25)$$

Turklāt, lai izveidotu apakšprogrammas algoritma regresijas koeficientu aprēķināšanai, mēs ieviešam šādu apzīmējumu:

$$((A2)^2 - A1) \times A3 = C0; \quad N \times (A1 - (A0)^2) = C1 \quad (5.26.)$$

Risinot (5.22.) ar izvēlētiem mainīgiem (5.25.) un (5.26.), atradīsim  $b_0$ :

$$b_0 = B0 = \frac{((A9-A0) \times B1) - (A1 \times B2) - (A2 \times B3)}{N} \quad (5.27.)$$

No (5.22.) un (5.25.) pēc transformācijām mēs noteiksim  $b_1$ :

$$b_1 = B1 = \frac{[N \times A6 - A0 \times A9 - (N \times A2 - A0 \times A1) \times B2 - (N \times A3 - A0 \times A2) \times B3]}{[N \times A1 - (A0)^2]} \quad (5.28.)$$

Līdzīgi iegūstam izteicienu priekš  $b_2$ :

$$\begin{aligned} b_2 &= B2 \\ &= \frac{[B3 \times (C0 \times N \times A3 - C0 \times A0 \times A2 - C1 \times A2 \times A4 + C1 \times A1 \times A5) + C0 \times A0 \times A9 + C1 \times A2 \times A7 - C1 \times A1 \times A8 - C0 \times N \times N6]}{(C1 \times A2 \times A3) - (C1 \times A1 \times A4) - (C0 \times N \times A2) + (C0 \times A0 + A1)} \end{aligned} \quad (5.29)$$

Matrices veidā atrodam  $b_3$ :

$$b_3 = B3 = \begin{vmatrix} N & A0 & A1 & A9 \\ A0 & A1 & A2 & A6 \\ A1 & A2 & A3 & A7 \\ A2 & A3 & A4 & A8 \\ N & A0 & A1 & A2 \\ A0 & A1 & A2 & A3 \\ A1 & A2 & A3 & A4 \\ A2 & A3 & A4 & A5 \end{vmatrix} \quad (5.30.)$$

$$B3 = \frac{N \begin{vmatrix} A1 & A2 & A6 \\ A2 & A3 & A7 \\ A3 & A4 & A8 \end{vmatrix} - A0 \begin{vmatrix} A1 & A3 & A7 \\ A2 & A4 & A8 \end{vmatrix} + A1 \begin{vmatrix} A0 & A1 & A6 \\ A1 & A2 & A7 \\ A2 & A3 & A8 \end{vmatrix} - A9 \begin{vmatrix} A0 & A1 & A2 \\ A1 & A2 & A3 \\ A2 & A3 & A4 \end{vmatrix}}{N \begin{vmatrix} A1 & A2 & A3 \\ A2 & A3 & A4 \\ A3 & A4 & A5 \end{vmatrix} - A0 \begin{vmatrix} A1 & A3 & A4 \\ A2 & A4 & A3 \end{vmatrix} + A1 \begin{vmatrix} A0 & A1 & A3 \\ A1 & A2 & A4 \\ A2 & A3 & A5 \end{vmatrix} - A2 \begin{vmatrix} A0 & A1 & A2 \\ A1 & A2 & A3 \\ A2 & A3 & A4 \end{vmatrix}}$$

Apzīmēsim  $M_i$  skaitītāja un saucēja noteicošie (5.30.), atradīsim:

$$B3 = \frac{N \times M1 - A0 \times M2 + A1 \times M3 - A9 \times M4}{N \times M3 - A0 \times M6 + A0 \times M6 + A1 \times M7 - A2 \times M4} \quad (5.31.)$$

Beigas secīgi aprēķinām regresijas koeficientus saskaņā ar programmas algoritmu  $B3 \rightarrow B2 \rightarrow B1 \rightarrow B0$ .

## 6. AR GAISA KUĢI UN TĀ EKSPLUATĀCIJU SAISTĪTO C GRUPAS DROŠĪBAS RĀDĪTĀJU NOTEIKŠANAS METODOLOĢIJU APROBĀCIJA

Darbā iegūto rezultātu pārbaudes objekti bija Latvijas aviosabiedrības ar mazu un vidēju gaisa satiksmes apjomu. Saskaņā ar autora pieņemto metodoloģiju nelabvēlīgu faktoru apkopojuma gaisakuģa tehnisko komponentu atteižu varbūtība tika aprēķināta dažādos daudzlīmeņu struktūras līmeņos, kas parādīti 4. nodaļā un 4.5. Attēlā.

Autoram bija vispilnīgākā statistika par *AVRO-RJ70* lidmašīnu tehniskajām atteicēm laika posmā no 1995. līdz 2005. gadam, ko ekspluatēja vienā no aviokompānijām. [1] Šajā periodā kopējais šāda veida lidmašīnu lidojuma laiks bija  $T_{\Sigma} = 2684217$  stundas. Saskaņā ar piedāvāto modeli daudzlīmeņu struktūras apakšējā līmeņa elementu atteices un darbības traucējumu statistika (atsevišķi faktori) visām attiecīgā gaisa kuģa funkcionālajām sistēmām (gaisa kondicionēšana, vadības, hidrauliskā sistēma, degvielas un pretapledošanas sistēmas) ) tika analizētas un aprēķinātas visu to sastāvdaļu uzticamības rādītāju kvantitatīvās vērtības: agregāti, regulatori, mezglī, krāni utt. Kvantitatīvais atteižu skaits tiek parādīts grafiska un tabulu veidā, bet lidotspējas uzticamības rādītāju izmaiņas atkarībā no darbības laika - grafiku veidā. Tajā pašā laikā atteices tiek iedalītas divās kategorijās: bīstamas un nav bīstamas. Pēc šiem datiem tika aprēķināti pašu funkcionālo sistēmu drošības rādītāji (apkopotie faktori), kas atbilst augstākajam līmenim, 4.5. Attēla funkcionālajām sistēmām, proti: 21 - kondicionēšanas sistēma; 27 - vadības sistēma; 28 - degvielas padeves sistēma; 29 - hidrauliskā sistēma; - pretapledošanas sistēma.

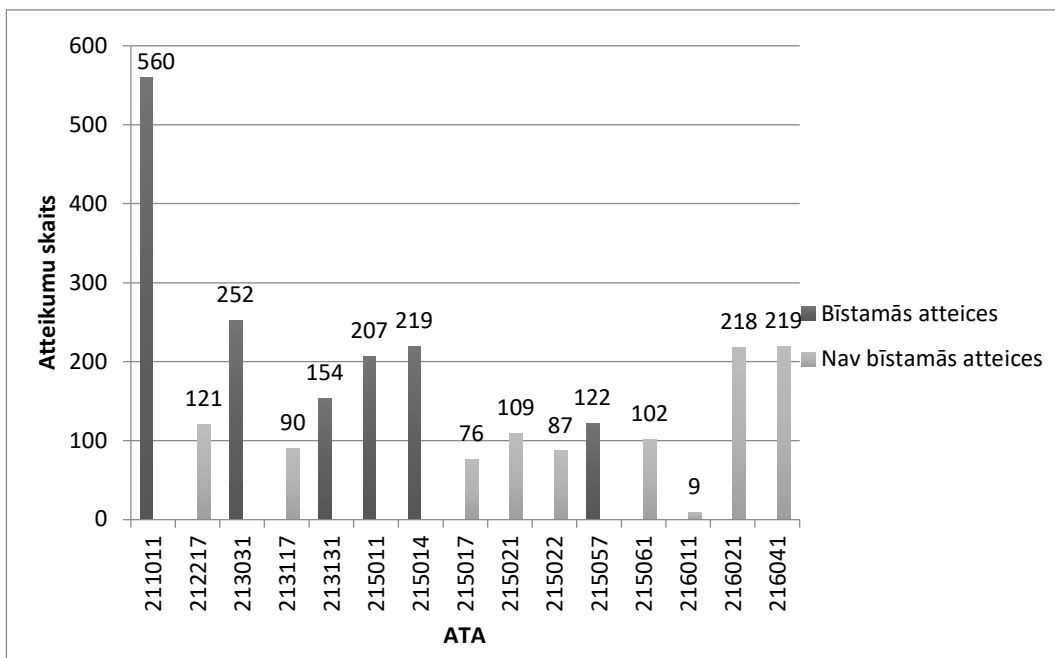
Iegūtie rezultāti ir apkopoti nomogrammās, tabulās, grafikos. Tālāk ir sniegts vienas funkcionālās sistēmas, proti, gaisa kondicionēšanas sistēmas, aprēķinu fragments, attiecībā uz citām sistēmām informācija atrodas pielikumos.

### 6.1. Kabīnes gaisa kondicionēšanas sistēmas darbības uzticamības rādītāju aprēķins

Tas būs apkopotājs faktors (Struktūras 3 līmenis, attēls. 4.5) un atsevišķie faktori: regulatori, agregāti, mezglī, krāni utt. (Struktūras 4 līmenis, attēls. 4.5).

Uz 6.1-6.9 attēlā parādīts elementu (atsevišķu faktoru) atteižu biežums analizētajā periodā. Izcelti tie komponenti, kuru atteices rada bīstamu atteižu situāciju lidojumā, atsevišķi nodalītas nebīstamās atteices, kas izraisa atteižu situācijas, nesarežģot lidojuma apstākļus.

6.1 un 6.2 attēlos aprēķināto agregātu dekodēšana parādīta 3. un 4. pielikumos. Lidotspēju uzticamības rādītāju aprēķināšanas rezultātus pēc formulas (6.1) attēlā 6.4. tiek parādīti šo vienību darbības bez traucējumiem varbūtības aprēķināšanas rezultāti.



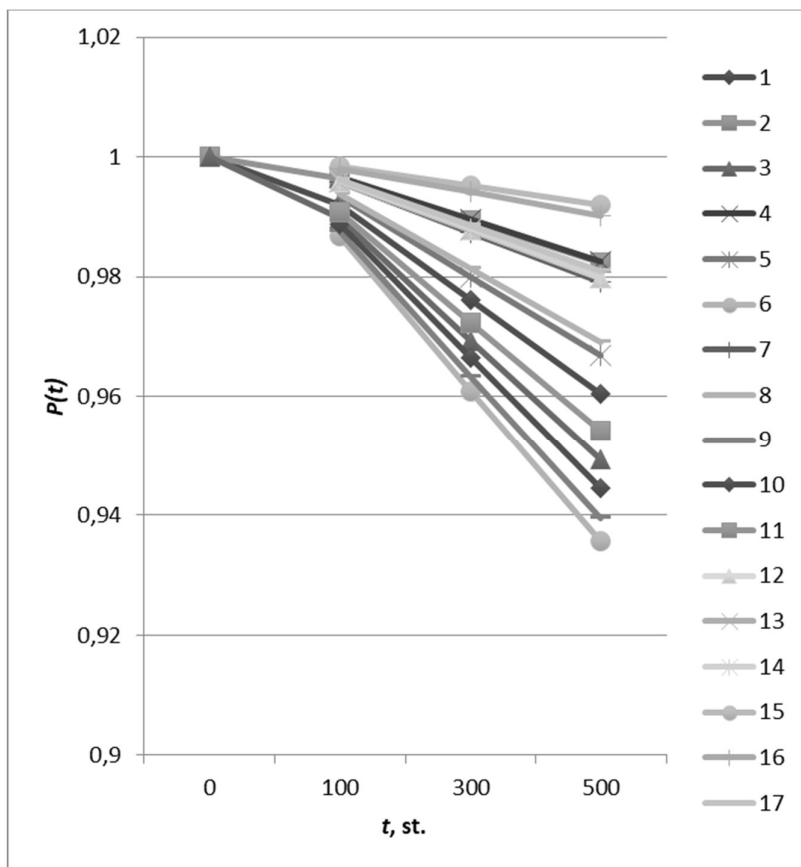
6.1. att. Gaisa kondicionēšanas sistēmas elementu atteižu skaits pētījuma periodā.

Lai novērtētu sistēmas vienību drošas darbības iespējamību, tika izvēlēti agregāti ar lielāko absolūto atteižu skaitu. Attēlā izceltie tie komponenti (vienības), kuru atteice lidojumā rada sarežģītu atteižu situāciju.

Tādā pašā veidā tika aprēķinātas visu iepriekšminēto funkcionālo sistēmu darbības bez atteižu varbūtības:

- 21 – kondicionēšanas sistēma;
- 27 – vadības sistēma;
- 28 – degvielas padeves sistēma;
- 29 – hidrauliskā sistēma;
- 30 – pretapledošanas sistēma.

Aprēķinu rezultāti parādīja un identificēja vismazāk uzticamo no tiem. 6.3. un 6.4. attēlā redzams to grafiskais attēlojums.

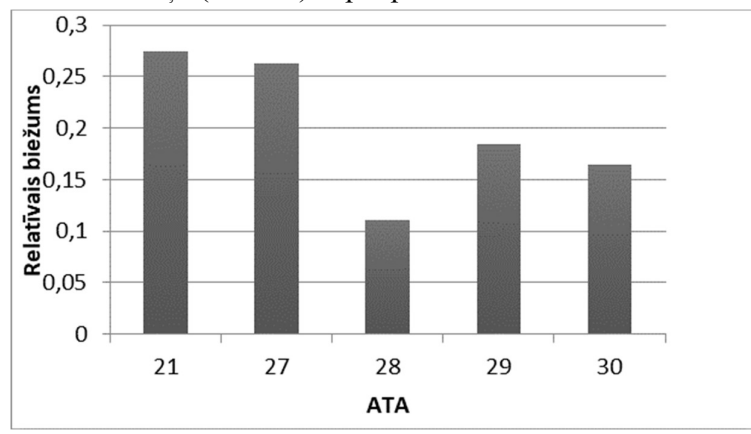


6.2. att. Gaisa kondicionēšanas sistēmas atsevišķu komponentu bezatteices darbības varbūtība.

6.2. attēlā tumšākas līnijas attiecas uz komponentiem, kuru atteice lidojumā rada sarežģītu atteices situāciju.

Gaisa kondicionēšanas sistēmas atsevišķu komponentu atšifrējums pielikumā 4. Gaisa kondicionēšanas sistēmas atsevišķu komponentu atšifrējums.

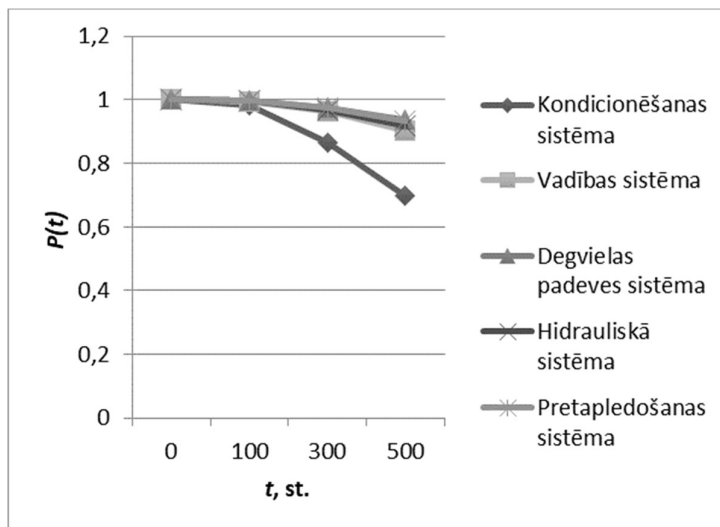
Līdzīgi bezatteices darbības varbūtības aprēķini pētījuma periodā tika veikti piecām funkcionālam sistēmām 3 līmeņa (6.3. att.). Apkopotie rezultāti redzami 6.4. un 6.5. attēlā.



6.3. att. Lidmašīnu bezzatieces sistēmu varbūtība

Kur:

- 21– kondicionēšanas sistēma;
- 27– vadības sistēma;
- 28– degvielas padeves sistēma;
- 29– hidrauliskā sistēma;
- 30– pretapledošanas sistēma.



6.4. att. Lidmašīnas *AVRO-RJ70* funkcionālu sistēmu bezatteices darbības varbūtības

Grafikā redzams, ka nedrošākā sistēma ir (drošuma paaugstināšanas kārtībā):

- gaisa kondicionēšanas sistēma;
- gaisa kuģa vadības sistēma;
- hidrauliskā sistēma;
- pretapledošanas sistēma;
- degvielas padeves sistēma.

Pamatojoties uz veiktajiem pētījumiem, tika identificēti vismazāk uzticamie pētāmo sistēmu komponenti. Saskaņā ar standartiem atsevišķa atteice, kas nav izcelta tumšā krāsā, izraisa atteices situāciju, nesarežģot lidojuma apstākļus (ASBLAS), atzīmētas ar tumšāko krasu izraisa atteices situācijas ar lidojumu apstākļu sarežģījumiem (ASLAS). Divu vai vairāku komponentu vienlaikus atteices rada ārkārtas atteices situācijas (AAS).

Veiktie aprēķini ir pamats, lai novērtētu kopējo risku lidmašīnas lidojumu beigšanas varbūtību ar incidentu, kad lidojumā tehniskais faktors izpaužas lidojuma laikā.

## 6.2. Aviokompānijas ekspluatēto gaisa kuģu darbības lidotspējas uzticamības rādītāju regresijas (korelācijas) analīze

Balstoties uz iepriekš aprakstītajiem gaisakuģa gaisa kondicionēšanas sistēmas darbības lidotspējas uzticamības rādītāju aprēķiniem, tika veikta arī to regresīvā (korelācijas) analīze.

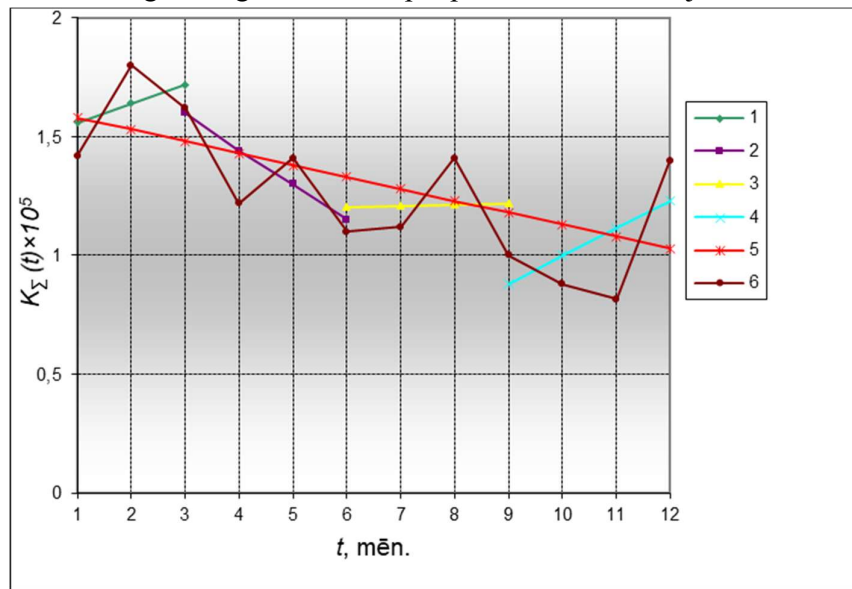
Tam bija nepieciešams atrast funkcijas  $K(t_i)$ , kas aproksimē skaitlisko vērtību kopumu. Parasti izlīdzināšanas funkciju raksturo  $m$  pakāpes polinoms:

$$K_t = a_0 + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_m t^m, \quad (6.1.)$$



kur  $a, b$  – izlīdzināšanas funkcijas koeficienti.

Kā aprakstīts iepriekšējā nodaļā, tika iegūti regresijas (korelācijas) analīzes matemātiskie koeficienti  $a, b$  – izlīdzināšanas funkcijas koeficienti, kas nosaka lineārās aproksimācijas funkciju pētāmajam gadījumam. Aprēķināts kopējo atteicu komponentu skaits  $y = K(t_i)$  gaisa kondicionēšanas sistēmai visā flotē pa mēnešiem, veicot statistisko datu apstrādi. (6.5. att.). Saskaņā ar aprakstīto metodiku un grafiku izlīdzināšanas funkcijas  $K(t_i)$  tiek apzīmētas pa ceturkšņiem un gadu. Kā redzams grafikā, izlīdzināšanas funkcija monotoni samazinās gada laikā  $K(t)$ . Tas liecina par labvēlīgu mainīgās tendences  $K(t)$  attīstību. Tomēr ceturkšņa analīze rāda, ka šis viedoklis neatbilst realitātei, jo rādītājs  $K(t)$  otrajā ceturksnī samazinājās, bet tā vērtība strauji pieauga trešajā un it īpaši pirmajā un ceturtajā ceturksnī. Iegūtie rezultāti apstiprina, ka, izmantojot šo metodiku, ir iespējams savlaicīgi veikt pasākumus, lai uzlabotu gaisakuģu tehniskās apkopes kvalitāti un lidojumu drošību.



6.5. att. Gaisa kondicionēšanas sistēmas atteicu skaita izmaiņas pēc apkopes periodiem.

$$\begin{aligned}
 1 - K_{1 \text{ cetr}}(t) &= 1,48 + 0,08t; \\
 2 - K_{2 \text{ cetr}}(t) &= 1,59 - 0,15t; \\
 3 - K_{3 \text{ cetr}}(t) &= 1,2 + 0,002t; \\
 4 - K_{4 \text{ cetr}}(t) &= 0,89 + 0,12t; \\
 5 - K_{\Sigma \text{ gads}}(t) &= 1,63 - 0,05t; \\
 6 - K_{\Sigma};
 \end{aligned}
 \tag{6.2}$$

### 6.3. Atteices situāciju lidojumā bīstamības pakāpes novērtējums ar nelabvēlīga lidojumu izbeigšanas iznākumu risku

Risks pārtraukt lidojumu ar nelabvēlīgu iznākumu būs vienāds ar:

$$R = \sum_0^5 \eta_i ((n_i / T_i)) \quad (6.3.)$$

Tālāk pārādīts algoritms lai novērtētu risku pabeigt lidojumu ar nelabvēlīgu iznākumu  $R$   
Visu statistisko informāciju jāieved tabulā.

6.1. tabula

Kārtas numurs $i$	Notikuma tips (atteices situācijas tips)	Katastrofas varbūtība $\rho_i$	Kontrolējamie notikumi $n_i$ (tips $i$ )	$T$
1	ASBLAS	$\eta_{TASBLAS} = 10^{-5}$	$n_{ASBLAS}$ – ASBLAS skaits	Lidojumu drošības nolidojums kontroles perioda stundas
2	ASLAS	$\eta_{TASLAS} = 10^{-4}$	$n_{ASLAS}$ – ASLAS skaits	
3	SAS	$\eta_{TASAS} = 10^{-3}$	$n_{SAS}$ – SAS skaits	
4	AAS	$\eta_{TAAS} = 10^{-1}$	$n_{AAS}$ – AAS skaits	
5	KAS	$\eta_{TKAS} = 10^0$	$n_{KAS}$ – KAS skaits	

Dažādu bīstamības līmeņu kontrolējamo atteižu situāciju skaits tiek noteikts, pamatojoties uz normatīvajos dokumentos norādītajiem atteižu situāciju kritērijiem un šī gaisakuģa tehniskajā dokumentācijā noteiktajiem dažādu līmeņu īpašo atteižu seku analīzēm (6.1. tab.). Analizējot katru jebkura gaisakuģa komponenta atteici, pamatojoties uz tehnisko dokumentāciju, ir iespējams identificēt atteices situācijas un novērtēt to skaitu noteiktā laika periodā  $T$  (nolidojums stundas konkrētā lidojumu drošības kontroles intervālā).

To var pierādīt, izmantojot jau iepriekš apskatīto gaisakuģa gaisa kondicionēšanas sistēmas piemēru. Šī funkcionālā sistēma lidojuma laikā nodrošina gaisakuģa patērētājam – pasažieriem un apkalpei – vitāli svarīgas funkcijas.

Tātad – patērētājam tā ir svarīga dzīvības uzturēšanas sistēma. Gaisa kondicionēšanas sistēmas (GKS) lietošanas instrukcijā ir noteiktas konkrētas normatīvās prasības.

Kabīnes un salona gaisa spiediena  $P_K$  attiecība pret pieļaujamā spiediena vērtību  $P_{K, \text{piel}}$

- $P_K > P_{K, \text{piel}}$ . (pārspiediens). Saskaņā ar lidojuma rokasgrāmatu šādos gadījumos ir jāizslēdz salona spiediena paaugstināšana (gaisa spiediena cirkulācijas kompresors), nepieciešama ārkārtas augstuma samazināšana un, ja gaisakuģis neparedz salona ventilāciju zemā augstumā no gaisa pretimnakošas ieplūdes plūsmas, nosēšanās tuvākajā rezerves lidlaukā. **Saskaņā ar standartizētajām pazīmēm (6.1. tab.) šī būs ārkārtas atteices situācija (AAS).**
- $P_K < P_{K, \text{piel}}$ . (dehermetizācija). Šajā stāvoklī nav nepieciešams ieslēgt spiedienu, tāpēc apkalpe, kas ir ieņēmusi lidojuma līmeni drošā augstumā no pieļaujamā spiediena viedokļa,

var turpināt lidojumu tik ilgi, cik tās nepieciešams. **Saskaņā ar standartizētajām pazīmēm tā būs sarežģīta atteices (SAS) situācija.**

- c)  $(dP_k/dt) > (dP_k/dt)_{\text{pieļ.}}$ . Parasti šis stāvoklis rada spiediena samazināšanos, tas nozīmē – izraisa ārkārtas atteices situāciju (AAS).

Pēc statistikas 15 atteices situācijās, kas saistītas ar šo funkcionālo sistēmu pārraudzītajā periodā, deviņos gadījumos tika novērots spiediena pieaugums spiedienam pakļautajā salonā, kad nebija iespējama sistēmas parametru normalizēšana. Spiediena kabīnes parametru ārpus normatīviem parasti izraisa vadības vārsta atteice un vārsta palikšanā atvērtā stāvoklī. Tā rezultātā lidmašīnas veica neplānotu piespiedu nosēšanos, kas saskaņā ar atteices situāciju kritērijiem ir ārkārtas atteices situācija (AAS). Pārējos piecos gadījumos cēlonis tam, ka iedarbojās augstas temperatūras sensori, bija: gaisa radiatora sagrūšana; karstā gaisa cauruļvadu bojājumi; četros no iepriekš minētajiem gadījumiem apkalpe bija spiesta izslēgt gaisa padevi no dzinējiem, kas atbilst sarežģītai atteices situācijai (SAS).

Tātad, zinot atteižu skaitu un kvalitāti, kā arī atbilstošās lidojuma stundas, var novērtēt katra atteices stāvokļa  $\rho_i$  sastopamības biežumu vienā lidojuma stundā:

$$\rho_i = n_i/T_i \quad (6.4.)$$

kur:  $n_i$  – atbilstošo atteižu situāciju skaits lidojumā;  $T_i$  – nolidojuma stundas.

#### **6.4. Piramīdas metode atteižu situāciju bīstamības pakāpes kvantitatīvai novērtēšanai, kad lidojuma laikā rodas tehniski nelabvēlīgi faktori**

Lai praktiski novērtētu lidojuma drošības līmeni, izmantojot  $C$  grupas rādītājus, kas saistīti ar aviācijas tehnikas ekspluatāciju, autors izmantoja 1.nodaļā aprakstīto piramīdas metodi, lai kvantitatīvi novērtētu atteižu situāciju bīstamības pakāpi, kad lidojuma laikā rodas tehniski nelabvēlīgi faktori, izmantojot aviācijā pieņemto nevēlamo notikumu klasifikāciju: K- Katastrofālā situācijā; AABCU - Aviācijas atgadījumi bez cilvēku upuriem; BI - Bīstamu incidents; I - Incidents.

Tos var attēlot arī kā daudzlīmeņu struktūru (4.6. attēls):

- katastrofas līmeni (K);
- aviācijas atgadījumu bez cilvēku upuriem (AABCU) līmeni;
- bīstamu incidentu (BI) līmeni;
- incidentu (I) līmeni.

Saskaņā ar vispārpieņemto attiecības koeficientu:

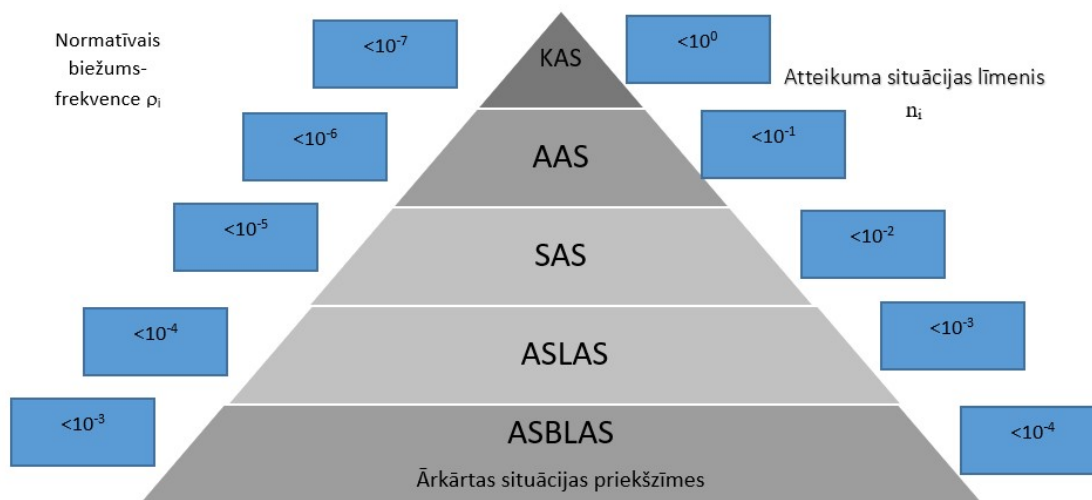
$$n_k : n_A : n_{si} : n_i = 1 : 10 : 30 : 600, \quad [6.5]$$

kur:  $n_k$  – katastrofu skaits;  $n_A$  – ārkārtas (avārijas) situāciju skaits;  $n_{si}$  – nopietnu aviācijas incidentu skaits;  $n_i$  – aviācijas incidentu skaits.

Analizējot šo 6.5. attiecību un 6.6. attēlu, var secināt:

- daudz augstāka līmeņa notikumu seku smagums vienmēr ir augstāks nekā zemāka līmeņa notikumu smagums;
- nevēlama notikuma attīstības process visbiežāk notiek no mazāk bīstamiem notikumiem līdz bīstamākiem notikumiem;
- katrā bīstamākā notikumā ar lielu varbūtību bija notikuši mazāk bīstami notikumi – priekšzīmes (prekursori).

Piramīdas modelī lidojuma drošības līmeņa novērtēšanai to attēlo nevis kā notikušu nelabvēlīgu notikumu attiecību, bet gan kā lidojuma atteižu situāciju frekvences (biežuma) un smaguma attiecību aprēķinātajā periodā.



6.6. att. Atteižu situāciju, kas notiek lidojumā, iespējamās attīstības piramīda.

$$N_{KAS} : N_{AAS} : N_{SAS} : N_{ASLAS} : N_{ASBLAS} = 10^0 : 10^{-1} : 10^{-2} : 10^{-3} : 10^{-4}, \quad (6.6.)$$

kur:  $N_{KAS}$  – katastrofālu atteices situāciju skaits;

$N_{AAS}$  – avārijas atteices situāciju skaits;

$N_{SAS}$  – sarežģītu atteices situāciju skaits;

$N_{ASLAS}$  – atteices situāciju skaits ar sarežģītiem lidojuma apstākļiem;

$N_{ASBLAS}$  – atteices situāciju skaits bez sarežģītiem lidojuma apstākļiem.

Tādējādi pārejam no lidojuma drošības līmeņa, ko nosaka nelabvēlīgu notikumu skaits pārskata periodā, uz vispārēja riska varbūtību  $R$ , ko nosaka visu risku summa – atteices situācijas lidojuma laikā.

Ņemot vērā 6.6. attiecības (6.6), pieņemot tas skaitliskās vērtības un pieņemot, ka svāra koeficienti  $\lambda_i$ , kas nosaka ieguldījumu katrā riska situācijā, apkopota riska  $R$  par noteikto nolidojumu, izriet:

$\lambda_{KAS}$  – katastrofālas atteices situācijas svāra koeficients –  $10^0$ ;

$\lambda_{AAC}$  – avārijas atteices situācijas svāra koeficients –  $10^{-1}$ ;

$\lambda_{AS}$  – sarežģītas atteices situācija svāra koeficients –  $10^{-2}$ ;

$\lambda_{ASLAS}$  – atteices situācijas ar sarežģītiem lidojuma apstākļiem svāra koeficients –  $10^{-3}$ ;

$\lambda_{ASBLAS}$  – atteices situācijas bez sarežģītiem lidojuma apstākļiem svāra koeficients –  $10^{-4}$ .

Skaitliskas vērtības  $\lambda_i$  var noteikt, izmantojot matemātiskās metodes. Tomēr vispiemērotākais veids, kā noteikt kvantitatīvo koeficientu, ir statistiskais novērtējums. Tas tiek darīts, nosakot pārejas biežumu no ārkārtas situācijām uz sarežģītām situācijām vai no sarežģītiem lidojuma apstākļiem līdz katastrofālām situācijām. Lai to izdarītu, ir jāzina dažāda veida atteices situāciju skaita absolūtās vērtības, kas radušās norādītajā periodā, kā arī to atteižu skaits, kas izraisīja atteices situācijas.

Tad vispārējo riska līmeni, lidojumu riska līmeni  $R$  kā neatņemamu atteižu situāciju riska novērtējumu vienā lidojuma stundā nosaka formula:

$$R = (N_{KAS}\lambda_{KAS} + N_{AAS}\lambda_{AAS} + N_{SAS}\lambda_{SAS} + N_{ASLAS}\lambda_{ASLAS} + N_{ASBLAS}\lambda_{ASBLAS}) = \Sigma(Ni\lambda_i) \quad (6.7.)$$

vai

$$R = \Sigma(Ni\lambda_i) \quad (6.8.)$$

Formula izmantota, lai novērtētu pārejas varbūtību no anormālas situācijas uz katastrofisko situāciju atteices dēļ vienā lidojuma stundā. Informācija par konkrētām situācijām risku novērtēšanai aviokompānijā ļauj izveidot sava veida riska skalu. Veidojot riska skalu, tiek pieņemts, ka visas tās iespējamās vērtības ir diapazonā no „0” līdz „1”, kas nozīmē apakšējo un augšējo robežu. Šādu skalu var izmantot, lai matricas veidā novērtētu konkrētu situāciju (6.2. tab.).

6.2. tabula

Riska matrica

		Atteices situāciju seku smagums				
		Niecīgs (BLAS)	Nenožīmīgs (ASLAS)	Nožīmīgs (SAS)	Bistams (AAS)	Katastrofisks (KAS)
Notikuma varbūtība	<b>Biežs</b> $\rho_i \leq 10^{-3}$	Pakļauts analīzei	Nav pieņemams	Nav pieņemams	Nav pieņemams	Nav pieņemams
	<b>Iespējams</b> $\rho_i \leq 10^{-4}$	Pakļauts analīzei	Pakļauts analīzei	Nav pieņemams	Nav pieņemams	Nav pieņemams
	<b>Mazs iespējams</b> $\rho_i \leq 10^{-5}$	Pieņemams	Pakļauts analīzei	Pakļauts analīzei	Nav pieņemams	Nav pieņemams
	<b>Ļoti Mazs iespējams</b> $\rho_i \leq 10^{-6}$	Pieņemams	Pieņemams	Pakļauts analīzei	Pakļauts analīzei	Nav pieņemams
	<b>Praktiski nav iespējams</b> $\rho_i \leq 10^{-7}$	Pieņemams	Pieņemams	Pakļauts analīzei	Pakļauts analīzei	Pakļauts analīzei

Tomēr šāda riska skala periodiski jāpārklasificē, jo faktiskās vērtības  $\lambda_i$  nosaka noteiktā laika posmā sasniegtais lidojuma drošības līmenis, kas laika gaitā mainās.

Promocijas darbā pieņemts nosacījums, ka vidēja apjoma aviokompānijai, kas ir šī pētījuma objekts, relatīvo lidojuma drošības rādītāju ar pietiekamu precizitāti relatīvā lidojuma drošības indeksa veidā analizētajam periodam var aprēķināt, izmantojot formulu:

$$K = \{(1 - N_{NG})/A\} \times 100 \% \quad (6.9.)$$

$$K = N \setminus N_{NG}, \quad (6.10.)$$

kur:  $N_{NG}$  – normatīvajos dokumentos klasificēto negatīvo notikumu kopskaits, kā arī esošās standarta (norādīto) parametru neatbilstības un pārkāpumi, aprīkojuma darbības traucējumi un citi notikumi, kas neietilpst 6.6. attēlā parādītajā notikumu piramīdā;

$A$  – aviokompānijas gaisakuģa nolidojums pētījuma periodā.

Koeficienta nosacījums  $K$ :  $K < 1$ .

Lai paaugstinātu relatīvo lidojuma drošības līmeni, tiek ieviests kritērija mēroga koeficients:

$$M = 10^5 \quad (6.11.)$$

$N_{NG}$  aprēķina pēc šādas formulas:

$$N_{NG} = K_1 N_{KAS} + K_2 N_{AAS} + K_3 N_{SAS} + K_4 N_{ASLAS} + K_5 N_{ASBLAS} = \sum N_i K_i, \quad (6.12.)$$

kur  $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$  – negatīvo notikumu svāra koeficienti.

Svāra koeficientus ( $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5$ ) nosaka pēc ekspertu metodes, kas izklāstīta 3. nodaļā. Praktiskai lietošanai paredzēts izmantot šādas vērtības:

$$K_1 = 0,5; K_2 = 0,3; K_3 = 0,1; K_4 = 0,05; K_5 = 0,005 \quad (6.13.)$$

Vērtību aizstājot no 6.13. un 6.12. vienādojumiem, ievietojot 6.9. vienādojumā, iegūst:

$$K = (0,5N_{KAS} + 0,3N_{AAS} + 0,1N_{SAS} + 0,05N_{ASLAS} + 0,005N_{ASBLAS}) \times 10^5 / A \quad (6.14.)$$

Relatīvo lidojuma drošības indeksu analizētajā periodā nosaka pēc formulas:

$$K = \{(1 - N_{NG})/A\} \times 100 \% \quad (6.15.)$$

Relatīvais lidojuma drošības indekss  $K$  noteiktā laika posmā ir vienkāršs un saprotams.

Šis indekss ņem vērā aviokompānijas noslodzi, visus nelabvēlīgos notikumus aviokompānijā un atspoguļo lidojuma drošības līmeni [36, 40, 47, 48].

## 6.5 Gaisa kuģa tehniskās apkopes novērtējuma ietekmes uz ekspluatācijas drošības rādītājiem

Lai pārietu no lidotspējas uzticamības novērtējumu uz lidojuma drošības novērtējumu, ir jāņem vērā atteices un darbības traucējumi, kas rodas lidojumā un/vai atklāti tehniskās apkopes laikā, iedalot tos atsevišķās grupās A, B, C un nosakot katras grupas ietekmi uz lidojuma drošības indikatoriem. Saskaņā ar iepriekšminēto metodiku tika iegūti aprēķini – ceturkšņa regresijas koeficienti A, B, C; A + B + C; gada regresijas koeficienti; dispersijas un standarta novirzes gadā; ceturkšņa rādītāji; ceturkšņa tendences; ceturkšņa tendenču izmaiņu temps; gada rādītāji un to prognoze; gada tendences un to prognoze; gada tendenču izmaiņu tempi un to prognoze. Pamatojoties uz saņemtajiem datiem, mēs tos sīkāk analizēsim iegūtos grafikos.

### 6.5.1 Drošības rādītāju pamatfunkciju izmaiņu grafika analīze

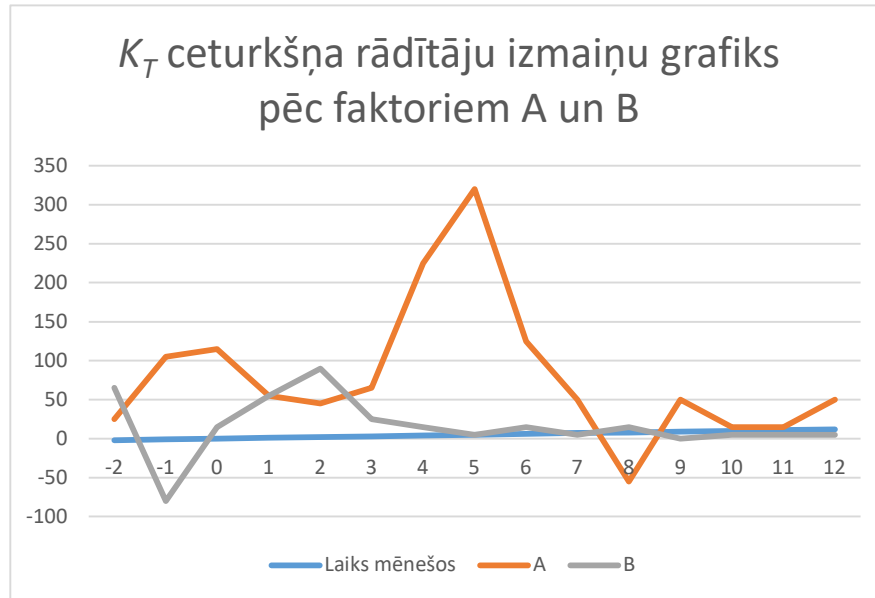
6.7. un 6.8. attēlā redzami pamatfunkciju izmaiņu grafiki atkarībā no rādītājiem pa ceturkšņiem, kas veidoti, ņemot vērā slīdošo rādītāju metodi, t. i., ņemot vērā iepriekšējā ceturksnī notikušos notikumus. Tad datu masīvs aptvers notikumus (atteices), kas 182–184 dienās notika visā šāda tipa lidmašīnu flotē, ņemot vērā visu 22 tehnisko sistēmu un katra gaisakuģa komponentu atteices (lidaparāta, dzinēju, šasijas, degvielas, atteicas aviācijas radio aprīkojumā un navigācijas aprīkojumā utt.).

Tik liels datu apjoms par sešiem mēnešiem faktiski ļauj izmantot parasto sadales likumu un standarta metodes gadījuma vērtības pētīšanai.

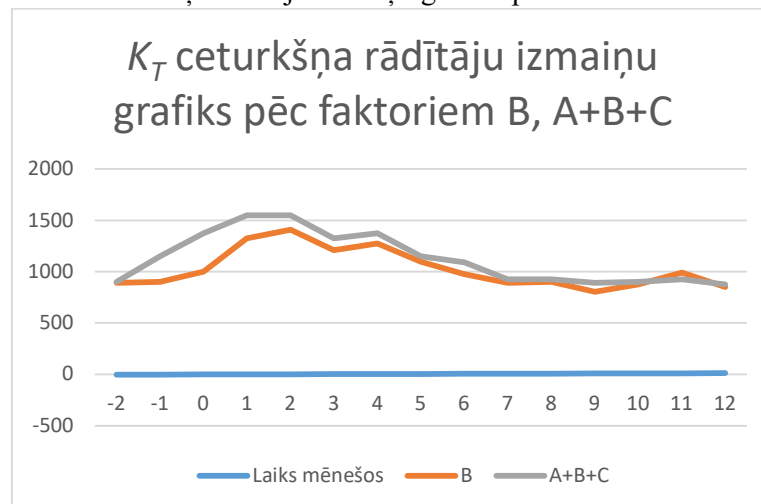
Slīdošo rādītāju klātbūtne ir nepieciešama, lai aprēķinātu regresijas koeficientus apskatāmajā ceturksnī. Tāpēc faktiskā parametru maiņa  $K_T(A)$ ,  $K_T(C)$ ,  $K_T(B)$  un  $K_T(A,B,C)$  attēlota diagrammās tikai par šo ceturksni (bez iepriekšējā ceturkšņa vērtībām).

Kopējais grafiks  $K_T(A,B,C)$  par gadu kopumā liecina par gaisakuģu vienmierīgu atteižu samazināšanos no janvāra līdz septembrim ar nelielu pieaugumu gada beigās. Tomēr cilvēka loma šo atteižu gadījumā nav viennozīmīga. Saskaņā ar cilvēka faktoru A parametra  $K_T(A)$  izmaiņas pasliktinās līdz maijam, pēc tam notiek uzlabošanās līdz rudenim, pēc tam atkal sāk augt A faktora klātbūtne un komponentu atteižu skaits.

Tādējādi ir jāveic inženiertehniskā un sociālā analīze par tehniskā personāla darba pasliktināšanās iemesliem šajos periodos. To var izdarīt, izmantojot rādītāju izmaiņu tendences grafikus, to izmaiņu likmi, kā arī materiālus no citām šī darba nodaļām.



6.7.att. ceturkšņa rādītāju izmaiņu grafiks pēc faktoriem A un B.



6.8.att.  $K_T$  ceturkšņa rādītāju izmaiņu grafiks pēc faktoriem: B, A + B + C.

No 6.9. attēla grafika  $\theta(A, t)$  izriet, ka no janvāra līdz aprīļa beigām tendence ir pozitīva un negatīvākie darba rezultāti ir martā, kad notiek maksimāls tendences pasliktināšanās paātrinājums, kā redzams 6.10. attēla grafikā  $\dot{\theta}(A, t)$ . Pēc septītā mēneša rādītājs turpināja

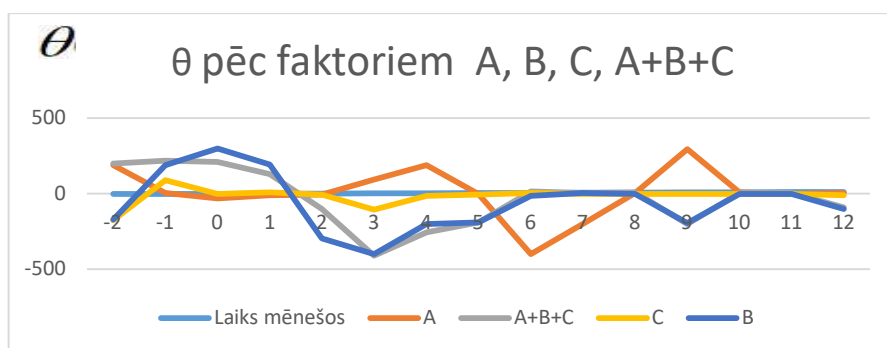
samazināties, taču šī krituma tendence pasliktinās, kas izraisa  $\theta(A, t)$  pieaugumu ar mazāku paātrinājumu  $\dot{\theta}(A, t)$ , kas no devītā mēneša atkal uzrāda strauju kritumu. Līdzīgu pamatojumu var izteikt, analizējot statistikas materiāla apstrādes rezultātus par gaisakuģa atteicēm un darbības traucējumiem, kas veikti atsevišķām gaisakuģu sistēmām un aprikojumam.

6.11. attēlā ir redzamas gaisakuģu flotes elektroiekārtu lidojuma drošības grafika rādītājā izmaiņas ņemot vērā koeficientus A un B. No šiem grafikiem, kā arī no 6.7. un 6.8. attēla grafikiem izriet svarīga savstarpēji saistīta likumsakarība, tajos redzamas izmaiņu tendences un to ātrums pa ceturkšņiem atkarībā no faktoriem A un B. Drošības rādītāju tendences  $\theta(A, t)$  un  $\theta(B, t)$ , to ātrumi  $\dot{\theta}(A, t)$  un  $\dot{\theta}(B, t)$  mainās saskaņā ar periodisko likumu, fāzes nobīdes tendencēm  $\theta(A, t)$  un  $\theta(B, t)$  un tendenču ātrumiem  $\dot{\theta}(A, t)$  un  $\dot{\theta}(B, t)$  dažos gadījumos var sasniegt vērtības  $P/2$  un  $P$  attiecīgi. Šie dati norāda, ka personāla darba kvalitātes pasliktināšanās vēlāk izraisa iekārtu atteices. Tādējādi ir identificēts procesa nemonofoniskais lidojumu drošības parametru  $\theta(A, t)$  un  $\dot{\theta}(A, t)$  maiņas raksturs, ja to ietekmē A faktors. Aptuveni to var uzskatīt par kvaziperiodisku procesu. Turklāt pat ikmēneša viena veida ražošanas uzdevumi neizraisa pāreju uz kvazimonotonisku plūsmu.

No šiem grafikiem izriet arī tas, ka tehniskā koeficienta B drošības rādītāju pamatfunkciju parametru maiņas process nav monotons. Šeit procesu apraksta arī tendenču parametru kvaziperiodiskās funkcijas  $\theta(B, t)$  un tās ātruma funkcija  $\dot{\theta}(B, t)$ . Tomēr līknēm ir fāzes nobīde attiecībā pret līdzīgām līknēm, kas apraksta parametrus  $\theta(A, t)$  un  $\dot{\theta}(A, t)$ , ja uz to ietekmē A faktors. Fāzes nobīde ir negatīva: ir kavēšanās un parametru funkciju izmaiņas  $\theta(B, t)$  un  $\dot{\theta}(B, t)$ , ja to ietekmē B faktors, salīdzinot ar līdzīgām funkcijām  $\theta(A, t)$  un  $\dot{\theta}(A, t)$ , ko ietekmē A faktors. Tas liecina par saikni starp tehniskās apkopes organizāciju un gaisakuģi apakšsistēmā „gaisakuģis– tehniskās apkopes organizācijā”. Tādējādi, ja tehniskās apkopes organizācijas vadībai būtu iespēja pastāvīgi izmantot piedāvāto metodiku un savlaicīgi veikt šī perioda notikumu inženiertehnisko un sociālo analīzi, lai novērtētu cēloņus, kas varētu izraisīt šādu tendences izmaiņu modeli, tad būtu iespējams operatīvi ietekmēt ražošanas procesa gaitu, lai novērstu nekontrolējamas izmaiņas aviācijas tehnoloģiju drošības rādītājos, kas pašlaik notiek.

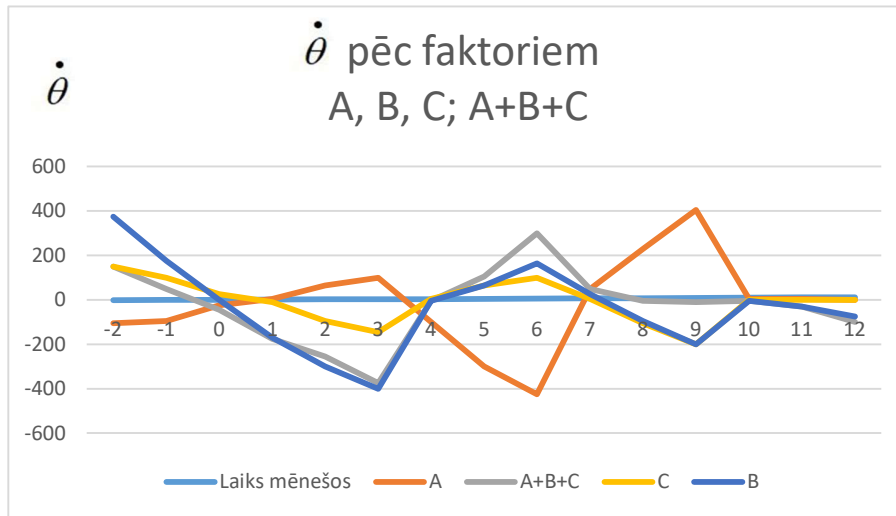
### Gada rādītāju ceturkšņa tendenču diagramma

Pēc faktoriem A, B, C; A + B + C



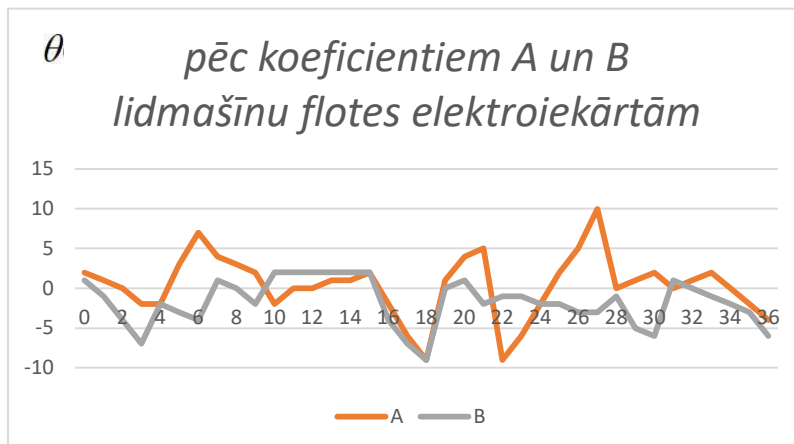
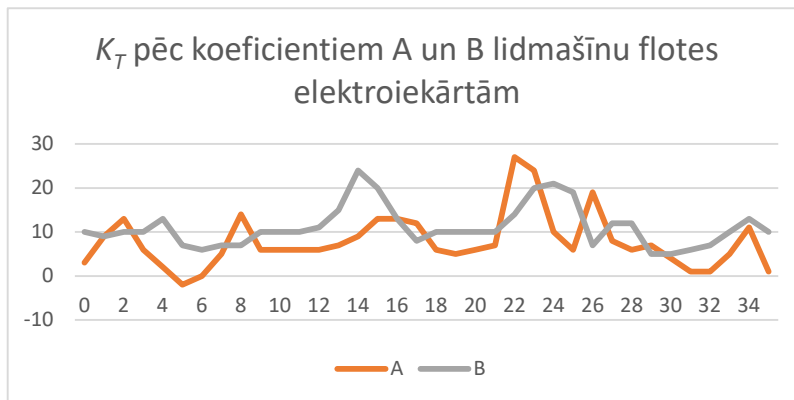


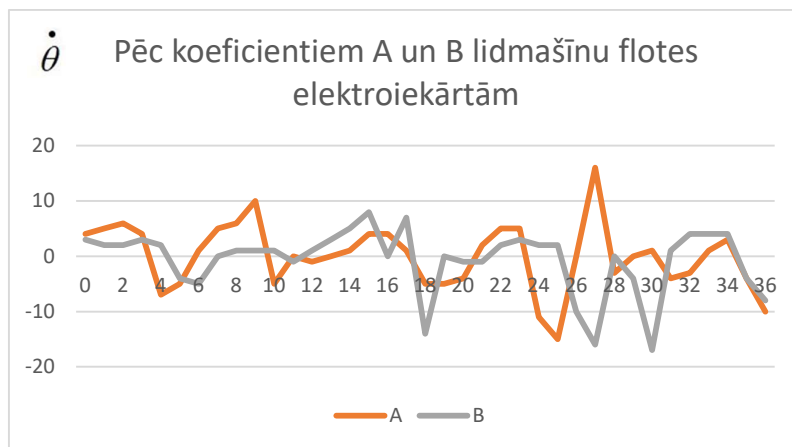
6.9. att. Ātruma tendenču rādītāju izmaiņas ceturkšņu grafiks pēc faktoriem A, B, C, A + B + C.



6.10. att.  $\theta$  tendences.

Lidmašīnu flotes elektroiekārtu lidojuma drošības indikatora un tā parametru izmaiņu grafiki pēc koeficientiem A un B





6.11. att. Elektroiekārtu lidojumu drošības koeficientu grafiki.

Izstrādāto metodoloģijas aprobācija, pamatojoties uz aviokompāniju darbības rezultātiem, liecina, ka esoša metodoloģija var būt izmantota aviosabiedrības. Ir iespējams noteikt mazāk uzticamības komponentu un sistēmu lai novērtētu kopējo risku lidmašīnas lidojumu beigšanas varbūtību ar incidentu, kad lidojumā tehniskais faktors izpaužas lidojuma laikā. Veiktie aprēķini ir pamats, lai novērtētu kopējo risku lidmašīnas lidojumu beigšanas varbūtību ar incidentu, kad lidojumā tehniskais faktors izpaužas lidojuma laikā. Pamatojoties uz metodoloģijas tiek noteiktas drošības rādītāju tendences un likumsakarības starp *A* Cilvēku un *B* Tehniskiem faktoriem.

## 6.6 Lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences novērtējums

Izstrādātā sistēma ļauj lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences novērtēt, pamatojoties uz divu vai trīs informācijas plūsmām. Galvenie informācijas avoti par gaisa kuģu atteicem un darbības traucējumiem, kas nepieciešami lidotspējas “uzticamības” sistēmas nodrošināšanai, ir: gaisa kuģa žurnāli, tehniskas inspekcijas pārbaudes lapas, lidojuma informācijas ātras apstrādes rezultāti un uzticamības (reliability) programmas dati, kas iegūti tehniskās apkopes laikā. Lidojuma žurnālos parasti tiek nekavējoties atzīmētas atteices un darbības traucējumi, kas radušies lidojuma laikā, un vides nelabvēlīgā ietekmes dēļ. Dažreiz tiek ziņots par apkalpes rupjiem lidmašīnas lidojuma ekspluatācijas pārkāpumiem. Pilnīgāka ir informācija, kas iegūta no Lidojuma Parametru Objektīvas kontroles (Flight Data Monitoring-FDM)) datiem, kuru pēc nepieciešamās apstrādes izmanto, lai veikt uzdevumu kompleksu tādu ka: gaisa kuģu sistēmu tehniskā stāvokļa novērtēšana, apkalpju lidojumu darbību uzraudzība un gaisa kuģu sistēmu un aprīkojumu kontrolei. Tomēr, kā atzīmē uzņēmuma speciālisti, parametru informācijas pēc lidojuma apstrādes rezultāti, izmantojot ātras analīzes programmas, ne vienmēr izrādās ticami, dažu lidojuma parametru reģistratoru (Flight Data Recorder) sensoru nepietiekamās uzticamības un vairāku citu iemeslu dēļ. Šīs informācijas plūsmas pēc atbilstīgas pārbaudes un tehniskā centra dienestu veikto nepieciešamo pasākumu veikšanas koncentrējas gaisa kuģa dokumentos (Records: WO, TL), bet neņemot vērā pēc cilvēku, tehnisko un vides faktoru nelabvēlīgās ietekmes sadali uz lidmašīnu apakšsistēmu „Gaisa kuģis - Tehniska Apkopes

Organizācija”. Rezultātā tiek vērtēts tikai ekspluatācijas uzticamības līmenis, nevis lidojuma drošība. Autora izstrādātā sistēma šo trūkumu novērš, un līdz ar obligāto ziņošanu ieteicams ieviest arī brīvprātīgas ziņošanas sistēmu par cilvēka faktora nelabvēlīgo ietekmi gaisa kuģu apkopes un remonta laikā. Tāpēc, lai nodrošinātu informācijas pilnīgumu par gaisa kuģa atteicem, palielinātu tā lidotspējas uzticamību un īstenotu iespēju pāriet no darbības ticamības rādītājiem uz lidojumu drošības rādītājiem, nepieciešams panākt atsevišķu datu vākšanu atkarībā no šo faktoru negatīvās ietekmes. Brīvprātīgo ziņojumu sistēmas ieviešanas pamats šajā daļā ir operatīva nepieciešamās informācijas iegūšana no lēmumu pieņēmējiem, tās apjoma pieaugums un atteicu klasifikācijas pēc faktoriem ticamības palielināšanai. Drošības vadības sistēmas efektīva darbība aviokompānijā tiek panākta tikai ar visu tajā strādājošo darbinieku aktīvu līdzdalību. Praksē konkrētais speciālists savas profesionālās darbības gaitā pirmais atklāj nedrošu faktoru vai citu bīstamo faktoru. Šīs informācijas nodošana vadībai ļauj noteikt to cēloņus un izstrādāt efektīvus preventīvus pasākumus. *ICAO* ģenerālsekretārs pasludināja 2021.gadu - par Aviācijas drošības kultūras gadu 2020.gadā 18.decembrī, lai veicinātu efektīvas un ilgtspējīgas aviācijas drošības veidošanos, aviācijas drošības kultūru kā būtisku pamatvērtību: "aviācijas drošības nodrošināšana ir katra atbildība." Līdz ar to tieši personāls galvenokārt nosaka bīstamo faktoru identificēšanas savlaicīgumu un operatīvu pasākumu pieņemšanu to novēršanai. Turklāt darbinieki vienmēr ir informācijas nesēji par kļūdām vai pārkāpumiem, kā arī par oficiāli neziņotiem incidentiem Statistikas rādītāju apstrādes svarīgumā apzināšana cilvēciskajam faktoram jo tas īpaši ir saistīta ar faktu, ka vairumā gadījumu cilvēciskā faktora negatīvās ietekmes, izraisa atteices un darbības traucējumu plūsmu pēc tehnisko faktora, ko apstiprina statistiskā materiāla apstrādes rezultāti par lidmašīnu atteicem un darbības traucējumiem.

## REZUMĒJUMS

Par aviokompānijas kopējās vadības informācijas bāzi var uzskatīt izstrādāto sistēmu risku datu identificēšanai, vākšanai, apstrādei, analīzei un izmantošanai, kas rodas, ja dažādu aviokompānijas struktūru un personāla darbībā novērojamas atkāpes no standartiem. Tā ir balstīta uz kvalitātes sistēmu kā aviokompānijas integrētās vadības sistēmas neatņemamu sastāvdaļu.

Analizētajā aviokompānijā kvalitātes sistēma tika izstrādāta un ieviesta atbilstoši *ISO 9001:2008* prasībām, pamatojoties uz vispārējo kvalitātes vadības sistēmu. Tas ir universāls modelis, kas vislabāk atbilst visu ieinteresēto pušu (akcionāru, vadības, personāla, patērētāju) prasībām un tādējādi ļauj gan vispārēji pārvaldīt, gan koncentrēties uz individuālo prasību izpildi. Arī drošības vadības sistēma ir ieviesta un veiksmīgi darbojas atbilstoši *ICAO* un *EASA* prasībām, par pamatu izmantojot esošos resursus, izvērtējot uzņēmuma pašreizējās iespējas lidojumu drošības vadības jomā (t. sk. pieredzi, zināšanas, procesus, procedūras, resursus utt.).

Lidojumu drošības un kvalitātes uzraudzības nodaļām ir noteiktas konkrētas funkcijas, tās saskaņo savu darbību gan savstarpēji, gan ar nodaļu vadītājiem, atvieglotiet viņiem veikt

noteiktās nodaļu un lēmumu pieņemēju funkcijas. Informācijas bāzes izveide piedāvātājā formā ļauj:

- paplašināt aviokompānijas sistēmu vadības „ģeogrāfiju”, tādējādi veicinot tās uzlabošanu;
- nodrošina lielāku darbību koordināciju aviokompānijas iekšienē, tādējādi pastiprinot sinerģisko efektu, kas sastāv no tā, ka kopējais saskaņoto darbību rezultāts ir lielāks nekā atsevišķo rezultātu vienkārša summa;
- samazina funkcionālās nesaskaņas aviokompānijā, kas izriet no autonomu vadības sistēmu attīstības;
- tā pārvaldība ir daudz mazāk darbietilpīga, nekā tāda pati vairākām paralēlām sistēmām;
- šīs sistēmas ieviešana paaugstina korporatīvo kultūru, kurā kvalitāte un drošība tiek uzskatītas par vienādām pamatvērtībām, kas atbilst *ICAO* prasībām šajā jomā, ņemot vērā to, ka 2021. gads *ICAO* ir pasludināts par Lidojumu drošības kultūras gadu.

## SECINĀJUMI

1. Izstrādāts informācijas datubāzes modelis, kas ļauj savlaicīgi identificēt, apstrādāt un sniegt objektīvu informāciju struktūrvienībām un lēmumu pieņēmējiem aviokompānijā par jomām, kurās ir nevēlamu notikumu risks, kā arī ļauj identificēt lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences, pamatojoties uz informācijas plūsmām no dažādām aviokompānijas darbības jomām ar integrētu vadības sistēmu, kas ļauj savlaicīgi un saprātīgi noteikt paredzamo lidojumu drošības līmeni. Tas ļauj samazināt risku līdz minimumam un uzturēt aviokompānijai pieņemamu lidojumu drošības līmeni, kā arī prognozēt lidojumu drošības rādītājus nākamajam periodam. Šo pieeju var uzskatīt par pāreju uz jaunu drošības pārvaldības līmeni aviosabiedrību līmenī.
2. Izstrādāts algoritms struktūrvienību pārkāpumu un aviokompāniju personāla kļūdu noteikšanai un analīzei nenoteiktības apstākļos, kas ļauj analizēt drošības aspektus, pamatojoties uz faktisko informāciju, kas no dažādiem avotiem nonāk aviokompānijas informācijas bāzē, kurā to apkopo, klasificē, glabā un analizē, izmantojot analītiskās metodes un paņēmienus. Uz šī algoritma pamata ir izstrādāta programmatūra informācijas automatizētai apstrādei un analīzei.
3. Lidojumu drošības novērtēšanai izstrādāta rādītāju sistēma – sešas rādītāju grupas aviokompānijas darbības vispārējiem virzieniem, no kuriem katrs ietver konkrētu rādītāju kopumu, kā arī to novērtēšanas metodiku.
4. Izstrādāta metodika lidojuma drošības līmeņa noteikšanai, izmantojot *C* grupas rādītājus, kas saistīti ar gaisakuģi un tā ekspluatāciju, novērtējot lidmašīnu kā daudzlīmeņu funkcionālu sistēmu, ņemot vērā katra līmeņa atteices varbūtību un tās seku smagumu.
5. Izstrādāta metodika pārbaudīta, pamatojoties uz aviokompānijas darbības rezultātiem. Tie liecina, ka šīs sistēmas ieviešana aviokompānijas praksē ļaus savlaicīgi sniegt nepieciešamo informāciju aviokompānijā esošajām struktūrām un lēmumu pieņēmējiem tajās jomās, kurās nevēlamo notikumu risks ir vislielākais, kā arī ļaus identificēt lidojumu drošības rādītāju izmaiņu tendences, balstoties uz informācijas plūsmām no dažādām

aviokompānijas darbības jomām ar integrētu vadības sistēmu, kas ļauj savlaicīgi noteikt paredzamo riska līmeni un nodrošināt lidojumu drošību.

Šo pieeju var uzskatīt par pāreju uz jaunu lidojumu drošības pārvaldības konceptu aviokompānijas līmenī.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Andris Vaivads, zinātniskais vadītājs: profesors Dr. habil. sc. ing. V. Šestakovs. Promocijas darbs. Lidojumu drošības un regularitātes uzlabošana aviokompānijā, pamatojoties uz gaisakuģu tehnisko ekspluatācijas procesu uzlabošanu Rīga 2016.
2. Aviācijas noteikumu 25. daļa (ФАП Федеральные Фвиационные Правила) Transporta kategorijas gaisakuģu starpvalstu aviācijas komitejas lidojumderīguma standarti, 5. izdevums, ar grozījumiem 2015. gada 25. Augustā 1.–8.
3. Certification Specifications and Guidance Material for Master Minimum Equipment List (CS-MMEL) Issue 3 31 May 2021.
4. Commission Regulation (EU) No 965/2012 of 5 October 2012 – Air Operations.
5. EASA Certification Specification Large Aircrafts CS-25 Amendment 26.
6. Dissanayake V.B, Shestakov V. Estimation of aircraft state inflight under the influence of adverse factor, Sērija 5., sējums 12., Rīga, 2002.
7. FAA Proposes New Part 23 “Airworthiness Certification Standards”. National Business Aviation Association. March 14, 2016. <https://nbaa.org/aircraft-operations/safety/faa-proposes-new-part-23-airworthiness-certification-standards/>
8. Heinrich Revisited: Truism or Myths by Fred A. Manuele, 2002, ISBN 0-87912-245-5, US National Safety Council.
9. <https://studfile.net/preview/4534017/page:18/>.
10. ICAO, 2018, Safety Management Manual (ICAO Doc 9859), 4th Edition, pages 2-12 - 2-18.
11. ICAO Annex 19 - Safety Management 2nd Edition, July 2016.
12. H.W.Heinrich Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach 1931 Addition 1941.
13. Jastrebinskis A., Šestakovs V. The Method for Assessing the Level of Flight Safety in Airline with Small and Medium Operations. In: 4. Starptautiskā zinātniskā konference „Transporta sistēmas, loģistika un inženierija-2016”: rakstu krājums, Latvia, Rīga, 30 Jun–1 Jul., 2016. Rīga: Rīgas Aeronavigācijas institūts, 2016, pp. 20–30.
14. Official Publication Certification Specifications: (CSs) CS-FSTD(A) Aeroplane Flight Simulation Training Devices <https://www.easa.europa.eu/official-publication/certification-specifications>.
15. R.Bogdane, zinātniskais vadītājs profesors Dr. habil. sc. ing. V. Šestakovs Promocijas darbs Lidojumu Drošības Līmeņa Likumsakarību Ar Ražošanas Faktoriem Aviokompānijā Analīzes Modeļa Izstrāde 2019.
16. Smartlynx Airlines A320 Minimum Equipment List Issue Date 24 Feb21.
17. Smartlynx Airlines OM-A Ch. 8.8 Rev. 36, pp. 397–403.
18. Smartlynx Airlines Aircraft Maintenance Program Issue 42 Rev. 0 23.07.2021.
19. William, B. Johnson, M., Maddox, E. (2007). A model to explain human factors in aviation maintenance. Avionics News, 2, pp. 1–5.
20. Vaivads, V.Shestakov, L. Vinogradov. (2010). „Search and Emergency – Rescue Organization and Realization at Aviation Accidents in the Airport Responsibility Area”

- 4th International Conference on Scientific Aspects of Unmanned Aerial Vehicle, Kielce, Poland, May 5–7, pp. 78–87.
21. V. Shestakovs. (2012). „Airplanes Incidents Analysis because of Aviation Personnel and Evaluating the Effectiveness of Measures to Prevent Accidents” – Kielce: Polish Academy of Sciences: 240 p. ISBN: 9788388906749 Publikācija indeksēta: SCOPUS ISI Web of Science.
  22. V. Shestakov, O. Gorbachev, K. Stefański, 2019, „Assessment of Professionally Important Qualities Aviation Technical Staff”. AIP Conference Proceedings, 2077 (1), 020022 (2019) pp. 31–39. DOI:10.1063/1.5091883.
  23. Богатырев В. Д. Основы теории управления экономическими системами: учебное пособие / В. Д. Богатырев, Б. Н. Герасимов. Федеральное агентство по образованию планирования, СГАУ. – Самара: Изд-во СГАУ, 2008. – 259 с.
  24. Зубков Б. В., Шаров В. Д. Теория и практика определения рисков в авиапредприятии при разработке системы управления безопасностью полетов. [Theory and practice of determining risks in air transport in the development of a flight safety control system], MGTU GA, 174, pp. 18–25.
  25. Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980, – 263 с.
  26. ГОСТ Р 55980-2014 Управление рисками на железнодорожном транспорте. Классификация опасных событий.
  27. Зыков А. А. Основы теории графов. – М.: Наука, 1987, – 384 с.
  28. Литвак Б. Г. Экспертная информация. – М.: Радио и связь, 1982, – 184 с.
  29. Отчет о НИР Разработка методов предотвращения АП и их предпосылок на основе причинно-факторного анализа опасностей функционирования системы „кипаж-ВС-АТБ-УВД” (на базе ОАО). Анализ функционирования служб ЛаУГА: АТБ, летной, инспекции, УВД (ДСП), РКИИГА, № гос. регистр. 01.860086709, – 122 с.
  30. Отчет о НИР Разработка методов предотвращения АП и их предпосылок на основе причинно-факторного анализа опасностей функционирования системы „Экипаж-ВС-АТБ-УВД”(на базе ОАО). Анализ функционирования системы „Экипаж-ВС-АТБ- УВД” (на базе ОАО) (ДСП), РКИИГА, № гос. регистр. 01.860086709, 1987, – 127 с.
  31. Петров В. И., Севастьянов Н. П. Основы построения АСУ. Лабораторный практикум. – Рига: РКИИГА, 1985, – 102 с.
  32. Статистические методы анализа экспертных оценок. – М.: Наука, 1977, – 262 с.
  33. Смирнов Н. П., Дунин И.В , Барковский И. Б. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Наука, 1969, – 511 с.
  34. Берж К. Теория графов и ее применение. Перевод с французского. – М.: Мир, 1982, – 319 с.
  35. Кендэл М. Ранговые корреляции. Пер. с англ. – М.: Статистика, 1975, – 414 с.
  36. А. А. Боровков, Теория Вероятностей М.: Наука, 1977, – 29 с.

37. Smartlynx Airlines Management Manual Revision 31 no 29.07.2021.
38. RAF Avia Safety Management System Manual Revision 1 no 25.10.2021.
39. Aleksandrs Bitiņš, Maklakovs, Ruta Bogdane, Rafał Chatys, Vladimir Shestakov. Using Adverse Event Pyramids to Assess Probabilities in Airline Safety Management . Transactions on Aerospace Research No. 1 (262) 2021 DOI: <https://doi.org/10.2478/tar-2021-0012>, 71.–83. lpp.
40. Vladimirs Šestakovs, Jevgēnijs Tereščenko, Juris Maklakovs, Aleksandrs Bitiņš, Rafal Andrzej Chatys. Algorithm for Analyzing Deviations and Irregularities in the Functioning of the Airline's Structural Units and Personnel in the Face of Uncertainty (2020) Vilnius TECH Journal Aviation Volume 24 Issue 2 DOI: 10.3846/aviation.2020.12375, 51.–56. lpp.
41. Aleksandrs Bitiņš, Juris Maklakovs, Vladimir Shestakov, Konrad Stefański. Positive Culture As Element Of Safety And Efficiency Of Airline Operation Selected Issues Of Modern Aviation Technologies Kelce (2021) Conference paper, 9.–25. lpp.
42. Vladimirs Šestakovs, Aleksandrs Bitiņš, Juris Maklakovs, Konrad Stefanski. Development of Information Database for the Evaluation of Flight Safety Level of Aviation Companies Using the Integrated System of Management (2019) 2nd Aviation and Space Congress KLiK 2019 Conference paper, 22.–23. lpp.
43. Juris Maklakovs, Aleksandrs Bitiņš, Vladimirs Šestakovs, Rafal Andrzej Chatys. Positive Culture as an Element of Safety and Effectiveness of Functioning of Aviation Company (2019) 2nd Aviation and Space Congress KLiK 2019 Conference paper, 124.–125. lpp.
44. Jevgēnijs Tereščenko, Aleksandrs Bitiņš, Vladimirs Šestakovs, Rafal Andrzej Chatys. Relationship of Reliability and Safety of Aircraft Flights in Airlines (2019) 2nd Aviation and Space Congress KLiK 2019 Conference paper, 202.–203. lpp.
45. Ruta Bogdane, Aleksandrs Bitiņš, Vladimirs Šestakovs, Yasaratne Bandara. Airline Quality Assessment Methodology Taking Into Account the Flight Safety Level Based on Factor Analysis (2018) DOI: 10.2478/tae-2018-0002 Part of ISSN: 2255-9876 Transport and Aerospace Engineering RTU Press Vol1., 362.–366. lpp.
46. Aleksandrs Bitiņš, Artūrs Suharevs, Lauris Miķelsons. Development of Methodology for Safety Risk – Based Airline (2018) Transports. Izglītība. Loģistika un Inženierija. Rakstu krājums, 23.–30. lpp.
47. Ruta Bogdane, Yasaratne Bandara Dissanayake, Silva Andersone, Aleksandrs Bitiņš. Development of an Information Database for the Integrated Airline Management System (IAMS) (2017) Transport and Aerospace Engineering RTU Press Vol4 DOI: 10.1515/tae-2017-0002 Part of ISSN: 2255-9876, 11.–21. lpp.
48. Juris Maklakovs, Aleksandrs Bitins, Ruta Bogdane, Vladimir Shestakov. Using Heinrich's (Bird's) pyramid of adverse events to assessthe level of safety in an airline (2021) TRANSACTIONS ON AEROSPACE RESEARCH 4(265) 2021, pp.11-20 DOI: 10.2478/tar-2021-0020 eISSN 2545-2835, 11.–20. lpp.
49. IATA, 2020, IOSA Standards Manual, 14th Edition, Montreal-Geneva. ISBN 978-92-9264-172-6.



50. Sidney Dekker, „The Safety Anarchist. Relying on Human Expertise and Innovation, Reducing Bureaucracy and Compliance”, 2018.
51. Helmreich R. L., Klinec 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*, The Ohio State University, Columbus, OH. 83.–91. lpp.
52. Federal Aviation Administration, Department of Transportation, 2008, *Aviation regulations. Part 25. Standards of airworthiness of aircraft of the transport category*, Russia. Available at <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/14/part-25>.
53. Lukashin A.M. Methodology for probabilistic estimation of the current level of accidents based on the results of factorial analysis of aviation events. Scientific Bulletin of Moscow State Technical University, No. 21. 10.–15. lpp.
54. Sokolov S. S. Automated management of transport systems St. Petersburg: GUMRF, 2013, 325 lpp.
55. Sokolov S. S. Automation of transportation management // Bulletin of the State University of Marine and River Fleet // . 2013. Vol. 2. 74.–78. lpp.
56. Davies, John; Ross, Alastair; Wallace, Brendan (2003). Safety Management: A Qualitative Systems Approach. CRC Press. 45 lpp. ISBN 9780415303712.
57. Bellamy, Linda J. „Exploring the relationship between major hazard, fatal and non-fatal accidents through outcomes and causes”, 2015., Safety Science 71:93–103.
58. Guziy A. G., Lushkin A. M., „Quantitative assessment of indicators of the current level of flight safety of an aircraft operator”, Problems of flight safety. 2008 No. 10. 3.–12. lpp.
59. ECO Airlines Management System Manual Rev.0 23.12.2021, 43.–55. lpp.
60. Centrix Technical Overview Ver. 3.0 2021.
61. Quality management software Q-pulse <https://www.ideagen.com/products/q-pulse-qms> 01.03.2022.
62. Home page Avex <https://avex.pro> 01.02.2022.
63. Open Aviation Strategic Engineering System Oases <https://oases.aero/oases-modules/> 01.03.2022.
64. AMOS MRO software <https://www.swiss-as.com/amos-mro> 01.03.2022.
65. ISO 9000 un ISO 14000 Standarts. Kvalitātes nodrošināšanas sistēma, [www.iso.ch](http://www.iso.ch). 01.03.2022.
66. Leilands J. Jaunā ISO 9001:2009 standarta prasību skaidrojums. – Rīga: Latvijas Vēstnesis, 2009. – 176 lpp.
67. Commission Regulation (EU) No 748/2012 of 3 August 2012 – Airworthiness and Environmental Certification.
68. Commission Regulation (EU) No 1321/2014 of 26 November 2014 – Continuing Airworthiness.
69. Šestakovs V., Vinogradovs L., Vaivods A. Оценка уровня безопасности полетов при отказах авиационной техники // 4th International Conference on SAUAV2010, Polija, Suhedinov, 5.–7. maijs, 2010. 602.–609. lpp. ISBN: 9788388592706.
70. ICAO Doc 9734 AN/959 (2017) „Safety Oversight Manual”.
71. Chris R. Glaeser. How to Employ Risk Management at a Major Air Carrier. 2004, p. 57.
72. M. Gdalevitch, „Aviation Maintenance Technology,” MSG-3, The Intelligent Maintenance, November 2000 <http://www.aviationpros.com/article/10388498/msg-3-the-intelligent-maintenance> 01.03.2022.

73. Matthew J. W. Thomas, Renee M. Petrilli and Drew Dawson An Exploratory Study of Error Detection Processes During Normal Line Operations. Centre for Applied Behavioural Science, University of South Australia, 2013.
74. Safety Management Systems in Aviation Alan J. Stolzer, Carl D. Halford and John J. Goglia, 2008.
75. Adrian J. Xavier (2005) „Managing human factors in aircraft maintenance through a performance excellence framework”. Embry-Riddle Aeronautical University: 35.–37. lpp.
76. Safety Management Systems in Aviation Alan J. Stolzer, Carl D. Halford and John J. Goglia, 2008. Chapter 4 Hazards 109 Chapter 5 Risks 129 Chapter 6 Controls 153 Published 15 October 2017, <https://www.taylorfrancis.com/books/9781351149631> 01.02.2022.
77. James J. H. Liou, LeonYen, Gwo-Hshiong Tzeng „Building an effective safety management system for airlines” Journal of Air Transport Management, Volume 14, Issue 1, 2008  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096969970700097X>.

## **PIELIKUMI**

## 1. Pielikums Elementāras Darbības Pase

Attēlā šādi pase lauki ir norādīti ar cipariem:

**Laukums 1** - situācijas atribūta lauks - ierakstīt situācijas atribūta loģisko izteiksmi pie noteiktas Elementāras Darbības ED (elementāras darbības) veikšanas; ;

**Laukums 2** - laukums ED kopums kas ietilps atribūtā priekš ED izpildes vai neizpildes

**KOPUMS** (KN Kopnes Grupas Numurs , Kārtas Numurs KN) ailē “Kopums “ - nosaka kopuma vārdu; KGN– Kopnes Grupas numurs Elementāras Darbības kas sastāda kopumu;

**KN**– kārtas numurs kas ir no Grupas Kopuma; Kolonna “ Nosacījums “ – Loģiskas izteiksmes Elementāras Darbības kas to apvieno kopnē. ( V vai A );

**Kopuma stāvoklis** - nosāka numurus un Elementāro Darbības stāvokli kas ietilpst kopnē

**Laukums 3** - apakš atribūtu laukums lai ierakstīt loģiskos izteiksmes apakš pazīmes AP1, AP2, ....;

**Laukums 4** – noteikto situāciju definējošo parametru vērtību lauks - atribūta iekļauto parametru vērtību reģistrēšanai, loģiskais nosacījums, ar kuru parametrs tiek iekļauts atribūts (< , = , > ) un norādītā parametra sākuma punkts vai moments

**Laukums 5** –parametru vērtību lauks, kas izmērīts no Elementāra Notikuma EN - lai norādītu parametrus, kas saskaitīti no EN, un to vērtības, norādot tos EN un situācijas, kurām šī skaitīšana būs nepieciešama.

### ED pase struktūra

ED Pase	Situācija	Lapa	Lapas				
1							
Kopums	Nosacījums	Nosacījumu stāvoklis	Apakš Pazīmes				
		Stāv1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16	AP1= AP2= AP3= AP4= AP5=				
Parametrs	Vērtība	Nosacījums	Atskaites Sākums	Parametrs	Vērtība	Elementāra Darbība	Elementārs Notikums
	4				5		

## 2. Pielikums Ekspertu aptauja

1. Departaments\_\_ 2. Amats\_\_\_\_\_

3. Vārds Uzvārds \_\_\_\_\_

4. Novērtējuma ekspertīzes mērķis \_\_\_\_\_

A.Grupa \_\_\_\_\_

B.Grupa \_\_\_\_\_

C.Grupa \_\_\_\_\_

D.Grupa \_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_

Grupa	A	B	C	D
A	*			
B		*		
C			*	
D				*

Papildinājumi \_\_\_\_\_

### EKSPERTU APTAUJAS ANKETA

I. Nodaļa \_\_\_\_\_ 2. Amats \_\_\_\_\_

3. Vārds Uzvārds \_\_\_\_\_

4. Uzskaitiet rādītājus, kas saistīti ar sistēmas organizāciju \_\_\_\_\_

Aviosabiedrības lidojumu drošības vadību , kuru jūs izmantojat ražošanās aktivitātēs.

### 3. Pielikums Gaisa kondicionēšanas sistēmas elementu atšifrējumi

- 211011 – pārplūdes vārsts 3502B000;
- 212217 – ventilators D 93641;
- 213031 – izplūdes vārsts A2-14267A;
- 213117 – automātisks spiediena regulators 2783A000;
- 213131 – izplūdes vārsts 2764A000;
- 215011 – gaisa kondicionēšanas mezgls 4676C000;
- 215014 – turbo atdzesētājs 1344D000;
- 215017 – mitruma atdalītājs 4684C000;
- 215021 – primārais gaisa siltummainis 4754C000;
- 215022 – sekundārais gaisa siltummainis 4756C000;
- 215057 – sadalīšanas vārsts 3503B000;
- 215061 – pārplūdes vārsts 3503B000;
- 216011 – temperatūras regulators 4325C000-002;
- 216021 – temperatūras devējs 4372C000;
- 216041 – termoregulators 4679C000.

#### 4. Pielikums Gaisa kondicionēšanas sistēmas atsevišķu komponentu atšifrējums

- 1 – gaisa atlasē vārsts 2351A000;
- 2 – spiediena mērītājs 50652-1;
- 3 – pārplūdes vārsts 3502B000;
- 4 – pretvārsts HTE 4345-2;
- 5 – centrāles sūknis 716988;
- 6 – degvielas daudzuma indikators WL 02021K1D3;
- 7 – patērētāj bākas procesors 0101KPU2;
- 8 – spoileru pievads 4101H2;
- 9 – apdedzuma detektors NF 0075-1705MK3E;
- 10 – ventilators D 93641;
- 11 – izplūdes vārsts BO3 A2-14267A;
- 12 – turbo atdzesētājs 1344D000;
- 13 – termoregulātors 4679C00;
- 14 – temperatūras devējs 4372C000;
- 15 – spiediena regulētājs HE 15258-1;
- 16 – spiediena regulētājs HTE 690041;
- 17 – gaisa kondicionēšanas mezgls 4676 C000.