

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultāte

Aeronautikas institūts

Leonīds Vinogradovs

Doktora studiju programmas “Transports” doktorants

**VARBŪTĪBAS PIEEJA PASAŽIERU
IZDZĪVOŠANAS NOVĒRTĒŠANAI AVIĀCIJAS
NEGADĪJUMA SITUĀCIJĀ LIDOSTAS
ATBILDĪBAS RAJONĀ**

Promocijas darbs

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

RTU Izdevniecība
Rīga 2020

ANOTĀCIJA

Promocijas darbs ir ugunsgrēka situācijas, kas rodas gaisa kuģa (GK) aviācijas negadījumā, modeļa izpēte, izvērtējot pasažieru izdzīvošanas iespējas un evakuācijas procesu. Izskatot pasažieru izdzīvošanas jautājumu aviācijas negadījumā lidostas atbildības rajonā, jāņem vērā divi galvenie aspekti:

- 1) cik ilgu laiku pasažieri var atrasties degošā lidmašīnā, ņemot vērā laiku, kas nepieciešams, lai glābtu visus pasažierus; tas ir laiks līdz brīdim, kad iet bojā pirmais cilvēks;
- 2) cik ātri no lidmašīnas var evakuēt visus pasažierus, izmantojot mūsdienīgus līdzekļus un tehnoloģijas, kas ir pieejamas civilajai aviācijai: borta un virszemes avārijas un glābšanas iekārtas, ekipāžas un avārijas un glābšanas dienestu personāla kvalifikācija.

Matemātiskā modelēšana, kas ļauj skaitliski izvērtēt dažādus notikumu attīstības scenārijus, dod iespēju apzināt un salīdzināt kritisko apstākļu attīstības dinamiku degošas lidmašīnas salonā, bīstamības līmeni un iespējamo pasažieru bojāeju dažādās situācijās, noteikt no ugunsdrošības viedokļa īpaši bīstamos gaisa kuģu tipus un aviācijas kompānijas. Aviācijas negadījumu izmeklēšanas prakses analīze rāda, ka ar precizitāti, kas pieļaujama šā izmēģinājuma robežās, skaitlisko nozīmi kritisko apstākļu koeficientam degošas lidmašīnas salonā pieļauts noteikt ar eksperimentālās aprēķināšanas metodes palīdzību. Nosakot aviācijas negadījumu bīstamības līmeni, jāizvērtē avārijas situācijas faktoru ietekmi uz cilvēku. Ar šādiem uzdevumiem var saskarties ekspertu un apdrošināšanas organizācijas, kā arī kompāniju īpašnieki. Lai izvērtētu bīstamības līmeni, nepieciešami dati par aviācijas negadījumu sekām, cietušo skaitu, ekonomiskajiem zaudējumiem. Iespēja izdzīvot aviācijas negadījumā ar pēcavārijas ugunsgrēku ir zemāka nekā situācijā, ja ugunsgrēks notiek civilās celtniecības objektos. Izstrādātā modeļa ieviešana ļauj skaitliski aprēķināt ugunsgrēka bīstamības līmeni aviācijas negadījumā, balstoties uz piedāvāto metodi, apstrādājot statistiskos datus. GK avārijas situācijā ir svarīgas pasažieru evakuācijas iespējas, kas atkarīgas no rezerves avārijas izeju skaita, laika, kas nepieciešams to sagatavošanai darbam utt.

ANNOTATION

The theme of this dissertation is "A probabilistic approach to assessing the passengers' survival in aircraft accident near airport area". The aim here is to develop a model of situations of fires on aircrafts at aviation accidents, probability of passengers' (pax) survival and process of their evacuation. Examining the ability of pax survival in an aviation accident in the vicinity of an airport, it is necessary to take into account two major factors:

1. The time period the pax can be inside the airplane on fire. We shall consider this time available for bringing out all of pax. The limitation will be the moment of death of the first pax.
2. How quickly is it possible to evacuate all pax from the airplane using available modern facilities and technologies, airborne and ground emergency equipment, qualification of a crew and rescue personnel.

A mathematical method allowing to estimate dimensions for different scenarios of development of the events gives us an opportunity to evaluate and, what is important, compare the dynamics of development of critical terms inside the cabin of the burning airplane, the level of danger and probability of pax death in one or in another situation. Also to determine the most dangerous factors and airplane type from the point of view of fire safety. The analysis of aviation accidents' investigation experience shows us that to a certain degree of fidelity, which is allowed in this research, it is possible to determine the quantitative value of the coefficient of critical conditions inside the cabin of an airplane on fire by means of both methods - experimental and calculation.

Calculating of the level of hazard of aviation accident a task gets up as evaluated by the level of impact on humans of the emergency situation stressing factors. The expert organizations, the insurance companies and the owners of airlines can run into such task. For the estimation of danger levels it is necessary to obtain the data of aviation accidents' consequences, numbers of victims and economical damages.

Probability of survival in an aviation accident with a consequent fire is lower than in a situation of a fire on a civil building. Implementation of the model researched allows to estimate in numbers the size and scale of the hazard of a fire at an aviation accident which will be based on the probabilistic method that uses direct processing of statistical data. In an emergency situation for an aircraft the effective means of evacuation of pax important are the aircraft evacuation facilities, which in a great deal depend on the number of the equipped service and emergency exits, also on the time available for preparation of them for utilization, etc.

SATURS

IEVADS.....	6
1. AVIĀCIJAS NEGADĪJUMA LIDOSTAS ATBILDĪBAS RAJONĀ RAKSTUROJUMS...	12
1.1. Statistikas datu analīze.....	13
1.2. Ugunsbīstamības faktori gaisa kuģos.....	15
1.3. Materiāli, kas tiek izmantoti gaisa kuģu konstruēšanā	18
1.4. Lidmašīnas uguns aizsardzības sistēma un tās prasības.....	19
1.5. AN ugunsgrēku īpatnības.....	24
1.6. Izlijušas aviodegvielas izraisīts ugunsgrēks avioneģadījuma vietā	25
1.7. GK ugunsgrēku kategorijas.....	27
1.8. Ugunsgrēki reaktīvajos dzinējos	28
1.9. Virzuļu dzinēju iekšējie ugunsgrēki [76, 77, 80]	29
1.10. Ugunsgrēku dzēšana ar degoša titāna klātbūtni	29
1.11. Ugunsgrēku brīdinājuma sistēmu tipi	31
1.12. Ugunsgrēka dzēšanas sistēmas tipi	32
1.13. Ugunsgrēka attīstīšanās GK pasažieru salonos	33
2. MATEMĀTISKAIS MODELIS, LAI IZVĒRTĒTU LAIKU T_R , PASAŽIERU GLĀBŠANAI NO DEGOŠA LIDMAŠĪNAS SALONA.....	41
2.1. Kritiskā līmeņa vērtējums K_k apstākļiem cilvēkam, kurš atrodas degošā GK salonā....	41
3. IESPĒJAMĀIS PASAŽIERU IZDZĪVOŠANAS MODELIS AVIĀCIJAS NEGADĪJUMOS AR UGUNSGRĒKU UZ ZEMES	52
3.1. Lidojumu drošības analīze gaisa kuģu ekspluatācijā pasaulē	52
3.2. Galvenie iemesli un ugunsgrēku situācijas GK aviācijas negadījumos	54
3.3. Iespējamais GK ugunsgrēka situācijas modelis aviācijas negadījumā	54
3.4. Varbūtība, ka pasažieris iekļūs GK avārijā ar ugunsgrēku un izdzīvos: statistikas datu analīze.....	58
3.5. Pasažiera izdzīvošanas iespējas novērtējums, iekļūstot avārijas situācijā gada laikā	60
3.6. Apdrošināšanas atlīdzību aprēķināšana, ja noticis aviācijas negadījums ar ugunsgrēku uz zemes	62
3.7. Iespējamā apdrošināšanas gadījuma iestāšanās noskaidrošana.....	63
3.8. Salīdzinošā analīze, aprēķinot apdrošināšanas neto fonda izmaksas	63
4. MODEĻA IZVĒLES APSTIPRINĀJUMS, LAI NOSKAIDROTU LAIKU, KAS NEPIECIEŠAMS PASAŽIERU EVAKUĀCIJAI NO LIDMAŠĪNAS DEGOŠA SALONA AVIĀCIJAS NEGADĪJUMĀ LIDOSTAS RAJONĀ – T_P	66
4.1. Lidmašīnu būves attīstība palielina vienā reisā pārvadājamo pasažieru skaitu	66
4.2. Pasažieru evakuācijas iespējas aviācijas negadījumos lidostas atbildības rajonā.....	66
4.3. Matemātiskie modeļi, lai izvērtētu, cik laika t_i nepieciešams pasažieru evakuācijai no lidmašīnas salona virszemes ugunsgrēka apstākļos [14, 19, 21]	72
4.4. Cilvēku plūsmas kustības modelis, lai izvērtētu nepieciešamo evakuācijas laiku t_v	74

5. IZSTRĀDĀTĀS METODOLOĢIJAS PASAŽIERU IZDZĪVOŠANAS NOVĒRTĒŠANAI GK APROBĀCIJA.....	80
5.1. Avārijas un glābšanas darbu organizēšanas metožu normatīvo dokumentu analīze.....	80
5.2. Latvijas aviācijas uzņēmēju darbības īsa analīze, nodrošinot pasažieru izdzīvošanu lidojumu negadījumos.....	89
5.3. GK B737-300, B767-300 kritiskā zonas aprēķins (<i>airBaltic</i>).....	93
5.4. Pasažieru evakuācijas laika izvērtēšana, ņemot vērā tuvāko maģistrāli un lidmašīnas tipu.....	96
SECINĀJUMI.....	107
LITERATŪRAS SARAKSTS.....	108
PIELIKUMI.....	114
1. pielikums	115
2. pielikums	117
3. pielikums	123

IEVADS

Tēmas aktualitāte ir pasažieru izdzīvošanas iespēju vērtējums, iekļūstot avārijas situācijā lidostas atbildības rajonā. Statistisko datu analīze par lidojumu drošību (LD) rāda, ka absolūtais aviācijas negadījumu (AN) skaits nesamazinās, turklāt bojā gājušo un cietušo personu skaits palielinās.

Lai objektīvi vērtētu negatīvo faktoru ietekmi uz cilvēku izdzīvošanu aviācijas negadījumos, kā arī faktorus, kas ietekmē glābšanas efektivitāti pa etapiem, gādājot par dzīvotspēju, nepieciešams izskatīt un izanalizēt izmeklēšanas materiālus par reāli notikušiem negadījumiem.

Vispirms nepieciešams izanalizēt ugunsgrēku bīstamības raksturojumu gaisa kuģim un apstākļus, kas rodas, ja aviācijas negadījuma rezultātā lidostas atbildības rajonā izceļas ugunsgrēks, t. i., ugunsgrēka attīstīšanās, ugunsgrēka bīstamo faktoru izmaiņu dinamikas prognozēšana, priekšlikumu izstrāde ugunsgrēka risku samazināšanai. Jebkurā piespiedu nolaišanās gadījumā – gan plānotā, gan pēkšņā – evakuācijas izeju izvēle, ko var izmantot pasažieri, ir atkarīga no bojājumu, kas radušies, lidmašīnai nolaižoties, pakāpes, kā arī no lidmašīnas stāvokļa uz zemes vai ūdens pēc nolaišanās un ugunsgrēka, ja tāds ir sācies, perēkļu atrašanās vietas, uguns stipruma un tā izplatīšanās virziena. Eksperimentālo datu analīze, izvērtējot cilvēku evakuācijas laiku no degošas lidmašīnas rāda, ka tas ir gadījuma lielums, kas ir atkarīgs no ļoti daudziem faktoriem. Tāpēc starptautiskā praksē tiek veikti evakuācijas iespēju aprēķini dažādiem lidmašīnu ugunsgrēku scenārijiem. Standarta metodes šādiem aprēķiniem nav. Analizējot datus, kas iegūti eksperimentu rezultātā un praksē, ir iespējams salīdzinoši izvērtēt ātrumu, ar kādu pasažieri var atstāt lidmašīnu, izmantojot dažādas evakuācijas izejas. Ir dažādas metodes cilvēku evakuēšanas modelēšanai ugunsgrēka gadījumā. Turklāt visi modeļi tiek veidoti, balstoties uz cilvēku plūsmas izpratni, par pamatu ņemot ne tikai evakuācijas izeju caurlaidi, bet arī evakuācijas laiku, kas atkarīgs no evakuācijas kustības kopējiem faktoriem, kas nepieciešami, ņemot vērā kinemātiskās un psihofizioloģiskās likumsakarības. Atkarībā no tā iespējami vairāki cilvēku plūsmas kustības modeļi. Modeļu pamatā ir atšķirīgi izejas dati, tāpēc, lai aprēķinātu nepieciešamo evakuācijas laiku, cilvēku plūsmu kustības modeļu salīdzināšanu var veikt tikai kvalitatīvi.

Faktori, kas ietekmē cilvēku izdzīvošanu, un faktori, kas ietekmē cilvēku glābšanu, ir saistīti, jo tie ietekmē aviācijas gadījuma seku smagumu.

Visi GK pēcavārijas ugunsgrēki parasti notiek strauji, tāpēc rodas problēma identificēt iespējamās avarijas glābšanas darbu (AGD) variantus un operācijas katram GK tipam, ko ekspluatē konkrētā lidostā. Tas ir iespējams, tikai sistemātiski, plānveidīgi risinot konkrēto problēmu. Ugunsgrēki nodara ievērojamus sociālos un materiālos zaudējumus, ko grūti izteikt naudas izteiksmē.

Izpētes objekts – pasažieru izdzīvošanas iespējas vērtējums, iekļūstot avārijas situācijā lidostas atbildības rajonā.

Izpētes priekšmets – lidojumu drošības problēmas saistībā ar cilvēku izdzīvošanas iespēju aviācijas negadījumos ar ugunsgrēku uz zemes.

Šī promocijas darba mērķis ir pasažieru izdzīvošanas iespējas vērtējums, iekļūstot avārijas situācijā lidostas atbildības rajonā, ugunsgrēka situācijas, kas rodas gaisa kuģa (GK) aviācijas negadījumā, modeļa izpēte, izvērtējot pasažieru izdzīvošanas iespējas un evakuācijas procesu.

Lai sasniegtu definēto mērķi, nepieciešams atrisināt šādus **galvenos uzdevumus**:

- 1) pamatojoties uz AN īpašību analīzi lidostas atbildības rajonā, apvienot un sistematizēti parādīt datus par ugunsgrēka briesmām GK, dinamikas attīstību un ugunsgrēka bīstamības faktoriem gaisa kuģos;
- 2) matemātiski apstiprinot ugunsgrēka fizisko modeli lidmašīnas salonā, sniegt metodisko vērtējumu avārijas un glābšanas darbu efektivitātei;
- 3) izpētīt pasažieru izdzīvošanas iespējas aviācijas negadījumos ar ugunsgrēku;
- 4) izvērtēt nepieciešamo laiku pasažieru evakuācijai no degoša lidmašīnas salona;
- 5) izpētīt pasažieru evakuācijas procesu no GK aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku uz zemes.

Izpētes metodes: galvenās izpētes metodes ir vadības teorijas kopējās likumsakarības, rezultātu analīzes metodes praktiskai un teorētiskai izpētei.

Ugunsgrēka attīstības prognozes, ugunsgrēka bīstamības faktoru dinamikas izmaiņas, nepieciešamā glābšanas laika aprēķins, cilvēku izdzīvošanas iespēju aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku uz zemes statistiskā modeļa izstrāde, evakuācijas procesa no GK izpēte.

Zinātniskā novitāte

1. Noskaidroti aviācijas negadījumu raksturojumi lidostas atbildības rajonā, GK ugunsgrēku īpatnības un ugunsgrēku slodzes.
2. Piedāvāts matemātiskā aprēķina vērtējums laikam, kas nepieciešams pasažieru glābšanai no degoša lidmašīnas salona.
3. Izveidots statistiskais modelis pasažieru izdzīvošanas iespējām aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku.
4. Veikta pasažieru evakuācijas procesa no gaisa kuģa aviācijas negadījumā izpēte.

Praktiskā nozīme: darba rezultāti rezultāti var tikt izmantoti pasažieru un ekipāžas izdzīvošanas nodrošināšanai AN ar ugunsgrēku uz zemes.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

- Aviācijas negadījumu raksturojumi lidostas atbildības rajonā.
- Matemātiskā aprēķina vērtējums nepieciešamajam laikam pasažieru glābšanai no degoša lidmašīnas salona.
- Statistiskais modelis pasažieru izdzīvošanas iespējām aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku.
- Pasažieru evakuācijas no GK aviācijas negadījumā procesa izpēte.

Aprobācija

Promocijas darba rezultāti aprobēti septiņās starptautiskās zinātniskās konferences Latvijā un ārvalstīs – Bulgarijā, Lietuvā, Polijā.

1. 2nd Aviation and Space Congress – Polija, Kielce-Cedzyna, 18–20 September 2019.
2. The 5th International Scientific and Practical Conference – 2018, Latvija, Rīga.
3. The 3th International Scientific and Practical Conference – 2016, Latvija, Rīga.
4. “Trans&MOTAUTO 15” PROCEEDINGS VARNA Bulgaria, 2015.
5. Gediminas Technikal University, Vilnius, Lietuva, 2013.
6. “Trans&MOTAUTO 13”, PROCEEDINGS VARNA Bulgaria, 2013.
7. “Trans&MOTAUTO 12”, PROCEEDINGS VARNA Bulgaria, 2012.
8. University of Technology, Faculty of Mechatronics and Machine and Armament Kielce, Poland, 2010.

Par promocijas darbu izpētes rezultātiem autors publicējis 15 zinātniskos rakstus.

1. Kuļšovs, N., Dolgov, N., Smirnov, I., Vinogradov, L., Šestakovs, V. Experimental and Statistical Study of In-Plane Tensile and Adhesion Strength of Plasma-Sprayed Coatings. Applied Mechanics and Materials, 2020, Vol. 897, 61.–67. lpp. ISSN 1662-7482.
2. Kuļšovs, N., Dolgov, N., Smirnov, I., Vinogradov, L., Šestakovs, V. Study of the Adhesion Strength of Plasma-Sprayed Coatings Using Statistical Methods. Applied Mechanics and Materials, 2020, Vol. 897, pp. 56–60. ISSN 1662-7482.
3. Leonid Vinogradov, Vladimir Shestakov, Margarita Urbaha, Vladyslav Turko, Zbigniew Koruba “ASSESSMENT OF CRITICAL CONDITION IN THE BURNING AIRCRAFT PASSENGERS CABIN” 2nd Aviation and Space Congress II Kongres Lotniczy I Kosmonautyczny – KliK 2019 Kielce-Cedzyna, 18–20 September 2020.
4. Vinogradov L. „PERFECTION OF THE FIRE-RESCUE PROVIDING AT AN AVIATION INCIDENT WITH A FIRE ON EARTH” The 5th International Scientific and Practical Conference – 2018, Latvija, Riga. ISBN 978-9984-9996-8-5.
5. Arthur SUHAREV, Vladimir SHESTAKOV, Leonid Vinogradov. “ESTIMATION OF THE TIME OF THE PASSENGER EVACUATION IN CASE OF AIRCRAFT ACCIDENTS WITH A FIRE IN THE AIRPORT AREA” URL: Aviation, Vilnius Gediminas Technikal University, 2018 ISSN 1648-7788. e-ISSN 1822-4180.
6. Vinogradov L., Trifonovs-Bogdanovs P., Shestakov V. “CIVIL AVIATION ACCIDENTS AND INCIDENTS CLASSIFIED ACCORDING TO THE GROUPS OF AVIATION SPECIALISTS” – 2013, Aviation, Vilnius Gediminas Technikal University, “Tehnika”, ISSN1392-6276.
7. Vinogradov L. A., Turko V. P., Ivakhnenko A. A. “DETERMINE THE PROBABILITY OF PASSENGER SURVIVAL IN AN AVIATION INCIDENT WITH FIRE ON THE GROUND”-2016, International Journal of Advanced Studies, Krasnojarsk, Russia , ISSN 2306-1561 DOI: 10.12731/2227-930X-2016-3-106-119.
8. Dmitry S. Bals, Leonid A. Vinogradov, Yulija Soldatova, “QUALITY CONTROL OF MULTI-PASS WELD BY MEANS OF ACOUSTIC EMISSION”

trans&MOTAUTO'19 Varna, BULGARIA, 2019, ISSN 1313-5031 (Print), ISSN 2535-0307 (Online).

9. Leonid Vinogradov, Vladislav Turko, Yulija Soldatova, "EVALUATION OF RESCUE TIMING FOR AEROPLANE PASSENGERS FROM CABIN FIRE ON GROUND" trans&MOTAUTO-2018, PROCEEDINGS BURGAS, BULGARIA, ISBN: 1310-3946.
10. Leonid Vinogradov, Vladislav Turko, Yulija Soldatova, "ОБ УТОЧНЕНИИ СТРАХОВЫХ ПРЕМИЙ ПРИ СТРАХОВКЕ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С ПОЖАРОМ НА ЗЕМЛЕ" XXV INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "trans&MOTAUTO'17" 2017 BURGAS, BULGARIA ISBN: 1310-3946.
11. Leonid Vinogradov, Vladislav Turko, Yulija Soldatova, "A PROBABILITY MODEL OF FIRE OCCURED IN AIRCRAFT ACCIDENTS AT AND NEAR AIRPORTS" "trans&MOTAUTO'16", PROCEEDINGS BURGAS, BULGARIA, 2016 ISBN: 1310-3946.
12. Vinogradov L. "INFLUENCE OF DANGEROUS FACTORS OF FIRE AND PROBABILITY OF SURVIVAL OF PASSENGERS AT AVIATION INCIDENT", the 3th International Scientific and Practical Conference – 2016, Latvija, Rīga. ISBN 978-9984-9996-1.
13. Vinogradov L. "EVALUATION OF AIRCRAFT PASSENGER CABIN FIRE SAFETY AND MEASURES FOR IMPROVEMENT" "Trans&MOTAUTO 15, PROCEEDINGS VARNA Bulgaria, ISBN: 1310-3946, lpp. 30.
14. Vinogradovs, L., Vaivads, A., Šestakovs, V. Search and Emergency-Rescue Organization and Realization at Aviation Accidents in the Airport Responsibility Area. No: *4th International Conference on Scientific Aspects of Unmanned Aerial Vehicle (SAUAV-2010) : Proceedings*, Polija, Suchedniów, 5.–7. maijs, 2010. Kielce: Kielce University of Technology, 2010, 616.–619. lpp. ISBN 978-83-88592-70-6.
15. Vaivads, A., Vinogradovs, L., Šestakovs, V. Assessment of Safety in Case of Failure of Aircraft. In: *4th International Conference on Scientific Aspects of Unmanned Aerial Vehicle (SAUAV-2010) : Proceedings*, Poland, Suchedniów, 5–7 May, 2010. Kielce: Kielce University of Technology, 2010, pp. 602–609. ISBN 978-83-88592-70-6.

Konferenču tēzes

16. Vinogradovs L., Šestakovs V. "MEKLĒŠANAS UN AVARIJAS-GLĀBŠANAS DARBU ORGANIZĀCIJA UN NORISE LIDLAUKA ZONĀ AVIĀCIJAS NEGADĪJUMA LAIKĀ" RTU 52. starptautiskā zinātniskā konference. Programma. Rīga, 2011. gada 13.–16. oktobris, 82. lpp.
17. Vinogradovs L., Šestakovs V., Karinšs M. "OBJEKTĪVAS KONTROLES LĪDZEKĻU IZMANTOŠANA LIDOJUMU DROŠĪBAS NODROŠINĀŠANAI" RTU 51. starptautiskā zinātniskā konference. Programma. Rīga, 2010. gada 11.–15. oktobris. 88. lpp.

18. Vinogradovs L., Šestakovs V., Leonids T. "GAISAKUĢA TEHNISKĀS APKOPES PROGRAMMAS EFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒŠANA" RTU 51. starptautiskā zinātniskā konference. Programma. Rīga, 2010. gada 11.–15. oktobris, 88. lpp.
19. Vinogradovs L., Šestakovs V. "AVIĀCIJAS NEGADĪJUMA IZMEKLĒŠANA" RTU 50. starptautiskā zinātniskā konference. Programma. Rīga, 2009. gada 12.–16. oktobris, 84. lpp.
20. Vinogradovs L., Šestakovs V. "AVIĀCIJAS-GLĀBŠANAS DARBU ORGANIZĒŠANA" RTU 50. starptautiskā zinātniskā konference. Programma. Rīga, 2009. gada 12.–16. oktobris, 83. lpp.
21. Vinogradovs L., Galejevs T., Šestakovs V. "MODERNO VIEGLO LIDMAŠĪNU AERODINAMIKAS SHĒMAS" RTU 50. starptautiskā zinātniskā konference. Programma. Rīga, 2009. gada 12.–16. oktobris, 83. lpp.

Promocijas darba struktūra

Promocijas darbā ir ievads, piecas nodaļas, secinājumi, kopā – 133 lappuses, ieskaitot 26 tabulas, 43 attēlus, 58 literatūras avotus, trīs pielikumus.

Termini un definīcijas

Aviācijas negadījums – ar gaisa kuģa izmantošanu saistīts notikums, kas ir noticis laika posmā, kad persona iekāpj gaisa kuģī ar nodomu veikt lidojumu, līdz momentam, kad visas gaisa kuģī esošās personas ir izkāpušas no tā un kurā:

- a) persona ir ieguvusi nopietnus vai nāvējošus miesas bojājumus, kas saistīti ar:
 - atrašanos gaisa kuģī vai
 - tiešu saskari ar kādu no gaisa kuģa daļām, tai skaitā ar tām, kas ir atdalījušās no šī gaisa kuģa, vai
 - reaktīvā dzinēja gāzu strūkļas tiešu iedarbību, izņemot tos gadījumus, kad miesas bojājumi iegūti dabiskā ceļā, tos ir nodarījusi persona pati sev vai tos nodarījušas citas personas, vai miesas bojājumi nodarīti bezbiļetniekiem, kuri atrodas ārpus pasažieriem un apkalpes locekļiem paredzētajām zonām, vai
 - b) gaisa kuģis gūst bojājumus vai notiek tā konstrukcijas sagraušana, kā rezultātā:
 - konstrukcijas stiprība izmainās, pasliktinās gaisa kuģa tehniskie un lidojuma raksturojumi;
 - nepieciešams apjomīgs remonts vai bojātā elementa nomaiņa, izņemot dzinēja atteices vai bojājuma gadījumus, kad bojāts tikai pats dzinējs, tā apvalki vai palīgagregāti, vai kad ir bojāti tikai propelleri, spārnu gali, antenas, riteņu riepas, bremžu iekārtas, plūdpārsegi vai apšuvumā ir nelieli iespaidumi vai caurumi, vai
 - c) gaisa kuģis pazūd vai nonāk pilnīgi nepieejamā vietā.
1. piezīme. Miesas bojājums, kura rezultātā 30 dienu laikā pēc aviācijas negadījuma iestājas nāve, ICAO tiek klasificēts kā miesas bojājums ar letālu iznākumu tikai statistikas datu vajadzībām.
 2. piezīme. Gaisa kuģis tiek uzskatīts par bezvēsts pazudušu, kad tiek pārtraukti oficiālie meklējumi un atlūzu atrašanās vieta netiek atrasta.

Izmeklēšana – process, kas tiek veikts, lai novērstu aviācijas negadījumus un kas ietver informācijas iegūšanu un analīzi, slēdzienu sagatavošanu, ieskaitot iemesla (iemeslu) noskaidrošanu un, ja nepieciešams, drošības rekomendāciju sagatavošanu.

Incidents – jebkurš notikums, izņemot aviācijas negadījumus, kas saistīti ar gaisa kuģa izmantošanu un kas iespaido vai var iespaidot ekspluatācijas drošību.

Vispārējā trauksme – izziņota tad, kad ir aizdomas ka lidaparātam, kas nolaižas, ir bojājumi, kuru dēļ pastāv aviācijas negadījuma draudi.

Vietējā avārijas gatavība – izziņota tad, kad ir zināms, ka par lidaparātu, kas nolaižas, ir aizdomas, ka tam ir bojājumi, kas apgrūtinās drošu nolaišanos.

AN – aviācijas negadījums;

APAP – aviācijas pneimo auduma pacēlājs;

PNJ – pacelšanās-nosēšanās joslas;

GK – gaisa kuģis;

GSV – gaisa satiksmes vadība;
organizācija;

LGD – lidostas glābšanas dienests;

CA – civilā aviācija;

UK – ugunsdzēsības komanda;

DD – drošības dienests.

AGK – avārijas un glābšanas komanda;

AGD – avārijas glābšanas darbi;

LD – lidojuma drošība;

UBS – ugunsgrēka brīdināšanas sistēmas;

ICAO – Starptautiskās civilās aviācijas

UBF – ugunsgrēka bīstamie faktori;

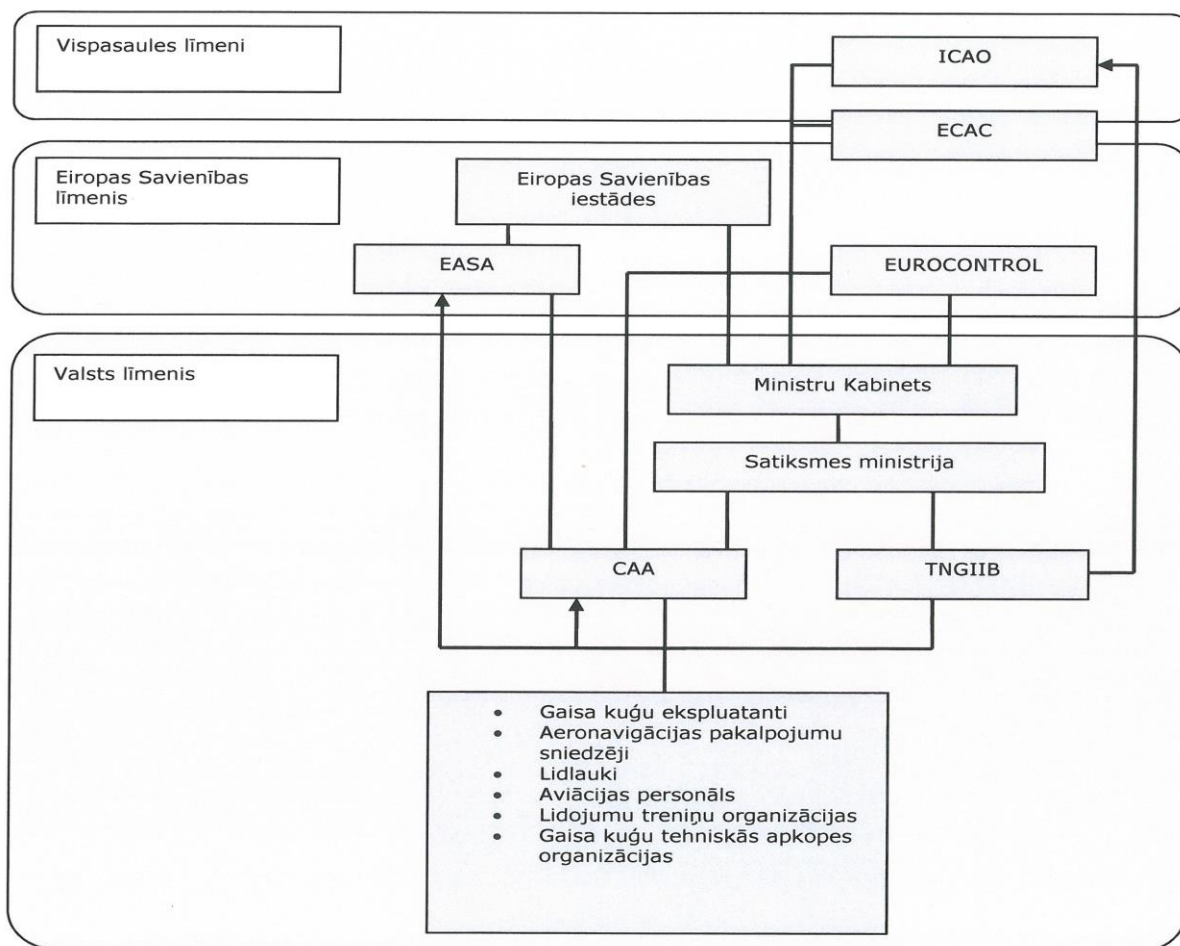
UDS – ugunsgrēka dzēšanas sistēma ;

JAR – *Joint Aviation Requirements*; apvienotās
aviācijas prasības;

1. AVIĀCIJAS NEGADĪJUMA LIDOSTAS ATBILDĪBAS RAJONĀ RAKSTUROJUMS

Viens no galvenajiem kritērijiem, kas tiek izvirzīts, izvēloties izmantot gaisa transportu, ir augstas lidojumu drošības prasība. Tieši lidojumu drošības līmenis ir būtiskākais civilās aviācijas darbību raksturojošais rādītājs gan Latvijas, gan pasaules mērogā. Tāpēc aviācija ir strikti reglamentēta mūsdienīga nozare. Aviācijas nozarē pastāv daudzlīmeņu struktūra, kas nodrošina lidojumu drošību (1.1. att.). Pateicoties šādi izveidotai struktūrai, aviācija ir viena no visdrošākajām transporta nozarēm. Šajā struktūrā katra līmeņa prasības nodrošina attiecīgās aviācijas organizācijas, izstrādājot normatīvos aktus: standartus, nolikumus, vadlīnijas, instrukcijas u. c. Šajā promocijas darbā literatūras avotu sarakstā minēti pētījumi un dokumenti, kas visvairāk saistīti ar šī darba tēmu. Daudzlīmeņu struktūra redzama 1.1. attēlā [30–58].

Uz katru no šiem avotiem autors atsaucas attiecīgajās promocijas darba nodaļās.



1.1. att. Lidojumu drošība nodrošināšana starptautiskās civilās aviācijas daudzlīmeņu struktūrā.

Starptautiskās organizācijas

ICAO (International Civil Aviation Organization) – Starptautiskā Civilās aviācijas organizācija.

ICAO nosaka starptautiskos standartus un procedūras visām līgumslēdzējām valstīm.

IATA (International Air Transport Association) – Starptautiskā Gaisa transporta asociācija. Globāla asociācija, kas apkopo vairāk nekā 200 aviolīniju. Asociācija darbojas kā koordinators un pārstāv gaisa transporta nozares intereses tādās jomās kā lidojumu drošība, tarifu politika, apkope, CA drošība, starptautisko standartu attīstība sadarbībā ar ICAO.

ACI (Airport Council International) – Starptautiskā Lidostu padome. Starptautiska asociācija, kas apvieno vairāk nekā 450 lidostas.

Eiropas organizācijas

Ar Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 1592/2002 pieņemšanu 2002. gada 15. jūlijā pavērās ceļš uz jaunu Kopienas gaisa drošības un vides regulējumu sistēmu un tika izveidota Eiropas Aviācijas drošības aģentūra (EASA),

EASA uzdevumi:

- palīdzēt Eiropas Komisijai likumdošanas un starptautiskās pārstāvības jomās;
- īstenot Kopienas tiesības gadījumos, kad centralizēta sertifikēšana ir efektīvāka par dalībvalstu individuālu rīcību;
- uzraudzīt dalībvalstu realizēto Kopienas tiesību aktu īstenošanu gadījumos, kad dalībvalstis pašas izpilda sertifikēšanas uzdevumus.

JAA – Apvienotā aviācijas aģentūra.

Mērķi:

- nodrošināt augstu drošības līmeni Eiropā un pasaulē;
- uzlabot gaisa ceļojumu efektivitāti;
- nodrošināt godīgus konkurences nosacījumus.

ECAC – Eiropas civilās aviācijas konference.

Mērķi:

- uzlabot komunikāciju starp aviosabiedrībām;
- nodrošināt ciešas saiknes starp Eiropas valstīm aviācijas jomā.

Euro Control – nodrošina ATC ICAO dalībvalstu intereses augšējā gaisa telpā.

Latvijas Civilās aviācijas aģentūra (CAA) – atbildīgā institūcija valstī par Nacionālās civilās aviācijas drošības programmas īstenošanu, koordināciju un uzraudzību.

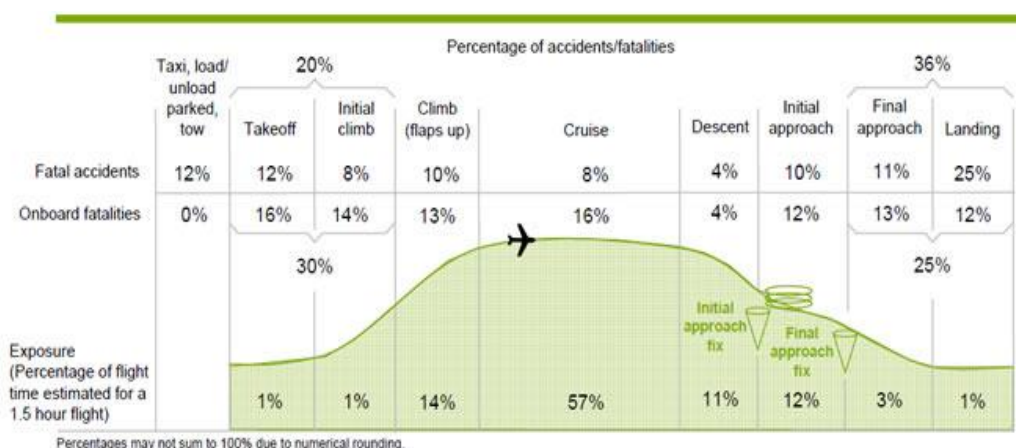
Mērķis: īstenot valsts civilās aviācijas un lidojumu drošības politiku. Tā ir Satiksmes ministrijas Aviācijas departamenta pārraudzībā esoša valsts pārvaldes iestāde.

Misija: Civilās aviācijas aģentūra ir izveidota, lai īstenotu valsts civilās aviācijas un lidojumu drošības politiku.

1.1. Statistikas datu analīze

No lidojumu prakses ir zināms, ka vissvarīgākie un sarežģītākie aspekti, nodrošinot drošus lidojumus, ir pacelšanās un nolaišanās brīdis, kuru specifika atkarīga no daudziem faktoriem, kā arī nepieciešamība piemērot īpašas, no visa lidojuma atšķirīgas lidmašīnas pilotēšanas metodes, kas prasa lielāku precizitāti, ekipāžas saskaņotu rīcību, vadot gaisa kuģi. Lai arī no

kopējā lidojuma ilguma tas ir apmēram 4 % laika, pasaules statistika liecina, ka lielākā daļa pasažieru un transporta lidmašīnu negadījumu notiek nosēšanās laikā, lidmašīnām izriņojot aiz pacelšanās-nosēšanās joslas (PNJ) robežas un saduroties ar virszemes objektiem. Civilo transporta lidmašīnu aviācijas negadījumu analīze, ņemot vērā ICAO datus, liecina, ka 80 % katastrofu notiek, paceļoties, sākot nosēšanās manevru un nosēžoties (1.2. att.). Ņemot vērā lidmašīnu bojājumu dinamiku avārijas gadījumā, var secināt, ka galvenie faktori, kuru dēļ transporta lidmašīnu aviācijas negadījumos ir cietušie, ir triecieni un ugunsgrēki [80].



1.2. att. Komerčiālo aviācijas kompāniju negadījumu statistika pasaulē, 2009–2018 [80].

Šie gadījumi ir apmēram ceturtdaļa no visiem incidentiem un avārijām gaisa transportā, un vairāk nekā 90 % no visiem gadījumiem notiek uz pacelšanās-nolaišanās joslas, tai skaitā 80 % no visām katastrofām [76–80].

Ņemot vērā IATA datus, sākot nosēšanos, un nosēšanās laikā civilā aviācijā notiek 65 % visu negadījumu: 13 % – sākot nosēšanos, 46 % – nosēšanās laikā, 4 % – izpildot manevru, ejot uz otro apli [81].

Pēc “Airbus” vērtējuma, apmēram 4 % nosēšanās manevru neatbilst normatīviem kritērijiem [61].

Tas apmēram atbilst IATA datiem, kas saņemti pēc audita par drošiem lidojumiem un ir 3,4 %. Tas nozīmē, ka ASV gadā no 10 milj. vietējo un starptautisko līniju reisiem katru dienu vidēji tūkstotim fiksēts nestabils nosēšanās sākuma manevrs [72].

Vēl lielākas bažas rada informācija, ka 97 % pēc nestabilā nosēšanās sākuma manevra piloti turpina veikt nosēšanos, un tas izraisa aviācijas negadījumus lidostas atbildības rajonā. Šī statistika ir apmēram vienāda gan Eiropā, gan pasaulē [60].

Lidojumu negadījumus var iedalīt trīs galvenajās grupās:

- 1) nāvējošos vai “neizdzīvojamos”; negadījumi, kuros visa ekipāža un pasažieri iet bojā;
- 2) nenāvējošos vai “izdzīvojamos”; negadījumi, kuros visi ekipāžas locekļi un pasažieri paliek dzīvi;
- 3) “tehniski izdzīvojamos”; negadījumi, kuros daļa ekipāžas un pasažieru var izdzīvot. Apmēram 90 % no visiem lidojumu negadījumiem definēti kā “izdzīvojamie” vai “tehniski izdzīvojamie”.

“Neizdzīvojamos” negadījumos visā pasaulē vidēji no 1500 (100 %) personām gadā iet bojā apmēram 900 cilvēku (60 %) [80]. Pārējie 600 (40 %) iet bojā “tehniski izdzīvojamos” negadījumos (1.3. att.).



1.3. att. Negadījumu statistika. Lidojumu negadījumu upuru skaits no 1963. līdz 2018. gadam [80].

1.2. Ugunsbīstamības faktori gaisa kuģos

Statistiskie dati liecina, ka cilvēku upuru skaits un materiālais zaudējums ugunsgrēku dēļ lidmašīnās nesamazinās, un tam piemīt tendence pieaugt. Ugunsgrēka procesa norises ātrums lidmašīnā liecina, ka tas ir paaugstinātas sprādzienbīstamības ugunsgrēks.

Galvenās ugunsgrēka briesmas rada tas, ka uz borta atrodas liels daudzums aviodegvielas (5–20 t un vairāk), kas brīdī, kad lidmašīna atsitās pret zemi, strauji izplūst ap lidmašīnu, un tā rezultātā ugunsgrēks izplatās lielā platībā – līdz 1000 m² un vairāk [66].

Turklāt ugunsgrēka centrā, kas norobežots no ārējās vides, praktiski neaizsargātā alumīnija apvalkā, atrodas desmitiem, pat simtiem cilvēku. Kritiski apstākļi cilvēku, kuri atrodas lidmašīnā, dzīvībai iestājas jau pēc 2–3 minūtēm apvalka caurdegšanas, straujas temperatūras palielināšanās, toksisko degšanas produktu sadalīšanās apvalka iekšienē dēļ. Tas viss saasina apstākļus, padarot neiespējamu cilvēku glābšanu. Lidaparātu ugunsgrēka gadījumā uz zemes iespējams:

- ātra uguns izplatīšanās degvielas sistēmas bojājumu dēļ, kā arī iekšējās apdares degošo materiālu degšana pasažieru salonos gāzes balonu sprādziena rezultātā;
- briesmas cilvēkiem un evakuācijas grūtības durvju un lūku ieklemmēšanās dēļ;
- intensīva mezglu un detaļu degšana no alumīnija-magnija un citiem sakausējumiem;
- ugunsgrēka perēkļa pārāk liels attālums no ūdens ņemšanas vieta;
- ja ugunsgrēks notiek aiz lidostas teritorijas, rodas grūtības avārijas vietā nogādāt ugunsdzēsības automobiļus un ugunsdzēsības vielas.

Mūsdienās ugunsgrēkus lidmašīnās var klasificēt šādi:

- piezemēšanās mehānismu ugunsgrēki (šasijas);
- zem lidmašīnas izlijušās degvielas ugunsgrēki;

- iekšējie ugunsgrēki korpusā;
- spēka iekārtu (dzinēju) ugunsgrēki.

Šasijas ugunsgrēki visvairāk notiek, lidmašīnai nosēžoties, un galvenokārt saistīti ar trīs veidu materiālu degšanu: gumijas, hidrošķīduma un magnija sakausējumu.

Viens no visvairāk sastopamajiem ugunsgrēkiem ir hidrošķīduma degšana bojātu šasijas hidrosistēmu dēļ. Hidrošķīdums, nokļūstot līdz augstai temperatūrai (300 600 °C) sakarsētā bremžu trumulī, uzliesmo, un tas izraisa riteņu gumijas riepu aizdegšanos. Attīstoties augstai temperatūrai, tā var izraisīt piezemēšanās mehānismu (šasijas cilindru magnija sakausējumu) aizdegšanos, kas notiek 6–8 minūtēs [67, 69].

Magnija sakausējuma ugunsgrēka raksturīgās pazīmes ir balts uguns izgaismojums, degoša metāla dzirksteles (šļakatas) un balta blīvu dūmu parādīšanās.

Speciālu eksperimentālu izmeklējumu procesā vērojami gadījumi, kad ugunsgrēka augstā temperatūra izraisa hidroakumulatoru (amortizācijas statņu) sprādzienu un sprādziena enerģijas rezultātā hidroakumulatori tika aizmesti 100–150 m attālumā.

No lidostas ugunsdzēsības depo jāveic regulāra lidojumu un darbību, kas notiek uz perona, novērošana. Dežurējošajām personām jābūt apgādātām ar visiem iespējamiem novērošanas līdzekļiem un sakaru iekārtām, ar ko iespējams nekavējoties dod avārijas signālu. Lai nodrošinātu maksimālu darba laukuma redzamību, liela nozīme ir ugunsdzēsības depo atrašanās vietai.

Ar lietošanā esošiem līdzekļiem avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu personālam pārmaiņus jāveic novērošana visā lidojuma laikā. Ja tas ir iespējams, personas, kas atrodas sardzē, pienākumos var iekļaut novērošanu (atsevišķu lidostu teritorija ir pārāk liela, un tur ir iespējams pildīt vairāk kā vienu no šīm funkcijām):

- a) lidaparātiem, kas ir lidojumā vai veic nosēšanos;
- b) lidaparātiem, kas veic manevrēšanu, atrodoties uz zemes, dzinēju darbu, šasiju, kas atrodas stāvvietās, darbaspēju (ieskaitot degvielas uzpildi);
- c) brīvo ceļu, kas nepieciešami manevrēšanai, esamību, ieskaitot skrejceļu, un manevrēšanas ceļi; bieži uz skrejceļa atrodas lidaparāti, kas gaida pacelšanās un manevrēšanas atļauju.
- d) laika apstākļu faktors – kā tie var iespaidot avārijas transporta līdzekļu pārvietošanos.

Saņemot iekšlietu pārvaldes personāla signālu, kas apliecina avārijas situāciju, nepieciešamās iekārtas tiek pārvietotas uz avārijas negadījuma vietu vai uz iepriekš paredzētu pozīciju pie skrejceļa, kur tā tiks izmantota. Pēc trauksmes signāla saņemšanas par visām turpmākajām darbībām atbild avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu priekšnieks lidostā, kura pienākums ir situācijas vadība [34, 35].

Ja ir saņemta informācija par to, ka noticis aviācijas negadījums vai tas ir neizbēgams, no personas, kas nav iekšlietu pārvaldes dežurējošais darbinieks, avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienesti veic atbildes gājieni uz signālu, kurš ir saņemts no iekšlietu pārvaldes personas. Iekšlietu pārvaldes persona nekavējoties tiek informēta par avārijas situācijas raksturu. Pēc tam, kad avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības transporta līdzekļi nosūtīti uz notikuma vietu, par to obligāti jāpaziņo iekšlietu pārvaldes pārstāvim, lai viņš varētu informēt visus pienākošos un izlidojošos lidaparātus par situāciju, kādā atrodas avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienesti.

Avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības transporta līdzekļiem ir jābūt izvietotiem tā, lai tiktu nodrošināta iespējami labāka redzamība. Avārijas situācijās ar darbnespējīgām šasijām vai pneimatiku vienmēr ir iespēja, ka lidaparāts noies no skrejceļa un saskriesies ar avārijas iekārtām. Tādās situācijās vēlams, lai avārijas iekārtas izvietotos tuvāk saskarsmes punktam ar zemi un pēc lidaparāta nosēšanās varētu sekot tam gar skrejceļu [34, 36, 37].

Avārijas un glābšanas ar ugunsdzēsības iekārtas piekļuvi negadījuma vietai, kas atrodas ārpus lidostas teritorijas, jāorganizē saskaņā ar ugunsdzēsības dienestiem, savstarpēji vienojoties. Iepriekš jānodrošina vietējo policijas dienestu atbalsts. Nepieciešams uzturēt sakarus starp avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības transporta līdzekļiem. Ja tas ir iespējams, vietējiem ugunsdzēsības dienesta vadītājiem jāveic šo frekvenču noklausīšanās. Ātrdarbīgiem transporta līdzekļiem jāvirzās uz notikuma vietu neatkarīgi no lēnākiem transporta līdzekļiem, savukārt vadītājiem jāvirza pamatlīdzekļi ar radiosakaru palīdzību un jāpārraidā, kad vadītājiem ir jābūt uzmanīgiem, pārvietojoties pa maršrutiem, kas var krustoties ar citiem ceļiem.

Papildu auto cisternas un sūkņu iekārtas ar papildbākām jānosūta uz notikuma vietu katreiz, kad pēc konkrētām pazīmēm var tikt pieprasīti to pakalpojumi, it īpaši tad, kad ir zināms, ka aviācijas negadījuma vieta atrodas ārpus zonas, kas ir nodrošināta ar parasto ugunsdrošības aizsardzību (pazemes ūdens avoti vai hidranti), t. i., gadījumos, kad var būt nepieciešama ūdens pārvadāšana.

Lai izvairītos no aizkavēšanās avārijas situācijās, ir nepieciešams iepriekš izpētīt apkārtni ārpus lidostas un esošos ceļu apstākļus. Nozīmīgiem apkārtnes faktoriem ir jābūt attēlotiem kartē ar norādēm, kurās vietās atrodas avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības transporta līdzekļi.

Visam personālam, kas ir iesaistīts avārijas negadījuma vietā, ir jābūt apgādātām ar attiecīgu aizsargapģērbu. Lai nodrošinātu glābēju un pasažieru pieeju evakuācijai, ir nepieciešami papildāizsardzības līdzekļi, kas tiek papildināti ar šļūteņu sistēmām, lai varētu pievadīt putas. Nepieciešami arī attiecīgie aizsarglīdzekļi, kas nodrošina lidaparāta pasažieru drošību. Glābējiem ir jāzina savu aizsarglīdzekļu priekšrocības un trūkumi, lai viņiem nerastos viltus drošības sajūta. Nepieciešams ievērot piesardzību, lai izvairītos no putu padeves uz glābējiem, izņemot gadījumus, ja tas ir nepieciešams, jo putas var nokļūt uz maskas, kas aizsargā seju, un ierobežot redzamību. Aizsargtērpa samitrināšana var izraisīt apdegumus ar tvaiku, kas veidojas augstas temperatūras rezultātā. Ja izveidojas šāda situācija, šķidruma padeve jāturpina tik ilgi, līdz cietušie atradodas ārpus augstas temperatūras zonas robežām.

Šļūteņu sistēmām, ko paredzēts izmantot, ir jābūt uzpildītām ugunsgrēka dzēšanai pēc tam, kad iekārtas būs izvietotas nepieciešamajā kārtībā, neatkarīgi no ugunsgrēka intensitātes. Tām jāspēj sasniegt patērētā aprēķināto normu degvielas uzliesmojuma gadījumā, kas var radīt bīstamību avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības iekārtām, kas atrodas notikuma vietā, kā arī lidaparāta pasažieriem. Arī tad, ja nav acīmredzamu ugunsgrēka pazīmju, visām iekārtām jābūt sagatavotām iespējamam ugunsgrēkam. Visam personālam ir jābūt apģērbtam standarta aizsargapģērbā, lai ierobežotu iespēju gūt traumas degvielas uzliesmojuma gadījumā.

Ja ir izlijis potenciāli uzliesmojošs šķidrums, svarīgi to pēc iespējas maksimāli savākt. Turklāt izlijusī degviela ir jāneitralizē, nokļājot to ar putām. Avoti, no kuriem darbojas dzinēja aizdedze, ir jāatslēdz vai jāatdzēsē. Lidaparātu turboreaktīvais dzinējs var saglabāt pietiekami daudz siltuma, lai degvielas tvaiki uzliesmotu 30 min. laikā pēc tā izslēgšanas. Virzuļu dzinējiem šis laiks ir 10 min. Nosedzot izlieto degvielu ar putām, ir nepieciešams atcerēties par kopējo ūdens daudzumu, kas nepieciešams, lai veiktu pamata avārijas un glābšanas uzdevumus. Nepārtraukta ūdens padeve ir svarīgs faktors, un brīdī, kad atskan avārijas signāls, auto cisternām un sūkņu iekārtām ir jābūt pilnīgā gatavībā, lai pievadītu ūdeni avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības iekārtām. Saskaņā ar iepriekš paredzēto ūdens piegādes grafiku ugunsdzēsamo līdzekļu un iekārtu skaitam negadījuma vietā ir jābūt kopējā transporta līdzekļu aprīkojumā. Ja lidostas remonta iekārtu komplektā ir autokāpnes, transporta līdzeklis ar pacelāju vai pārnēsājamās avārijas apgaismošanas ierīces, svarīgi, lai, sastādot avārijas plānu, tiktu paredzēta to ierašanās vieta, ja būs nepieciešamas šādas ierīces.

Veicot glābšanas operācijas, kad tas iespējams, jāizmanto durvis un lūkas, taču avārijas glābšanas un ugunsdzēsības personālam ir jābūt griežot atvērt lidaparāta korpusu, un šim nolūkam jābūt attiecīgajai tehnikai.

Lidaparātu pasažieru evakuācija jāveic maksimāli īsā laikā. Lai arī, evakuējot pasažierus, ir jāuzmanās no viņu ievainošanas, lai nepasliktinātos viņu stāvoklis, tomēr pamatprasība ir evakuēt tos pasažierus, kurus apdraud ugunsgrēks.

Salauztām caurulēm, pa kurām tiek pievadīta degviela, hidrauliskais šķidrums (uzliesmojošs), spirts vai eļļa, ir jābūt aizvērtām vai aizliektām, lai samazinātu iztekošo šķidruma daudzumu un uguns intensitāti.

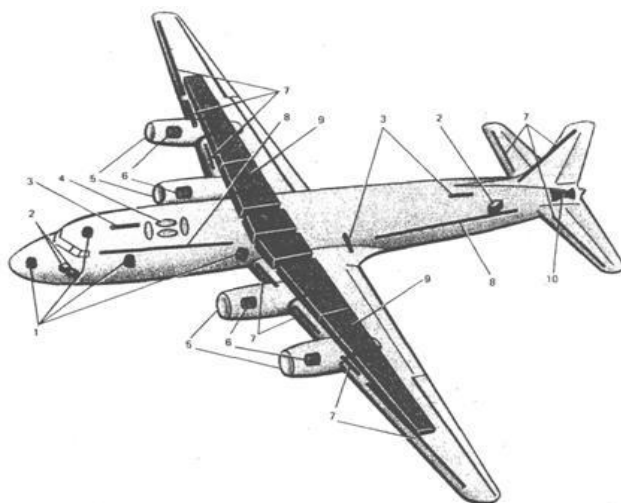
Situācijās, kad evakuācijas paātrināšanai un palīdzības sniegšanai nepieciešams izmantot troses, jāievēro uzmanība, lai tā rezultātā spēki, kas varētu izveidot degvielas noplūdi no daļēji bojātām degvielas tvertnēm, vēl vairāk netraumētu cilvēkus, kuri trosēs var sapīties.

1.3. Materiāli, kas tiek izmantoti gaisa kuģu konstruēšanā

Lidmašīnu konstruēšanā izmanto materiālus izolācijai, blīvējumam un interjera iekārtošanai. Mūsdienu lidmašīnās, lai izvairītos no ekstremālas temperatūru maiņas un vibrācijām, tiek izmantots plašs materiālu klāsts. Šie materiāli var izkust un aizdegties dažādās temperatūrās, daži degot var izdalīt biezus melnus dūmus, kas var būt ļoti toksiski. Paplāksnes un cauruļvadu sistēmās par blīvējumiem izmanto fluorelastomeru (sintētisko gumiju) un vitonu. Vislielākā iespēja minētajiem materiāliem izkust rodas saskarē ar korodējošām skābēm un temperatūrās virs 315 °C (minētie materiāli pārsvarā sastopami augstspiediena, kā arī hidrauliskajās sistēmās). Lidmašīnas interjerā pārsvarā tiek izmantoti plastikāta materiāli, kas ugunsgrēka laikā rada toksiskus un ugunsbīstamus tvaikus.

Salonu dekoratīvie apdares un konstrukciju materiāli pārsvarā izgatavoti no plastmasas, kurai piemīt augsts sadegšanas ātrums, izdalot biezus un toksiskus dūmus, piemēram, zilskābes tvaiki, oglekļa dioksīds, akrila tvaiki, ūdeņraža hlorīdi, slāpekļa oksīdi un virkne citu ķīmisku savienojumu. Visi minētie savienojumi izraisa kaitīgu ietekmi uz cilvēka veselību, pirmkārt, paralizējot elpošanas orgānus un nervu sistēmu [23, 25].

Fizelāžas jeb korpusa, kas pārsvarā veidota no kompozītmateriāliem (ietverot oglekļa šķiedras), zemās ugunsizturības robežas rezultātā izlijusi degviela apkārt gaisa kuģim ātrā laika posmā caurdēdzina un izkausē fizelāžas apdares materiālus, ļaujot ugunij izplatīties gaisa kuģa salona iekšpusē [12].



Galvenās gaisa kuģu ugunsgrēku nedrošās zonas.

- 1 – bākas ar hidrošķīdumu;
- 2 – akumulatoru baterijas;
- 3 – benzīna apsildītāji (gaisa kuģos ar virzuļdzinējiem);
- 4 – skābekļa baloni;
- 5 – spēka iekārtas;
- 6 – eļļas bākas spēka iekārtās;
- 7 – pretapledošanas sistēma;
- 8 – kondicionēšanas sistēma; apkures un ventilācijas sistēmas;
- 9 – degvielas bākas;
- 10 – palīdzības spēka iekārta (PSI).

1.4. att. GK ugunsnedrošās zonas [12].

Ekspluatējot lielus (izmēra ziņā) gaisa kuģus, palielinās pēcavārijas ugunsgrēku iespēja un pieaug to bīstamība. Tas saistīts ar degvielas daudzuma un pasažieru skaita palielināšanos, kas atrodas uz lidmašīnas borta potenciālā aviācijas negadījuma laikā. Pēdējos gados palielinās GK pasažieru ietilpība, ieviešot ekspluatācijā platas fizelāžas gaisa kuģus. Izmantojot šādus GK, rodas nopietnas problēmas, lai nodrošinātu drošus lidojumus (1.4. att.) [36, 40].

1.4. Lidmašīnas uguns aizsardzības sistēma un tās prasības

Lidmašīnas uguns aizsardzības sistēma ir paredzēta, pirmkārt, lidaparāta uguns bīstamo nodaļu aizsardzībai no ugunsgrēka: degvielas nodaļas; dzinēju nodaļas un nišas. Tas tiek nodrošināts ar ugunsgrēka brīdinājuma sistēmu (ugunsgrēka signalizāciju), ar ugunsgrēka dzēšanas borta līdzekļiem, konstruktīviem ugunsdzēsamiem līdzekļiem, kas nodrošina ugunsgrēka izplatības lokalizācija tā rašanās gadījumā, kā arī ar neitrālām gāzes sistēmām, kas samazina sprādziena un uguns bīstamību uzpildes maisījuma tvertnēs.

Ugunsgrēku rašanās bīstamība ir tā, ka lidmašīnās un helikopteros ir degviela un var notikt eļļas tvaiku aizdegšanās. Kurināmā degvielas tvaika uzkrāšanās var būt saistīta ar kurināmā degvielas noplūdi uzpildes laikā. Par ugunsgrēka cēloni var kļūt arī degvielas un eļļas sistēmu tvertņu elementu hermētiski bojājumi. Uzliesmojums šajā gadījumā notiek tad, ja kurināmā degviela jeb eļļa nokļūst uz dzinēja un spēkiekārtu agregātu uzsildītajām virsmām. Kurināmās degvielas jeb eļļas tvaiku aizdegšanās var notikt arī elektrosistēmas bojājuma vai statiskas elektrības izlādes dēļ, kas veidojas lidmašīnas apšuves berzes dēļ ar gaisu lidojuma, un tas uzpildes laikā var izraisīt aizdegšanos [5, 8].

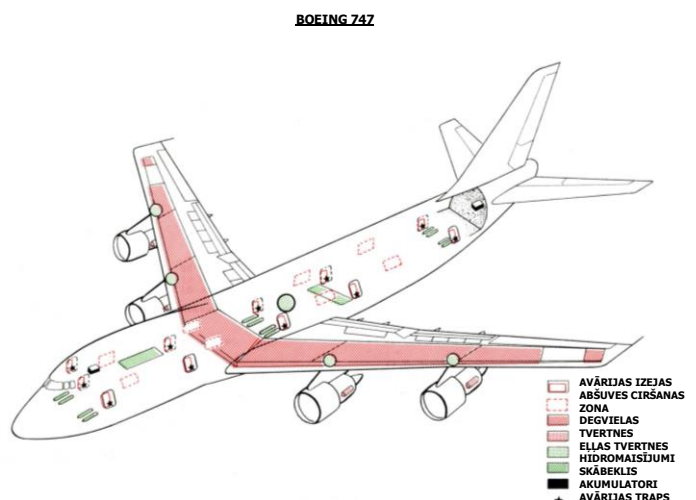
Ugunsgrēks var strauji iesākties arī tad, ja notiek degvielas tvaika sprādziens virs uzpildes tvertnes.

Jāņem vērā, ka aviācijas benzīniem gāzu-gaisa maisījums vienmēr ir bagātināts. Atšķirībā no benzīniem aviācijas petrolejām ir plašs temperatūru diapazons, kurā ir iespējama sprādzienbīstamu maisījumu veidošanās. Turklāt petroleja pati aizdegas 100 °C zemākā temperatūrā nekā benzīns ($t = 600...650\text{ }^{\circ}\text{C}$). Mazākā temperatūrā nekā petroleja aizdegas arī hidrauliskās un ziezeļļas ($t = 350...450\text{ }^{\circ}\text{C}$) [18,19].

Parasti avāriju situāciju laikā pirmām kārtām aizdegas hidromaisījumi un eļļas, bet no tām iesākas ugunsgrēks arī kurināmo degvielas sistēmā. Minētie apstākļi neizslēdz, ka avāriju gadījumā bīstamāka ir benzīnuzpildes sistēmas tecēšana, jo lielā gaistamība un liesmu izplatīšanās ātrums rada benzīna kurināmo degvielas sistēmu postījumu.

Ugunsgrēka un ugunsgrēka novēršanas brīdinājuma jeb signalizācijas sistēmas ir lidaparāta ugunsdzēsības aprīkojuma iekārtas. Ugunsgrēku signalizācijas sistēma dzinēju nodaļās ir paredzēta apkalpes ekipāžas brīdinājumam par ugunsgrēku un ugunsgrēka dzēšanas sistēmas automātisko ieslēgšanos. Ugunsgrēku signalizācijas sistēma obligāti jāuzstāda visās lidaparāta ugunsbīstamajās nodaļās. Tai ir jāreaģē uz temperatūras paaugstināšanos konkrētajā nodaļā, liesmu un citu apstākļu, kas ugunsgrēka sākumam, rašanos.

Ugunsgrēka dzēšanas sistēma (UDS) ir paredzēta, lai nodzēstu iesākušos ugunsgrēku ar dažādu ugunsdzēsamo vielu palīdzību: ugunsgrēka zonā – ar kolektoru palīdzību [18].



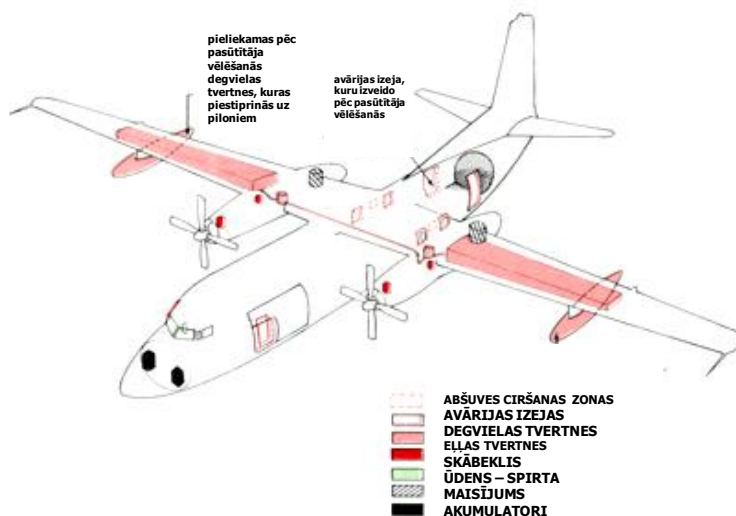
1.5. att. GK ugunsnedrošās zonas [12].

Svarīgākās tehniskās prasības, kas ir noteiktas ugunsgrēka brīdinājuma sistēmām (UBS) un ugunsgrēka dzēšanas sistēmām (UDS):

- UBS sāk darboties 2–3 sek. laikā;
- UDS darbojas jebkurā lidojuma režīmā;
- UDS sāk darboties 1,5 līdz 6 sek. laikā;
- ekspluatācijas vienkāršība un drošība (lādētāju pārbaudes);
- augsta lietojamo ugunsdzēsamo vielu efektivitāte;
- ugunsdzēsamo vielu īpašību stabilitāte ilgstošas uzglabāšanas laikā;
- ugunsdzēsamo aparātu esamība lidmašīnās;

- UDS sistēmas automātiska ieslēgšanās avāriju nolaišanās gadījumos.

FOKKER FRIENDSHIP F-27



1.6. att. GK ugunsnedrošās zonas [12].

Saskaņā ar statistiku aviācijas negadījumos aptuveni 20 % pasažieru iet bojā, saindējoties ar dūmiem un toksiskiem produktiem [63, 64].



1.7. att. GK ugunsgrēks lidostas rajonā [58].

Aviācijas negadījumā (AN) pasažieriem ir iespējams izdzīvot tikai tādā gadījumā, ja GK izdodas nosēsties uz zemes (ūdens). Turklāt arī šajā gadījumā, ņemot vērā dehermetizāciju, sāpju šoku un konkrētās personas veselības stāvokli, dzīvi palikušie pasažieri sastopas ar izdzīvošanas problēmu ugunsgrēka AN vietā dēļ. Atkarībā no šiem faktoriem [33] nosaukti 10 galvenie avārijas situācijas raksturojumi [33].

Minētie gadījumi sagatavoti, apkopojot informāciju par aviācijas negadījumiem, kas notikuši lidostas teritorijā vai tās atbildības rajonā, t. i., avārijas un glābšanas komandas darbības rajonā (AGK) lidostā. Šie gadījumi apkopoti 1.1. tabulā, ņemot vērā ugunsgrēka

dzēšanas apstākļu grūtības pakāpi un pasažieru, kas cietuši negadījumā, skaitu un glābšanu (evakuāciju) [24, 50, 59].

1.1. tabula

Avārijas situāciju uzskaitē gaisa kuģa ugunsgrēka (uz zemes) gadījumā

AN P/k	Faktori, kas raksturo AN		
	Novietojums un korpusa stāvoklis	Ugunsgrēka raksturs GK	Pasažieru stāvoklis
1	Atrodas uz pilnīgi izlaistas šasijas, bojājumu nav	Dzinēja ugunsgrēks	Visi vai lielākā pasažieru daļa spēj patstāvīgi pārvietoties un evakuēties
2		Piezemēšanas mehānismu aizdegšanās	
3		Mazas intensitātes ugunsgrēks ārpus korpusa	
4		Zem korpusa izlijušas aviodegvielas ugunsgrēks	
5	Korpuss (pasažieru kabīne) daļēji bojāts	Vidējas intensitātes ugunsgrēks apkārt korpusam izlijušās aviodegvielas dēļ	Daļa pasažieru nav spējīga patstāvīgi evakuēties
6		Vidējas intensitātes ugunsgrēks zem korpusa izlijušās degvielas dēļ	
7		Ugunsgrēks korpusa iekšienē	
8	Korpuss stipri bojāts	Ugunsgrēks zem korpusa izlijušās aviodegvielas dēļ, ugunsgrēks korpusa iekšienē	Lielākā pasažieru daļa nav spējīga patstāvīgi pārvietoties un evakuēties
9	Korpuss uz zemes, pasažieru kabīnei stipri bojājumi		
10	Korpuss augšpēdus, ir stipri bojājumi		

Kā redzams, galvenie faktori, kas apgrūtina glābšanas darbus un patstāvīgu evakuāciju, ir fizelāžas stāvoklis, ugunsgrēka apjoms (tā intensitāte, degšanas platība), pasažieru spēja patstāvīgi evakuēties [59, 60, 61].

Jāatzīmē, ka šiem faktoriem nepieciešams pievienot avārijas vietas attālumu no lidostas glābšanas dienesta (LGD).

AN var iedalīt divās galvenās grupās:

- nejaušie AN, kad ir ļoti maz laika, vai tā nav nemaz, lai sagatavotu lidmašīnu un ekipāžu triecienam krišanas rezultātā, vai piespiedu nosēdināšanai;
- “sagaidāmie AN”, kad ir pietiekami daudz laika, lai sagatavotu lidmašīnu un tās ekipāžu piespiedu nosēdināšanai.

Statistikas dati liecina, ka pēdējos gados nejaušo aviācijas negadījumu procents daudz vairāk pārsniedz sagaidāmo avāriju procentu. Tāpēc nepieciešams veltīt īpašu uzmanību attiecīgai lidojumu ekipāžas un pasažieru sagatavošanai un instruktāžai, kā arī nodrošināt viņus ar nepieciešamajiem līdzekļiem, lai sekmīgi pārvarētu briesmas gan nejaušā, gan arī sagaidāmā AN [18, 28].

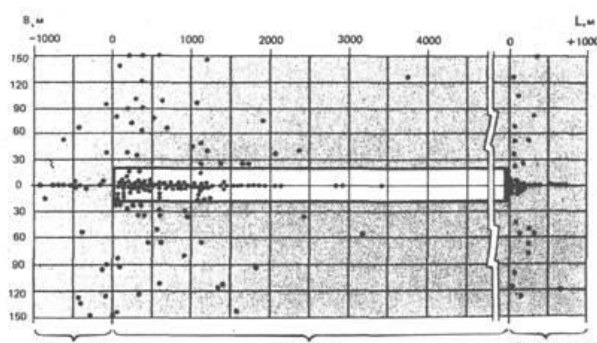
Galvenais apstāklis, kas atšķir vienu AN no otra, ir laika faktors.

Tieši efektīvi izmantots laiks sagaidāmā AN palielina varbūtību saglabāt dzīvību lielākam cilvēku skaitam.

Pēcavārijas ugunsgrēka iedarbību var samazināt, ja glābšanas dienests AN vietā ierodas ātrāk, vai ar efektīvākiem līdzekļiem, kas tiek nosūtīti cilvēku glābšanai.

Izanalizējot materiālus par AN, var secināt, ka lielākā daļa AN notiek uz pacelšanās-nolaišanās joslas (PNJ) vai tās tuvumā.

1.8. attēlā redzams, ka 31 % negadījumu notiek 1000 m attālumā no PNJ sliekšņa un 30 m uz abām pusēm no PNJ ass līnijas, 16 % negadījumu – zonā, kas atrodas aiz PNJ gala, 500 m attālumā no tās un 30 m uz abām pusēm no PNJ ass līnijas.



1.8. att. Aviācijas negadījumu vietu diagramma attiecībā pret PNJ [16].

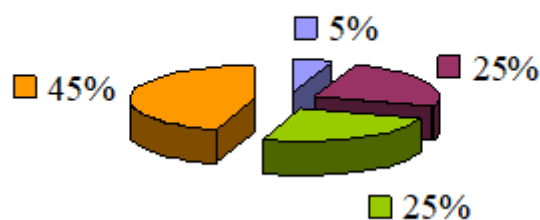
Aviācijas negadījumu (lidostas rajonā) raksturojums redzams 1.2. tabulā [16, 76, 77].

1.2. tabula

Aviācijas negadījumu (lidostas rajonā) raksturojums

Notikuma zona	Negadījumu skaits	Bojā gājušo skaits	Izdzīvojušo skaits	Cilvēku skaits kuri nokļuvuši katastrofā
Lidostā	69	301	4041	4342
0–8 km attālumā no lidostas	31	614	456	1070
Vairāk nekā 8 km no lidostas	47	937	688	1625
Kopā (10 gados)	147	1852	5185	7037

Pēdējā desmitgadē lidmašīnu ugunsgrēki visā pasaulē ir ceturtais biežākais nāves iemesls komerciālā aviācijā (1.9. att.) [78, 79, 80].



1.9. att. Statistika par ugunsgrēku iemesliem salonā [79].

5 % – bīstamās vielas, kas atrodas pasažieru bagāžā;

25 % – pasažieru rokas bagāža un citi priekšmeti;

25 % – lidmašīnas salona iekārtas;

45 % – ugunsgrēks sākas tualetēs (smēķēšanas vai vadu defektu dēļ).

Krava un bagāža, kas atrodas lidmašīnā, var būt ugunsgrēka attīstības un izplatīšanās iemesls lidmašīnas kabīnē. Ugunsgrēki, kas saistīti ar lidmašīnas iekšējām, ja tie netiek dzēsti sākuma stadijā, var ātri izplatīties un piepildīt salonu ar blīviem toksiskiem tvaikiem.

Lidmašīnas kabīnes konstrukcija ir iemesls ātrai uguns izplatīšanai ieskaitot siltumatdevi, konvekciju un siltumu.

Ātra uguns izplatīšanās salonā var būt viena vai vairāku faktoru rezultāts. Iekšējie apdares materiāli un degošā aviācijas degviela var veidot lielu daudzumu toksisko tvaiku, telpa ir ierobežota, tāpēc gaisa slānis ātri veido dzīvībai nepiemērotu vidi. Lielais karstums saārda iekšējo lidmašīnas apvalku un aizdedzina viegli uzliesmojošos materiālus, kas ir lidmašīnas konstrukcijā.

Palielinoties gaisa pārvadājumu apjomiem un pieaugot lidojumu intensitātei, jāparedz pasākumi cilvēku izdzīvošanas nodrošināšanai, to vidū svarīgu vietu ierādot avārijas un glābšanas nodrošināšanai, kuras galvenais mērķis ir cilvēku evakuācija no gaisa kuģa, kurā izcēlies ugunsgrēks. Ņemot vērā iepriekš minēto, cilvēku izdzīvošanas nodrošināšana AN lidostas rajonā mūsdienās ir ļoti aktuāls jautājums.

1.5. AN ugunsgrēku īpatnības

GK kā iespējamajam ugunsgrēka objektam ir virkne īpatnību, kas iespaido degšanas procesu. Galvenie no tiem ir:

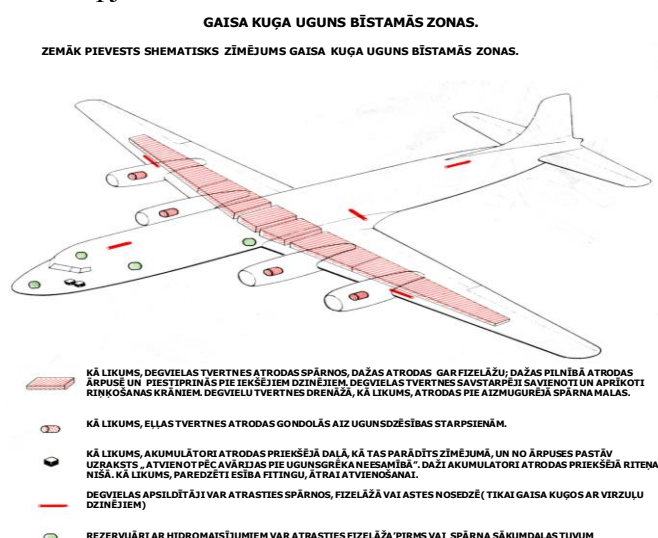
- uz borta ir ievērojams daudzums aviācijas degvielas un citu degošu šķidrumu;
- dekoratīvos apdares materiālos pasažieru salonos izmanto dažāda veida plastmasas, kurām ir liels degšanas ātrums un kas izdala daudz dūmu un augsti toksiskus produktus, kas slēgtās telpas dēļ sadeg nepilnīgi;
- fizelāžas apšuvei ir slikta ugunsizturība, kas ugunsgrēka gadījumā ar apkārt GK izlijušo aviodegvielu ātri kūst, korpuss caurdeg, un uguns iekļūst avarējušā kuģa iekšienē. Dažādi ugunsgrēku veidi un skaits, kā arī GK avionegadījumi, ko pavada ugunsgrēki un kas notikuši lidostās vai to tuvumā (ASV civilās lidmašīnas), aprakstīti [59, 61].

GK ugunsgrēku veidi un skaits

Veidi P / k	Lidmašīnu ugunsgrēku veidi	Procentālais iedalījums
1	Ugunsgrēki, ko izraisījusi izlijusi aviodegviela, vienā un abās GK pusēs	55 %
2	Ugunsgrēki, ko izraisījusi spēka iekārtu aizdegšanās	25 %
3	Ugunsgrēki, kas sākušies pasažieru salonu iekšpusē	12 %
4	Ugunsgrēki, ko izraisījusi šasijas aizdegšanās	5–6 %
5	Citi ugunsgrēki un aizdegšanās	2–3 %

1.6. Izlīkušas aviodegvielas izraisīts ugunsgrēks avioneģadījuma vietā

Virszemes aviodegvielas ugunsgrēki aviācijas negadījumos ir īpaši bīstami, salīdzinot visu veidu GK ugunsgrēkus. Galvenais degošais materiāls virszemes pēcavārijas ugunsgrēkā GK ir aviodegviela, kas iztek no avarējušās lidmašīnas bojātās degvielas sistēmas. Šādiem ugunsgrēkiem raksturīga ātra uguns izplatīšanās pa visu laukumu, kur izlijusi aviodegviela, un arī GK konstrukcijas elementu aizdegšanās. Tas var izraisīt katastrofu ar lielu skaitu cietušo un lieliem materiāliem zaudējumiem. Degvielas aizdegšanās gadījumā veidojas dažāda izmēra liesma, kas izplatās gan platumā, gan augstumā. Platība, ko aizņem izlījusī aviodegviela, var būt ļoti iespaidīga. Ņemot vērā maksimāli iespējamo liesmas augstumu, kaut aptuveni var iedomāties degšanas zonas apjomu.



1.10. att. GK ugunsnedrošās zonas [36].

1.10. attēlā redzamas tipiskās GK ugunsbīstamās zonas, kurās var izcelties ugunsgrēks, ja tās tiks bojātas, kā arī aviācijas negadījuma rezultātā.

Daļēji par ugunsgrēka iemeslu var kļūt degviela. Degvielas bākas izvietotas spārnos un fizelāžas iekšienē. Degvielas maģistrāles savieno degvielas bākas vienā spārnā ar degvielas bākām otrā spārnā, degvielas maģistrāles iet caur fizelāžu.

Avārijas rezultātā, GK salūstot, degviela var izplūst no bākām un degvielas maģistrālēm. Izlijusī degviela kļūst par potenciālu ugunsgrēka izraisītāju. Ugunsbīstama ir aviodegviela, ko izmanto civilā aviācijā (1.4. tab.).

Uz zemes (betona) izlijusī aviodegviela deg līdzīgi lāpai, un degšana atkarībā no gaisa kuģa tipa var notikt lielās platībās. Liesma var sasniegt līdz 15 metru augstumu. Ugunsgrēks šajā gadījumā ir apjomīgs. Veicot aprēķinus, var pieņemt, ka liesmas augstums vidēji ir astoņi metri. Degšanas zonas iespējamais vidējais apjoms atkarīgs no gaisa kuģa tipa. Liesmai, kas rodas, degot aviodegvielai, izdalās liels siltuma daudzums (līdz 2000 Mwt), savukārt citi degošie materiāli un šķidrumi (magnija sakausējumi, gumija, hidrošķidrums) izdala mazāku siltuma daudzumu [3, 23].

1.4.tabula

Degšanas zonu vidējie apjomi, ņemot vērā GK tipu

Degviela	Uzliesmojuma temperatūra, t °C	Blīvums, kg/m ³	Zemākais degšanas siltums, MDJg	Spradziņa temperatūras robežas, t °C		Vārīšanās temperatūra, t °C	Pašuzliesmošanas temperatūra, t °C	Izdegšanas ātrums t °C		Liesmas izplatīšanās ātrums pa degvielas virsmu, m/s
				zemākais	augstākais			masas g / (m ² s)	līnijveida, mm / min	
T-1	+ 30	807,8	42,91	+ 22	+ 67	150–220	+ 220	48	1,3	1,2–1,4
TS-1	+ 28	775,0	42,91	+ 17	+ 59	150–280	+ 218	48	3,6	1,2–1,4
T-2	+ 17	766,2	42,91	– 8	+ 40	60–280	+ 233	48	1,8	1,2–1,4
B-70	– 34	735,6	43,12	– 34	+ 20	–	+ 331	53	4,5	–

Turklāt degošas aviodegvielas liesmas temperatūra atsevišķās zonās virspusē var sasniegt 1300 °C un izstarot siltumu līdz 0,31 MWt/m². Vidējās virsmas liesmas temperatūra var būt tuva 10 000 °C, attiecīgi siltuma izstarojums liesmas robežā var būt aptuveni 0,135 MWt/m². Degšanas zonā izdalās ievērojams siltuma daudzums, tāpēc gaisa kuģa fizelāžas ugunsizturības robeža izlijušas aviodegvielas intensīva ugunsgrēka apstākļos var būt 40–120 sek. t. k., alumīnija sakausējuma pamatkonstrukciju, no kurām izgatavots gaisa kuģis, kušanas temperatūra ir aptuveni 600 °C. Bez individuālajiem siltumaizsardzības līdzekļiem cilvēks nevar atrasties tuvāk par 100 m no liesmas, jo siltuma iedarbība uz cilvēku sākas jau pēc 10–20 sek. [3, 4].

1.7. GK ugunsgrēku kategorijas

Avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu pamatuzdevums ir dzēst ugunsgrēku kritiskajā zonā, kas ugunsgrēka laikā ir jāaizsargā, nodrošinot tādus apstākļus, lai varētu evakuēt cilvēkus, kas atrodas uz lidaparāta borta. Ieteicamo iekārtu un to lietošanas paņēmieni ir pilnībā vērsti šī mērķa sasniegšanai.

Šajā nodaļā aprakstītās rekomendācijas ir vadlīnijas, ko var izmantot atbildīgā persona dažāda tipa ugunsgrēku likvidācijai [8].

Ugunsgrēki, kuros deg krava, iekšējās apdares vai analogiski cietā kurināmā materiāli, pieskaitāmi A kategorijai, un to dzēšana jāveic kopā ar dzesēšanu. Ja starp degošiem materiāliem nav uzliesmojošu šķidrumu, atbildīgā persona šādu ugunsgrēku gadījumā var izmantot ūdeni, ko vēlams izsmidzināt miglas veidā. Pieredze, pareiza plānošana un zināšanas, kā efektīvāk izmantot esošās iekārtas, var palīdzēt lēmumu pieņemšanā [8, 9].

Bīstamie faktori, raksturīgi izskatāmajam scenārijam avārijas situāciju attīstībā, ir:

- augsta temperatūra;
- degšanas produkti;
- uguns izplatīšanās ātrums;
- uguns izdalītais karstums.

Liesmas augstumu, ja deg izlijis šķidrums vai cieti materiāli, saskaņā ar pieņemtajām normām un standartiem var aprēķināt pēc formulas [3]:

$$H = 42d \left(\frac{M}{\rho_e \sqrt{gd}} \right)^{0,61}, \quad (1.1.)$$

kur:

M – degvielas masas izdegšanas ātrums, kg (m²s);

PB – apkārtējā gaisa blīvums, kg/m³;

g – brīvā kritiena paātrinājums;

d – izlijušās degvielas laukums, m², aprēķināms pēc formulas [3]:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \quad (1.2.)$$

kur F – izlijuma laukums vai cieto materiālu degšanas perēkļa laukums, m².

1.7.1. Karstu bremzēšanas ierīču un riepu degšana

Ugunsgrēka laikā uzmanību jāpievērš riepu sasilšanai un lidaparāta pneimatikai, kas rada potenciālus sprādziena draudus. Lai lidostas avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu personālu nepamatoti nepakļautu briesmām, ir svarīgi atšķirt karstas bremžu ierīces no degošām ierīcēm. Karstas bremžu ierīces parasti atdziest pašas, un ugunsdzēsības līdzekļi nav nepieciešami.

Lielākajā daļā propelleru lidaparātu ekspluatācijas instrukcijās ir ieteikums ekipāžas locekļiem saglabāt pietiekami lielus propellera, kas atrodas pirms degošās lidmašīnas daļas, apgriezienus, lai veidotos jaudīga dzesēšanas gaisa plūsma. Dzēšot degošus riteņus, avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu personālam tiem jātuvojās no priekšpuses un aizmugures, ievērojot aksimālu uzmanību. Nedrīkst riteņiem tuvuoties no sāniem, atrodoties uz vienas līnijas.

Siltums uz riteņiem pienāk no bremzēšanas ierīces, tāpēc ir ļoti svarīgi, lai ugunsdzēsamās vielas tiktu padotas tieši uz šo zonu. Ja pēc uguns apslāpēšanas nepieciešams turpināt dzesēšanu, ugunsdzēsšanas vielas ir jāpadod tikai uz to zonu, kur atrodas bremzēšanas ierīces [9].

Ātri atdziestējot kādu riteņa daļu, tā var sprāgt. Ārkārtējā situācijā jāizmanto kompakta ūdens strūkļa un ogļskābes padeve. Var lietot smalki izsmidzināta ūdens strūkļu, tomēr ieteicams izmantot ūdeni, ko pievada īsiem (5–10 sekunžu) impulsiem ik pēc 30 sekundēm. Sausas ķīmiskās vielas dzesēšanā var izmantot ierobežoti, bet tās ir efektīvs dzesēšanas līdzeklis. Krasu temperatūras maiņu dēļ riepas, kurās ir spiediens, rada sprādziena draudus. Droši var izmantot ugunsdzēsšanas līdzekļus, dzēšot riepas, kurās nav gaisa.

1.8. Ugunsgrēki reaktīvajos dzinējos

Daži civilie un armijas lidaparāti ir aprīkoti ar raķešu palīgdzinējiem, lai avārijas situācijās ātrāk nodrošinātu papildvilkmi, kā arī lai veiktu pacelšanos ar reaktīvo paātrinātāju. Šos dzinējus novieto gondolās fizelāžas astes plūsmu novedējā, un tas rada troksni, kas ir analogisks nelielam turbodzinēja troksnim. Izplūdes gāzu liesmai ir gaiši zila krāsa, turklāt neredzamais karsto gāzu stabs ir analogisks tam, kāds ir turboreaktīvajiem dzinējiem. Tiek novērots neliels daudzums dūmu, izņemot gadījumus, kad nosacītais mitrums ir 70 % un vairāk. Citu materiālu degšana (piemēram, gumijas blīves degvielas lādiņa fiksācijai) var radīt melnus dūmus vilkmes pēdējā stadijā. Atsevišķos gadījumos šie materiāli var turpināt lēnām degt turpmāko divas vai trīs minūtes, un tā rezultātā pie sprauslas parādās neliela liesma [27].

Ja raķešu dzinēji ir apņēmti ar liesmu, tiem tuvojoties, jāievēro piesardzība. Ja dzinējs potenciāli var uzliesmot, tas nav jāmēģina dzēst. Ūdens vai putas var efektīvi izmantot, lai noslāpētu uguni, kas aptver raķešu dzinējus, tomēr paša dzinēja degšanu apstādināt nevar, jo raķešu degvielā ir atlikušais oksidētājs. Šie dzinēji deg ar lielu intensitāti, bet īsā laika posmā nozīmīgu bojājumu nav, jo to kameras ir labi izolētas. Pēc vairāku minūšu intensīvas degšanas kameru starpsienas sagrūšanas un uguns izplatās tālāk. Līdzīgas intensitātes siltums radītu nenovēršamus bojājumus vai cilvēku upurus jau līdz tam brīdim, kad notiktu raķešu dzinēju aizdegšanās.

1.9. Virzuļu dzinēju iekšējie ugunsgrēki [76, 77, 80]

Ja degšana dzinējos notiek gondolas iekšā, un ugunsgrēku nevar apslāpēt ar lidaparāta ugunsdzēsības sistēmām, vispirms jālieto sausās ķīmiskās vielas, jo tās ir daudz efektīvāki par ūdeni vai putas. Lai izvairītos no lidaparāta iekšējo konstrukciju uzsilšanas, uz ārējās virsmas jāklāj ūdens vai putas. Iekšdedzes kameru iekšējos ugunsgrēkus gāzes turbīnu dzinējos visvieglāk ir likvidēt, ja lidojuma ekipāža var saglabāt dzinēja apgriezienus. Tas veicina arī drošības nodrošināšanu no lidaparāta evakuācijas viedokļa un citiem drošības aspektiem. Ugunsgrēkus gāzes turbīnu dzinējos, kas izplatījušies degšanas kameru robežās un notiek gondolas iekšpusē, vislabāk apslāpēt ar ugunsdzēsības sistēmas palīdzību, kas uzstādītas lidaparātā. Ja ugunsgrēks turpinās pēc lidaparāta dzesēšanas sistēmas darbības izsūkuma un turbīnas būs apstādinātas, ugunsgrēka apslāpēšanai var izmantot ogļskābes un sausās ķīmiskās vielas [26, 27].

Putas vai smalki izsmidzināts ūdens ir jālej uz ārējās virsmas, lai dzesētu tuvu izvietotās lidaparāta konstrukcijas. Putas uz gaisa ieplūdes un gāzes turbīnu dzinēju izplūdes ierīcēm var lietot tikai tajā gadījumā, ja ugunsgrēka likvidēšana ar citu ķīmisku vielu palīdzību ir izrādījusies neefektīva un pastāv ugunsgrēka izplatīšanās draudi.

Avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu personālam jāatrodas pēc iespējas tālāk – 7,5 m (25 pēdas) – gāzes turbīnas dzinēja gaisa ieplūdes vietas, lai izvairītos no iesūkšanas, un 45 m (150 pēdas) attālumā no izplūdes sprauslas, lai negūtu apdegumus no izplūdes gāzēm.

1.10. Ugunsgrēku dzēšana ar degoša titāna klātbūtni

Vairumā gadījumu avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu rīcībā nav līdzekļu, ar kuriem iespējams nodzēst ugunsgrēku dzinējā, kam ir titāna daļas, jo tās ar parastajiem līdzekļiem nodzēst nav iespējams. Ja šādi ugunsgrēki notiek gondolu iekšpusē, ir jālauj tam sadegt, nepakļaujot nopietnām briesmām pašu lidaparātu, tikai šādos gadījumos, ja:

- a) ārpusē nav degošu gaisa maisījumu un tvaiku, kas var uzliesmot, saskaroties ar liesmu vai degošām dzinēja virsmām;
- b) ir putu vai ūdens maisījums, ar kura palīdzību var novērst gondolas vai lidaparāta apkārtējās atvērtās konstrukcijas sabrukšanu.

Īpašas problēmas, dzēšot ugunsgrēku, var radīt dzinēji, kas uzstādīti lidaparāta fizelāžas astes daļā vai kopā ar vertikālo stabilizatoru. Atsevišķās situācijās, kad dzinēji ir uzstādīti gar fizelāžas sāniem, tie var būt aprīkoti ar paneļiem to piekļūšanai ugunsgrēka laikā, kas izvietoti tādā veidā, ka pilnībā izslēdz uzgaļu ievadīšanu izvirzāmajos ugunsdzēsības iekārtu stobros, kas uzmontēti uz ratiņiem. Parasti tas ir iekārtu konstrukcijas dēļ, kurām uzgalis ir izvietots taisnā leņķī attiecībā pret ugunsdzēsības stobru. Tajos gadījumos, kad ir problēma ar uzgaļa ievadīšanu, vienīgais risinājums ir taisnleņķa caurules vietā izmantot cauruli ar 135° leņķi [26].

Problēmas var sagādāt dzinēju novietojums virs zemes. To novietojuma augstums virs zemes var sasniegt 10,5 m (34,5 pēdas). Lai tiktu tiem klāt, jāizmanto kāpnes, paceļamās platformas ar ugunsdzēsāmām iekārtām un izvirzāmiem ugunsdzēsības stobriem, kas padod atbilstošas ugunsdzēsības vielas. Mūsdienu lidaparātu dzinēji ir lieli, tāpēc ugunsgrēka

dzēšanā jābūt liels ugunsdzēsības līdzekļu padeves tempam. Lielā padeves tempā gāzes strūkļas reakcijas rezultātā, izmetot ugunsdzēsības vielas no sprauslas, pārāk liela garuma ugunsdzēsības stobrus var būt grūti vai pat neiespējami vadīt, un tas jāņem vērā, izstrādājot ugunsgrēku dzēšanas taktiku, dzēšot lidaparātus lielā augstumā. Jāņem vērā arī aspekts, ka personāls un iekārtas, kas piedalās degoša dzinēja dzēšanā, nedrīkst atrasties zem dzinēja, jo pastāv bīstamība, ka viņi var nokļūt saskarē ar tekošo degvielas, kūstoša metāla daļām vai ugunsgrēks var izplatīties uz zemes. Ārpus lidaparāta (pirms vai aiz dzinējiem) jāieņem tādas darba pozīcijas, kas ļauj īstenot ugunsdzēsamo vielu padevi ar nosacījumu, ka tiek izmantots attiecīgais ugunsdzēsības stobrs vai arī padeves temps un raksturs var nodrošināt izvēlētais ugunsdzēsības vielas efektīvu pienākšanu.

Izmantojamās ugunsdzēsības vielas izvēle notiek uz vietas, ņemot vērā, ka, pamatmērķis ir ātra ugunsgrēka lokalizācija un minimāli zaudējumi, kas radušies, dzēšot ugunsgrēku. Dažas vielas, īpaši haloīdsavienotie ogļūdeņraži, saussais ķīmiskais pulveris un – nedaudz mazāk – ogļskābes, var nodrošināt uguns lokalizāciju atdalītās zonās, kur atrodas dzinējs, nepiesārņojot dažādus mezglus un palīgsistēmas. Tās ir efektīvas ugunsgrēkos, kas saistīti ar degvielas un elektroiekārtu degšanu, kā arī noplūstot degvielai, kas var izraisīt ugunsgrēku uz zemes. Pie atbilstoša ugunsdzēsamo vielu padeves tempa, kā arī rakstura un padeves veida, kas atbilst situācijai, šīs vielas ir vairāk piemērotas degošu dzinēju dzēšanai. Ja dzinēja ugunsgrēks ir pastiprinājies tik tālu, ka pastāv bīstamība blakus esošām lidaparāta konstrukcijām, var tikt izmantotas arī citas vielas, turklāt tiekšanās izvairīties no papildu zaudējumiem, kas saistīti dzinēju, ir jāpakļaujas nepieciešamībai lokalizēt ugunsgrēku. Tādos apstākļos var tikt izmantotas jebkuras ugunsdzēsamās vielas, tajā skaitā arī ūdens, kas tiek izsmidzināts atklāto bīstamo daļu – degvielas bāku un gaisa fizelāžas lidaparātu – dzēšanai. Turklāt ir svarīgi pēc incidenta likvidācijas informēt lidaparāta ekspluatētājus par izmantotās vielas tipu, lai varētu izvērtēt antikorozijas pasākumus.

1.10.1. Ugunsgrēka, kurā ir degoša magnija klātbūtne, dzēšana

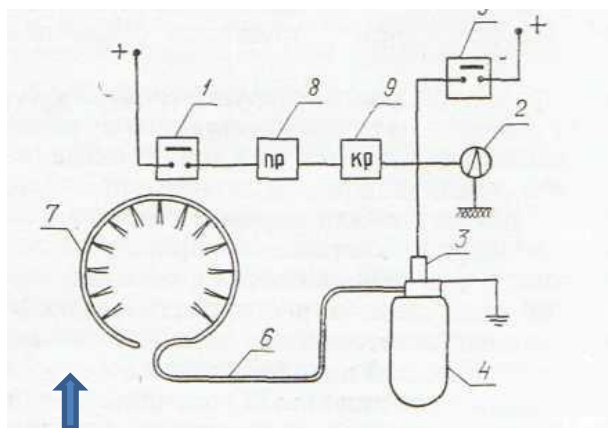
Magnija sakausējumu klātbūtne lidaparātu konstrukcijās rada papildu grūtības ugunsgrēka dzēšanā, ja šis metāls ir uzliesmojis. Lidaparāta fizelāžas detaļas, kas satur magniju, uzliesmo tikai pēc ilgus uguns iedarbības. Izņēmums ir plānas magnija formas helikopteru iekārtu spēka mezglos, kas var uzliesmot dzinēja degšanas rezultātā, un šasiju mezglos, kas var uzliesmot negadījuma laikā, nolaižoties vai degot bremžu iekārtām [28].

Ugunsgrēkus ar degoša magnija klātbūtni var nodzēst ar speciāli ugunsbīstamu metālu dzēšanai paredzētiem līdzekļiem. Tomēr, degot liels magnija daudzums, visefektīvākā uguns beigu dzēšana tiek nodrošināta ar liels ūdens daudzuma platas strūkļas izmantošanu. Ugunsdzēšana, lietojot platu ūdens strūkļu, nav vēlams, ja pamats ugunsdzēšanas viela ir putas, jo ūdens plūsma izjauks putu pārsegu. Tādā veidā kritiskajā periodā, kad uzliesmojošas degvielas izplūšana rada pamatdraudus, ieteicams lietot liels putu daudzumu. Uzreiz pēc cilvēku evakuācijas operācijas un visu iespējamo mantu glābšanas bieži ir ieteicams padot plašu ūdens plūsmu uz magnija detaļām, kas turpina degt, pat tādā gadījumā, ja uzreiz pēc tā var notikt lokāla liesmas intensifikācija un izveidoties liels dzirksteļu daudzums [27].

Mūsdienās turpinās speciālu vielu izstrādāšana, un šobrīd nav iespējams sniegt konkrētas rekomendācijas vai piedāvāt kādu konkrētu metodi.

1.11. Ugunsgrēku brīdinājuma sistēmu tipi

Ugunsgrēka brīdinājuma sistēmām (1.11. att.) jutīgais elements ir termopaziņotājs (1), kas ir novietots iespējamā ugunsgrēka rašanās zonā (var būt vairāki termopaziņotāji katrā nodaļā) un kas noslēdz vai atver elektriskos kontaktus, ja pieaug gaisa temperatūra ap to līdz noteiktai robežai (vai ar noteiktu sasilšanas ātrumu līdz noteiktai robežai). Slēdzot vai atverot kontaktus, termopaziņotājs (1) padod strāvu izpildbloka polarizētajā relejā (8), kas noslēdz releja (9; kontaktors) signalizācijas ķēdes, un uz pilota aparātdēļa iedegas signālspludze (2; dažreiz tiek dots mirkšķinošais gaismas un skaņas signāls). Dažos gadījumos signāls no ugunsgrēku kontakta (5) automātiski var ieslēgt ugunsgrēka dzēšanas sistēmu (3, 4) [50].



1.11. att. Ugunsgrēka brīdinājuma sistēma.

Dažādu lidaparātu UBS ir līdzīgas pēc shēmām, taču atšķiras to jutīgā elementa tips. Jutīgo elementu pamattipi ir šādi:

- galējās robežas temperatūru sensori (bimetāla membrānu tipa, pusvadītāju u. c.);
- diferenciāli temperatūras kāpinājuma ātruma un galējo robežas temperatūru sensori (diferenciālas termobaterijas — DTB);
- jonizāciju signalizatori (JS).

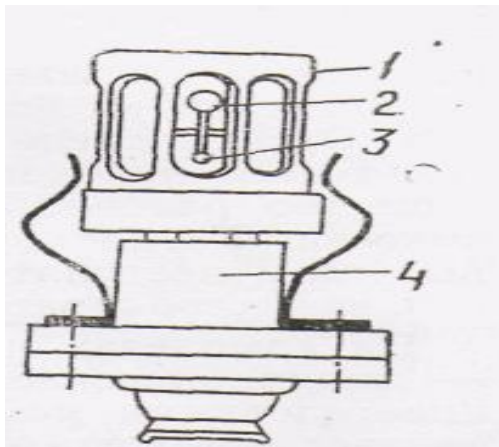
Galējās robežas temperatūru sensori sāk darboties, ja nodaļā maksimālā temperatūra ir 170 °C...180 °C.

Bimetāla membrānu sensoros jutīgais elements ir membrāna, kas sastāv no diviem sakausējumiem ar lineāra svītrveida paplašinājuma atšķirīgiem koeficientiem (piemēram, invars un tombaks). Sasilstot līdz 140 °C...170 °C, membrānas materiālu lineāra svītrveida paplašinājuma koeficientu differences starpības dēļ membrāna noslēdz kontaktu un padod strāvu uz pilota signāla lampu.

Sprauga ir aizpildīta ar pusvadītāju, kas sasilstot maina vadītspēju. Ugunsgrēka gadījumā pusvadītāja sasilšana samazina tā pretestību, un tā dēļ notiek elektriskā tilta, kura plecos ir ieslēgts pusvadītāja un vadītāja elements, disbalance. Disbalances signāls iedarbina

ugunsgrēku signalizācijas sistēmu. Šie sensori nereaģē uz temperatūras kāpinājuma ātruma izmaiņām. Diferenciālajiem sensoriem šāda trūkuma nav..

Diferenciālās termobateriju sensoros (DTS) jutīgais elements ir savienjošie termopāri, kas komplektē ar termobateriju (1.12. att.): 1. – korpuss; 2., 3. – savienojumi; 4. – rozete. Viens termopāru savienojums – neinerču aukstais savienojums (3.) – atrodas sensora apakšdaļā. Karsta savienojuma sasilšanas gadījumā rodas elektrodzinējspēks, kas pastiprinās un tiek izmantots ugunsgrēku signalizācijas sistēmā. DTS darbības iesākšanas laiks ir līdz 1,5...2 sek. Atšķirībā no citiem sensoriem termobaterijas reaģē uz temperatūras kāpinājuma ātrumu un uz tās maksimālo lielumu [53].



1.12. att. Jonizāciju signalizators

Jonizāciju signalizatori (JS) ir praktiski bez inercijas un nostrādā momentāni. Jonizāciju signalizatori sastāv no karstumu izturīgām metāliskām caurulēm (divām vai vairāk), kas ir uzstādītas virs keramiskiem izolatoriem visā dzinēja apkārtnē ar spraugu 15...30 mm, uz kuriem tiek padota elektriska strāva. Rodoties liesmām, gaisa spraugā starp caurulītēm un dzinēju notiek gaisa jonizācija. Tādēļ jonizētā gaisa sprauga kļūst par elektrības vadītāju, un rodas potenciālu difference, kas ir pietiekama, lai nostrādātu relejs, kas ieslēdz signālu “Ugunsgrēks” uz tablo pilota kabīnē.

1.12. Ugunsgrēka dzēšanas sistēmas tipi

Ugunsgrēka dzēšanas sistēmā ietilpst: ugunsdzēsamie aparāti ar piropatronām (ar vienu vai diviem), kas zem spiediena tiek uzlādēti ar ugunsdzēsamo šķidrumu; izslēdzami kurināmās degvielas sistēmas ugunsgrēka krāni; kolektori. Ugunsdzēsamo aparātu skaits uz borta var būt no trīs līdz astoņiem baloniem. Uguns dzēšamais aparāts var būt kombinēts, kad tiek izmantots pulveru spiedes akumulators, savukārt ugunsdzēsamā viela glabājas speciālā rezervuārā – caurulē. Kad pulveru akumulators nostrādā, pulvergāzes nonāk caurulē un izspiež ugunsdzēsamo vielu smidzinātājā.

Lidmašīnās tiek uzstādīti noteikti universāli ugunsdzēsamie aparāti – cilindriski jeb lodveida baloni ar vienu vai divām membrānas tipa pirogalviņām. Pēdējā gadījumā tas ļauj paaugstināt sistēmas drošumu un paātrināt ugunsdzēsamā šķidruma izmešanu.

Ugunsgrēka dzēšanas sistēmas atšķiras ar ugunsdzēšamā šķidruma tipu. Lidaparātos izmantot šķidrumus “3,5”, “7” un freons-114B2. Normālos apstākļos no viena ugunsdzēšamā šķidruma litra “3,5” izveidojas 150 l ogļskābās gāzes un 140 l brometila. “3,5” un “7” šķidrumu būtiskākais trūkums ir to augstais toksiskums un lielā korozijas aktivitāte, jo brometils un broms metils, metilamīns, kas ietilpst to sastāvā, ir toksīni ar korozīvu aktivitāti uz tradicionāliem aviācijas materiāliem.

Ugunsdzēšamās sistēmas darbības traucējumus, kas sastopami to ekspluatācijas procesā, var iedalīt divās grupās:

- sistēmu agregātu darbības traucējumi un to darbības traucējumi;
- traucējumi, kas ir saistīti ar apkalpojošā personāla kļūdām.

Pirmā grupa. Daži īpaši raksturīgi traucējumu piemēri.

Nestrādā pārsūkņējošie pumpji, sūknis ar automātisko un manuālo pārvaldi. Šo traucējumu iemesli var būt: pumpja sūkņa elektroķēdes traucējumi, pumpja sūkņa ieslēgšanas releja traucējumi, pumpja sūkņa drošinātāja iziešana no ierindas. Šādā gadījumā bojātais elements ir jānomaina.

Ja kādā no sensoriem iekļūst mitrums, tas jānomazgā un jānosusina.

Otrā grupa. Apkalpojošā personāla kļūdas var būt ļoti dažādas, tāpēc dažādi var būt ar tām saistītie traucējumi. Apkalpojošā personāla vainas dēļ var izcelties ugunsgrēks, ja notiek rupjš instrukcijas pārkāpums. Ugunsdzēšamās sistēmas darbības traucējumus var radīt arī jonizācijas signalizatoru spraugas lieluma neievērošana montāžas procesā.

Lai ugunsgrēka gadījumā spētu ātri un strikti rīkoties, labi jāpārzin ugunsgrēka iespējamās izcelsmes vietas, tā rašanās pazīmes, kā arī lidmašīnu ugunsdzēšamā aprīkojuma iekārtas iespējas. Vislabāko un īpaši savlaicīgu informāciju par ugunsgrēka bīstamību pilotam sniedz speciālā signalizācijas sistēma, kas sastāv no termopaziņotājiem un sarkanām signālu lampiņām. Termopaziņotāji ir uzstādīti noteiktās vietās, kur potenciāli iespējams ugunsgrēks; tie nostrādā pie temperatūras, kas pārsniedz normālu temperatūru konkrētajā vietā, bet tajā pašā laikā vēl ir nedaudz mazāka par to temperatūru ugunsgrēka laikā. Tādējādi pilots par bīstamību uzzina, pirms sākas ugunsgrēks, un tas dod viņam iespēju attiecīgi reaģēt, lai to novērstu. Pieredze rāda, ka labi sagatavota apkalpes ekipāža, kas spēj pareizi un pārliecinoši darboties jebkuros apstākļos, spēj tikt galā arī ar ugunsgrēku.

1.13. Ugunsgrēka attīstīšanās GK pasažieru salonos

Ugunsgrēki pasažieru salonu iekšpusē ierindojami slēgto telpu ugunsgrēku grupā. Tiem raksturīgs: liels sadūmojuma blīvums, mazs degšanas zonas izmērs, augstāka temperatūra pie telpas griestiem, kā arī ievērojama augsta toksisko vielu koncentrācija. Lidmašīnā var būt augšējais un apakšējais salons. Augšējā daļā hermētiski izvietota: ekipāžas kabīne, pasažieru saloni, virtuves un bufetes, pasažieru un ekipāžas garderobes, tualetes, avārijas un glābšanas iekārtas un citas sadzīves telpas. Apakšējā daļā atrodas: bagāžas un kravas telpas, bufetes un virtuves nodalījumi, elektro un hidrosistēmu nodalījumi, ugunsgrēka dzēšanas sistēmas, skābekļa baloni, noliešanas bākas utt. Fizelāžai ir siltuma un skaņas izolācija, lai mazinātu siltumapmaiņu ar ārējo pasauli un trokšņu iekļuvi. Pasažieru salonu iekšējai apdarei lieto

dabīgus un sintētiskus materiālus. Fizelāžas garumā izvietotas dažādu sistēmu komunikācijas: pretapledošanas, kondicionēšanas, skābekļa, hidraulikas, elektrokomunikācijas.

Fizelāžas astes daļā uzstādīts energomezgls (spēka palīgiekārtā, transformatori). Tas viss palielina fizelāžas ugunsdrošību.

Lidmašīnas pasažieru salona ugunsdrošību iespaido uguns iekļūšana un izplatīšanās iespējas, kas atkarīgas no daudziem faktoriem, piemēram, no degvielas izplūdes ātruma un apjoma, lūzuma lieluma korpusā, šasijas stāvokļa un vēja virziena.

Lidmašīnas salona aizdegšanās var notikt, neuzmanīgi rīkojoties ar uguni, elektrovalu īssavienojuma dēļ gaisa kuģa energosistēmās, pasažieriem pārvadājot ugunsdrošas vielas un materiālus, aviācijas negadījuma rezultātā un citu iemeslu dēļ. Ja negadījuma rezultātā notiek GK lūzums šasiju atteikuma dēļ, ugunsgrēka iespējamība pasažieru salonā palielinās, jo, aizdegoties degvielai, minūtes laikā uguns no ārpuses var iekļūt salona iekšpusē. Griestu apdare, pasažieru salonu bortu apdare, iluminatoru rāmji, mīkstā krēslu apdare ir izstrādājumi no polietilēna, polihlorvinila, polistirola un putupoliuretāna. Šīs plastmasas sakarstot vispirms kūst un izgaro, pēc tam termiskās sadales procesā veido tvaiku un gāzi, kas aizdegas, gaisā sasniedzot noteiktu koncentrāciju un temperatūru. Degšanas procesā uz šo izstrādājumu virspuses veidojas šķidra kārtā, kas var tecēt no horizontālām slīpām virsmām, veidojot degšanu visā virsmas apjomā un apgrūtinot dzēšanu.

Šo materiālu kritiskā temperatūra ir ap 150 °C, to uzliesmošanas temperatūra – 250 °C–400 °C.

Starprnodalījumi, to apdare un pasažieru krēslu galdiņi var būt izgatavoti no plastmasām, kas uzliesmojuma dēļ nekūst, bet sadalās, izdalot degošus tvaikus un gāzi. Šīs plastmasas ir slikti degoši materiāli. Degšanas process pasažieru salonu iekšpusē līdz viņu dehermetizācijai pilnīgi atkarīgs no skābekļa koncentrācijas gaisa apjomā salonos un tamburos, un sākuma stadija pāriet liesmu fāzē. Pazeminoties skābekļa koncentrācijai līdz 14 % no apjoma, rodas pakāpenisks palēninājums un izdzišana līdz 9 % un zemāk, liesmainā degšana praktiski tiek pārtraukta, paliek tikai atsevišķi svilstoši perēkļi, kas izdala lielu daudzumu nepilnīgas izdegšanas un termiskās sadales produktus (oglekļa oksīdi, zilskābi, akroleinu, akrilonitrilu u. c.)

ICAO avionegadījumu statistikas analīze, kā arī uguns izmēģinājumu rezultāti liecina par to, ka viens no galvenajiem iemesliem, kāpēc GK ugunsgrēkos pasažieru salonu iekšpusē, cieš cilvēki, ir saindēšanās ar pilnīgas un nepilnīgas sadegšanas produktiem, kā arī ar toksiskām vielām [26, 53, 54].

Analizējot rezultātus, kas iegūti izmēģinājumu laikā gaisa telpā, var secināt, ka pēc 2–3 min., kad parādās liesmas, oglekļa oksīda, zilskābes, akrilonitrila u. c. toksisko vielu koncentrācija sasniedz ar dzīvību nesavienojamu līmeni. Trešajā degšanas minūtē skābekļa saturs degošā, hermētiskā salonā samazinās līdz 6 %, oglekļa saturs sasniedz 12 % apjoma. Tāda komponentu attiecība cilvēkam ir nāvējoša. Ugunsgrēkā gar pasažieru saloniem veidojas savdabīgs spiediens, kā dēļ rodas gaisa plūsmas un notiek skābekļa pieplūšana degšanas zonai, un no tās tiek izvadīti degšanas produkti. Salona specifiskā forma un citi parametri veicina to, ka ugunsgrēki salonos pie visnenožīmīgākās to dehermetizācijas var attīstīties ar lielu ātrumu un ar pieaugošu vidējo temperatūru līdz 300 °C. Temperatūra augšējā pasažieru

salonu daļā sasniedz līdz 900 °C. Ņemot vērā izmēģinājumu datus, var secināt, ka ugunsgrēka laikā pasažieru salonos temperatūra strauji mainās atkarībā no augstuma: pie grīdas tā var būt apmēram 50 °C, 1,3–1,5 m no grīdas tajā pašā laikā – 250 °C.

1.13.1. Bīstamie riska faktori lidmašīnas salonā aviācijas negadījumos ar ugunsgrēkiem [16, 21, 23]

Ugunsgrēka bīstamie faktori (UBF) – tie ir ugunsgrēku pavadošie faktori (liesma, dzirksteles u. c.), kas var nodarīt kaitējumu cilvēkam. Ugunsgrēka bīstamības faktori aviācijas negadījumos, kas apgrūtina avārijas un glābšanas darbus un drošu cilvēku glābšanu, ir: augsti toksisko vielu izdalīšanās; strauja skābekļa koncentrācijas pazemināšanās; augsta vidējā temperatūra; liesmu un sakarsušo konstrukciju elementu siltuma izdalīšanās; redzamības pasliktināšanās glābšanas ceļos izdalīto dūmu dēļ. Pēdējos gados lidmašīnu konstrukcijās plaši ievieš nemetāliskus materiālus. Bez sen zināmās stikla plastikas arvien plašāk izmanto kombinētos materiālus (konstrukcijas) – polimēru kompozītmateriālus (PKM), kas ļauj samazināt lidmašīnu svaru un paaugstināt degvielas efektivitāti. Šādu materiālu īpatsvars arvien vairāk pieaug arī svarīgos komercilidmašīnu mezglos, tai skaitā lidmašīnu salonu interjeru noformēšanā. Lidmašīnas salona interjers ir speciāli izstrādāts komplekss ar mākslinieciski noformētiem elementiem lidmašīnas slēgtajām iekšējām, kas nodrošina estētiku un pasažieru ērtības lidojuma laikā.

Ugunsgrēka bīstamības faktoros var iedalīt galvenajos un otršķirīgajos:

Galvenie faktori ir tie, kas rodas tieši ugunsgrēka dēļ:

- liesma un dzirksteles (atklāta liesma apdraud cilvēku, radot apdegumus);
- augsta temperatūra (arī rada apdegumus);
- kaitīgie degšanas produkti (saindēšanās ar toksīniem var radīt sāpīgas zudumu un nāvi);
- dūmi (satur cilvēkam kaitīgās gāzes, piemēram, CO₂, un samazina redzamību, sagādājot grūtības cilvēku evakuācijai). Ugunsgrēka gadījumā uz lidmašīnas borta lielāko bīstamību rada dūmi nevis uguns;
- skābekļa koncentrācijas samazināšanās (O₂ koncentrācijas samazināšanās cilvēkam var radīt daudzus simptomus: samazinās uzmanība, rodas aizdusa, par 12–17 % paātrinās pulss, ja koncentrācija samazinās līdz 6–8 %, iestājas sāpīgs zudums un nāve).

Otršķirīgie ugunsgrēka faktori ir tie, kas rodas ugunsgrēka dēļ:

- sprādziens;
- šķembas, salona konstrukcijas sagrautās daļas;
- kaitīgās vielas, kas izdalījušās no sagrautajām iekārtām.

Svarīgākie faktori, kas raksturo lidmašīnas salonu apdares materiālu degšanu, ir:

- viegla to aizdegšanās;
- iespējama materiāla degšana pēc to iznešanas no liesmām;
- ātrums, kādā liesma izplatās pa materiāla virsmu;
- siltuma daudzums, kas izdalās degšanas laikā;
- materiāla pretestība degot (ugunsdrošība);
- dūmu izdalīšanās daudzums;

- toksisko vielu, kas veidojas, notiekot pirolīzei vai degšanai, daudzums.

Organiskās izcelsmes plastmasas vairumā gadījumu ir degošas, taču tām ir dažāda aizdegšanās temperatūra un degšanas intensitāte.

Atbildību par lidmašīnas interjera atbilstību aviācijas noteikumu prasībām uzņemas aviokompānija.

Diemžēl dažreiz sastopami gadījumi, kad aviokompānijas lidmašīnās izmanto spilvenus no sadzīves porolona, apaviem domātās mikroporas, gumijas – degošiem un bīstamiem materiāliem. Dažu aviokompāniju lidmašīnās ir pārvalki no sadzīves audumiem, kas viegli uzliesmo un ir bīstami, piemēram, no audumiem, ko izmanto sēdekļu apvalku šūšanai pilsētas maršruta taksometros. Dažreiz uz lidmašīnas borta izmanto sadzīves paklājus. Kad lidmašīnā izceļas ugunsgrēks, polimēru un sadzīves materiāli viegli uzliesmo un izdala lielu daudzumu siltumu un dūmu, izdalās toksiskie produkti (ksilols, toluilendiizocianāts), kuru daudzums pārsniedz pieļaujamās normas 3–65 reizes, un tas ir galvenais cilvēku bojāejas iemesls aviācijas negadījumos.

Interjera elementu ugunsdrošības prasības ir definētas starptautiskos aviācijas standartos.

Aviācijas materiālu un interjera elementu ražotāji apliecina to atbilstību un iespējamo lietošanu, veicot speciālus izmēģinājumus. Ir daudz dažādu standartu, pēc kuriem var noskaidrot polimēru materiālu degšanas raksturojumu.

Materiāla degšanas spēju raksturo:

- 1) degšanas laiks pēc tā iznešanas no liesmām;
- 2) ātrums, kādā liesma izplatās (cm/min.);
- 3) pēc degošo pilienu krišanas;
- 4) pēc krītošu pilienu (no 30 cm augstuma) spējām aizdedzināt vati.

1.13.2. Ugunsbīstamības slodzes lielums platfizelāžas lidmašīnas pasažieru salonā

(250–350 pasažieru vietas) [3, 4, 21]

Aprēķinot ugunsgrēka bīstamības faktorus, jānoskaidro tā attīstības dinamika līdz tādām līmenim, kurā ugunsgrēka iedarbība neapdraud cilvēka veselību. Noteicošais parametrs, kas raksturo ugunsgrēka dinamiku, ir kompleksais daudzuma rādītājs – ugunsgrēka slodze. Ugunsgrēka slodze ir kopējais siltuma daudzums, kas izdalās apkārtējā vidē pēc visu uzliesmojošo materiālu un priekšmetu sadegšanas konkrētā vietā. Ugunsgrēka slodzes attiecība pret virsmas laukumu, kurā tā atrodas, ir daļēja ugunsgrēka slodze. Dažos pielikumos ir atļauts noteikt ugunsgrēka slodzi kā visu degošo materiālu, kas atrodas konkrētajā platībā, summāro masu.

Ugunsgrēka slodzi var iedalās patstāvīgā un laicīgā.

Patstāvīgā ugunsgrēka slodze – lidmašīnas salona apdares elementi, kas sastāv no degošiem materiāliem.

Laicīgā ugunsgrēka slodze – degošie un uzliesmojošie priekšmeti, kas atrodas salonā.

Ugunsgrēka slodzes rādītāji ir:

- degošā materiāla biezums; MJ/m^2 ;

- ugunsgrēka izplatīšanās ātrums; tas var būt ļoti ātrs (75 sekundes, lai sasniegtu 1 MWt jaudu), ātrs (150 sek.), vidējs (300 sek.) lēns (600 sek.);
- spēja veidot dūmus – ar mazu ($50 \text{ m}^2/\text{kg}$), mērenu ($50\text{--}500 \text{ m}^2/\text{kg}$) augstu (vairāk nekā $500 \text{ m}^2/\text{kg}$) spēju veidot dūmus;
- toksiskums, balstoties uz degšanas procesā izdalīto gāzu daudzuma toksicitātes koeficientu.

Izdegšanas ātrums. Par izdegšanas ātrumu pieņem degošas vielas vai materiāla masas un ģeometrisko parametru izmaiņas, kas rodas degšanas laikā. Dažādām degošām vielām un materiāliem ir dažādi izdegšanas ātrumi. Tie var būt masīvi, apjomīgi vai līnijveida, un attiecīgi tiem ir šādi izmēri: kg/m^2), mm/min , cm/st . Piemēram, aviodegvielai LD-1 (lidmašīnu degviela) šie ātrumi ir: masīva $4,8 \times 10^{-3} \text{ kg}/\text{m}^2$) un līnijveida $3,6 \text{ mm}/\text{min}$ (pēc šķidruma staba augstuma). Izdegšanas ātrums atkarīgs virknes parametru, no kuriem galvenie ir lietu un materiālu ķīmiskais sastāvs un agregātstāvoklis. Degošu materiālu izdegšanas ātrums nepieciešams aprēķinu veikšanai, lai organizētu ugunsgrēka un glābšanas nodaļu darbus un nodrošinātu cilvēku, tehnikas un konstruktīvo objektu elementu siltumaizsardzību ugunsgrēka gadījumā. Pie dažādu Pēc sastāva dažādu vielu un materiālu degšanā izdalās dažāds siltuma daudzums.

Izšķir augstāko un zemāko degšanas siltumu. Par augstāko degšanas siltumu Q_B sauc siltuma daudzumu, kas izdalās, pilnīgi sadegot 1 kg vai 1 m^3 vielas, ar noteikuma, ka tajā esošais ūdeņradis sadeg, veidojoties šķidram ūdenim. Par zemāko degšanas siltumu Q_{kl}^P sauc siltuma daudzumu, kas izdalās, pilnīgi sadegot 1 kg vai m^3 vielas, ar noteikuma, ka, izdegot ūdeņradim, rodas ūdens tvaiku un mitruma iztvaikošana, ko satur degošā viela vai materiāls.

Aprēķinos pieņem zemāko degšanas siltumu. Zemākais degšanas siltums atsevišķiem materiāliem, kas var degt aviācijas negadījuma izraisītā ugunsgrēkā, ir: aviācijas degvielai AD-1 – $42,91 \text{ MJ}/\text{kg}$; porolonam (putupoliuretānam) – $24,28 \text{ MJ}/\text{kg}$; organiskajam stiklam – $27,72 \text{ MJ}/\text{kg}$.

Ugunsgrēkos slēgtā telpā (hermetizēti pasažieru saloni, bagāžas nodaļumi gaisa kuģī) gāzu apmaiņa notiek uz konvektīvo plūsmu gāzu gaisa maisījuma un skābekļa difūzijas rēķina degšanas zonā (liesma). Šajā gadījumā ugunsgrēka attīstīšanos galvenokārt ietekmē gaisa daudzums telpā, kur notiek ugunsgrēks. Lai degtu kāda viela vai materiāls, nepieciešams noteikts gaisa daudzums. Minimālo gaisa daudzumu, kas nepieciešams pilnīgai masas vienības vai degošas vielas apjoma izdegšanai, sauc par teorētiski nepieciešamo. Piemēram, lai izdegtu 1 kg AD-1 aviodegviela, nepieciešams $14,85 \text{ kg}$, vai $11,5 \text{ m}^3$ gaisa, sausu kokmateriālu degšanai – $5,4 \text{ kg}$ vai $4,18 \text{ m}^3$ gaisa. Atšķirību var izskaidrot ar materiālu dažādo ķīmisko struktūru: kokmateriālu molekulās ir skābeklis, kas piedalās degšanas procesā, aviodegvielas ķīmiskā sastāvā skābeklā nav. Praktiski pie degšanas laikā gaisa tiek izlietots daudz vairāk par teorētiski nepieciešamo daudzumu. Starpību starp teorētiski nepieciešamo un praktiski izlietoto gaisa daudzumu degšanai sauc par gaisa vairākumu [21].

Gaisa daudzuma attiecību – praktiski izlietotā degšanai $W_{G \text{ prak.}}$ pret teorētiski nepieciešamo W_G – sauc par gaisa daudzuma koeficientu [3]:

$$\alpha = \frac{W_{G.prak.}}{W_G} \quad (1.3.)$$

Degšanas produkti

Tās ir gāzveida, šķidrās un cietas vielas, kas izveidojas, degošam materiālam savienojoties ar oksidantu. Ugunsgrēka apstākļos oksidants ir gaisa skābeklis. Degšanas produktu sastāvs atkarīgs no degošo materiālu ķīmiskā sastāva un degšanas apstākļiem. Ugunsgrēkos biežāk deg organiskās vielas un materiāli (audums, aviodegviela, gumija, dekoratīvie – apdares materiāli pasažieru salonos), kuru sastāvā ir ogleklis, ūdeņradis, skābeklis, azots un citas vielas. Šo vielu un materiālu pilnā izdegšanas procesā veidojas gāzveida degšanas produkti: ogļskābā gāze, oglekļa oksidants, ūdens, molekulārais azots, azota skābe utt.

Ja daudzuma koeficients ir tuvu 1, notiek nepilnīga degošo vielu un materiālu sadegšana, un tā rezultātā telpu gaisā vai sadūmojuma zonā var iekļūt dažādas vielas, kas nav oksidējušās līdz galam. Pārsvārā tās ir augsti toksiskas vielas, piemēram, zilskābe, oglekļa oksīds, akrilnitrils, akroleīns, fosgens, hlorsveida un flora ūdeņradis utt.

Bez gāzes un tvaiku veidojošiem degšanas produktiem var veidoties arī cietas vielas ar sīkām dispersām daļām šlakatu veidā. Šīs daļiņas mazā apjoma un masas dēļ atrodas gaisā un no degšanas zonas tiek aizrautas ar konvektīvo plūsmu, tāpēc veidojas dūmi. Dūmu daļiņu diametrs ir ļoti mazs – 0,01–1,00 μm . Daudz lielākas daļiņas ar attiecīgi lielāku masu «izkrīt» no konvektīvās plūsmas.

Dūmu apjoms, kas veidojas, sadegot kādam materiālam, ja gaisa daudzuma koeficients ir tuvu 1, atkarīgs no degošās vielas ķīmiskā sastāva un var būt: kokvilnas audumam – 4,8 m^3 ; gumijai – 10,8 m^3 ; AD-1 aviodegvielai – 12,8 m^3 .

Dūmu krāsa atkarīga no to sastāva. Dūmi, kas satur kvēpus, ir melnā krāsā, magnija skābi vai ievērojamu daudzumu ūdens tvaiku – gaišākā, gandrīz pelēkā krāsā. Pasažieru salona uguns bīstamības slodzes lielumu var iegūt, aprēķinot platfizelāžas lidmašīnas pasažieru salona, kas paredzēts 250–350 vietām, tilpumu [21, 25].



1.13. att. Platfizelāžas lidmašīnas pasažieru salons [Boing 787].

Ugunsgrēkā lidmašīnas salona iekšpusē siltumiedarbību ierobežo konstruktīvie elementie, siltums galvenokārt tiek padots ar konvekciju un siltumvadāmību.

Interjera elementi (1.13. attēls) ir: krēslu un dīvānu pārvalki (sēdekļi, muguriņa, roku un galvas balsti); krēslu un dīvānu spilveni (sēdekļi, muguriņa, roku un galvas balsti); paklāji; aizkari; galdiņi; pārdalījumi; paneļi utt.

To konstrukcijā izmanto: audumu; dabīgo ādu; mākslīgo ādu; dzīvnieku vilnu; porolonu; paklāju pārklājumu; plastiku utt. Aprēķinot šādu materiālu daudzumu uz vienu pasažieri, var secināt, ka: šaurfizelāžas lidmašīnai tas ir līdz 20 kg/cilv., platfizelāžas – līdz 30 kg/cilv. Kopējais apdares materiālu daudzums un to sastāvs platfizelāžas lidmašīnās redzams 1.5. tabulā [21, 25].

Pasažieru kabīņu ugunsgrēka bīstamības slodzes lielumu, kas parādīts tabulā ar polimēru materiāliem, var aprēķināt, ņemot vērā šādas pielāides:

- lidmašīnas pasažieru salonā atrodas apmēram 4600 kg degošā materiāla;
- polimēro materiālu efektīvais degšanas siltums ir 35 000 kJ/kg.

1.5. tabula

Polimērmateriālu kopums, kas atrodas pasažieru salonā (aprēķinātam 250–350 pasažieru vietām)

Izmantotais materiāls	Kopējais apjoms un svars
Pārklāju pārklājums grīdai tips “ <i>Beijing Aircraft Carpet Co. Ltd</i> ” art. HLA	$244 \text{ m}^2 = 439,2 \text{ kg}$ ($1,8 \text{ kg /m}^2$) ($1,8 \text{ kg/pas.}$)
Pasažieru krēsli 3K3 – 7512 – 0 (trīsvietīgs bloks): - putupoliuretāna spilveni sēdekļiem un muguriņai, - apdares audums – 500 g/m^2	$0,77 + 0,87) \times 350 \text{ gab.} = 574 \text{ kg}$ $(0,43 + 0,78 + 0,27) \times 350 \text{ gab.} = 518 \text{ m}^2 = 259 \text{ kg}$
Durvju un garderobes aizkari, pasažieru pledi	160 kg
Griestu dekoratīvo paneļu polimērais sastāvs (bez stikla šķiedras) – $2,8 \text{ kg/m}^2$	$960 \times 0,7 = 672 \text{ kg}$
Logu paneļu polimērais sastāvs – $5,1 \text{ kg/m}$	$525 \times 0,7 = 367,5 \text{ kg}$
Starpsalonu (starpliku/nodalījumu) polimērais sastāvs – $3,735 \text{ kg/m}^2$	$45 \times 0,7 = 31,5 \text{ kg}$
Bagāžas plauktu polimērais sastāvs ($2,6 \text{ kg/pass}$), $13,2 \text{ kg/m}$	$895 \times 0,7 = 626,5 \text{ kg}$
Falšborta paneļu polimērais sastāvs – $4,73 \text{ kg /m}$	$300 \times 0,7 = 210 \text{ kg}$
Evakuācijas, avārijas piepūšamo trapu apvalks	$(70-16) \times 8 \text{ gab.} = 432 \text{ kg}$
Glābšanas vestes	$0,5 \text{ kg} \times 350 \text{ gab.} = 175 \text{ kg}$
Elektronisko vadu izolācijas materiāli	200 kg
Kondicionēšanas sistēmas gaisa vadi	450 kg
Kopā	4 596,7 kg

Pārrēķinot siltumā, kas izdalās, degot šiem materiāliem, tiek iegūts ugunsgrēka slodzes lielums, un tas ir:

$$4600 \text{ kg} \times 35\,000 \text{ kJ/kg} = 1,61 \times 10^8 \text{ kJ/kg} \quad (1.4.)$$

Ņemot vērā to, ka aviācijas degvielas degšanas siltums ir 43000 kJ/kg , ugunsgrēka bīstamības slodze šajā gadījumā ir ekvivalenta 4000 kg aviācijas degvielai.

Veicot kompleksu eksperimentālu programmu un pētot jautājumus, kā samazināt ugunsgrēka bīstamību mūsdienu pasažieru lidmašīnu salonos, ir konstatēts: nepieciešams izstrādāt jaunus konstrukciju un apdares materiālu ugunsdrošības standartus, kuros ietverti kompleksi kritēriji par šo materiālu ugunsbīstamību.

Piedāvāt vienu konkrētu veidu, kas ļautu modelēt plašu ugunsgrēku, ātri mainoties iekšējās darbības parametriem, kā arī apzināt materiālu kompleksu ugunsbīstamības raksturojumu, nav iespējams. Lai vispusīgi izpētītu konstrukciju un apdares materiālu ugunsbīstamību, nepieciešams raksturot arī uzliesmošanas, degšanas produktu toksiskumu un dūmu izveidošanos [3].

Lai nodrošinātu apstākļus cilvēku izdzīvošanai un mazinātu aviācijas negadījuma seku smaguma pakāpi, jāizpilda šada prasības:

- ugunsgrēka dzēšanai uz GK jāsākas, pirms tas pārsniedzis ugunsgrēka bīstamības faktora galējo pieļaujamo atzīmi;
- ugunsgrēka lokalizācijas un dzēšanas laiks galvenajai degšanas platībai nedrīkst pārsniegt norādīto atzīmi;
- lokalizētā ugunsgrēka noturēšanas laikam jābūt pietiekamam, lai evakuētu cilvēkus no avarējušā GK.

Turklāt jāņem vērā ugunsdzēšanas līdzekļu un spēku, ko piesaista ugunsgrēka dzēšanai GK, pieauguma princips.

1. nodaļas secinājumi

1. Izskatot pasažieru izdzīvošanas jautājumu aviācijas negadījumos lidostas atbildības rajonā, jāņem vērā divi galvenie aspekti:

- cik ilgu laiku pasažieri var atrasties degošā lidmašīnā; uzskatīsim, ka šis laiks ir pietiekams, lai glābtu visus pasažierus; laiks, kad iet bojā pirmais cilvēks, tiek apzīmēts ar t_r ;
- cik ātri no lidmašīnas var evakuēt visus pasažierus, izmantojot mūsdienīgus līdzekļus un tehnoloģijas, kas ir civilai aviācijai: borta un virszemes avārijas un glābšanas iekārtas, ekipāžas un avārijas un glābšanas dienestu personāla kvalifikācija; šis laiks apzīmēts ar t_p .

2. Matemātiskā modelēšana, kas ļauj apzināt lielumus t_r un t_p dažādiem notikumu attīstības scenārijiem, dod iespēju apzināties salīdzināt kritisko apstākļu attīstības dinamiku degošas lidmašīnas salonā.

3. Modelēšana ļauj apzināt bīstamības līmeni un iespējamo pasažieru bojāeju vienā vai citā situācijā, noteikt no ugunsdrošības viedokļa īpaši bīstamos gaisa kuģu tipus un aviācijas kompānijas.

2. MATEMĀTISKAIS MODELIS, LAI IZVĒRTĒTU LAIKU T_R , PASAŽIERU GLĀBŠANAI NO DEGOŠA LIDMAŠĪNAS SALONA

2.1. Kritiskā līmeņa vērtējums K_k apstākļiem cilvēkam, kurš atrodas degošā GK salonā

Par laiku, kad iestājas cilvēka, kurš atrodas gaisa kuģa degošā salonā, nāve, pieņem kā laika intervālu no brīža, kad sākās ugunsgrēks, līdz brīdim, kad pasažieru salonā parādās cilvēka organismam kritiski vides parametri. Kritisks apstākļu līmenis degošā lidmašīnas salonā, kā parādīts iepriekš, ir atkarīgs no virknes faktoru, no kuriem galvenie ir: ugunsgrēka ilgums; vidējā temperatūra; dekoratīvo un konstrukcijas materiālu ķīmiskais sastāvs; nepilnīgas sadegšanas produktu izdalīšanās daudzums; salona degošo materiālu termiskā sadalīšanās; skābekļa koncentrācija gaisā pasažieru salonā utt. Ugunsgrēki salonos pie to nozīmīgas dehermetizācijas var attīstīties lielā ātrumā, vidējās temperatūras sasniegt līdz $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, pasažieru salonu augšējā daļā – līdz $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Degšanas process pasažieru salonos līdz to dehermetizācijai pilnībā atkarīgs no skābekļa koncentrācijas salonu un tamburu gaisā, un sākuma stadijā tas notiek liesmu fāzē. Pēc skābekļa koncentrācijas samazināšanās līdz 14 % no apjoma sākas pakāpeniska palēnināšanās un apdzišanas process, līdz 9 % un zemāk liesmu praktiski vairs nav, un paliek tikai daži perēkļi, kas izdala lielu daudzumu produktu – nepilnas sadegšanas un termiskās sadalīšanās oglekļa oksīda, zilskābes, akroleīna, akrilonitrila u. c. Avionegadījumu statistikas analīze liecina, ka viens no galvenajiem iemesliem, kāpēc ugunsgrēkos GK pasažieru salonos cieš cilvēki, ir saindēšanās ar toksiskām vielām, kas rodas pilnas vai nepilnas produktu sadegšanas rezultātā. Cilvēku bojāeja notiek šāi: vispirms cilvēks ugunsgrēka apstākļu iedarbībā zaudē samaņu, spēju kustēties un attiecīgi paliek degšanas zonā [77, 78, 79, 80, 81].

Kritisko apstākļu līmenis. Lai risinātu definēto uzdevumu, apstākļu kritisko līmeni K_K , kas raksturo bīstamības “devu” cilvēku dzīvībai degošā lidmašīnas salonā, tiks apzīmēts ar K_K .

2.1.1. Devas toksiskam skaitlim

Kā parādīts iepriekš, degošā lidmašīnas salonā pasažieriem ir daudz riska faktoru. Saskaitīt skaitliski katru no tiem ir sarežģīts uzdevums, tāpēc, lai sasniegtu pētījuma mērķi, jāaprēķina kompleksais kritērijs, no visiem ugunsgrēku riska faktoriem izvēloties divus: toksisko – K_{KV} un temperatūras – K_T . Koeficients K_{KV} parāda toksisko vielu devu, kas izdalās degošā lidmašīnas salonā. Koeficients K_T – temperatūras devu. Kompleksais koeficients, kas raksturo kritisko apstākļu līmeni degošā lidmašīnas salonā katrā laika momentā, ir [24]:

$$K_K = K_{KV} + K_T \quad (2.1.)$$

2.1.2. K_{KV} toksiskuma devas noskaidrošana kompleksajam kritērijam K_K

Par toksiskām vielām sauc vielas, kas negatīvi iedarbojas un iespaido cilvēka organismu un apkārtējo vidi. Galvenās toksiskās vielas ir oglekļa oksīdi (CO), azota oksīdi (NO_x), dažādi ūdeņraži (CH), kvēpi un savienojumi, kas satur sēru utt. Par toksisko degšanas produktu rādītāju pieņem materiāla daudzuma attiecību pret slēgtās telpas apjoma vienību, kurā, degot

materiālam, veidojas gāzveida produkti, kas ir 50 % izmēģinājumu dzīvnieku bojāejas cēlonis. Toksisko vielu līmeni raksturo ar toksiskās devas līmeni – vielas daudzumu, kas, iedarbojoties uz dzīvnieka vai cilvēka organismu, izraisa noteiktu toksisko efektu. Degšanas produktu toksiskumu raksturo trīs faktori:

- toksisko gāzu izdalīšanas koeficienta lielums;
- parciālo gāzu blīvums;
- laika ietekme uz cilvēku [3, 24, 25].

Lai noskaidrotu faktisko rādītāju, aprēķina summāro toksisko indeksu (K_m), izmantojot formulu [24]:

$$K_m = \frac{C_{CO}}{CL_{50CO}} + \frac{C_{CO_2}}{CL_{50CO_2}} + \dots \frac{C_i}{CL_{50i}}, \quad (2.2.)$$

kur C_{CO} , C_{CO_2} , C_{50i} – vidējā gāzu koncentrācija, kas saņemta izmēģinājumos, mg / m³;
 CL_{50CO} , CL_{50CO_2} , CL_{50i} – vidējā nāvējošā gāzu koncentrācija pie izolētas 30 minūšu iedarbības uz izmēģinājuma dzīvniekiem.

Ņemot vērā šos rādītājus, materiālus var iedalīt šādās bīstamības klasēs: sevišķi bīstamās, augsti bīstamās, mēreni bīstamās un maz bīstamās. Šī metodes trūkums materiālu degšanas produktu toksikuma rādītāju noteikšanā ir:

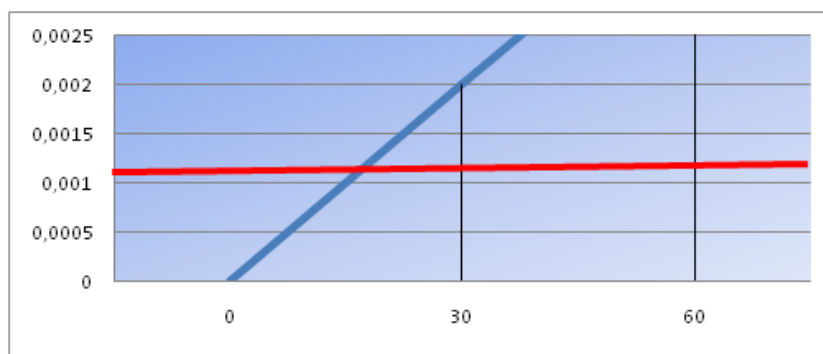
- zema pakāpe vērtējuma ticamībai, jo vidējā gāzu nāvējošā koncentrācija dažādos apstākļos un izmēģinājumu objektos var būt atšķirīga neskaitāmas reizes;
- nepieciešami daudzi mērījumi un aprēķini.

Diemžēl pašlaik zinātniski apstiprinātu šo lielumu aprēķinu metožu nav. Lai noteiktu materiālu degšanas produktu toksiskos rādītājus, praksē izmanto eksperimentālo aprēķināšanas metodi, kuras būtība ir tajā, ka izmēģinājuma procesā mēra galveno toksisko gāzu koncentrāciju, kas izdalās produktu degšanas laikā un pēc mērījumu datiem aprēķina toksiskuma rādītājus, ko pēc tam pārbauda kontroleksperimentā ar izmēģinājuma dzīvniekiem [3, 21].

Toksiskās vielas degošas lidmašīnas salonā, kā teikts iepriekš, veidojas interjera elementu degšanas rezultātā, kuru konstrukcijā izmantoti: polimēri; audums; dabīgā āda; mākslīgā āda; kažokādas; porolons; paklāji; plastika utt. Izstrādājot promocijas darbu, ir ņemta vērā daudzo pētnieku pieredze, kas liecina, ka īpaši bīstamās toksiskās gāzes, kas veidojas ugunsgrēka apstākļos un pakļaujas aprēķinam, ir četras: oglekļa oksīds (CO); oglekļa dioksīds (CO₂); hlorūdeņradis (HCL), zilskābe (HCN) [24, 25].

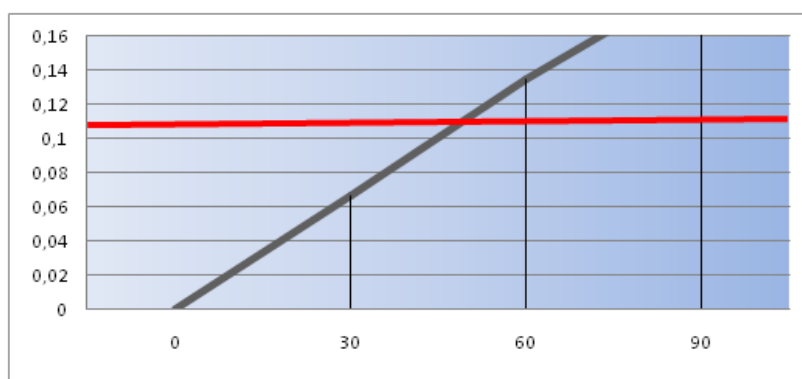
Oglekļa oksīds. Savstarpējās iedarbības rezultātā ar hemoglobīnu asinīs veidojas neaktīvais karboksihemoglobīns, kas izraisa skābekļa piegādes traucējumu organisma audiem. Tā iedarbības laiks pie koncentrācijas 0,2–1,0 % ir 3–60 min. Oglekļa oksīds paātrina elpošanu, palielina plaušu ventilāciju, paaugstina adrenalīna līmeni [3, 25].

Koncentrācijas dinamikas izmaiņas laikā oglekļa oksīdam (CO), oglekļa dioksīdam (CO₂), redzamas 2.1. attēlā.



2.1. att. CO koncentrācijas izmaiņu dinamika, kg/m^3 [3].

Oglekļa dioksīds paātrina elpošanu, palielina plaušu ventilāciju, paaugstina adrenalīna līmeni. Pie koncentrācijas 19–20 % izraisa samaņas zudējumu un dažu minūšu laikā – nāvi.



2.2. att. CO₂ koncentrācijas izmaiņu dinamika, kg/m^3 [3].

Hlorūdeņradis (HCL) izraisa cilvēka orientācijas spēju zudumu, izsauc elpošanas spazmas, iekaisumu. Letālā koncentrācija veidojas dažu minūšu laikā.

Dati par to toksiskumu parādīti 2.1. tabulā un 2.1., 2.2. attēlā. [3]

Par toksisma kritēriju pieņemta laika, kad zūd samaņa, un kopējās gāzes koncentrācijas attiecība attiecība. Šeit: EC – koncentrācija, kas veicina nelabvēlīgu iedarbību; LC₀ – koncentrācija, kurā ir pirmie bojāgājušie; LC₅₀ – 50 % bojāgājušo 5 min. laikā: h = cilvēki; r = žurkas; m = peles; p = mērkaķi.

2.1. tabula

Degšanas produktu toksiskumi

Gāze	LC ₅₀ cilvēkam 5 min. iedarbībā	LC ₅₀ cilvēkam 30 min. iedarbībā	Izziņas dati (dzīvnieku tips un iedarbības laiks)
Ogļskābā gāze CO ₂	> 150,000	> 150,000	LC(r, 30) = 470,000
Hlora ūdeņradis HCL	16,000	3,700	LC(r, 5) = 40,989
Oglekļa oksīds CO	–	3,000	LC(r, 30) = 4600 LC(h, 30) = 3000
zilskābe HCN	280	135	LC(r, 5) = 570 LC(r, 30) = 110 LC(r, 5) = 503 LC(m, 5) = 323 LC(h, 30) = 135 LC(h, 5) = 280

Ķīmisko savienojumu satura daudzuma noskaidrots eksperimentālā ugunsgrēkā (krēslu bloka degšana), tā rezultāti atspoguļoti 2.2. tabulā [3].

2.2. tabula

Ķīmisko savienojumu saturs

Ķīmiskās vielas	Laiks no aizdegšanās sākuma		
	2 minūtes	3 minūtes	4 minūtes
oglekļa oksīds CO, mg / m ³	100 000	120 000	140 000
ogļskābā gāze CO ₂ , % apj.	8,5	12,6	13,2
zilskābe HCN mg / m ³	300	400	500
Hlora ūdeņradis HCL, mg / m ³	8,0	HO	5,0

Tad, pieņemot, ka gaisa kuģa salona ugunsgrēkā cilvēks saņem indējošo vielu devu (skat. četrus iepriekš minētos četrus degšanas produktus – oglekļa oksīds CO, oglekļa dioksīds CO₂, hlora ūdeņradis HCL, zilskābe HCN), iegūts summārais kompleksais koeficientu K_{KV} , kas raksturo indīgo vielu daudzuma “devu” degošā salonā, kas sastāv no četriem koeficientiem – oglekļa oksīda, ogļskābās gāzes, hlora un cianīda ūdeņraža [24]:

$$K_{KV} = K_{CO} + K_{CO_2} + K_{HCL} + K_{HCN} \quad (2.3.)$$

Šo koeficientu aprēķināšanai ir sarežģīts raksturs.

Praksē, pētot tādu sarežģītu problēmu kā degšana, izmanto statistikas datus un eksperimentu rezultātus. Lai aprēķinātu katru no šiem rādītājiem, šajā promocijas darbā izmantotas formulas, kas iegūtas eksperimentālā veidā, lai izvērtētu nāves iestāšanās laiku cilvēkam, iedarbojoties katrai no šīm gāzēm atsevišķi [3, 24].

Matemātiski tas izskatās šādi:

$$\begin{aligned} \tau_{CO} &= 571,9e^{-3,35c_{CO}}; \\ \tau_{CO_2} &= 45001C_{CO}^{-1}; \end{aligned} \quad (2.4.)$$

$$\tau_{HCL} = 14,4C_{HCL}^{-1};$$

$$\tau_{HCN} = 2,88 C_{HCN}^{-1}$$

r_{CO_2} , r_{HCL} , r_{HCN} – nāves iestāšanās laiks, iedarbojoties attiecīgi CO, CO₂, HCL, HCN. Koeficientus, kas parāda katras gāzes iedarbību, var iegūt, integrējot datus:

$$K_{CO} = \frac{1}{571,9} \int e^{3,35CO(\tau)} d\tau ;$$

$$K_{CO_2} = \frac{1}{4500} \int_0^{\tau} C_{CO}(\tau) d\tau ;$$
(2.5.)

$$K_{HCC} = \frac{1}{14,4} \int_0^{\tau} C_{HCL}(\tau) d\tau ;$$

$$K_{HCC} = \frac{1}{2,88} \int_0^{\tau} C_{HCN}(\tau) d\tau$$

Summārais kompleksais koeficients, kas raksturo indīgo vielu daudzuma “devu” degošā salonā, kas sastāv no četriem koeficientiem, aprēķina šādi:

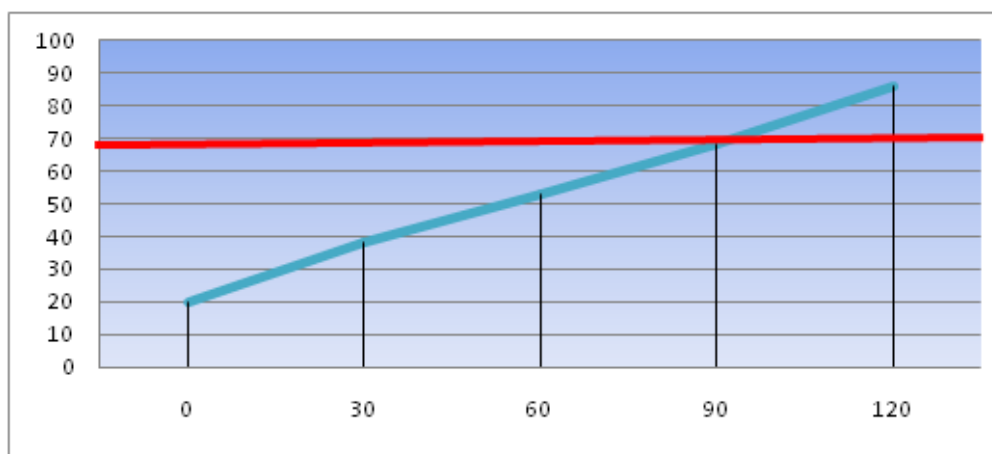
$$K_{KV} = \int_0^{\tau} [1,23 \times 10^5 \times e^{-0.0432(T(\tau)-273)} - 15]^{-1} d\tau + 1,75 \times 10^{-3} \int_0^{\tau} e^{3.35C_{CO}(\tau)} d\tau + 2,22 \times 10^{-4} \int_0^{\tau} C_{CO}(\tau) d\tau + 6,94^{-2} \int_0^{\tau} C_{HCL}(\tau) d\tau + 4,386 \times 10^{-1} \int_0^{\tau} C_{HCN}(\tau) d\tau$$
(2.6.)

“Temperatūras devas” koeficienta K_T noskaidrošana K_T .

2.1.3. Kompleksā kritiskuma kritērija K_k temperatūras devas K_T noskaidrošana

Katrā ugunsgrēkā izdalās siltuma enerģija. Izdalītā siltuma daudzums atkarīgs no gaisa apmaiņas apstākļiem ugunsgrēka perēklī, apkārtējo materiālu un konstrukciju siltuma fiziskajām īpašībām, kas veido ugunsgrēka slodzi. Izvērtējot un izskatot apkārtējās vides paaugstināto temperatūru kā ugunsgrēka bīstamības faktoru, jāņem vērā, ka uzsildīto degšanas produktu bīstamā iedarbība uz cilvēku īpaši ietekmē gaisa mitrums. Jo mitrāks gaiss, jo augstāka iespēja saņemt termiskus apdegumus. Par apkārtējās vides paaugstinātas temperatūras pieļaujamo robežu pieņemts uzskatīt 70 °C [3, 24].

Ugunsgrēkā slēgtā telpā temperatūras paaugstināšanās procesam ir nemainīga atkarība, un praktiski pēc pusotras minūtes temperatūra sasniedz kritisko robežu (2.3. att.).

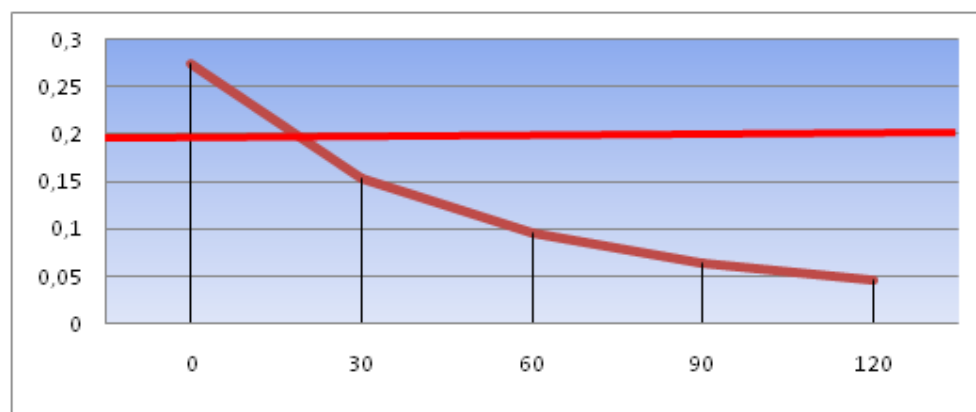


2.3. att. Temperatūras dinamikas izmaiņas, OC [3].

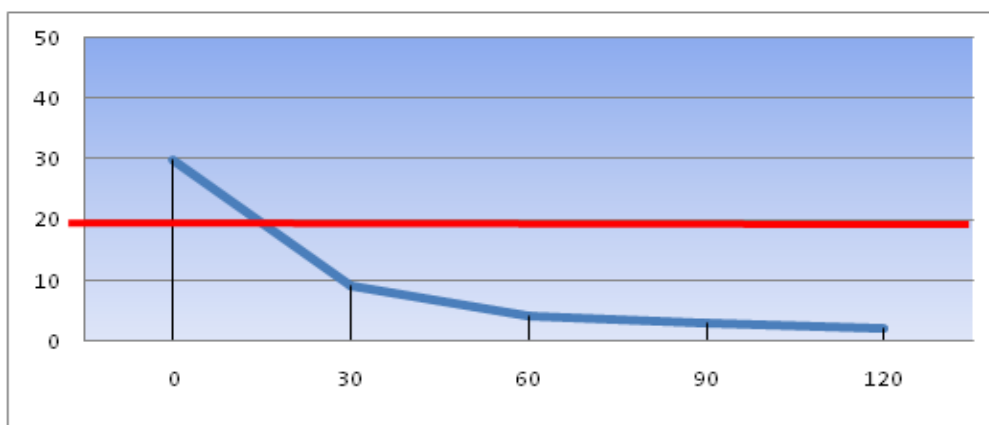
Ugunsgrēka attīstības procesā skābeklis, kas ir gaisa sastāvā, tiek izlietots vielu un materiālu degšanai, kas rada ugunsgrēka slodzi. Degšanas produkti, kas satur gāzveida savienojumus un cietās daļiņas (aerosola veidā), izdalās apkārtējā atmosfērā un sajaucas ar gaisu.

Šī procesa iespaidā skābekļa koncentrācija ugunsgrēkā samazinās. Skābekļa satura samazināšanās raksturīga katrai ugunsgrēka zonai, kurā ir dūmi: degšanas zonā; siltuma iedarbības zonā; sadūmojuma zonā.

Redzamības pazemināšanās dūmos cilvēku dzīvībai un veselībai nav bīstama, taču tas ir ugunsgrēka bīstamības faktors. Tomēr, kā rāda aprēķina rezultāti, evakuācijas ceļu bloķēšana biežāk izveidojas tieši redzamības pazemināšanās dēļ. Galējā redzamības pazemināšanās robeža dūmos pieņemta apmēram 20 m. Turklāt pazeminātais skābekļa daudzums kā ugunsgrēka bīstamības faktors galvenokārt vērojams biezākajā dūmu kārtā, piemēram, pie griestiem vai degošā telpā, radot briesmas cilvēkiem [7, 37, 38]. Skābekļa satura pazemināšanās galējā pieļaujamā robeža ir $0,226 \text{ kg/m}^3$ (vai 17 % apj.) (2.4. att.).



2.4. att. Skābekļa koncentrācijas dinamikas izmaiņas, kg/m^3 [3].



2.5. att. Redzamības dinamikas izmaiņas, m [3].

2.1.4. Matemātiskais apraksts fiziskam ugunsgrēka modelim lidmašīnas salonā

Vienkārša lidmašīnas salona ģeometrija un saprotams degošo elementu izvietojums ļauj izmantot vienkāršotu metodi, lai izvērtētu uzsildes temperatūru salonā. Izejošie vienādojumi aprēķinam ir [3]:

1. Balansa enerģijas vienādojums ugunsgrēkā fiksētā apjomā [3]:

$$\frac{d}{d\tau} \left(\frac{PV}{\alpha - 1} \right) = \psi \eta Q_H^P + C_P^{nar} T_P^{nar} G_B - C_P T G_r - Q_W, \quad (2.7.)$$

kur P – spiediens, Pa ; V – telpas apjoms, m^3 ;

$$\alpha = \frac{C_P}{C_V} \approx 1,4, \quad (2.8.)$$

kur: r – laiks, s ; ψ – izdegšanas ātrums, $kg \cdot c^{-1}$; η – pilnīga izdegšana; Q_N^P – degošo materiālu siltumizdalīšanās spēja $J \cdot kg^{-1}$; C_p – gāzes siltumietilpība pie patstāvīga spiediena, $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$; T – vidējā gaisa temperatūra salonā; K ; G_B un G_r – gaisa masas patēriņš, ugunsgrēka sākumā un beigās, $kg \cdot c^{-1}$; Q_W – summārais siltuma zudums salonā, $J \cdot c^{-1}$; augšējais indekss – “nar” pie parametriem apzīmē vides apstākļus ārpus telpām. [55]

2. Materiāla balansa vienādojums [3]:

$$\frac{d}{d\tau} (pV) = G_B + \psi \eta - G_T, \quad (2.9.)$$

kur p – vidējā apjoma gāzes blīvums ugunsgrēka telpā, $kg \cdot m^{-3}$.

Lai noskaidrotu siltuma summāros zudumus salona konstrukcijā Q_W 2.7. vienādojumā, jāzina lidmašīnas apšuvuma temperatūra, kas iziet cauri plānajam metāla apšuvumam un ko var atrast siltuma balansa vienādojumā [3].

3. Siltuma balansa vienādojums [3]

$$\frac{dT_M}{d\tau} = \frac{\alpha_{GW}(T - T_M) - \alpha_{WG}(T_M - T^{nar})}{\delta_M \rho_M C_M}, \quad (2.10.)$$

kur:

T_M – vidējā virsmas temperatūra lidmašīnas apšuvumam, K ; a_{WG} un a_{GW} siltumatdeves koeficienti no gāzes vides uz virsmu un no virsmas uz gāzi; $J^*M - 2^*K^{-1}^*C^{-1}$;

δ_M – apšuvuma biezums, m ;

P_M – apšuvuma materiāla blīvums, kg^*M^3 ;

C_M – apšuvuma siltumapjoms, $J^*kg^{-1}^*K^{-1}$

Var aprobežoties ar parādītiem 2.7., 2.9. un 2.10. vienādojumiem, tātad var apieties bez skābekļa balansa vienādojuma un citām gāzēm, ja pieņem, ka telpā ir pietiekami skābekļa intensīvai degšanai, lai turpinājumā sasniegtu laiku pasažieru kritiskajiem apstākļiem degošā salonā [3].

Tiek pieņemts, ka ugunsgrēka laikā spiediens telpā praktiski nemainās:

$$P = const. \quad (2.11.)$$

Izmantojot 2.10. vienādojumu pie $V = const$, tiek iegūts:

$$\frac{d}{d\tau} \left(\frac{PV}{\alpha - 1} \right) = 0 \quad (2.12.)$$

kur

$$G = \frac{\psi\eta Q_H^P + C_p^{nar} T^{nar} G_B - Q_W}{C_p T} \quad (2.13.)$$

2.14. pieņēmums un 2.9. vienādojums dod:

$$G_r = \frac{1}{V} \left[G_B \psi\eta Q_H^P + \frac{\psi\eta Q_H^P + C_p^{nar} T^{nar} G_B - Q_W}{C_p T} \right] \quad (2.14.)$$

2.12. pieņemtais pieļāvums ļauj izmantot Gē-Lisaka likumu:

$$pT = p_{sāk} T_{sāk} = const, \quad (2.15.)$$

kur apakšējais indekss “sāk” apzīmē sākuma apstākļus. Ja 2.15. vienādojumu diferencē, var atrast saikni:

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{T^2}{\rho_{sāk} T_{sāk}} \times \frac{dT}{d\tau} \quad (2.16.)$$

kas atļaus pierakstīt 2.14. vienādojumu ar mainīgiem T_{un}^T [3].

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{T^2}{V \rho_{sāk} T_{sāk}} \left[\frac{\psi\eta Q_H^P + C_p^{nar} T^{nar} G_B - Q_W}{C_p T} - G_B \psi_2 \right] \quad (2.17.)$$

Izmantojot 2.9. un 2.17. sistēmu vienādojumus, var atrisināt uzdevumu, lai atrastu meklējamo temperatūtu T un temperatūras samazināšanos uz siltuma zuduma rēķina lidmašīnas apšuvumā – T_M . Daži parametri, piemēram, a_{GW} , δ_M , P_M , C_M , rQ_H^P , atrodami izziņas literatūrā (3, 4, 5), citi, piemēram, $T_{sāk}$, $T_{Msāk}$, $P_{sāk}$, $T^{sāk}$, V , C_p un C_p^{ar} , ψ , G_B tiek doti, rēķinoties ar salona ģeometriju un bojājumiem, ugunsgrēka apstākļiem siltuma zudums apšuvumā tiek noteikts kā:

$$Q_W = \alpha_{GW}^M (T - T_M) F_M + \alpha_{GW}^{izol} (T - T_{izol}) F_{izol}, \quad (2.18.)$$

kur ar indeksu “*M*” apzīmē parametrus, kas uzrāda siltuma zudumus apšuvumā; indeksam “*izol.*” Ir parametri, kuri uzrāda siltuma zudumus salona interjera nedegošos priekšmetos; F_M un $F_{izol.}$ – laukumi attiecīgi apšuvumam un salona interjera nedegošiem priekšmetiem, m^2 ; $T_{izol.}$ – salona interjera nedegošo priekšmetu temperatūra, K° . Parametru $T_{izol.}$ var noskaidrot pēc 2.12. formulas:

$$T_{izol} = T_{sāk} + 0,2(T - T_{sāk}) + 0,00065 (T - T_{sāk})^2 \quad (2.19.)$$

Šajā sakarībā aprakstāmas izmaiņas $T_{izol.}$ ugunsgrēka sākumā, kad T vienmērīgi paaugstinās.

Vienādojumam sistēma dod pilnu noslēgtu aprakstu dotajam uzdevumam un ar programmas palīdzību ļauj iegūt rezultātu, kas bāzēts skaitliskās metodēs.

Šajā promocijas darbā “temperatūras deva” aprēķināta ar formulas palīdzību, kas iegūta aproksimācijas ceļā no eksperimentāliem datiem.

Ņemot vērā iepriekš teikto, par “temperatūras devas” koeficientu K_T tiek pieņemta laika attiecība: cilvēka uzturēšanās laiks degošās lidmašīnas salonā pret letālu beigu iestāšanās laiku, tad:

$$K_T = \frac{\tau_t}{\tau_{nt}}; \quad (2.20.)$$

kur τ_t – atrašanās laiks vidē ar temperatūru T , c ;

τ_{nt} – letālu beigu iestāšanās laiks pie temperatūras T , c .

Attīstoties ugunsgrēkam, temperatūra pasažieru salonā mainās.

Laika, kad iestājas nāve, atkarību no temperatūras var izteikt ar formulu [3]:

$$\tau_{nt} = 1,23 \times 10^5 \times e^{-0,432(T-273)} - 15 \quad (2.21.)$$

Koeficients, kas raksturo “temperatūras devas” daudzumu degošā lidmašīnas salonā K_t , aprēķināms šādi:

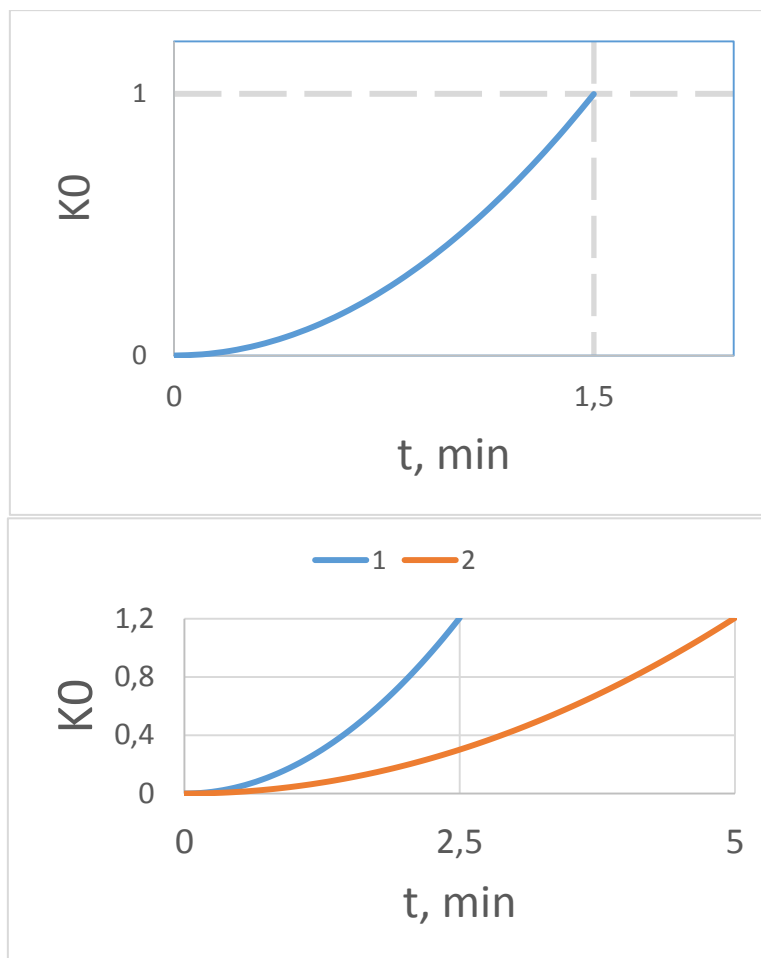
$$K_t = \int_0^T [1,23 \times 10^5 \times e^{-0,432(T-273)} - 15]^{-1} d\tau. \quad (2.22.)$$

Galīgā formula kompleksā kritiskā koeficienta degošā lidmašīnas salonā aprēķināšanai ir:

$$K_K = -K_{kv} + K_t \quad (2.23.)$$

Riska koeficients K_K tika aprēķināts pēc eksperimentālas metodes rezultātiem, kas iegūti, sadedzinot krēslu bloku, izmantojot datus, kas atspoguļoti 2.2. tabulā.

Kā redzams grafikā, laiks, lai sasniegtu koeficientu $K_0 = 1$, ir 90 sekundes.

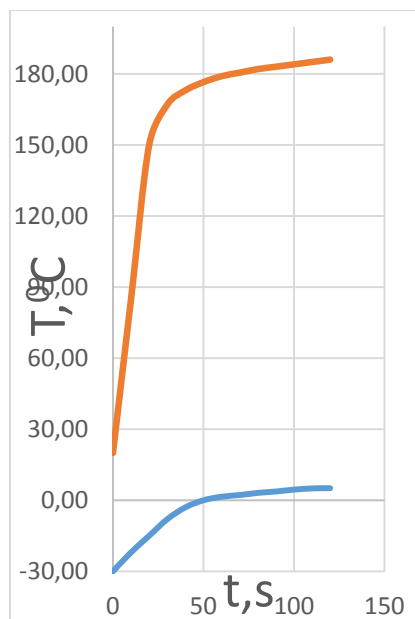


2.6. att. Eksperimentālie dati, dedzinot dekoratīvos un apdares materiālus [24].

2.6. attēlā parādīti eksperimentālie dati, kas iegūti, dedzinot dekoratīvos un apdares materiālus

lielapjoma izmēģinājumu laukumā (apdares materiālu varianti pasažieru nodalījumos lidmašīnās Il-18 un Il-62). Kā redzams grafikos, bīstamības koeficients vērtību 1 sasniedz pēc 2,5 un 5 minūtēm.

Aizdedzināšana šajā izmēģinājumā tika veikta ar 300 ml spirta, kas tika uzliets pasažieru sēdekļiem. Dzīvnieki (baltās žurkas) nobeidzās starp 90 un 120 sekundēm pēc ugunsgrēka sākuma. Plūsmas līkņu raksturs un laiks apliecina bīstamības koeficienta K_K leģitimitāti.



2.7. att. Vidējās temperatūras izmaiņas lidmašīnas degošā salonā.

2.3. attēlā redzams, ka aptuveni 60 sek. laikā temperatūra sasniedz 185 °C.

2. nodaļas secinājumi

1. Avārijas un glābšanas darbu veikšanas praksē aviācijas negadījumos (un ne tikai) ar ugunsgrēkiem lidostu rajonā zināms, ka laika periods, kad iestājas cilvēku, kas atrodas degošā salonā, nāve, ir ļoti īss. Tieši tik laika ir glābšanas darbu organizācijai un veikšanai.
2. Ugunsgrēka riska faktoru ir daudz, tāpēc kritiskuma līmeni lidmašīnas degošā salonā skaitlisko vērtējumu labāk izteikt, izmantojot komplekso kritēriju, kas ietver divus faktorus: toksisko – K_{KV} un temperatūras – K_T . Koeficients K_{KV} ir “indīgo vielu toksiskā deva”, kas izdalās lidmašīnas degošajā salonā; koeficients K_T – temperatūras deva.
3. Ņemot vērā pieņēmumu, ka “indīgo vielu devu” gaisa kuģa salona ugunsgrēkā cilvēks saņem no četriem degšanas produktiem – oglekļa oksīda (CO), oglekļa dioksīda (CO₂), hlora ūdeņraža (HCL), zilskābes (HCN) – tiek iegūts summārais kompleksais koeficients K_{KV} , kas raksturo indīgo vielu daudzuma devu degošā salonā, kas sastāv no četriem koeficientiem un raksturo katra degšanas produkta – oglekļa oksīda, ogļskābās gāzes, hlora un cianīda ūdeņraža – iedarbību.
4. Aviācijas negadījumu izmeklēšanas prakses analīze liecina, ka ar izmēģinājuma robežās pieļaujamo precizitāti kritisko apstākļu koeficienta degošas lidmašīnas salonā skaitlisko vērtību var noteikt ar eksperimentālās aprēķināšanas metodes palīdzību.

3. IESPĒJAMĀIS PASAŽIERU IZDZĪVOŠANAS MODELIS AVIĀCIJAS NEGADĪJUMOS AR UGUNSGRĒKU UZ ZEMES

3.1. Lidojumu drošības analīze gaisa kuģu ekspluatācijā pasaulē

Drošības statistikā transporta aviokompānijas negadījumu datu kvalitātei tradicionāli izmanto rādījumus, kas izteikti pasažieru un kravas kilometros. Sākoties masīvai lielo korpusu GK ekspluatācijai, pasažieru sēdvietu skaits strauji palielinājies. Pieaudzis arī šādu GK lidojumu attālums. Tas nozīmē, ka katra lidojuma lielākā laika daļa attiecas uz lidojuma režīmu. Ir zināms, ka vairums aviācijas negadījumu notiek, GK nosēžoties vai paceļoties. Turklāt katru lidojumu, kas beidzas ar aviācijas negadījumu, var uzskatīt par liecību drošības procesa neievērošanai neatkarīgi no atrašanās laika gaisā, nolidotā attāluma un sēdvietu skaita gaisa kuģī. Tāpēc lidojumu drošības līmeņu salīdzināšanai atsevišķās aviokompānijās, aviācijas negadījumu skaits attiecībā uz lidojumu skaitu ir labāks rādītājs nekā nolaidoto stundu daudzums vai pasažierkilometri.

Ir iespējami dažādi viedokļi par to, kādus rādītājus aviācijas negadījumu statistikā uzskatīt par svarīgākiem: aviācijas negadījumu skaitu ar cilvēku bojāeju vai bojāgājušo skaitu, vai aviācijas negadījumu kopējo skaitu (ieskaitot aviācijas negadījumus bez cilvēku bojāejas).

Termina “aviācijas negadījumi bez cilvēku bojāejas” skaidrojums dažādās valstīs atšķiras, un tāpēc, analizējot aviācijas negadījumu datu statistiku, tas jāņem vērā.

Lidojumu drošība ir saistīta ar cilvēku izdzīvošanu aviācijas negadījumos.

Vispārējai aviācijai izmanto datus par aviācijas negadījumu skaitu vai incidentiem. Tā rezultātā saņemtais koeficients rāda aviācijas negadījumu skaitu vai incidentus uz katrām 100 000 nolaiduma stundām. Attiecībā uz speciāliem lidojumiem, kuros iespējami unikāli avārijas faktori, mērķtiecīgi izmantot citus rādītājus. Piemēram, bieži stundā jāizpilda vairākus lidojumus.

Pacelšanās un nolaišanās lielais skaits, protams, palielina aviācijas negadījumu iespēju šajos kritiskajos lidojuma etapos. Šādu lidojumu izpētei labāk izmantot attiecību: aviācijas negadījumu skaits pret lidojumu skaitu.

Vairumā valstu no GK ekspluatētāji pieprasa regulāras dažādu darbības aspektu atskaites, lai tās izmantotu plānošanai, kontrolei un citiem mērķiem. Daļa no šīs informācijas tiek nosūtīta ICAO. Nopietna problēma ir kārtējo statistikas datu saņemšana, lai aprēķinātu attiecīgos koeficientus un izvērtētu lidojumu drošības stāvokli.

Apskatot statistikas datus par lidojumu drošību, ziņas par pašreizējo periodu bieži salīdzina ar vidējiem datiem bāzes periodā, lai noskaidrotu lidojumu drošības līmeņa izmaiņu tendenci. Tas var palīdzēt prognozēt iespējamās avārijas. Tomēr, ja aviācijas negadījumu/incidentu skaits nav liels, arī izmaiņu skaits, piemēram, viena gada robežās, var dot mazsvarīgu rezultātu. Lai atrisinātu šo problēmu, tiek izmantoti vidējie dati. Piemēram, aviācijas negadījumu skaitu konkrētā gadā var salīdzināt ar vidējo aviācijas negadījumu skaitu iepriekšējo trīs vai piecu gadu periodā. Taču var arī aviācijas negadījumu skaitu konkrētajā gadā apvienot ar aviācijas negadījumu skaitu iepriekšējos divos vai četros gados un, balstoties uz to, aprēķināt tā saukto slīdošo vidējo rādītāju par trim vai pieciem gadiem. Piemērojot

vidējos rādītājus piecu gadu bāzes intervālam, tiek nodrošinātas lidojumu drošības līmeņa rakstura izmaiņas, savukārt rādītāji mazāk atbilst reālām tendencēm, salīdzinot ar analogiem rādītājiem īsākā periodā. Lidojumu drošības problēmu izmeklēšanā attiecīgajos statistikas datus par avārijām tiek iekļauta informācija par aviācijas negadījumos bojāgājušo skaitu, uz gaisa kuģa esošo vai neesošo ugunsgrēku skaitu. Iespējamā cilvēku izdzīvošana aviācijas negadījumos ir saistīta ar lidojuma drošību.

Vidēji gadā notiek ap 1000 aviācijas negadījumu, no kuriem apmēram 140 ir tādi, kuros iet bojā aptuveni 230 cilvēku [31].

Izmantojot statistikas metodes, tiek analizēti dati un noskaidrotas GK ugunsgrēku rašanās likumsakarības gan uz zemes, gan arī gaisā.

3.1. tabulā atspoguļotie dati liecina, ka lielākais aviācijas negadījumu (AN) skaits – 47 % – notiek, sākot nosēšanās manevru un uz pacelšanās-nolaišanās joslas. Vairāk nekā puse negadījumu (55 %) notiek lidostas teritorijā vai lidostas rajonā, t. i., aviācijas organizācijas atbildības teritorijā [25].

Neatkarīgi no gaisa kuģa tipa glavenie aviācijas negadījumu iemesli ir:

- GK vadības kontroles zudums lidojuma laikā;
- slikta GK vadības kontrole zemā augstumā, stūrēšanā un nosēšanās laikā;
- ugunsgrēks, sadūmojums pēc atsišanās pret zemi.

Aviācijas negadījumu seku iedalījums un nelabvēlīgo situāciju attīstība gaisa kuģos Krievijas aviācijas kompānijās 2005.–2015. Gadā [14] redzams 3.1. tabulā.

3.1.tabula

Statistikas dati par aviācijas negadījumiem

St. dat. AN P/k	Sekas, attīstoties īpaši nelabvēlīgai situācijai	AN skaits
1.	Sadursme ar šķērslī, manevrējot uz zemes	8
2.	Sadursme ar zemi pacelšanās laikā	3
3.	Ieskrējiena laikā – izripošana ārpus pacelšanās-nolaišanās joslas	8
4.	Ieskrējiena laikā – bojājums uz pacelšanās-nolaišanās joslas	6
5.	Nolaišanās ārpus lidostas teritorijas	6
6.	Sadursme lidojumā ar GK	1
7.	Sadursme ar šķērslī	7
8.	Lidaparāta sadalīšanās gaisā	2
9.	Vadības zudums lidojuma laikā	16
10.	Sadursme ar zemi, ūdeni, virszemes šķēršļiem	11
11.	Piezemēšanas līdz pacelšanās-nolaišanās līnijas sākumam	20
12.	Piezemēšanas laikā izripošana aiz pacelšanās-nolaišanās joslas	13
13.	Izripošana uz pacelšanās-nolaišanās joslas	13
14	Ugunsgrēks lidmašīnā	5
	Kopā	151

3.2. Galvenie iemesli un ugunsgrēku situācijas GK aviācijas negadījumos

Galvenie faktori, kas izraisa cilvēku bojāeju un rada traumas, aviācijas negadījumos ir:

- paaugstināta triecienu slodze – 80 % bojāgājušo; 75 % traumas guvušo;
- saindēšanās ar dūmiem un toksiskām gāzēm – 16 % bojāgājušo; 14 % traumas guvušo;
- citi faktori – 3 % bojāgājušo; 10 % traumas guvušo.

Tādas avārijas situācijas atstāj iespaidu uz cilvēku izdzīvošanu aviācijas negadījumos ar ugunsgrēku [52, 53].

Noskaidrots, ka galvenie faktori ir:

- avārijas vietas attālums no lidostas;
- ir vai nav ugunsgrēks GK;
- novietojums un GK korpusa tehniskais stāvoklis;
- cilvēku iespējas patstāvīgi evakuēties no gaisa kuģa.

Cilvēku izdzīvošanas apstākļu nodrošināšana un aviācijas negadījuma seku samazināšana ugunsgrēkā uz zemes ir iespējama, izpildot šādus nosacījumus:

- GK ugunsgrēka dzēšanu jāiesāk, kamēr nav pārsniegti pieļaujamie ugunsgrēka bīstamības faktori;
- ugunsgrēka lokalizācijas un galvenās degšanas platības dzēšanas laiks nedrīkst pārsniegt apstiprinātos normatīvos skaitļus;
- ugunsgrēka lokalizācijas laikam jābūt pietiekamam cilvēku evakuācijai.

Matemātiskā modelēšana dod iespēju izvērtēt un salīdzināt bīstamības un ugunsgrēku situāciju rašanās biežumu, pasažieru iespējamo bojāeju dažādās situācijās, noskaidrot bīstamākās dažādu GK tipu vietas ugunsgrēka gadījumā [14].

Ugunsgrēka bīstamības faktoru ietekmi aviācijas negadījumos var izvērtēt, ņemot vērā statistikas datus par analogiem negadījumiem. Lai izvērtētu pasažieru izdzīvošanas iespējas ugunsgrēkā aviācijas negadījuma rezultātā, tiek piedāvāts iespējamības vienkāršais modelis. Lai noskaidrotu šāda modeļa parametrus, nepieciešams izanalizēt un apstrādāt statistikas datus par aviācijas negadījumiem ar ugunsgrēku uz zemes. Statistikā, izvērtējot lidojumu drošības līmeni, visbiežāk lietotie rādītāji ir aviācijas negadījumu un tajos bojāgājušo skaits. Lai noskaidrotu aviācijas negadījumu galvenos faktorus, nepieciešams izmantot statistikas datus par negadījumiem, kas reģistrēti ilgākā laikā. Redzams, ka korektai modeļa parametru noteikšanai nepieciešams apstrādāt pēc iespējas līdzīgākus datus: pēc klases un gaisa kuģa tipa; neņemot vērā statistiskos izņēmumus; terora aktus; karadarbību; ugunsgrēkus gaisā; GK sadursmi gaisā utt.

3.3. Iespējamais GK ugunsgrēka situācijas modelis aviācijas negadījumā

Pasažieru iespējas izdzīvot GK ugunsgrēkā uz zemes ir atkarīga no:

- pasažieru skaita un evakuācijas organizēšanas (atkarībā no GK tipa, lidojuma personāla kvalifikācijas);
- lidostas attāluma līdz aviācijas negadījuma vietai;
- GK korpusa bojājumu lieluma, īpaši – pasažieru salona;

- pasažieru patstāvīgas evakuācijas iespējas;
- ugunsgrēka intensitātes un rakstura (degvielas izlīšana, spēka iekārtu ugunsgrēks, ugunsgrēks pasažieru salonā u. c.).

Šie parametri īpaši jāņem vērā, vācot un analizējot statistikas datus. Promocijas darbā piedāvātais modelis sastāv no avārijas situācijas notikumu matricas un pasažieru izdzīvošanas iespējas tajā.

Avārijas situāciju notikumu matrica parādīta 3.2. tabulā.

3.2. tabula

Avārijas situāciju notikumu matricas tabula

Avārijas situācijas stāvoklis (i)	1	2	...	...	i	I + 1	...	...	n - 1	n
P_i – iespēja izdzīvot pasažieru i situācijā	P_1	P_2	...	...	P_i	P_{i+1}	...	...	P_{n-1}	P_n
N_i – iespēja rasties i situācijai	N_1	N_2	...	...	N_i	N_{i+1}	...	...	N_{n-1}	N_n

Stāvokļu skaitu n galvenokārt var pieņemt no 1.1. tabulas, kur $n = 10$.

Vislabākās situācijas ($i = 1$) notikumu matrica: aviācijas negadījums noticis praktiski lidostas pacelšanās-nolaišanās joslas robežā; pasažieru salona bojājumi faktiski nav; gandrīz visi pasažieri spējīgi patstāvīgi evakuēties; degviela izlijusi minimāli. Vissliktākā situācija (līdz katastrofiskai) ($i = n$): aviācijas negadījums noticis attālināti no lidostas rajonā; bojāts pasažieru salons; vairumam pasažieru ir grūtības patstāvīgi evakuēties; plaši izlijusi degviela.

Redzams, ka pasažieru izdzīvošana iespēja P_i labvēlīgā situācijā ir vislielākā, katastrofiskā situācijā – vismazākā, tas ir:

$$P_1 > P_2 > \dots P_{i-1} > P_i \dots > P_n \quad (3.1.)$$

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1,0 \quad (3.2.)$$

kur iespēja iekļūt vienā vai otrā situācijā N_i . Visbiežāk notiek situācijas, kas ir tuvas labvēlīgām un katastrofiskām.

$$N_{(1.2.3\dots)} > N_i \dots < \dots N_{(n-1,n)} \quad (3.3.)$$

$$\sum_{i=1}^n N_i = 1,0 \quad (3.4.)$$

tāpat kā 3.2. vienādojumā.

Tāpēc pilnai avārijas notikumu situāciju matricai iespējamas vismaz 16 situācijas – 2^4 ; četras situācijas, kurām ir divas galējības:

- tuvu lidostai – tālu no lidostas;
- korpuss maz izpostīts – korpuss stipri bojāts;

- degvielas izlijis maz – degviela izlijusi plaši un ir uzliesmojusi;
- pasažieri var evakuēties patstāvīgi – pasažierus nepieciešams evakuēt ar avāriju un glābšanas komandu palīdzību.

Ņemot vērā pasažieru spējas patstāvīgi evakuēties, izlijušās degvielas daudzumu un korpusa bojājumu lielumu, iespējams vienkāršot notikumu matricu līdz deviņiem stāvokļiem:

- aviācijas negadījuma tuvums lidostai: “lidostā” – “tuvu lidostai” – “tālu no lidostas”;
- aviācijas negadījumā korpusa bojājumi: “mazi” – “vidēji” – “ievērojami”.

3.3.tabula

Notikumu matrica (skat.1.1. tab.)

GK postījumu pakāpe	Attālums no lidostas		
	Lidostā, $i = 1$	Tuvu lidostai $i = 2$	Tālu no lidostas $i = 3$
Maza, $j = 1$	P_{11}	P_{12}	P_{13}
Vidēja, $j = 2$	P_{21}	P_{22}	P_{23}
Ievērojama, $j = 3$	P_{31}	P_{32}	P_{33}

P_{ji} – pasažieru, kas iekļuvuši situācijā ji , iespējas izdzīvot. Lai analizētu statistikas datus, nepieciešams tālāk vienkāršot modeli.

Teorētiski avārijas seku likvidācija ir loģiska cēloņu un seku ķēde. Cēloņiem un sekām ir kvalitatīvās un kvantitatīvās puses, kas ir savstarpēji atkarīgas. Loģika izskata tikai savstarpēji izslēdzošas pārmaiņas un funkcijas, matemātisko operāciju skaits samazinās un vienkāršojas.

Visas hipotētiskās avionegadījumu situācijas ar ugunsgrēkiem var iedalīt trīs grupās.

Pirmā grupa – (labvēlīgā) – stāvoklis $j = 1 \dots 4$:

- lidmašīna nosēžas uz šasijas, bojājumu nav;
- pasažieri patstāvīgi var atstāt GK;
- ugunsgrēks ir mazas intensitātes ārpus pasažieru salona;
- aviācijas negadījums lidostas teritorijā vai tuvu lidostai.



3.1. att. Pirmās grupa situācija.

Otrā grupa – (nelabvēlīgā) – stāvoklis $i = 5...7$:

- korpuss daļēji bojāts (nosēšanās ne uz riteņiem);
- daļa pasažieru nevar patstāvīgi atstāt GK;
- ugunsgrēks ar degvielas noplūdi (izlīšanu) pie pasažieru salona;
- avārijas vieta nelielā attālumā no lidostas.



3.2. att. Otrās grupas situācija.

Trešā grupa (katastrofāls) – stāvoklis $i = 8...10$:

- korpuss un pasažieru salons stipri bojāts;
- lielākā pasažieru daļa nevar patstāvīgi atstāt GK;
- ugunsgrēks pasažieru salonā;
- negadījuma vieta tālu no lidostas.



3.3. att. Trešās grupas situācija.

Pieņemsim, ka avāriju situāciju stāvoklis tiek iedalīts:

- pirmā – labvēlīga, ar lielu iespēju izdzīvot;
- otrā – nelabvēlīga, ar vidēju iespēju izdzīvot;
- trešā – katastrofāla, ar mazu iespēju izdzīvot.

Šīs situāciju grupas 3.6. tabulā iezīmētas attiecīgi zaļā, dzeltenā un sarkanā krāsā. Iespēja iekļūt bīstamā situācijā apzīmēta attiecīgi ar N_I , N_{II} un N_{III} . Avārijas negadījumu situāciju matrica atspoguļota 3.4. tabulā.

3.4. tabula

Sagrupēto avārijas situāciju matrica

Avārijas situāciju stāvoklis (*)	I	II	III
Avārijas situācijas rašanās (*) iespēja N (*)	N_I	N_{II}	N_{III}
Pasažiera izdzīvošanas iespēja P (*), iekļūstot avārijas situācijā (*)	P_I	P_{II}	P_{III}

No tā izriet, ka pasažiera izdzīvošanas iespēju, iekļūstot GK avārijas situācijā ar ugunsgrēku uz zemes, var aprēķināt pēc formulas:

$$P_{izdziv.} = \sum_{I=I}^{I=3} P_I N_I \quad (3.4.)$$

vai vidējā svērtā iespēja pasažierim izdzīvot, iekļūstot avārijas negadījumā ar ugunsgrēku.

Definēt avārijas situācijas rašanās iespējamus nosacījumus situācijā $N(*)$ ir ļoti grūti, un principā tas nav tik svarīgi. Savukārt izdzīvošanas iespēju $P(*)$ var aprēķināt pēc adaptētām lidojumu notikumu aprēķina metodēm izdzīvošanai ugunsgrēkos civilās un rūpnieciskās iekārtās (blīvēs) [82].

3.4. Varbūtība, ka pasažieris iekļūs GK avārijā ar ugunsgrēku un izdzīvos: statistikas datu analīze

Piedāvātos modeļa parametrus var izvērtēt pēc statistiskiem datiem [82].

Promocijas darbā apskatīti aviācijas negadījumi ar ugunsgrēku atkarībā no negadījuma attāluma līdz lidostai.

3.5. tabula

Statistiskie dati par aviācijas negadījumiem ar ugunsgrēku atkarībā no negadījuma attāluma līdz lidostai

Grupa	I	II	III	Kopā
Stāvoklis j				daudzums
N ugunsgr.	69	31	47	147
N boj. g.	301	614	937	1852
N izdzīv.	4041	456	688	5185
N pass.	4342	1070	1625	7037

$N_{ugunsgr.}$ – ugunsgrēku skaits;

$N_{boj.g.}$ – GK ugunsgrēkā bojāgājušo skaits;

$N_{izdziv.}$ – GK ugunsgrēkā izdzīvojušo skaits;

$N_{pass.}$ – kopējais pasažieru skaits, kuri iekļuvuši situācijā ar GK ugunsgrēku.

Pasažiera, kurš iekļuvis avārijas negadījumā (attiecīgi katrā grupā j), iespēju izdzīvot P_j , var aprēķināt šādi:

pirmā grupa

$$P = \frac{N_{izdzīv.}}{N_{pass.}} = \frac{4041}{4342} = 0,93; \quad (3.5.)$$

otrā grupa

$$P = \frac{N_{izdzīv.}}{N_{pass.}} = \frac{456}{1070} = 0,42; \quad (3.6.)$$

trešā grupa

$$P = \frac{N_{izdzīv.}}{N_{pass.}} = \frac{688}{1625} = 0,42. \quad (3.7.)$$

Cik bieži N_j pasažieri iekļūst aviācijas negadījumā (attiecīgi katrā j):

pirmā grupa

$$N = \frac{N_{ugunsgr.}}{\sum n_{ugunsgr.}} = \frac{69}{147} = 0,47; \quad (3.8.)$$

otrā grupa

$$N = \frac{N_{ugunsgr.}}{\sum n_{ugunsgr.}} = \frac{31}{147} = 0,21; \quad (3.9.)$$

trešā grupa

$$N = \frac{N_{ugunsgr.}}{\sum n_{ugunsgr.}} = \frac{47}{147} = 0,32. \quad (3.10.)$$

No iegūtajiem datiem redzams, ka iespējams aviācijas negadījums ar ugunsgrēku notiks vai nu lidostā (vai tuvu tai) – pirmā situāciju grupa, vai arī tālu no lidostas – trešā situāciju grupa (skat. 3.6. vienādojumu). Tātad – iespēja izdzīvot pasažieriem lielāka, ja ir noticis pirmās grupas negadījums. Ņemot vērā 3.7. modeli, iespējams iegūt izdzīvošanas stāvokļu matricu.

3.6. tabula

Avārijas notikumu situāciju pamatmatrica

Stāvokļu grupa - j	I	II	III
P_j izdzīv.	0,93	0,42	0,42
N_i sit.	0,47	0,21	0,32

Izejot no datiem, vidēji aprēķinātā (pilnā) iespēja pasažierim izdzīvot ir šāda:

$$P_{izdzīv.} = \sum_{j=1}^{J=3} P_j N_j = 0,660 \quad (3.11.)$$

Ņemot vērā tikai aviācijas negadījuma attālumu līdz lidostai, iegūtā pasažiera izdzīvošanas iespēja ir 0,660. Ja aprēķinā neiekļauj iespēju iekļūt avārijas situācijā, iespēja izdzīvot (vidējais aritmētiskais) ir:

$$P_{izdzīv.} = \frac{N_{izdzīv.}}{N_{pass.}} = \frac{5185}{7037} = 0,737 \approx 0,74 \quad (3.12.)$$

Un tas par ~ 10 % palielina izdzīvošanas novērtējuma kļūdu.

3.5. Pasažiera izdzīvošanas iespējas novērtējums, iekļūstot avārijas situācijā gada laikā

Iespējamo novērtējumu var aprēķināt:

- 1) balstoties uz statistikas datiem;
- 2) izmantojot moduļa analīzi, noskaidrojot aplūkojamo notikumu savstarpējo saiti ar citu notikumu iespējām;
- 3) izvērtējot ekspertu slēdzinus.

3.7. tabulā atspoguļoti statistikas dati par avārijas situāciju skaitu GK gada laikā ASV aviokompāniju grupai [46, 47].

3.7.tabula

Dati par aviācijas negadījumiem ar ugunsgrēku (2005.–2014. gadā)

Rādītājs	AN ar ugunsgrēkiem
Avāriju skaits	112
Pasažieru, kuri iekļuvi ugunsgrēkā, skaits	7017
Bojāgājušo skaits	1917

Redzams, ka pasažieru, kuri iekļuvi aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku, skaits apskatāmajā periodā ir 7017, bojāgājušo pasažieru skaits – 1917, vidējais aviācijas negadījumu skaits AN = 112.

Vidējā aritmētiskā iespēja izdzīvot aprēķināma pēc formulas:

$$P_{\text{izdzīv.}} = \frac{N_{\text{pas.}} - N_{\text{boj.g.}}}{N_{\text{ugunsgr.}}} = \frac{7017 - 1917}{7017} = 0,73 \quad (3.13.)$$

Izdzīvošanas iespēja apskatītajai aviokompāniju grupai praktiski līdzinās vidēji aritmētiskai izdzīvošanas iespējai visām ASV aviokompānijām [20].

Izskatāmo aviokompāniju statistika atspoguļo datus pēc GK iekļūšanas biežuma dažādās avāriju situācijās kura parādīta (3.8. tab.).

3.8. tabula

Avārijas situāciju notikumu dati

AN iemesls (situācijai i) sk. 3.9. tabulu	AN skaits situācijā iNi
i = 1	15
i = 2	14
i = 8	12
i = 10	10

Kur j ir iespēja iekļūt aviācijas negadījumā kādā no situācijām (I = 1, 2, 3).

3.9. tabula

Avārijas situāciju iespējamie notikumi

Stāvokļu grupa – j (1.1. tabula)	I grupa		II grupa	III grupa		Kopā
Stāvoklis i	1	2	–	8	10	–
Negadījumu skaits	15	14	–	12	10	51
Situācijas – i iespēja	0,294	0,275		0,235	0,196	
N_i – j grupas iespējamība	0,57		–	0,43		–

Zinot situāciju rašanās iespēju un iespēju iekļūt bīstamā situācijā modeli (3), var noskaidrot izdzīvošanas iespēju apskatāmo kompāniju pasažieriem:

$$P_{\text{izdzīv.}} = 0,66 \quad (3.14.)$$

Lai aprēķinātu pasažiera iespēju iekļūt aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku un viņa izdzīvošanas iespēju jāskaidro pasažieru skaits vienā reisā.

Pasažieru kopējais skaits, kas iekļuvuši AN ar ugunsgrēku: $N_{\text{pass.}} = 7017$.

Ugunsgrēku skaits: $N_{\text{ugunsgr.}} = 112$.

Redzams, ka vidējais pasažieru skaits vienā reisā, kas iekļuvuši AN ar ugunsgrēku, ir:

$$N_{\text{pass.}} = \frac{N_{\text{pass.}}}{N_{\text{ugunsgr.}}} = \frac{7017}{112} = 63 \quad (3.15.)$$

(GK tips – tuvs vidēji maģistrālajam).

3.10. tabula

Kopējais lidojumu skaits vienā kompānijā gada laikā (ASV)

Konkrētā tipa GK skaits, K	Vidējais lidojumu skaits vienam GK gadā, NGK gadā, N_i	Kopējais lidojumu skaits gadā, $N = K * N_i$
39	1300	50 700

Tātad – kopā izskatāmā aviokompānija gada laikā pārvadājusi pasažierus:

$$N_{\text{pass.}} = 50700 \times 63 = 3,2 \text{ mil. pass./gadā} \quad (3.16.)$$

Pasažieru, kuri iekļuvuši situācijās ar ugunsgrēku (gadā), skaits:

$$N_{\text{pass.}}^{\text{ugunsgr.}} = \frac{7017}{10} = 702 \frac{\text{pass.}}{\text{gadā}} \quad (3.17.)$$

Iespēja pasažieriem iekļūt AN ar ugunsgrēku (gada laikā):

$$p_{\text{ugunsgr.}}^{\text{gadā}} = \frac{N_{\text{ugunsgr.}}^{\text{pass.}}}{N_{\text{kopā}}^{\text{pass.}}} = \frac{702}{3,2 \times 10^6} = 2,2 \times 10^{-4} \quad (3.18.)$$

Iespēja pasažieriem iekļūt AN ar ugunsgrēku un iet bojā (gada laikā):

$$P_{\text{bojāēja}} = P_{\text{iekļūt ugunsgrēkā}} \times (1 - P_{\text{izdzīvot ugunsgrēkā}})$$

$$P_{\text{bojāēja}} = 2,2 \times 10^{-4} \times 0,34 = 0,748 \times 10^{-4} \quad (3.19.)$$

Normatīvā iespēja iekļūt ugunsgrēkā un cilvēku bojāeja civilās celtniecības objektu ugunsgrēkā ir 10^{-6} [6].

Redzams, ka reiss GK pasažierim aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku uz zemes (gada laikā), ir 75 reizes bīstamāks nekā normatīvā bīstamība gadījumā, ja ugunsgrēks notiek celtniecības konstrukcijās.

3.6. Apdrošināšanas atlīdzību aprēķināšana, ja noticis aviācijas negadījums ar ugunsgrēku uz zemes

Vispārīgā risku apdrošināšanas praksē, aprēķinot apdrošināšanas izmaksas un apdrošināšanas atlīdzību apmērus, aprēķina pamatā ir apdrošināšanas gadījuma iespējamība. Šī iespējamība tiek izvērtēta, ņemot vērā statistikas datus par konkrētu apdrošināšanas gadījumu.

Tomēr, izvērtējot iespējas, apdrošināšanas izmaksas aprēķina, balstoties uz nelabvēlīgo gadījumu skaitu pret kopējo novēroto gadījumu skaitu.

Šajā gadījumā nepieciešams izskaitīt nosacīto iespējamību, ka negadījums notiks (tā sauktā Baijesovska metode). Šajā promocijas darbā salīdzinātas apdrošināšanas izmaksas, kas aprēķinātas ar parasto un Baijesovska metodi, vērtējot iespējas, ka iestāsies apdrošināšanas gadījums lidaparātam, kas cietis negadījumā ar ugunsgrēku uz zemes.

Parastā apdrošināšanas prakse pieņem, ka apdrošinātājs (labuma ieguvējs) atbilstoši apdrošināšanas līguma nosacījumiem izmaksā apdrošināmajam apdrošināšanas prēmiju, kas tiek ieskaitīta, formējot apdrošināšanas fonda izmaksas. Apdrošināšanas prēmijas aprēķinā (bruto likmē) ieskaita neto likmi, aprēķināmu pēc apdrošināšanas gadījuma iestāšanās iespējas, visu apdrošinātāju prēmijas (iespējamais apdrošināšanas apjoms), slodzi (izmaksas, kas nav saistītas ar bojājumu atlīdzināšanu), iestājoties apdrošināšanas gadījumam, iespējamās izmaksas un daļa labojumu summas, ko var pierādīt apdrošinātājs, lai izvairītos no neparedzētām, liekām izmaksām, iestājoties apdrošināšanas gadījumam (apdrošinātāja risks).

Galveno apdrošinātāja bruto fonda daļu sastāda neto fonds, ko aprēķina pēc iespējamā apdrošināšanas gadījuma iestāšanās.

Redzams, ka iespējamā apdrošināšanas gadījuma iestāšanās aprēķins ir svarīgākā sastāvdaļa, formējot bruto fondu, jo tieši šī daļa lielākā mērā nozīmē apdrošināšanas izmaksu lielumu apdrošināmajam.

Šajā promocijas darbā tiek izskatīts un salīdzināts apdrošināšanas prēmijas neto lielums (tarifa likme), ar dažādām metodēm noskaidrojot iespēju, ka iestāsies apdrošināšanas gadījums aviācijas negadījumā, kas izraisījis ugunsgrēku uz zemes.

3.7. Iespējamā apdrošināšanas gadījuma iestāšanās noskaidrošana

Tarifa likmes aprēķina metode, kas apstiprināta apdrošināšanas uzraudzības dienestā, ietver vērtējumu apdrošināšanas gadījuma iespējai kā nelabvēlīgo gadījumu skaita attiecību pret kopējo izskatāmo gadījumu skaitu apdrošinātiem objektiem [81].

Turklāt bieži tiek ignorētas situācijas, kad ir vairākas iespējas, lai iestātos apdrošināšanas gadījums. Piemēram, aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku uz zemes pasažieru bojāejas iespēja ir atkarīga no ugunsgrēka rašanās apstākļiem [80, 81, 82].

Kā liecina presē publicētā statistika, pasažieru bojāēja aviācijas transporta negadījumos ir 10...15 % augstāka, nekā aprēķinot pasažiera bojāejas iespēju ugunsgrēkā uz zemes pēc vispārīgi pieņemtās statistikas vērtējuma metodes. Jāpiebilst, ka apdrošināšanas gadījumam lidmašīnas ugunsgrēkā uz zemes ir divi scenāriji: pasažiera bojāēja un pasažiera izglābšana (lai arī pasažieris ir smagi cietis un to var pielīdzināt apdrošināšanas gadījumam ar viņa bojāeju, jo ārstēšanas izmaksas var daudzkārt pārsniegt izmaksas uztura devēja zaudējuma gadījumā) [46, 47, 49].

Promocijas darbā veikta salīdzinošā analīze apdrošināšanas neto fonda izmaksu formēšanai, izmantojot dažādas metodes, noskaidrojot apdrošināšanas gadījumu iestāšanās iespēju. Objektīvākam vērtējumam pasažieru bojāejas iespējai situācijā ar ugunsgrēku uz zemes un viendabīgiem apstrādājamiem statistikas datiem, promocijas darbā nav apskatīti šādi gadījumi: negadījumi ar vieglmotoru aviāciju un dzenskrūves aparātiem (maza degvielas slodze); ugunsgrēki gaisā (zema izglābšanās spēja); negadījumi ar lidaparātiem kara darbības rezultātā un terora aktus (nepakļaujas statistiskam vērtējumam).

3.8. Salīdzinošā analīze, aprēķinot apdrošināšanas neto fonda izmaksas

Apdrošināšanas neto fonda izmaksas avionegadījuma rezultātā ar ugunsgrēku uz zemes formē no apdrošināšanas prēmijām:

$$S = S_{\text{boj.g}} \times N_{\text{boj.g}} + S_{\text{izdz.}} \times N_{\text{izdzīv.}}, \quad (3.22.)$$

kur:

S – apdrošināšanas neto fonds, kas formēts situācijai lidmašīnas ugunsgrēkā uz zemes;

$S_{\text{boj.g.}}$, $S_{\text{izdz.}}$ – tarifa likme apdrošināšanas prēmijām gadījumiem, ja ir bojā gājušie vai izdzīvojušie pasažieri.

Tiek pieņemts, ka:

$$S_{\text{izdz.}} = \mu \times S_{\text{boj.g.}}, \quad (3.23.)$$

kur:

μ – tarifa likmes pazemināšanas koeficients izdzīvojušajiem, salīdzinot ar bojā gājušiem (noskaidro apdrošinātājs);

$N_{\text{boj.g.}}$, $N_{\text{izdz.}}$ – aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku uz zemes bojā gājušo un izdzīvojušo skaits.

Redzams, ka:

$$N_{\text{boj.g}} = P_{\text{boj.g}} \times N_{\text{izdz.}} \quad (3.24.)$$

un

$$N_{\text{izdz.}} = (1 - P_{\text{boj.g}}) \times N, \quad (3.25.)$$

kur:

N – kopējais pasažieru skaits, kuri iekļuvuši incidentā ar lidmašīnas ugunsgrēku uz zemes.

Tad 3.23., 3.24. un 3.25. var izteikt šādā veidā:

$$\frac{S}{(S_{\text{boj.g}}) \times N \times (1 - \mu)} - \frac{\mu}{1 - \mu} = P_{\text{boj.g}} \quad (3.26.)$$

Promocijas darbā veikta apdrošināšanas neto fondu salīdzināšana, iestājoties apdrošināšanas gadījumam avionegadījumā ar ugunsgrēku uz zemes, un piedāvāta jauna pasažieru izdzīvošanas iespēju aprēķinu pieeja.

Salīdzināšanā izvērtēti reāli incidentā ar lidaparātu ar ugunsgrēku uz zemes bojāgājušo un izdzīvojušo statistikas dati. Vidējie statistiskie rādītāji hipotētiskai aviokompānijai ir: apdrošināšanas gadījumu skaits (gadā) $N = 44$ cilv., kas ekvivalents vienam incidentam ar lidaparātu tuvējai maģistrālai lidmašīnai ar 50 % komerciālu sodzi [14].

Darbā [81] parādīti statistiski apstrādāti dati un piedāvāta jauna pieeja, aprēķinot pasažieru bojāejas iespējas ugunsgrēkā uz zemes. Parādīts, ka, izmantojot parasto aprēķina metodi, pasažiera bojāejas iespēja incidentā ir 24 %, izmantojot Baijesovska pieeju, izvērtējot pasažiera bojāejas iespēju tādā pašā gadījumā – 34 %.

Pieņemot, ka koeficients μ tarifa likmes pazemināšanai pasažiera bojāejas gadījumā ir 0,25, vispārpieņemtais apdrošināšanas fonda aprēķins ($P_{\text{boj.g.}} = 0,24$) ir:

$$\frac{S}{(S_{\text{boj.g}}) \times N \times 0,75} - \frac{1}{3} = 0,24 \quad (3.27.)$$

jeb apdrošināšanas neto fonda apjoms šajā gadījumā ir:

$$\frac{S}{(S_{\text{boj.g}}) \times N} = 0,4275 \quad (3.28.)$$

Izmantojot Baijesovska pieeju, kur aprēķina gadījumā bojāejas iespēja $P_{\text{boj.g}} = 0,34$, tiek iegūts:

$$\frac{S}{(S_{\text{boj.g}}) \times N} = 0,5025 \quad (3.29.)$$

Jeb apdrošināšanas neto fondam jābūt lielākam par 17,5 %.

Aprēķinot apdrošināšanas neto fondu bez Baijesovska pieejas, bojāejas iespējas aprēķinam apdrošinātājam radīsies zudumi, šajā piemērā – par 18 %.

Tādā veidā ir parādīts, ka, izmantojot Baijesovska pieeju, aprēķinot pasažiera bojāejas iespēju aviācijas negadījumā ar ugunsgrēku uz zemes, apdrošināšanas neto fonda palielinājums par apdrošināšanas izmaksām var sasniegt līdz 50 % atkarībā no tarifu likmes attiecības bojāejas un izdzīvošanas gadījumā ugunsgrēkā uz zemes.

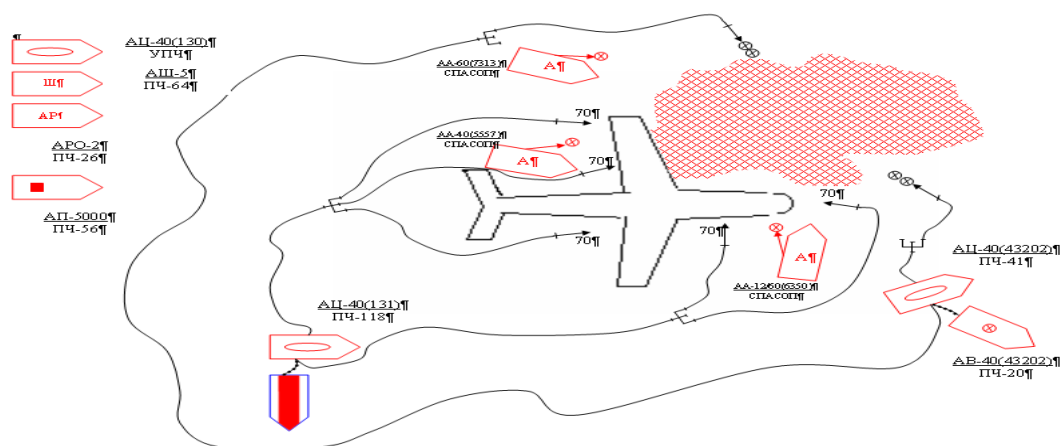
3. nodaļas secinājumi

1. Piedāvātais modelis dod iespēju izvērtēt pasažieru bojāejas risku ugunsgrēka situācijās, ņemot vērā GK tipu un aviokompānijām, kā arī apdrošināšanas fonda sastādīšanu, lai izmaksātu bojāgājušo ģimenēm un cietušajiem. Izvērtējot aviācijas negadījumu bīstamības līmeni, jāizvērtē avārijas situācijas faktoru līmeni un ietekmi uz cilvēkiem. Šāds uzdevums var būt ekspertiem un apdrošināšanas organizācijām, kā arī kompāniju īpašniekiem. Lai izvērtētu bīstamības līmeni, nepieciešami dati par aviācijas negadījumu sekām, cietušo skaitu, ekonomiskiem zudumiem.
2. Izvērtējot kaitējumu, kas rodas gan cilvēkiem, gan GK, avārijas situācijā var teikt, ka to iespaido: ugunsgrēka bīstamības faktoru skaits; attālums līdz avārijas vietai; kaitējuma faktoru skaits.
3. Iespēja izdzīvot aviācijas negadījumā ar pēcavārijas ugunsgrēku ir zemāka nekā situācijā ar ugunsgrēku civilās celtniecības objektos. Izstrādātā modeļa ieviešana ļauj skaitliski aprēķināt ugunsgrēka bīstamības lielumu aviācijas negadījumā, balstoties uz iespējamības metodi, apstrādājot statistiskos datus.
4. Pētījuma rezultātā iegūtie faktiskie dati paaugstina objektivitāti un apstiprina ekspertu pētījumu rezultātus.

4. MODEĻA IZVĒLES APSTIPRINĀJUMS, LAI NOSKAIDROTU LAIKU, KAS NEPIECIEŠAMS PASAŽIERU EVAKUĀCIJAI NO LIDMAŠĪNAS DEGOŠĀ SALONA AVIĀCIJAS NEGADĪJUMĀ LIDOSTAS RAJONĀ – T_p

4.1. Lidmašīnu būves attīstība palielina vienā reisā pārvadājamo pasažieru skaitu

Viens no svarīgākajiem uzdevumiem, nodrošinot lidojumu drošību, ir savlaicīga pasažieru un ekipāžas evakuācija aviācijas negadījumos. Laika faktors ir galvenā pazīme, kas atšķir vienu avārijas veidu no citas. Efektīvi izmantojot laiku, palielinās iespēja saglabāt dzīvību lielākam cilvēku skaitam. Attiecīga ekipāžas un pasažieru instruktāža, ekipāžas un pasažieru gatavība, kā arī savlaicīga paziņošana avārijas un glābšanas dienestiem par aviācijas negadījumu – visas šīs darbības sekmē aviācijas negadījumā cietušo skaita samazināšanos. Tomēr, ņemot vērā to, ka pēkšņie aviācijas negadījumi notiek biežāk nekā paredzami, nepieciešams, lai pasažieri un ekipāža jau iepriekš būtu apgādāta ar pēc iespējas efektīvākiem glābšanas līdzekļiem. Pirmā darbība cilvēku glābšanā īpašās situācijās aviotransportā saistīta tieši ar evakuāciju. Evakuācijas iespējas dažādas klases GK atšķiras gan ar salonu iekārtām, pasažieru daudzumu, rezerves un avārijas izejām, gan laiku, kurā tās tiek sagatavotas darbam. Aviācijas negadījumā var izcelties ugunsgrēks, un ekipāžai un pasažieriem atliek ļoti maz laika (no dažām sekundēm līdz dažām minūtēm), lai pamestu lidmašīnu. Kā norādīts pirmajā promocijas darba nodaļā, šis laiks lielākā mērā atkarīgs no apkārtnes raksturojuma, vēja virziena, kā arī no ugunsgrēka perēkļu atrašanās vietas lidmašīnā.



4.1. att. Izlīkušās degvielas ugunsgrēka dzēšana [36].

Tāpēc mūsdienās pasažieru evakuācijas optimizācija no gaisa kuģa avārijas situācijas gadījumā ļoti aktuāls ir uzdevums.

4.2. Pasažieru evakuācijas iespējas aviācijas negadījumos lidostas atbildības rajonā

Visas metodes noskaidrot ugunsgrēka riska aprēķina lielumu pasažierim aviācijas negadījumā lidostas atbildības rajonā pieļauj, ka, atrodoties degošā lidmašīnas salonā, viņš var

palikt dzīvs tikai tādā gadījumā, ja ja notiek savlaicīga evakuācija un pasažieris tiek nogādāts drošā zonā. Galvenais uzdevums pasažieru un ekipāžas evakuācijā pēc piespiedu lidmašīnas nosēšanās uz zemes vai ūdens ir ātrāka visu cilvēku nogādāšana drošā attālumā no lidmašīnas ar mērķi saglabāt viņu dzīvību. Ja lidmašīnā uz zemes sākas ugunsgrēks, ekipāžai un pasažieriem paliek ļoti maz laika tam, lai atstātu lidmašīnu, – no dažām sekundēm līdz dažām minūtēm.

Pēc aviācijas negadījuma lidostas teritorijā jāveic tūlītēja un efektīva GK pasažieru un ekipāžas glābšana, kā arī bojāto vai aizribojušo aiz pacelšanās-nolaišanās joslas (PNJ) robežas GK evakuācija. Atbilstoši lidostu tehnoloģiskās projektēšanas normām lidostās paredzēti piebraucamie ceļi, kas nodrošina piekļuvi iespējamām aviācijas negadījumu un ūdensapgādes vietām. Īpaša uzmanība pievērsta brīvas piekļūšanas nodrošināšanai pacelšanās un nolaišanās zonai, kas atrodas līdz 1000 m attālumā no pacelšanās-nolaišanās joslas gala. Tāpēc svarīgas ir diagrammas, kurās atspoguļota aviācijas negadījumu vieta attiecībā pret pacelšanās-nolaišanās joslu (4.2. att.) [13, 15].

Normatīvo dokumentu, kas reglamentē kārtību, kā jāizvieto avārijas un glābšanas stacijas aerodromā, prasības paredz, lai avārijas un glābšanas staciju ēkas būtu maksimāli tuvu pacelšanās-nolaišanās joslai tā, lai pirmās ugunsdzēsšanas mašīnas gatavība darbībai katras pacelšanās-nolaišanās joslas galā nepārsniegtu trīs minūtes. Stacijas izvietojuma vietu jāizvēlas ar tādu aprēķinu, lai ugunsdzēsšanas mašīnām uz pacelšanās-nolaišanās joslu nodrošinātu taisnu un bez šķēršļu izbraukšanu [33, 34].



4.2. att. Avārijas un glābšanas stacijas atrašanās vieta [36].

Ja ugunsgrēka un glābšanas dienesta gatavības laiks pārsniedz normatīvo, lidostā jābūt citai palīgstacijai vai tā sauktai starta avārijas un glābšanas stacijai, kas nodrošina, ka ugunsdzēsšanas mašīnas maksimāli spēj pietuvoties pacelšanās-nolaišanās joslai un samazinās laiks to darbības sākšanai. Glābšanas darbu sākšanas laikam ir ļoti liela nozīme, jo efektīvai cīņai ar aviācijas ugunsgrēku un cilvēku, kuri atrodas uz avarējušā gaisa kuģa, izglābšana atkarīga no tā, cik ātri ugunsdzēsēji un glābēji sāks cīņu ar uguni. Tas vispirms ir atkarīgs no tā, cik ātri GK attīstās ugunsgrēks un augtas temperatūras degšanas zonā. Piemēram, ugunsgrēkā, kas izcēlies zem fizelāžas un kurā deg iztecējusi aviodegviela, jau pēc 2–3 min. degšanas, atsevišķos gadījumos pat ātrāk, notiek fizelāžas apšuves izdegšana, un ugunsgrēks izplatās pasažieru salonos, ekipāžas kabīnē un citās lidmašīnas telpās. Tāpēc ICAO rekomendācijās ir prasība, lai ugunsgrēka glābēju vienība katras PNJ galā darbu sāktu laikā, kas nepārsniedz trīs minūtes. Darbu sākuma laiku nosaka eksperimentāli, ņemot vērā optimālus redzamības apstākļus un ceļu seguma stāvokli. Praktiskā darbībā liela nozīme ir detalizētai darbu sākšanas laika izvērtēšanai, iedalot to posmos, lai saņemtu uzskatāmu ainu faktoriem un “šaurām” vietām, kas ietekmē šo lielumu [36].

Eksperimentālais vērtējums darbības laika sākuma posmiem, kas veikti vairākās lidostās dažāda tipa ugunsdzēsšanas mašīnām, liecina, ka vidējais laiks, kas patērēts, lai veiktu šos posmus, ir:

- ugunsdzēsšanas mašīnas izbraukšana no avārijas un glābšanas stacijas – 12,6 sek;
- ugunsdzēsšanas mašīnas apstādināšana, lai iesēdinātu ekipāžu pēc izbraukšanas no stacijas – 17,6 sek;
- ugunsdzēsšanas mašīnas manevri, lai izbrauktu uz pacelšanās-nosēšanās joslu vai uz pamatmaršrutu – 18,6 sek;
- laiks, lai sasniegtu maksimālo braukšanas ātrumu pamatmaršrutā – 44 sek;
- ugunsdzēsšanas mašīnas apstādināšana aviācijas negadījuma vietā – 5 sek;
- ugunsdzēsšanas un tehniskās iekārtas ieslēgšana – 6 sek.

Šim laikam jāpieskaita mašīnas kustības laiks ar maksimālu ātrumu pamatmaršrutā. Konkrētajā piemērā nav grūti saskaitīt, ka “neražīgais laiks”, kas tiek patērēts, lai izpildītu visus elementus, ir 103,8 sek. no 180 sek., ko paredz normatīvi. Līdz ar to darbības sākšanas laiks, lai sasniegtu attālumu pamatmaršrutā līdz avionegadījuma vietai, atliek tikai 76,2 sek., un tā var nepietikt pasažieru, kuri atrodas degošā lidmašīnas salonā, glābšanai. Lai panāktu dzēsšanas darbu sākšanas laika samazināšanu, notiek treniņi un lidostā optimāli jāizvieto avārijas un glābšanas stacijas. Pasažieru saloni, ekipāžas kabīnes aprīkotas ar nepieciešamo avārijas un glābšanas iekārtu komplektu, lai varētu ātri atstāt lidmašīnu pēc tās piezemēšanās, ieskaitot ugunsgrēka gadījumā (avārijas izejas, palīglīdzekļi, lai nokļūtu uz zemes, avārijas apgaismojums, individuālās un grupas glābšanas iekārtas, ugunsdzēsšanas iekārtas u. c.). Katram ekipāžas loceklim jāpiedalās treniņos, lai tas pārzinātu savas darbības lidmašīnas avārijas gadījumā un varētu automātiski un pareizi reaģēt uz negaidīti radušos sarežģīto situāciju [42, 43].

Ar kopēju iepazīšanos ar darbības kārtību avārijas gadījumā, kā arī retiem treniņiem ir par maz. Nepieciešama tāda lidojumu ekipāžas treniņu programma, kas katram ekipāžas loceklim ne tikai liktu atrast pareizo sarežģītās situācijas risinājumu, bet arī radītu interesi un vēlēšanos trenēties sistemātiski. Tāda sistemātiska pārbaude ir lieliska treniņu metode ekipāžas locekļiem, lai viņi apzinātos savus pienākumus. Papildinot šo metodi ar speciālu filmu rādīšanu, lekcijām un praktiskām nodarbībām, kā arī pārbaudēm ekipāžu sagatavošanai lidojumiem vienu reizi pusgadā, sagatavošana būtu pilnīga. Izmēģinājumi, lai noskaidrotu ekipāžas treniņu iespaidu uz pasažieru evakuācijas ilgumu no daudzvietīgām lidmašīnām avārijas gadījumā, kas veikti Kornellas aviācijas laboratorijā pēc aviokompānijas “*United Airlines*” pasūtījuma, uzrādīja labus rezultātus.

Pēc tam, kad lidmašīnas ekipāža veica astoņus pasažieru evakuācijas treniņus, laiks, ko patērēja pasažieru, kuri nebija iepazīstināti ar noteikumiem un izejas apstākļiem no lidmašīnas avārijas gadījumā, evakuācijai, samazinājās par vienu trešdaļu (1/3). Ekipāžas treniņu laikā galveno uzmanību jāpievērš ekipāžas locekļu darbības kārtībai pēkšņo avāriju gadījumā.

4.2.1. Panikas rašanās iespēja pasažieru vidū

Nepieciešams izskatīt iespēju, ka pasažieru vidū var rasties panika. Ekipāžas locekļu disciplinētība un prasme vadīt pasažieru uzvedību veicina pasažieru izdzīvošanu. Izpētot virkni avāriju, var secināt, ka lielākajā gadījumā pasažieru uzvedība ir apmierinoša. Dažos gadījumos tika atzīmēta atsevišķu personu panika, bet tā neradīja negatīvu ietekmi uz pārējiem pasažieriem.

Izpētot 11 avāriju gadījumus ar viena un tā paša tipa divmotoru pasažieru lidmašīnām, kuru laikā visi ekipāžas locekļi necieta, tika noskaidrots, ka no 315 pasažieriem 308 cilvēki uzvedās disciplinēti, izpildot visus ekipāžas norādījumus. Četri pasažieri bija tā apjukuši, ka nevarēja paši par sevi parūpēties. Tomēr viņi netraucēja citiem pasažieriem un pieņēma viņu palīdzību: visi četri tika izvesti no lidmašīnas pēc nosēšanās. Divi pasažieri, neklausot borta pavadoņu norādēm, atvēra dienesta izeju un mēģināja atstāt lidmašīnu. Vienam pasažierim sākās panikas lēkme, taču tas negatīvi neietekmēja pārējos pasažierus. Diemžēl pilnīgu datu par pasažieru uzvedību katastrofā, kas beidzas ar visu pasažieru un ekipāžas locekļu bojāeju, nav. Tomēr, balstoties uz esošo materiālu, var secināt, ka vairumā piespiedu nolaišanās gadījumā pasažieri uzvedas disciplinēti, darbojas organizēti un dažu atsevišķu pasažieru panikas lēkmes negatīvi neietekmē pārējos pasažierus. Tomēr kuģa komandierim vienmēr ir jābūt gatavam pieņemt lēmumus rīcībai pret atsevišķu pasažieru vai grupu panikas parādīšanos un nedisciplinētību. Viss iepriekš teiktais norāda, ka nepieciešams izstrādāt visaptverošu programmu lidmašīnu ekipāžu sagatavošanai un avārijas un glābšanas dienestiem darbam aviācijas negadījumos ar ugunsgrēku lidostas rajonā.

Izejot no lidmašīnas, nepieciešams sekot, lai pasažieru plūsma, kas iet uz izejām, ievērotu kārtību, jo pasažieris, kurš mēģina iet pret plūsmu, var apturēt visu kustību. Ja kāds no pasažieriem pie pašas izejas veido sastrēgumu, nepieciešams izmantot fizisku spēku. Ir bijuši gadījumi, kad daži pasažieri šoka vai bailu iespaidā paliek savās vietās, nevēloties atbrīvoties no frošības jostām.

Piemēri

- 21 lidmašīnas “Boing” American Airlines aviokompānijas reisa Čikāga–Maiami pasažieris cieta dzinēja aizdegšanās rezultātā, kad lidmašīna veica ieskrējienā pacelšanās joslā. Notikumu nofilmēja viens no lainera pasažieriem. Skatoties video, var redzēt, ka evakuācijas laikā pasažieru vidū izceļas panika. Lainera salonā nav ne uguns, ne dūmu, ekipāža atrodas savā vietā un mēģina vadīt procesu, taču cilvēki kliedz no bailēm, grūsta viens otru un nevar pareizi un droši noslīdēt pa piepūšamo trapu, kā rezultātā vairāk nekā 20 cilvēku gūst traumas. Kā žurnālistiem paziņoja aviokompānijā, uz borta atradās 161 pasažieris un deviņi ekipāžas locekļi, un “Boing 767” pacelšanās “tika pārtraukta pacelšanās laikā mehānisku bojājumu, kas skar dzinēju, dēļ”.
- “Boing 777” veica cieta nosēšanos Dubajas starptautiskajā lidostā 3. augustā plkst. 12.45 pēc vietējā laika. Pēc atsišanās pret pacelšanās joslu lainers sagāzās uz sāniem un aizdegās. Liecinieki nofilmēja avārijas momentu, kad apstājās dūmojošā lidmašīna, kā arī sprādzienu,

kas notika uz tās borta tūlīt pēc nosēšanās. Uz lainera “Boing 777” borta, kas atlidoja no Indijas pilsētas Tiruvananthapuramas, atradās 300 cilvēku – 282 pasažieri un 18 ekipāžas locekļu. Pēc telekanāla “Al Arabiya” informācijas, visi cilvēki bija evakuēti no degošās lidmašīnas 45 sekundēs, neviens nebija smagi cietis, daži bija saelpojušies dūmus.

- Pirmās sekundes pēc ļoti cietās *Emirates Airlines* lidmašīnas nosēšanās nofilmēja viens no pasažieriem. Kadros redzams, ka, pirmkārt, cilvēki metas glābt savas mantas, nedomājot par izdzīvošanu, bērni un sievietes kliec un raud. Izceļas panika. Pēc tam pasažieri dodas uz avārijas izejām. Kā stāsta šīs lidmašīnas pasažiere Šadi Kočuktti: “Mēs paspējam aizskriet no lainera kādus 20 metrus, kad atskanēja sprādziens priekšējā daļā.” Gaisā uzlido apšuves gabals. Uguns kļūst stiprāka. Ekipāža tiešām darbojas atbilstoši. Viss notiek dažās sekundēs. Evakuācija aizņēma rekorda 45 sekundes, visi 300 cilvēki izglābti [49, 50].

4.2.2. Statistikas dati pasažieru evakuācijas laikam no degošas lidmašīnas dažādu scenāriju gadījumā

(Nacionālās konsultatīvās komitejas aviācijā (ASV) dati)

Nacionālā konsultatīvā komiteja aviācijā (NKKA) veica izmēģinājumus ar mērķi noskaidrot, cik ilgi cilvēki var atrasties lidmašīnas iekšpusē ugunsgrēka apstākļos, kas radies avārijas rezultātā. Saņemtie dati liecina par to, ka gandrīz vai visos ugunsgrēku gadījumos (izņemot pašus spēcīgākos) pasažieriem, lai izietu no lidmašīnas, ir tikai apmēram 50 sek. [49].

Dažos gadījumos, kad uguns sevišķi ātri iekļūst pasažieru salonā, pasažieriem jāpaspēj pamest lidmašīnu tikai 7,5 sek. Izmēģinājumu laikā četros ugunsgrēku gadījumos pēc imitētām avārijām pasažieriem izejai bija 90–163 sek., divos gadījumos, kad ugunsgrēks notika fizelāžā, pasažieriem bija 53–65 sek. laika. Piecos no sešiem izskatītajiem gadījumiem daļai pasažieru atkarībā no viņu atrašanās vietas lidmašīnā ugunsgrēka gadījumā izejai būtu 93–257 sek. laika.

Tātad – intensīva ugunsgrēka apstākļos 90 sek. būtu pietiekami, lai lidmašīnu atstātu visi pasažieri – četros gadījumos, daļa pasažieru – vienā gadījumā. 90 sek. pieņemts kā laika norma pasažieru izejas iespēju nodrošināšanai no lidmašīnas. Liels cilvēku skaits uz pasažieru lidmašīnas borta apgrūtina viņu ātru evakuāciju no lidmašīnas pēc piespiedu nosēšanās. Ir veiktas speciālas pārbaudes, kā rezultātā noskaidrots, ka 60 pasažieru evakuācijai nepieciešams vairāk laika nekā 30 pasažieru evakuācijai, taču tas nav divas reizes vairāk, bet daudz mazāk. Eksperimentu rezultātā un reāli notikušo avāriju analīzē iegūti arī dati par laiku, kas nepieciešams pasažieru evakuācijai no lidmašīnas. Sprotams, ka apstākļi, kuros notiek piespiedu nolaišanās, var būt atšķirīgi, un arī lidmašīnas var būt dažādi aprīkotas. Izejas, kas ir lidmašīnā, nevar uzskatīt par vienlīdzīgām, jo dažas no tām, piemēram, atrodas tuvu degvielas bākām un ir mazāk drošas. Pie piespiedu nosēšanās uz zemes atsevišķas izejas nevarēs izmantot lidmašīnas deformācijas, kas var rasties no trieciena pret zem, ugunsgrēka perēkļu, kas atrodas tiešā tuvumā izejām, vai arī ir šķēršļu uz zemes dēļ. Pie piespiedu nosēšanās uz ūdens dažas izejas var atrasties zem ūdens. Izskatot 235 gadījumus, kad pasažieru lidmašīnas veica piespiedu nolaišanos, tika secināts, ka tikai 43 gadījumos ziņojumos par šo nosēšanos ir ziņas par to, kā notika pasažieru evakuācija no lidmašīnas un kādas izejas tika izmantotas.

Balstoties uz šiem datiem, var viennozīmīgi secināt, ka izejas, kas izvietotas spārnu priekšā, ir mazāk drošas nekā izejas, kas atrodas aiz spārniem, jo visbiežāk galvenais trieciena spēks tiek fizelāžas priekšējai daļai. Tāpēc, lai teorētiski izskaitļotu laiku, kas nepieciešams pasažieru evakuācijai pēc piespiedu nolaišanās, jāizzina konkrētie avārijas apstākļi [48].

Šim mērķim tiek piedāvāta šāda kārtība.

- Tiek pieņemts, ka: a) lidmašīnas stāvoklis pēc apstāšanās beigām (ar ievilkām vai izlaistām šasijām); b) izeju skaits un kādas tās ir, kuras var izmantot pasažieri; c) vai ir avārijas iekārtas; d) pasažieru sastāvs.
- Uzskaitīt katras izejas konstrukciju: izmērus un formu, atrašanās augstumu no grīdas (no kabīnes puses un no ārpusēs),* virs spārna vai tuvākajam kājas atspērienam.
- Evakuācijas aprēķinātais laiks tiek aprēķināts konkrētai lidmašīnai (esošai vai projektējamai) un konkrētiem avārijas apstākļiem.
- Nepieciešams noskaidrot laiku, kādā pasažieri var atstāt lidmašīnu, ņemot vērā pasažieru skaitu, izeju veidu un izvietojumu. Turklāt jāņem vērā, ka:
 - avārijas noslīdēšanai domātais traps, salīdzinot ar trepēm, samazina vidējo nokļūšanas laiku uz zemes katram pasažierim apmēram par 50 % un ejas, pa kurām var virzīties vienlaikus vairāki pasažieri, samazina šo laiku par 86 %;
 - laiku, kas nepieciešams pasažieru izešanai ar avārijas noslīdēšanai domātā trapa palīdzību, var samazināt par 38 %, ja avārijas noslīdēšanai domāto trapu tur pareizā slīpuma leņķī attiecīgā augstumā; trapa audumam jābūt ar garuma rezervi;
 - ja pasažieris lec tieši uz audumu, nesēžoties pirms tam uz grīdas, tad laiks samazinās par 57 %.

Piezīme. Izmantojot piepūšamo avārijas trapu, pasažieri var ātri atstāt lidmašīnu pat ugunsgrēka apstākļos. Turklāt laiks, kas nepieciešams, lai sagatavotu piepūšamo avārijas trapu, ir tikai septiņas sekundes, tai pašā laikā – lai atvērtu parasto avārijas noslīdēšanai domāto trapu, nepieciešamas apmēram 20 sekundes.

- Izejot cauri logu lūkām veidā “vispirms – kājas, pēc tam – galva” laiku, ko patērē izejai no lidmašīnas, var samazināt par 65 %.
- Grūti noskaidrot, par cik samazinātos pasažieru izejas laiks no lidmašīnas, ja viņi pilnībā izmantotu visas esošās lidmašīnas izejas. Analizējot video, kurā uzņemta pasažieru evakuācija avārijas laikā, var redzēt, ka atsevišķas izejas ir brīvas laikā, kas būtu pietiekams 3–6 pasažieru evakuācijai.
- Laika ilgums, ko patērē pasažieri, lai izietu no lidmašīnas, zināmā mērā atkarīgs no ekipāžas iemaņām vadot pasažieru izešanu, jo tikai gudra un zinoša vadība var nodrošināt laika zudumu.

4.2.3. Eksperimentālo datu analīze, vērtējot cilvēku evakuācijas laiku no degošas lidmašīnas [21, 25, 63–68]

Analīze pierāda, ka tas ir gadījuma lielums, kas atkarīgs no daudziem faktoriem.

Viens no galveniem rādītājiem, no kā atkarīgs pasažieru evakuācijas ātrums no lidmašīnas avārijas gadījumā, ir pasažieru skaita attiecība pret izeju skaitu. Pie katras piespiedu

nolaišanās, sagaidāmās vai pēkšņās, izeju izvēle, ko var izmantot pasažieri, atkarīga no lidmašīnas bojājumu rakstura, lidmašīnas stāvokļa uz zemes vai ūdens pēc nosēšanās, kā arī no ugunsgrēka perēkļu atrašanās vietas. Ņemot vērā ICAO normatīvus, evakuācijas laiks neatkarīgi no situācijas attīstības nedrīkst pārsniegt 90 sekundes, izmantojot pusi no lidmašīnas izejām. Tāpēc starptautiskā praksē tiek veikti evakuācijas iespēju aprēķini dažādiem scenārijiem lidmašīnas ugunsgrēka gadījumā. Standarta metodes šādiem aprēķiniem nav [44].

Evakuācijas laikā pasažieri var atstāt lidmašīnu ne tikai pa galvenām durvīm, bet arī pa speciāli šim mērķim paredzētajām izejām uz spārniem, kā arī pa logiem spārnu priekšā un aiz tiem. Fizelāžas konstrukcijā ir paredzētas speciālas vietas, kurās glābēji var izveidot izejas atveres. Pasažieru fiziskais stāvoklis un sagatavotība var stipri atšķirties. Vīrieši vecumā no 15 līdz 44 gadiem un sievietes vecumā no 15 līdz 26 gadiem vairumā gadījumu ir fiziski stiprāki un vingrāki nekā vīrieši vecumā no 45 līdz 65 gadiem un sievietes vecumā no 27 līdz 65 gadiem. Turklāt cilvēkiem pēc 40 gadu vecuma ir svara palielināšanās tendence, līdz ar to iespējams fizisko spēku izsīkums un pavājināta sirdsdarbība. Izeja no lidmašīnas pa durvīm prasa mazāk fiziskā spēka un iemaņu nekā izklūšana no lidmašīnas pa logu. Durvis lidmašīnas atstāšanai var izmantot visi pasažieri – gan gadījumā, ja piespiedu nolaišanās notikusi, neizlaižot šasijas, gan ar izlaistām šasijām, ja izejai izmanto kāpnes, noejas vai avārijas gadījumiem paredzēto trapu. Izejas uz spārniem var izmantot visi pasažieri, izņemot pārāk korpulentus un tos, kuriem ir ierobežotas kustības. Logu izejas, kas atrodas pirms vai aiz spārniem, var izmantot tikai gados jaunākie un vingrākie pasažieri; pārējie pasažieri – vecuma grupām no 45 līdz 65 gadiem (vīrieši) un no 27 līdz 65 gadiem (sievietes) – šīs izejas var izmantot tikai izņēmuma gadījumos.

Analizējot eksperimentu rezultātā iegūtos datus un balstoties praksē, iespējams veikt salīdzinošu vērtējumu – cik ātri pasažieri var atstāt lidmašīnu, izmantojot dažādas izejas. Ja izejas ātrums pa galvenām durvīm tiek pieņemts kā 1. Salīdzinot ar to, pasažieru izejas ātrumu pa lūku uz spārna var vērtēt ar 0,7; pa pārējām lūkām – 0,4.

Izmēģinājumi, kuru laikā tika imitēta lidmašīnas nolaišanās ar ievilkām šasijām, apliecināja, ka laiks, kas nepieciešams viena pasažiera evakuācijai pa logu, var būt 2–8 sek., savukārt laiks, kas nepieciešams viena pasažiera evakuācijai pa galvenajām durvīm – 1–1,25 sek.

4.3. Matemātiskie modeļi, lai izvērtētu, cik laika t_i nepieciešams pasažieru evakuācijai no lidmašīnas salona virszemes ugunsgrēka apstākļos [14, 19, 21]

Modelējot cilvēku evakuāciju ugunsgrēkā, var izmantot dažādas metodes.

Modelējot nepārtrauktu cilvēku plūsmu GK paralēlajās ejās, ņemts vērā to kustības ātrums un cilvēku blīvums. Par pamatu netiek ņemta caurlaidība, bet evakuācijas laiks, kas atkarīgs no evakuācijas kustības, ņemot vērā kinemātiskās un psihofizioloģiskās likumsakarības. Atkarībā no tā iespējami vairāki cilvēku kustības plūsmas modeļi [14].

1. Analītiskie modeļi:

- vienmērīgas cilvēku plūsmas modelis;
- cilvēku plūsmas modelis, kas ņem vērā plūsmas izjukšanas iespēju.

2. Grafoanalītiskie modeļi.

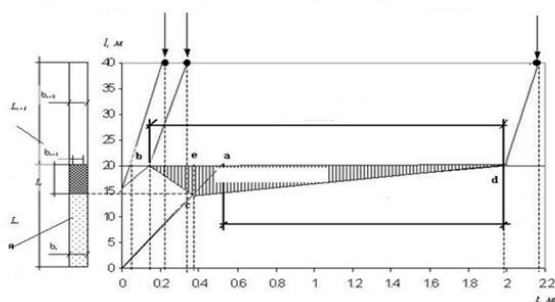
3. Imitētie* modeļi.

* Imitētajā modelēšanā plaši izmanto datorprogrammas, kas imitē cilvēku kustību.

Praktiski vispiemērotākais ir vienmērīgas cilvēku plūsmas modelis. Pilnīgāku kinemātisko likumsakarību atspoguļo cilvēku plūsmas modelis, kas ņem vērā plūsmas izjukšanas iespēju. Tajā tiek ņemtas vērā plūsmas struktūras izmaiņas un iespēju, ka plūsmā būs vairāk enerģiskāku, fiziski spēcīgāku cilvēku, kuri veido reālas cilvēku plūsmas galveno daļu.

Gan pirmais, gan arī otrais modelis izmanto cilvēku plūsmu parametru determinēto likumsakarību aprakstu. Pastāv imitācijas modeļi, kas atspoguļo nevienmērīgu cilvēku plūsmas raksturu (mainās attālums starp cilvēkiem, veidojas un pazūd drūzmēšanās, sastrēgumi u. tml.) [20, 30].

Imitācijas modelis nodrošina iespējas, pirmkārt, paredzēt plūsmas struktūru, ceļa posmu iedalot pamatiecirkņos (1–1,5 m), otrkārt, aprakstīt cilvēku plūsmas parametru likumsakarības elementāras gadījuma funkcijas veidā.



4.3. att. Tipisks grafoanalītiskais modelis [14].

Izmantojot jebkuru no šiem modeļiem, jāizveido evakuācijas aprēķina shēmu izskatāmajā situācijā. Evakuācijas aprēķina shēmu izveide ir atbildīgs darba posms, jo no šīs aprēķina shēmas ir atkarīgs nākamo rezultātu korektums. Evakuācijas aprēķina shēmā apspoguļots:

- cilvēku skaits pamatiecirkņos;
- ejas starp vietām, krēslu rindām utt.;
- cilvēku kustības virziens (maršruti); eju ģeometriskie parametri (garums, platums) un veidi.

Aprēķina shēmā uzskaita tikai drošos evakuācijas ceļus.

4.3.1. Evakuācijai nepieciešamā laika t_p aprēķinu modeļu iespējas un nepilnības

Lai aprēķinātu nepieciešamo evakuācijas laiku t_p , dažādu modeļu pamatā ir atšķirīgi izejas dati, tāpēc šo cilvēku kustības plūsmas modeļu salīdzināšanu var veikt tikai kvalitatīvi (4.1. tab.). Kvalitātes rādītājiem ir šāds saturs: “+” – samērā precīzi aprakstāmi apstākļi; “–” –

apstākļi netiek ņemti vērā; “×” – apstākļi nav aprakstāmi pietiekami precīzi, salīdzinot ar reālo procesu [18].

4.1. tabula

Cilvēku plūsmas modeļu iespēju salīdzinājums

Aprēķināmā cilvēku plūsma	Grafoanalītiskie modeļi	Analītiskie modeļi	Imitācijas modeļi
Blakus iecirkņa robežas šķērsošanas ceļš	+	+	+
Plūsmu pārformēšana	+	-	+
Plūsmu izplūšana	+	-	+
Plūsmu saplūšana	+	+	+
Nevienlaicīga saplūšana	+	—	+
Plūsmu sadalīšana	+	+	+
Drūzmas veidošanās un izklīšana	×	×	+
Plūsmu blīvuma mazināšanās	+	-	+
Cilvēku plūsmas nevienveidības uzskaitē (t. sk. personas ar īpašām vajadzībām)	—	—	+

Salīdzinošā analīze (4.1. tab.) ļauj secināt, ka ar analītisko modeļu palīdzību ir iespējams aprēķināt tikai vienkāršākās cilvēku plūsmas. Drūzma un tās izklīšana un cilvēku plūsmu saplūšana šajā algoritmā netiek ņemti vērā vai tie ir ar zemu precizitāti. Grafoanalītiskai metodei šādu trūkumu nav, tomēr matemātiskais modelis neļauj precīzi aprakstīt drūzmas rašanos un izklīšanu, jo šie apstākļi nav paredzami. Nav iespējams paredzēt arī evakuējamo pasažieru fisiskās iespējas. Ar augstu precizitāti cilvēku plūsmu var aprēķināt, tikai izmantojot imitācijas modeļus un mūsdienīgas datortehnoloģijas.

4.4. Cilvēku plūsmas kustības modelis, lai izvērtētu nepieciešamo evakuācijas laiku t_e

Starptautiskā civilās aviācijas praksē standarta metodes šādiem aprēķiniem nav. Turklāt lidmašīnas evakuācijas iespēju aprēķins tiek veikts dažādiem aviācijas negadījumu ugunsgrēku scenārijiem.

- Apstākļi, kādos notiek GK piespiedu nolaišanās, var būt visdažādākie.
- Lidmašīnas var būt iekārtotas dažādi.
- Lidmašīnu izejas nevar uzskaitīt par līdzvērtīgām. Piespiedu nolaišanās gadījumā dažas izejas nevarēs izmantot lidmašīnas deformācijas, kas radusies triecienā pret zemi vai virszemes ugunsgrēka u. c. apstākļu dēļ.

- Ugunsgrēka perēkli var atrasties izeju tiešā tuvumā vai arī var rasties dažādi šķēršļi uz zemes.

Promocijas darba mērķim pilnībā pieņemams ir analītiskais modelis.

4.4.1. Cilvēku plūsmas kustības analītiskais modelis

Cilvēku evakuācijai nepieciešamais laiks t_a no gaisa kuģa borta tiek aprēķināts, ņemot vērā cilvēku plūsmas kustības laiku caur evakuācijas izejām no attālinātām pasažieru izvietošanas vietām. Aprēķinos cilvēku plūsmas kustības ceļš tiek iedalīts iecirkņos (eja, evakuācijas izeja, tamburs, traps,) garums L_i un platums δ_i .

Sākuma iecirkņi ir ejas starp krēslu rindām, iekārtām utt. Lai aprēķinātu nepieciešamo evakuācijas laiku, ņem vērā reālo katra iecirkņa evakuācijas ceļa garumu un platumu gaisa kuģī. Ceļa garums pa trapu, kā arī caur evakuācijas lūkām pa piepūšamiem trapiem tiek mērīts pēc trapa garuma. Ceļa garumu izejas vietā – 0 [14].

Tiek pieņemts, ka izejas vietas ceļa garums ir ne vairāk par 0,7 m, turklāt tamburus jāuzskaita kā patstāvīgus horizontālā ceļa iecirkņus, kuru garums ir L_i . Aprēķināmo pasažieru evakuācijas laiku t_a var izteikt, summējot cilvēku plūsmas kustības laiku atsevišķos ceļa iecirkņos t_i , izmantojot formulu [14]:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i; \quad (4.1.)$$

kur:

t_i – cilvēku plūsmas kustības laiks pirmajā (sākuma) iecirknī, sek.;

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$ – cilvēku plūsmas kustības laiks katrā nākamā iecirknī, s.

Cilvēku plūsmas kustības laiku pa pirmo iecirkņa ceļu t_i , min., aprēķina pēc formulas:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} \quad (4.2.)$$

kur:

L_1 – pirmā iecirkņa ceļa garums, m;

V_1 – cilvēku plūsmas ātrums kustībā pa horizontālo ceļu pirmajā iecirknī, m/sek (noskaidro pēc 4.2. tabulas atkarībā no blīvuma D).

Vienveidīgas cilvēku plūsmas blīvumu pirmajā ceļa iecirknī D_1 aprēķina pēc formulas [14]:

$$D_1 = \frac{N_1 f}{l_1 \delta_1} \quad (4.3.)$$

kur:

N_1 – pasažieru skaits pirmajā iecirknī, cilvēki;

δ_1 – pirmā iecirkņa ceļa platums, m;

f – vidējais lauks cilvēka horizontālai projekcijai, $m^2/cilv.$;

- pieaugušais bez virsdrēbēm.....0,1;
- pieaugušais virsdrēbēs.....0,125;
- pusaudzis.....0,07.

Ātrumu V_i cilvēku plūsmas kustībai iecirkņu ceļā, kas seko pēc pirmā, pieņem pēc 4.2. tabulas atkarībā no cilvēku plūsmas kustības intensitātes katrā no šiem iecirkņu ceļiem, ko aprēķina visiem iecirkņu ceļiem, tai skaitā arī durvju ailēm, pēc formulas:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (4.4.)$$

kur:

δ_i, δ_{i-1} izskatāmais platums i -mā un viņa iepriekšējā iecirkņa ceļš, m;

q_i, q_{i-1} – cilvēku plūsmas kustības intensitātei pa izskatāmo i -mā un iepriekšējiem iecirkņu ceļiem, m / min. [cilvēku plūsmas kustības intensitāte pirmajā iecirkņa ceļā $q = q_{i-1}$ noskaidro pēc 4.2. tabulas pēc D_1 lieluma, kas noskaidrots pēc 4.3. formulas].

Ja skaitlis q_i noskaidrojams pēc 4.4. formulas, mazāks vai vienāds ar q_{max} , tad kustības laiks pa iecirkņa ceļu t_i , min. līdzīgs:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i} \quad (4.5)$$

kur skaitli q_{max} , m/sek, vajag pieņemt līdzīgu:

16,5 – evakuācijas ceļiem;

19,6 – atverēm;

11,0 – piepūšamajam trapam.

Ja skaitlis q_i , kas aprēķināts pēc 4.6. formulas, ir lielāks par q_{max} , tad platumu δ_i šam iecirkņa ceļam jāpalielina līdz skaitlim, līdz tiek ievērots nosacījums:

$$q_i \leq q_{max} \quad (4.6.)$$

Cilvēku plūsmas kustības intensitāti un ātrumu iecirknī i noskaidro pēc 4.2. tabulas ($D = 0,9$ un vairāk).

4.2. tabula

Cilvēku plūsmas kustības intensitāte un ātrums evakuācijas laikā atkarībā no plūsmas blīvuma

Plūsmas blīvums D, m ² /m ²	Evakuācijas ceļš		Durvju aile, intensitāte q, m/min
	Ātrums v, m/min	Intensitāte q, m/min	
0,01	100	1,0	1,0
0,05	100	5,0	5,0
0,10	80	8,0	8,7
0,20	60	12,0	13,4
0,30	47	14,1	16,5
0,40	40	16,0	18,4
0,50	33	16,5	19,6
0,60	28	16,3	19,05
0,70	23	16,1	18,5
0,80	19	15,2	17,3
0,90 un vairāk	15	13,5	8,5

Piezīme. Kustības intensitāte durvju ailē pie plūsmas blīvuma 0,9 un vairāk ir 8,5 m/min., durvju ailei platumā 1,6 m un vairāk, savukārt, ja durvju ailes platums ir mazāks, kustības intensitāti var noskaidrot pēc formulas $q = 2,5 + 3,75 \delta$.

Pie saplūšanas iecirkņa i sākumā cilvēku plūsmas kustības intensitāti q_i , m/min. aprēķina pēc formulas [14]:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (4.7.)$$

kur:

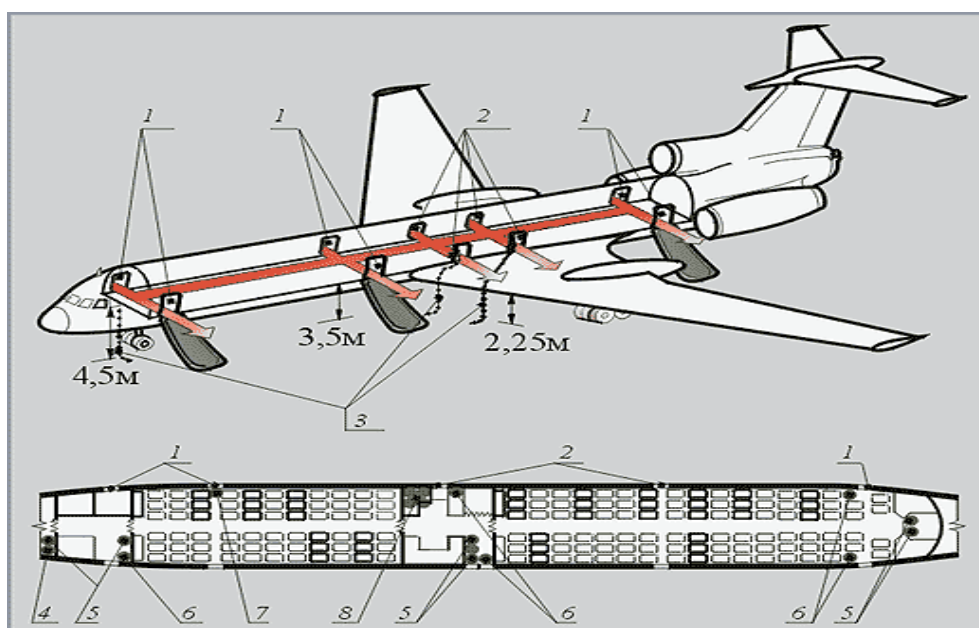
q_{i-1} – cilvēku plūsmas kustības intensitāte, saplūstot iecirkņa i sākumā, m/min.;

δ_{i-1} – iecirkņu saplūšanas platums, m;

δ_i – izskatāmā iecirkņa ceļa platums, m.

Ja skaitlis q_i , kas aprēķināts pēc 4.7. formulas, ir lielāks par q_{max} , tad platums δ_i šajā iecirkņa ceļā jāpalielināt par tādu lielumu, lai tiktu ievērots 4.8. nosacījums. Šajā gadījumā kustības laiku pa iecirkni noskaidro pēc 4.9. formulas. Evakuācijas sākuma laika lielumu $t_{s,e}$ gaisa kuģim noskaidro, izpētot un analizējot pasažieru uzvedību ugunsgrēka gadījumā konkrētā gaisa kuģī. Daudzi reāli gadījumi, evakuējot pasažierus no lidmašīnas, liecina, ka svarīga nozīme, izvērtējot evakuācijas laiku, ir krēslu rindas vidējam attālumam no izejas L_{vid} . un krēslu attālumam līdz ejai, kā arī laikam, lai sagatavotu līdzekļus avārijas evakuācijai t_{ev} , un izeju caurlaidei V_{vid} . Turklāt kopējais evakuācijas laiks, būs atkarīgs no evakuācijas metodes: pa durvīm ar piepūšamiem trapiem, pa lūkām utt. Visos gadījumos nepieciešams noskaidrot to caurlaides spējas, t_n vidējo evakuācijas ātrumu no lidmašīnas vienam cilvēkam atsevišķi katrā no izejām.

Pasažieru sagatavošanas laiks izešanai var palielināt kopējo evakuācijas laiku tikai tajā gadījumā, ja caurlaides spēja visām izejām būs lielāka par ātrumu, kādā pasažieri pārvietojas salonā. Evakuācijā jāņem vērā cilvēku skaits, kuri iziet cauri katrai izejai. Tai jābūt vienkāršai, bez pretvirziena plūsmām, ar vienlīdzīgu eju noslogojumu.



4.4. att. Evakuācijas shēma [15].

Nemot vērā iepriekš teikto, evakuācijas raksturu no degošas lidmašīnas var aprakstīt šādi: [24]:

$$T_{ev,vid} = t_d + t_l + t_r + (t_{p,tr} / n_{izk.kop.}) + (n_{ev.p.tr.} \times V_{ev.sag.p.tr.} + l_{ev.tr.} + (n_r \times V_{ev.sag.r.} \times l_{ev.nr.}) + (n_{v.tr.} \times V_{ev.sag.v.tr.}) + (n_l \times V_{ev.sag.l.} \times l_{nl}) / n_{izk.kop.}; \quad (4.8.)$$

kur:

t_d – durvju sagatavošana evakuācijas procesam (EP);

t_l – lūku sagatavošana EP;

t_r – renīšu sagatavošana EP;

$t_{p,tr}$ – piepūšamā trapa sagatavošana EP;

$n_{izk.kop.}$ – izeju kopējais skaits;

$n_{ev.p.tr.}$ – izeju skaits, kurās ir piepūšamie trapi;

$n_{ev.r.}$ – izeju skaits, kurās ir evakuācijas renītes;

$n_{v.tr.}$ – izeju skaits, kurās ir virves trepes;

n_l – izeju skaits, kur ir speciālas izejai paredzētas lūkas;

$l_{ev.p.r.}$ – ar speciālo renīšu palīdzību evakuēto cilvēku skaits;

$l_{ev.sv.tr.}$ – ar speciālo virvju trapu palīdzību evakuēto cilvēku skaits;

l_{nl} – ar speciālo lūku palīdzību evakuēto cilvēku skaits;

$V_{ev.sag.pr.}$ – evakuācijas procesa ātrums;

$V_{ev.p.tr.}$ – evakuācijas ātrums ar piepūšamo trapu palīdzību;

$V_{ev.r.}$ – evakuācijas ātrums ar speciālo renīšu palīdzību;

$V_{ev.l.}$ – evakuācijas ātrums ar speciālo lūku palīdzību;

$V_{vid.}$ – vidējais ātrums, kurā pasažieri nokļūst līdz izejai;

$L_{vid.}$ – vidējais attālums starp krēslu rindu un izeju;

$T_{ev.sag.}$ – sagatavošanās evakuācijai;

$V_{ev.sag.}$ – izeju caurlaidība.

Eksperimentāli tiek noteikti šādi lielumi:

$V_{ev.sag.}$ – izeju caurlaidība;

$T_{ev.sag.}$ – sagatavošanās evakuācijai.

Analogi tiek noteikts pasažieru sagatavošanas laiks, lai veiktu posmu līdz attiecīgajai izejai.

$$T_{sag.} = L_{vid} / V_{vid} \quad (4.9.)$$

Pasažieru sagatavošanai evakuācijai nepieciešamais laiks var palielināt kopējās evakuācijas laiku tikai tadā gadījumā, ja visu izeju caurlaidība būs lielāka par pasažieru pārvietošanās ātrumu salonā.

Lai ievērotu ICAO prasības, jāievēro vienādojums, kas nosaka attiecīgā GK tipa atbilstību evakuācijai [36]:

$$T_{ev.sag.} \times 2K = 90 \text{ s.}; \quad (4.10.)$$

kur:

K – koeficients, kas ietver pasažieru drūzmēšanos pie attiecīgajām izejām vienā GK pusē.

Evakuācijas procesa shēma jāplāno atkarībā no cilvēku skaita, kas iziet cauri konkrētai izejai.

Shēmai jābūt vienkāršai – bez pretplūsmām ar vienmērīgu katras izejas noslogojumu. Lai

palielinātu pasažieru izdzīvošanas pakāpi pie sitiena (trieciena) slodzēm, kas rodas avārijas rezultātā, tiek pētītas dažādas GK konstrukciju iespējas – speciālu pasažieru krēslu, to fiksācijas sistēmu konstrukcija, kas nodrošina sitiena (trieciena) enerģijas augstu dzēšanas pakāpi.

4. nodaļas secinājumi

1. Visas vērtējuma metodes pasažieru izdzīvošanai aviācijas negadījumos lidostas rajonā liecina, ka, atrodoties degošas lidmašīnas salonā, viņi var izdzīvot tikai tad, ja notiek savlaicīga evakuācija, izejot drošā zonā. Galvenais pasažieru un ekipāžas evakuācijas uzdevums ir to veikt pēc iespējas ātrāk, lai saglabātu cilvēku izdzīvošanas iespējas.
2. Laiks t_v ir laiks, kas nepieciešams visu pasažieru evakuācijai no lidmašīnas, izmantojot mūsdienu iekārtas un tehnoloģijas, kas ir civilajā aviācijā: borta un virszemes avārijas un glābšanas iekārtas, ekipāžas kvalifikācija un avārijas un glābšanas dienestu personāla kvalifikācija.
3. Praktiskajā darbībā svarīga nozīme ir detalizēti izanalizēt laiku t_v , kas nepieciešams evakuācijai dažādos situāciju attīstības scenārijos, iedalot to elementos un iegūstot informāciju par dažādiem faktoriem un “šaurām” vietām, kas ietekmē šo lielumu, kas ir pamatā, lai pilnveidotu visus elementus, kas ietekmē cilvēku izdzīvošanu šajos apstākļos.
4. Dažādu modeļu kvalitatīva salīdzinošā analīze, kurā aprakstīta kārtība, kādā jāevakuē cilvēki no degošiem objektiem, parādīja, ka civilajiem GK ir piemērots analītiskais modelis, kas apkopo iespējamo aviācijas negadījumu scenāriju īpatnības un teorētiski eksperimentālā ceļā tos izvērtē.

5. IZSTRĀDĀTĀS METODOLOĢIJAS PASAŽIERU IZDZĪVOŠANAS NOVĒRTĒŠANAI GK APROBĀCIJA

5.1. Avārijas un glābšanas darbu organizēšanas metožu normatīvo dokumentu analīze

5.1.1. Lidostas avārijas plāns

Avārijas un glābšanas darbu organizēšana aviācijā ir strikti reglamentēta mūsdienīga aviācijas apakšnozare [29, 32, 37]. Katrā lidostā ir jāizstrādā avārijas plāns, kurā paredzēti veidi un līdzekļi aviācijas negadījumu seku likvidācijai. Šajā plānā jābūt iekļautām instrukcijām par pasākumiem, kas paredzēti konkrētiem avārijas apstākļiem un kas paredz periodiskas pārbaudes. Plānā jāparedz jebkuru iespējamo avārijas seku likvidēšanas kārtība, kā arī jādefinē personas, kuru darba pienākumos būs pārzināt šo kārtību un attiecīgā situācijā operatīvi veikt savu pienākumus. Šajā instrukcijā secīgi jāizklāsta uzdevumi, kas jāveic katrai nodaļai (piemēram, avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienesti). Tajās ir jāparedz avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības dienestu izsaukšanas kārtība uz aviācijas negadījuma vietu, kas noticis lidostā, kā arī ārpus tās, un arī avārijas un glābšanas palīgdienesti un medicīnas dienests, ja tādi ir. Svarīgi ir nodrošināt avārijas un glābšanas dienestu, ugunsdzēsības dienestu un iekšlietu pārvaldes pastāvīgu un ciešu koordināciju un sadarbību. Aviācijas negadījuma laikā par avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības operācijas vadīšanu atbild lidostas ugunsdzēsības priekšnieks. Aviācijas plānā ir jāparedz saskarsmes punkts vai punkti, ko lieto visi šie dienesti. Saskarsmes punkts ir iepriekš paredzēts orientieris, piemēram, ceļu savienojums, krustojums vai cita noteikta vieta, kur tiekas personīgais sastāvs un transporta līdzekļi, kas piedalās negadījuma seku likvidēšanā, lai tālāk dotos uz koncentrēšanās zonu un/vai aviācijas negadījuma/incidenta vietu. Par koncentrēšanās zonu tiek uzskatīta iepriekš noteikta, stratēģiski izvietota zona, kur var atrasties avārijas gatavībā palīgpersonāls, transporta līdzekļi un cita tehnika. Viens no saskarsmes punktiem ir jāizvieto ugunsdzēsības depo tuvumā. Lidostas avārijas plāns ir sīki jāizanalizē lidostu dienestu vadībās. Katrā lidostā ir jābūt izstrādātai sistēmai, kas uzrāda negadījuma vietu un nodrošina avārijas un glābšanas, ugunsdzēsības un ātrās palīdzības dienestu ierašanos tajā pēc iespējas īsākā laikā. Šiem mērķiem lietderīgi ir izmantot karti [26, 27, 33, 34].

Ja tiek izmantotas vairākas kartes ar koordinātām, tās nedrīkst būt pretrunā cita ar citu un tām ir jābūt saprotamām visiem operācijas dalībniekiem. Kartēm jāatrodas lidostas komandpunktā, dispečeru punktā, kas vada gaisa satiksmi, lidostas ugunsdzēsības depo vai vietējos depo, kas ir izvietoti lidostas tuvumā, visās vietējās slimnīcās, policijas iecirkņos, vietējās telefonu stacijās un citos analogiskos avārijas un informācijas centros šajā rajonā. Turklāt šīm kartēm jāatrodas arī avārijas dienestu un ugunsdzēsības transportlīdzekļos un to palīglīdzekļos, ko izmanto avārijas situācijās. Šāda tipa kartēm ir režģis ar numerāciju, un uz tās ērtības dēļ ir apzīmēti visi punkti, kas ir rajonā. Periodiski ir jāveic šo karšu izmantošanas apmācība. Ja divas vai vairākas lidostas atrodas tuvu, lai izvairītos no pārpratumiem, kartes ar atzīmētu režģi ir jāizmanto, cieši sadarbojoties. Ir jāinformē attiecīgie dienesti par jebkuru situācijām, ja avārijas piebraukšanas ceļi kāda iemesla dēļ nav izbraucami, piemēram, slēgti

remonta dēļ, appludināti vai apsniguši u. tml. Ja apkārt lidostai ir nožogojums, katra transporta līdzekļa ekipāžai, lidostas policijai un citiem vietējās varas orgāniem ir jābūt iespējai iekļūt lidostas nožogotajā teritorijā [31, 32, 35, 36].

Avārijas posteņi

Darba laukumā ir jāparedz viens vai vairāki avārijas posteņi. Tie ir nepieciešami, lai iepriekš izvietotu avārijas un glābšanas un ugunsdzēsības transportlīdzekļus, kas paredzēti noteiktam darba laukumam, lai saīsinātu piekļūšanas laiku trauksmes gadījumā un lokālā negadījuma laikā vai situācijā, kad piekļūšanas laiks ir atkarīgs no ugunsdzēsības depo atrašanās vietas vai citu lidostas apstākļu dēļ [1, 2, 17, 18, 36].

5.1.2. Ārkārtas situācijas kategorijas un līmeņi lidostā [29, 33, 34, 35]

5.1.2.1. A kategorijas ārkārtas situācijas. Tehniska rakstura traucējumi GK darbībā vai avārijas

A1 Gatavība. Tiek ieviesta, ja gaisa kuģim, kas tuvojas, ir tādi bojājumi, kas parastos apstākļos netraucē veikt drošu nosēšanos. Krīzes likvidēšanas grupas netiek pulcētas, tomēr to vadītāji tiek apzināti, un resursi gatavi darbībai gadījumam, ja ārkārtas situācijas līmenis tiek mainīts.

A2 Trauksme. Tiek ieviesta, ja GK, kas tuvojas, ir tādi bojājumi, kas potenciāli var radīt aviācijas negadījumu, ka arī gadījumā, ja GK kapteinis uzskata, ka bojājumi var ietekmēt drošu nosēšanos. Krīzes likvidēšanas grupas tiek pulcētas, un tiek izsaukti arī valsts operatīvā dienesta papildspēki.

A3 Aviācijas negadījums vai incidents. Tiek ieviests, ja kļūst zināms, ka GK lidostas teritorijā gūst bojājumus vai notiek tā konstrukcijas sagrūšana, pasažieri guvuši miesas bojājumus vai GK ir letāls iznākums, kas saistīts ar atrašanos gaisa kuģī vai saskari ar kādu no gaisa kuģa daļām.

A4 Aviācijas negadījums vai incidents ārpus lidostas. Tiek ieviests, ja GK gūst bojājumus ārpus lidostas teritorijas 1 km rādiusā vai notiek tā konstrukcijas sagrūšana, pasažieri guvuši miesas bojājumus vai ir letāls gadījums. Ārkārtas situācijas līmenis tiek ieviests, ja negadījums jau ir noticis un ir nepieciešama vairāku dienestu sadarbība seku likvidēšanai [29].

5.1.2.2. B kategorijas ārkārtas situācijas. Nelikumīga iejaukšanās civilās aviācijas darbībā, kas vērsta pret GK, aeronavigācijas iekārtām vai lidostas objektiem

B1 trauksme. Nelikumīgas darbības pret lidostu, tās objektiem vai aeronavigācijas iekārām. Tiek ieviests, ja saņemts ziņojums par iespējamām nelikumīgām darbībām pret lidostu, kā arī ja sabotāžas akts vai uzbrukums jau tiek konstatēts. Tiek ieviests arī gadījumos, ja tiek atrasts neatpazīts priekšmets un ir aizdomas, ka tas varētu būt sprādzienbīstams. Ārkārtas situācijas kodētais apzīmējums ir – *BRAVO WHISKY*.

B2 trauksme. Nelikumīgas darbības pret GK. Tiek ieviests, ja saņemts ziņojums par plānotām nelikumīgām darbībām vai uzbrukumu GK, kā arī ja uzbrukums vai darbības jau notikušas. Ārkārtas situācijas kodētais apzīmējums ir – *BRAVO FOXTROT*.

B3 trauksme. Rīcība, plāna “Lidmašīna” ieviešanas gadījumā. Tiek ieviests, ja saņemts drošības policijas ziņojums par civilās aviācijas gaisa kuģa un objekta apdraudējumu. Rīcības plāna “Lidmašīna” ieviešanas gadījumā lidostas darbinieki tiek iesaistīti tikai pēc operatīvā štāba vadības pieprasījuma. Aviācijas drošības departamenta pēc operatīvā štāba vadības pieprasījuma sniedz nepieciešamo informāciju par situāciju apdraudētajā objektā, organizē evakuāciju. Ārkārtas situācijas kodētais apzīmējums ir – *BRAVO TANGO*.

5.1.2.3. C kategorijas ārkārtas situācijas. Ugunsgrēks, sprādziens, jebkuras citas ārkārtējas situācijas, kurās nepieciešama darbības koordinācija starp dažādām to likvidēšanā iesaistītajām struktūrvienībām, organizācijām vai institūcijām

C1 negadījumi bez cietušajiem. Tiek ieviests, ja noticis negadījums, arī ķīmiska, bioloģiska vai radioaktīva piesārņojuma gadījumā, lidostas slēgtajā vai publiskajā daļā, lidostas ēkās, ja nav cietušo, bet ir nepieciešama vairāku dienestu sadarbība. Šis ārkārtas situācijas līmenis tiek ieviests, ja nav noticis negadījums, kas nav saistīts ar GK. Tāpat šo ārkārtas situācijas līmeni iespējams ieviest, ja iepriekš bijis izsludināts cits līmenis, piemēram, C3 ugunsgrēks, kas ir likvidēts, bet pilnīgai seku novēršanai vēl nepieciešama darbu koordinācija.

C2 negadījumi ar cietušajiem. Tiek ieviests, ja noticis negadījums, arī ķīmiskā, bioloģiskā vai radioaktīvā piesārņojuma konstatēšanas gadījumā, lidostas slēgtajā vai publiskajā daļā, lidostas ēkās, ja ir cietušie un ir nepieciešama vairāku dienestu sadarbība, negadījumos, kas nav saistīti ar GK.

C3 ugunsgrēks. Šis ārkārtas situācijas līmenis tiek ieviests, ja izcēlies ugunsgrēks, kas nav saistīts ar GK un ir nepieciešama vairāku dienestu sadarbība. Šo līmeni iespējams ieviest, ja iepriekš bijis izsludināts cits ārkārtas situācijas līmenis, kura sekas ir likvidētas, bet pilnīgai to novēršanai ir nepieciešama vairāku dienestu koordinācija [33].

5.1.2.4. D kategorijas ārkārtas situācijas

Tiek ieviestas, ja noticis vai var notikt negadījums: 1) kas netiek definēts ar ABC, situācijas atrisināšanai nepieciešama vairāku struktūrvienību sadarbība un/vai citu institūciju iesaistīšana, kā rezultātā lidostas darbība jāierobežo vai jāpārtrauc; 2) ir nepieciešams valdes lēmums par tālāku rīcību, kā arī koordinējošo struktūrvienību vadītāju rīcība [33].

5.1.3. Ārkārtas situācijas izziņošanas kārtība

Lidostā ārkārtas situāciju var izziņot šādas Latvijas gaisa satiksmes un lidostas amatpersonas:

- Latvijas gaisa satiksmes torņa dispečers;
- DD AD operatīvais vadītājs;
- UK maiņas priekšnieks;
- Ugunsdzēsības un krīzes vadības nodaļas vadītājs / UK priekšnieks;
- lidostas valdes priekšsēdētājs.

Katras ārkārtas situācijas sadaļā ir norādītas tās amatpersonas – iniciatori, kuras ir tiesīgas izziņot konkrēto ārkārtas situāciju [33].

5.1.3.1. Izziņošanas informācija

- Lidlauka vadības departamenta ārkārtas situācijas izziņojošā dispečera uzvārds.
- Ārkārtas situācijas kategorija (A; B; C).
- Īss situācijas apraksts.
- Notikuma vieta (skrejceļš, perons, ēka, telpa utt.).
- Ar notikumu saistītie laiki (nosēšanās laiks, izlidošanas laiks utt.).
- Ja iesaistīts GK, tad (ja ir zināms):
 - GK tips;
 - reisa numurs, aviokompānija;
 - pasažieru un apkalpes skaits GK;
 - degvielas daudzums;
 - bīstami materiāli (jā/nē).

Ieteicamais ārkārtas situācijas paziņojuma ilgums – ne vairāk par 30 sekundēm [30].

Lai pārbaudītu lidostas dienestu gatavību saņemt un apstiprināt informāciju, kā arī pārliecinātos par tehnisko līdzekļu darbību ne retāk, kā vienu reizi nedēļā laika posmā no plkst. 8 līdz 17 notiek sakaru pārbaude [34].

5.1.3.2. Krīzes likvidēšanas komandas

- Krīzes koordinācijas komanda.
- Krīzes operatīvās vadības komanda.
- Ugunsdzēsības komanda.
- Bloķēšanas komanda.
- Ārsta palīdzības komanda.
- Cietušo pārvietošanas komanda.
- Pasažieru palīdzības komanda.
- Tehniskā komanda.
- Komunikācijas komanda.
- Lidostas policijas un robežsardzes komanda.
- Citu lidostas teritorijā izvietoto objektu, uzņēmumu, komersantu pārstāvji [29].

5.1.4. Lidojuma ekipāžas un salona apkalpes sagatavošana lidmašīnas avārijas gadījumā [29, 30, 37, 38]

Viens no galvenajiem mērķiem, apmācot lidmašīnas salona apkalpi darbībai avārijas situācijā, ir iemācīt stjuartus ātri atpazīt avārijas stāvokļa rašanos, kontrolēt notikumu attīstību šādos apstākļos un atpazīt citas bīstamas situācijas, kas var rasties viņu izvēlētajās darbības rezultātā, un spējai veikt nepieciešamos pasākumus bīstamības novēršanai, kas rodas sakarā ar avārijas situāciju. Gaisa kuģa komandieris (pilots) ir atbildīgs par noteikto darbības kārtības izpildīšanu avārijas stāvoklī. Taču, kā rāda pieredze, avārijas apstākļos darba slodze ekipāžas locekļiem palielinās, un tas var kļūt par iemeslu, ka salona apkalpojošais personāls (stjuarti)

nesaņem nepieciešamos norādījumus. Tāpēc ir ļoti svarīgi, lai stjuarti paši spētu laikus ievērot avārijas situāciju un pēc vajadzības veiktu pārrunas ar lidojuma ekipāžu, lai saņemtu norādījumus un veiktu nepieciešamos pasākumus drošības draudu novēršanai tajās salona daļās, par kurām viņi ir tieši atbildīgi. Apmācības procesā topošajiem stjuartiem labi jāapgūst fundamentāla rakstura materiāls (piemēram, avārijas ierīču izvietojums, dažādu veidu ugunsdzēsamo aparātu izmantošana, avārijas izeju atrašanās vietas u. tml.), kam nepieciešama speciālu mācību līdzekļu izmantošana. Apmācība var norisināties dabīga lieluma GK maketos (trenažieros) vai reālos GK. Papildu mācību līdzekļu veidā veiksmīgi var izmantot samazināta izmēra GK interjerus, videofilmas, kā arī filmas un plakātus. Turklāt jāatceras, ka klausītājiem jebkurā laikā jābūt iespējai izmantot šos līdzekļus. Klausītāju apmācība prasmei rīkoties avārijas apstākļos būs veiksmīga tikai tādā gadījumā, ja nodarbības klasē tiks papildinātas ar treniņiem darba vietās un praktiskiem vingrinājumiem. Visiem treniņiem un praktiskām nodarbībām ar pilna izmēra modeļu vai reālu gaisa kuģu izmantošanu jānotiek tādā veidā, lai īpaša uzmanība tiktu vērsta drošības nodrošināšanas darbības un piesardzības pasākumu apmācībai, kas noteikti lidojumu veikšanas pamācībā. Lai padziļināti iepazītos ar iekārtām un atbilstošo rīcības kārtību, praktiskām nodarbībām un treniņiem jānotiek bieži un regulāri visa apmācības kursa garumā. Stingri ieteicams veikt lidojuma ekipāžas locekļu un salona apkalpojošā personāla kopējos treniņus avārijas apstākļos vismaz vienu reizi sākotnējās apmācības procesā, kā arī turpmāk – pārkvalificēšanās laikā – pēc iespējas biežāk. Treniņi ļauj veikt apmācību vidē, kas atgādina darba apstākļus, veicot gaisa pārvadājumus, un veicina “vienotas ekipāžas” koncepcijas veidošanos visiem ekipāžas locekļiem. Kopējie treniņi un vingrinājumi avārijas apstākļos palīdz uzlabot stjuartu un lidojuma ekipāžas rīcības koordināciju un ļauj labāk saprast, kādus pienākumus izpilda katrs no viņiem, kādu atbildību uzņemas, un tas veicina kolektīvas pieejas formēšanos, kad katrs ekipāžas loceklis zina, ar ko nodarbojas cits ekipāžas loceklis. Zināšanas, kāda atbildība ir katram ekipāžas loceklim, veicina ekipāžas locekļu darbības koordinācijas uzlabošanos, un tā rezultātā viņi būs gatavi rīkoties jebkādos avārijas apstākļos. Profesionāli, kuri nodarbojas ar avāriju likvidāciju, piemēram, ugunsdzēsēji, parasti trenē iemaņas praktisko nodarbību, treniņu procesā un reālas avārijas situācijas apstākļos. Savukārt stjuarti prasmes rīkoties avārijas stāvoklī iegūst apmācības procesā, taču reti ir iespēja pilnībā trenēt šīs iemaņas reālas avārijas situācijas apstākļos. Turklāt ir ļoti sarežģīti reālistiski imitēt apstākļus un situācijas, kad nepieciešams izmantot avārijas gadījumam paredzētās procedūras, piemēram, darbību lidmašīnas evakuācijas sagatavošanai vai nosēšanās procesam uz ūdens, ugunsgrēka dzēšanu uz klāja lidojuma laikā, salona spiediena samazināšanās gadījumā, sakarā ar nelikumīgas iejaukšanās aktu (GK nolaupīšana, draudi aktivizēt spridzekli) vai pasažieru avārijas evakuācijas organizēšanu. Taču apgūt iemaņas pieņemamā līmenī iespējams ar tādām mūsdienīgām mācību un trenažieru sistēmām kā apmācības sistēmas ar datoru palīdzību (CBT), intelektuālās apmācošās sistēmas (ITS), pilna izmēra simulatoriem darbības atstrādāšanai avārijas evakuācijā, GK salona maketi utt., tas ir, līdzekļu, kas ļauj modelēt apstākļus, kas ir tuvu reāliem. Tāpēc ir stingri ieteicams, lai šādu līdzekļu izmantošana kļūtu par standarta prasību stjuartu apmācības programmās. Taču efektīvu apmācības līdzekļu trūkums, nedrīkst būt attaisnojums tam, ka mācību laikā netika veikti pilna mēroga treniņi reālos apstākļos un

lomu vingrinājumi. Jebkuru vingrinājumu rīcības atstrādāšanai avārijas situācijas apstākļos jāorganizē tā, lai tajā piedalītos visi GK ekipāžas locekļi, tas ir, gan lidojuma sastāvs, gan stjuarti. Treniņi pilnas ekipāžas sastāvā ļauj uzlabot ekipāžas locekļu sadarbības iemaņas un darbības koordināciju un veicina kolektīvisma izjūtas. Šādus treniņus vislabāk veikt, kursu klausītājus iedalot vairākās pilna sastāva ekipāžās un periodiski mainot stjuartu pienākumus. Turklāt šādus treniņu nepieciešams organizēt tādā veidā, lai stjuartam rastos nepieciešamība rīkoties patstāvīgi (piemēram, imitējot citu stjuartu darbības zudumu). “Patstāvīgie” treniņi ļauj stjuartam nodemonstrēt spēju uzņemties kontroli pār notikumu attīstību, palīdz novērtēt viņa zināšanu līmeni un pārbaudīt viņa prasmes lietot glābšanas iekārtas un rīkoties avārijas situācijā bez kolēģu palīdzības. Lai vadītu treniņu imitējamās apstākļos, atstrādājot rīcību ugunsgrēka dzēšanā uz GK klāja un dūmu likvidēšanā, ātrā spiediena samazināšanās apstākļos, nosēšanās uz ūdens, avārijas nosēšanās un gaisa kuģa evakuācijas gadījumā, pasažieru lomās jāpiesaista citus klausītājus. Šādu treniņu laikā klausītājiem ir iespēja pārbaudīt savas prasmes rīkoties apstākļos, kad notikumi attīstās ātri un laiks ir ierobežots, savukārt instruktors pārbauda, vai klausītāji iekļaujas šajos laika rāmjos. Aviokompānijas vadītājiem jākontrolē šādu treniņu vadīšana un jāpanāk, lai katrs stjuarts piedalītos šādos vingrinājumos kā ekipāžas loceklis. Vairumā gadījumu avārijas stāvokļi rodas negaidīti. Tāpēc ekipāžas locekļiem vienmēr jābūt gataviem rīkoties negaidītas avārijas situācijas rašanās gadījumā. Stjuartu prasme rīkoties apņēmīgi un profesionāli, uzņemties rīcības vadību jebkurā avārijas situācijā ir pamatfaktors varbūtības palielināšanai, ka cilvēki, kuri atrodas uz gaisa kuģa klāja, pēc avārijas izdzīvos. Tāpēc jāiesaka stjuartiem regulāri atkārtot rīcības kārtību avārijas apstākļos, veicot parastos lidojumus, kā arī, izpildot pirmslidojuma pārbaudi, novērtēt avārijas ierīču izvietojuma zināšanas un prasmes ar tām rīkoties. Stjuartiem jānosaka un jāapstiprina pasažierus, kuriem nepieciešama īpaša uzmanība (piemēram, bērnu, bez pavadības, pasažieru ar īpašām vajadzībām, pasažieru, kuri pārvietojas ar ratiņkrēsliem un uz nestuvēm utt.) evakuācijas kārtību.

5.1.5. Lidmašīnu glābšanas un ugunsdzēsšanas metodes

Lidaparātu glābšanas darbos lielāks uzsvars tiek likts uz glābšanu nekā ugunsdzēsību. Svarīgākais likums ir cīnīties tikai ar to uguni, kas traucē glābšanu. Strukturālā ugunsdzēsība, aizsargājošs apģērbs nodrošina aizsardzību pret ļoti augsto temperatūru, ko rada aviācijas degvielas degšana. Ugunsdzēsējiem ir jānodrošinās, lai nebūtu liels vējš, kas var radīt uguns pastiprināšos un palielināt dūmu daudzumu. Ja ir iespējams, pie lidaparāta jādodas no tās puses, no kuras pūš vējš. Ja uguns neapdraud pasažierus vai citas svarīgas zonas, glābējiem tā ir jāignorē līdz brīdim, kad pasažieru glābšana ir pabeigta [40, 41, 42].

Glābšanas darbos ietilpst:

- GK ekipāžas un pasažieru glābšana;
- pirmās medicīniskās palīdzības sniegšana cietušajiem, viņu evakuācija (ja nepieciešams nogādāt uz ārstniecības iestādi);
- ugunsgrēka dzēšana lidmašīnā;
- kravas un bagāžas evakuācija no GK;
- lidmašīnas evakuācija no lidlauka;
- seku (avārijas katastrofas) likvidācija lidlaukā (lidostas teritorijā).

5.1.6. Taktika un paņēmieni GK iekšējo ugunsgrēku gadījumos

Visas apkalpes un pasažieru glābšanu var uzskatīt par galveno mērķi, un vispārējā prasība ir radīt tādus apstākļus, kuros ir iespējams izdzīvot un kuros var veikt glābšanas darbus. Iekļūstot gaisa kuģī, ugunsdzēsēji nekavējoties sāk meklēt cietušos, kā arī uguns atrašanās vietu. Ļoti iespējams, ka tā jau būs zināma, iegūstot informāciju no gaisa satiksmes dispečeriem vai apkalpes. Iekļūstot GK, jāpārmeklē pilotu kabīne un jāturpina ar salona pārmeklēšanu. Jāpārmeklē katru krēslu rindu un grīdas līmeni, augšējo bagāžas plauktu. Kad nekas nav atrasts, skaļi jāpaziņo – “tīrs”. Ja atrasts cietušais, tas jāevakuē. Pirms došanās atpakaļ gaisa kuģī jāpārbauda elpošanas aparāta spiediena mērītājs. Dzēšot iekšējos ugunsgrēkus, jāizmanto ilgstošu ūdens padevi platā strūklā. Pēc liesmu slāpēšanas jāveic gruzdošo uguns perēkļu dzēšana. Iekšējo ugunsgrēku dzēšana ir ar augstu riska pakāpi, tāpēc VIENMĒR ir jābūt evakuācijas ceļam gadījumā, ja vajadzēs nekavējoties atstāt lidmašīnu [46, 47, 60, 61].

5.1.7. Evakuācija

Pasažieru evakuācija

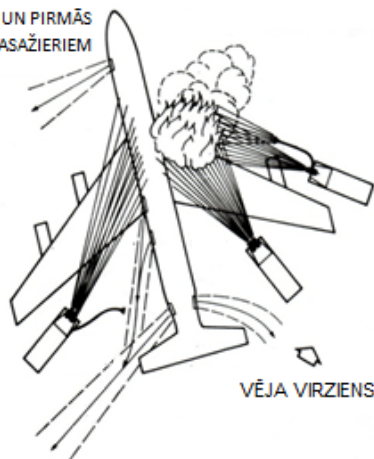
Pasažieriem ir tendence evakuācijai izmantot tās pašas priekšējās durvis, ko viņi izmantoja iekāpšanai pie termināla. Citas izejas bieži tiek palaistas garām, it īpaši – stresa vai panikas apstākļos. Bieži vien izejas virs spārna, kuru atvēršana prasa fizisku piepūli, tiek palaistas garām, jo pasažieri šaubās, vai būs spējīgi tās atvērt un izmantot efektīvi. Tieši šī iemesla dēļ lidmašīnās, kur pasažieri var izvēlēties sev vietu paši, stjuartes vietu pie spārniem ļauj ieņemt tikai fiziski spējīgiem pasažieriem, tos informējot, kā atvērt avārijas izejas. Jaunā tipa izeju, kas atrodas virs spārna, lūkas veras uz āru. Šī ir labāka sistēma nekā vecā, jo iepriekš nācās lūku vilkt iekšā salonā, kas samazināja vietu. Turklāt pasažieriem stresa situācijā ir tendence lauzties uz āru. Ir bijuši gadījumi, kad pasažieri nevar atvērt izeju uz iekšu pārējo pasažieru panikas un grūstīšanās dēļ. Visātrāk atstāt gaisa kuģi pa lūkām, kas atrodas virs spārniem, ir iespējams, sākumā liekot kājas (nevis galvu) pa priekšu. Šādi atstājot gaisa kuģi, tiks ietaupīts laiks, kas avārijas gadījumā ir izšķirošs. Savukārt tie pasažieri, kas atstāj lidmašīnu, izmantojot slīdtrapus, tiek instruēti nevis sēsties un šļūkt, bet lēkt. Regulārās apkalpes locekļu apmācības avārijas situācijās palīdz no pasažieru vidus izvēlēties vispiemērotākos palīgus, kuru uzdevums ir palīdzēt pasažieriem, kuri ir cietuši vai atrodas šoka stāvoklī. Parasti visi pasažieri, kas jau ir ārpus lidmašīnas, ir jāvirza prom no negadījuma vietas, savukārt ugunsdzēsības personālam ir jāizšķir, kuri ir spējīgi palīdzēt, bet kuri varētu traucēt glābšanas darbus. Parasti pirmie, kas atstāj GK ir tie pasažieri, kuri palīdzēs citiem pasažieriem ātrāk pamest slīdtrapu, lai efektīvāk izmantotu atlikušo laiku. Ja pēc nosēšanās nav nekādu evakuācijas pazīmju, tad lidostas ugunsdzēsības personālam nekavējoties ir jāiekļūst gaisa kuģī un jāsāk ugunsdzēsības un glābšanas operācijas. Par pasažieru drošību ir atbildīga gaisa kuģa apkalpe [24, 25, 52, 53]. Komunikācijai starp ugunsdzēsības komandu un pilotiem ir iespējama, izmantojot GK iekšējo telefona sistēmu. Pārsvārā visiem gaisa kuģiem, kuriem ir šī iekšējā telefona sistēma, ārējā pieslēguma vieta atrodas gaisa kuģa priekšgalā netālu no priekšējās šasijas.

Pilotu evakuācija

Lidojuma apkalpes avārijas izeja ir nepieciešama gaisa kuģiem, kuros ir 21 vai vairāk pasažieru sēdvietu. Gaisa kuģiem, kuros ir mazāk par 21 pasažieru sēdvietu, apkalpes avārijas lūka ir nepieciešama gadījumos, ja lidmašīnas dizains nepieļauj ērtu un ātru apkalpes izklūšanu no gaisa kuģa. Evakuācijas iespēja pilotiem atsevišķos gadījumos var būt ļoti ierobežota saistībā ar to, ka trieciena rezultātā kāda no izejām var tikt bojāta. Durvis var tikt bloķētas ar aprīkojumu, kas atradies salonā (izrauti sēdekļi, rokas bagāža, atlūzuši bagāžas plaukti). Normālas evakuācijas apstākļos iesaka izmantot visas pieejamās izejas, taču piloti ir trenēti saglabāt elastību un izvēlēties labāko veidu, kā evakuēties. Daudzām lidmašīnām ir iespējas atvērt pilotu kabīnes logus. Lielākajai daļai kravas lidmašīnu pastāv iespēja atvērt abus logus no ārpuses. Savukārt lielākajai daļai pasažieru lidmašīnu no ārpuses var atvērt tikai otrā pilota logu. Lidmašīnas, kurām pastāv iespēja pilotam izklūt pa logu, būs aprīkotas ar lentēm vai trosēm, kas atradīsies turpat blakus. Piemēram *Fedex* kravas lidmašīnai, kad tā veica piespiedu nosēšanos Memfisas lidostā pēc tam, kad tā bija aizdegusies, visi ekipāžas locekļi tika ārā dzīvi, pateicoties šīm lentēm [14, 29].

Piemēri, kā izmanto evakuācijas izeja un pamattransporta līdzekļus, kas ugunsgrēka laikā lieto putas, redzami 5.1. attēlā.

EVAKUĀCIJAS IZEJA
EKIPĀŽAI UN PIRMĀS
KLASES PASAŽIERIEM



VĒJA VIRZIENS

EVAKUĀCIJAS IZEJAS
PASAŽIERIEM

PIEMĒRS, KĀ IZMANTOT TRĪS
PAMATA TRANSPORTA
LĪDZEKĻU, KAD KREISAIS
IEKŠĒJAIS DZINĒJS UN
DEGVIELAS TVERTŅU
ZONAS. FIZELĀŽAS
VESELUMA SAGLABĀŠANA
IR PAMATA PRASĪBAS, LAI
BŪTU IESPĀJAMS EVAKUĒT

PIEMĒRS, KĀ IZMANTO TRĪS PAMATA
TRANSPORTA LĪDZEKĻUS, KURI
UZLEJ PUTAS UGUNSGRĒKA LAIKĀ
UZ SPĀRNA SĀKUMA DAĻU PIE SANU
VĒJA, JA UGUNSDZĒŠANAS LAIKĀ
KREISAIS DZINĒJS TURPINĀS
DZRBOTIES, UGUNIS APSLĀPĒŠANA
JĀBŪT PĀRCELTA UZ ZONU, KAS
ATRODAS SPĀRNA PRIEKŠGALĀ.

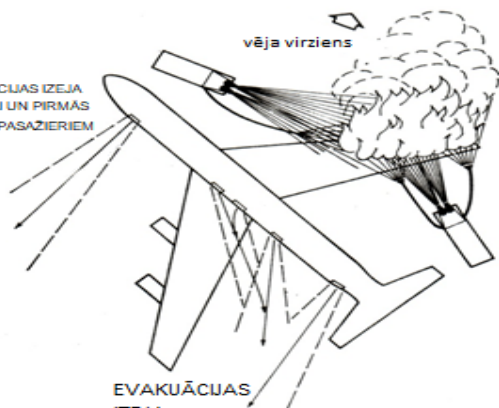


EVAKUĀCIJAS IZEJA
EKIPĀŽAI UN PIRMĀS
KLASES PASAŽIERIEM

EVAKUĀCIJAS IZEJAS
PASAŽIERIEM

VĒJA VIRZIENS

EVAKUĀCIJAS IZEJA
EKIPĀŽAI UN PIRMĀS
KLASES PASAŽIERIEM

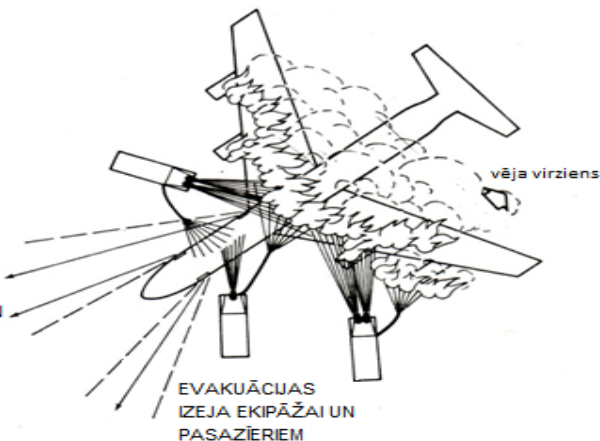


vēja virziens

EVAKUĀCIJAS
IZEJA
PASAŽIERIEM

PIEMĒRS, KĀ IZMANTOT TRĪS TRANSPORTA
LĪDZEKĻUS GRŪTĀKOS APSTĀKĻOS, KAD
ABI GAISA KUĢA SPĀRNI IR APTVERTI AR
UGUNI. IZMANTOJOT VĒJU, VISI SPĒKI TIEK
PIVĒRSTI, LAI ATDLĪT FIZELĀŽU NO UGUNIS
IEDARBĪBAS, TĀJĀ LAIKĀ, KAD EKIPĀŽA UN
PASAŽIERI PAMET GAISA KUĢI.

EVAKUĀCIJAS
IZEJA EKIPĀŽAI UN
PASAŽIERIEM



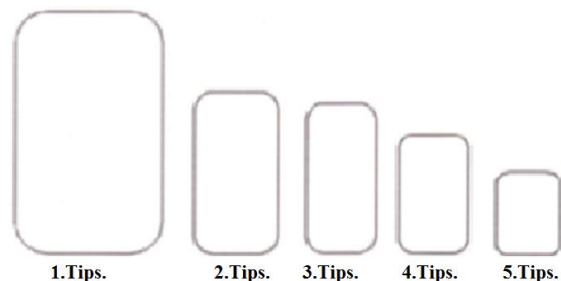
vēja virziens

EVAKUĀCIJAS
IZEJA EKIPĀŽAI UN
PASAŽIERIEM

5.1. att. Evakuācijas izeja ugunsgrēka laikā [36].

Avārijas izejas (5.2. att.)

Termins “avārijas izejas” ietver arī galvenās ieejas durvis, kā arī lūkas virs spārniem. Konstruktīvu iemeslu dēļ visām šīm durvīm un lūkām ir noapaļoti stūri. Izmērs, skaits un durvju atrašanās vieta ir noteikta JAR, un dažādie dizaini redzami 5.2. attēlā. Zīmējumā var apskatīt izeju izmēru pieļaujamās proporcijas [32, 37].



5.2. att. Avārijas izeju salīdzinājums [36].

- 1. tips.** Parastas gaisa kuģa ieejas un izejas durvis, kas atrodas grīdas līmenī un ir taisnstūra formā. Tās ir ne mazāk kā 1,07 m platas un ne mazāk kā 1,83 augstas.
- 2. tips.** Mazākas durvis grīdas līmenī. Tās ir ne mazāk kā 61 cm platas un 1,22 augstas.
- 3. tips.** Vēl mazākas taisnstūrveida durvis. Minimālais izmērs – 50,8 cm platumā un 1,12 m augstumā. Ja šīs durvis tiek izmantotas virs spārniem, tad to apakšējā mala nedrīkst būt augstāka par 25,4 cm no kabīnes grīdas līmeņa. Šis ir definētais augšupsoļa augstums, ko spēs pārvarēt pasažieris. Pakāpiens uz leju uz spārnu vai kādu citu horizontālu virsmu nedrīkst būt lielāks par 43,2 cm.
- 4. tips.** Mazāka taisnstūrveida lūka, minimālais platums – 50,8 cm, augstums – 91,4 cm. Pakāpiens uz augšu – ne augstāk par 50,8 cm. Ja izeja ir virs spārna, pakāpiens uz leju nedrīkst pārsniegt 68,6 cm.
- 5. tips.** Šīs lūkas tiek izmantotas tikai virs spārniem. Tās ir taisnstūra formas ar minimālo platumu 48,3 cm, augstumu – 66 cm. Pakāpiens uz augšu – ne vairāk par 73,7 cm, solis lejup – ne vairāk par 91,4 cm.

5.2. Latvijas aviācijas uzņēmēju darbības īsa analīze, nodrošinot pasažieru izdzīvošanu lidojumu negadījumos

Latvijas Republikā visi GK ekspluatētāji sertifikācijas procesa laikā veic apmācību evakuāciju no viņu ekspluatētajiem GK. Neatkarīgi no pamatdarbības vietas izstrādā ārkārtas situāciju rīcības plānu palīdzības sniegšanai cietušajiem un viņu tuviniekiem, ja civilās aviācijas GK nelaimes gadījumā cietis kāds no gaisa kuģu ekspluatanta gaisa kuģiem. Liela mēroga civilās aviācijas GK nelaimes gadījumā darbojas operatīvās rīcības plāns, ko izstrādā un apstiprina Valsts robežsardze. Visa informācija ir pieejama un mūsdienīga [37, 38, 39].

5.2.1. Fragmenti no glābšanas operāciju organizācijas starptautiskajā lidostā “Rīga”

5.2.2. Lidmašīnu glābšanas un ugunsdzēsības treniņu programmas

Lidmašīnas glābšanas un treniņu programmai ir jāiekauj patstāvīgas instrukcijas par:

- lidostas iepazīšanu;
- lidmašīnu iepazīšanu;
- personīgo drošību;
- avārijas komunikēšanas sistēmām;
- ekipējuma un līdzekļu lietojumu;
- operācijām;
- pareizu ekipējuma lietošana avārijas situācijā;
- kravu bīstamību;
- ugunsdzēsēju pienākumiem, pildot lidostas avārijas plānu.

Ja lidostas avārijas plānā noteikts, ka ugunsdzēsējiem ir jābūt gataviem dažādām situācijām, ir jābūt speciāliem treniņiem arī šādos apstākļos.

Ugunsdzēsējiem ieteicams trenēties arī, izmantojot lidmašīnas, kas regulāri tiek apkalpotas konkrētajā lidostā. Tas ir iespējams gadījumos, kad lidmašīnas stāv lidostā pa nakti vai kad tiek veiktas apkopes. Gadījumā, ja glābējiem nav iespējams trenēties, izmantojot konkrētās lidmašīnas, ieteicams personālu iepazīstināt ar lidaparāta shēmām un datorā balstītām treniņu programmām, kas ir pieejamas starptautiskajā tirgū [29, 33].



5.3. att. Evakuācijas treniņš (*airBaltic*) [34].

5.2.3. Praktiska nodarbība trauksmes izbraukumam no depo

Normatīvs trauksmes izbraukumam no depo – 40 sek.

Trauksmes teksta piemērs:

Depo 3, depo 3, mācību trauksme, ĀS kategorija, A2 kvadrātā, November 13, avarējis gaisa kuģis *Airbus 300*, uz borta 200 pax. Izbraukt aiz depo vārtiem pilnā ekipējumā [30].

Nosacījumi

- Speciālais apģērbs un uzkabe atrodas ugunsdzēsības automobilī, speciālie zābaki ar biksēm – uz boksa grīdas pie ugunsdzēsības automobiļa kabīnes durvīm. Automobiļa durvis pusatvērtas.
- Boksa vārti aizvērti.
- Ugunsdzēsības automobilis novietots savā boksā stāvēšanas režīmā.
- Ugunsdzēsības komandas personāls atrodas depo normālā darba režīmā.
- Trauksmes izsaukums pēkšņs, ugunsdzēsības komanda iepriekš nav brīdināta.
- Izsaukumu izziņo apmācības instruktors, izmantojot rāciju.
- Pārbaudes laiks tiek fiksēts tikai pēc izsaukuma apstiprināšanas brīža.
- Laiks tiek fiksēts pēc ugunsdzēsības automobiļa izbraukšanas aiz sava boksa vārtiem, personāla speciālais apģērbs uzvilts, elpošanas aparāti sagatavoti darbam.

5.2.3.1. Praktiska nodarbība trauksmes izbraukumam, neatrodoties depo

Normatīvs trauksmes izbraukumam no depo – 60 sek.

Trauksmes teksta piemērs:

101, 102, 144 mācību trauksme, ĀS kategorija, A2 kvadrātā MIKE 4, avarējis gaisa kuģis B737, uz borta 100 pax. Izbraukt visām ekipāžām. Stop, paldies. (Apstāšanās vietu apmācību laikā instruktors nosaka pēc apstākļiem.) [34].

Nosacījumi

- Speciālais apģērbs un uzkabe atrodas automobilī, tā durvis aizvērtas.
 - Ugunsdzēsības personāls atrodas lidostas teritorijā (apmācības klasē, uzpilda degvielu).
 - Ugunsdzēsības automobilis novietots stāvēšanas režīmā.
 - Trauksmes izsaukums pēkšņs, komanda iepriekš nav brīdināta.
 - Izsaukumu izziņo apmācības instruktors, izmantojot rāciju.
 - Pārbaudes laiks tiek fiksēts pēc izsaukuma apstiprināšanas.
- Laiks tiek fiksēts pēc ugunsdzēsības automobiļa izbraukuma 5 m attālumā no stāvēšanas vietas. Personāla apģērbs pilnībā uzvilts, sagatavots darbam.

5.2.4. Tradicionālo un moderno ugunsdzēsšanas iekārtu efektivitātes

salīdzinājums

Jauns ekipējums lidmašīnu glābšanai un ugunsdzēsšanas transportam var palīdzēt uzlabot glābšanas darbus pēc lidaparāta avārijas. Tādi uzlabojumi, kā augstas piekļuves izvelkamie torņi ar fizelāžas pārduršanas uzgaļiem var nodzēst liesmas ātrāk, pievadot šķidrumu vietās, kur tieši ir liesmas, tādā veidā, iespējams, glābjot pasažieru dzīvības.

Promocijas darbā salīdzināta iespēja nodzēst ugunsgrēku, izmantojot caurduršanas uzgaļus, un tradicionālā ugunsgrēku dzēsšanas metode (dzēšanu no automašīnas jumta ar kustīgu uzgali). Tiks pārbaudīt, vai, caurdurot fizelāžu, ir iespējams samazināt tālāku liesmu izplatību, kā arī temperatūru.

Mērķis: novērtēt un salīdzināt iespējas, kādas dod uz jumta novietots tornis un fizelāžas caurduršanas uzgalis, lai nodzēstu dažādus simulētus reālas dzīves ugunsgrēkus.

Novērtēt un noteikt, vai lidostas ugunsdzēsšanas transports ar uzgali var kontrolēt liesmu un temperatūras tālāku izplatību.

Dzēšanas testos tiek izmantotas četras dzēšanas pozīcijas.

1. Dzēšana taisnā virzienā no maksimāli zemas pozīcijas. Šķidrums tiek pievadīts apmēram metra augstumā no zemes, virzot uzgali pa labi vai pa kreisi.
2. Dzēšana taisnā virzienā ar pagarinātu kātu, lai glābēji būtu drošā attālumā. Šķidrums tiek pievadīts tieši uguns vietai, virzot uzgali pa labi vai pa kreisi.
3. Dzēšana no maksimāli liela augstuma ar pilnībā izvilkto kātu. Uzgalis tiek pacels pēc iespējas augstāk virs uguns vietas, pievadot šķidrumu tieši ugunij, kustinot to pa labi vai pa kreisi. Šī metode tiek saukta par lietus metodi.
4. Fizelāžas pārduršanas pozīcija. Šķidrums tiek pievadīts caur uzgali tieši fizelāžas iekšpusē.

Katras metodes efektivitāte tiek vērtēta pēc nodzēšanas laika līdz brīdim, kad 90 % uguns ir likvidēta, tas nozīmē, ka degšana galvenajā laukumā ir likvidēta, bet pāris nenožīmīgās vietās vēl ir liesmas. Testā iekļautas trīs dzēšanas metodes (no apakšas, taisnvirziena, no augšas). Degšanas laukums tiek izlieta 1000 galonu JP-8 aviācijas degvielas. Testa rezultāti redzami 5.1. tabulā. Par visefektīvāko metodi liela mēroga degšanā var atzīt dzēšanu taisnā virzienā no maksimāli zemas pozīcijas. Šī pozīcija ir par 58 % ātrāka nekā nākamā tuvākā metode. Kā var redzēt, vēja ātrums dzēšanas kvalitāti un ātrumu īpaši nemaina [35].

5.1. tabula

Vēja ietekme uz dzēšanas kvalitāti vai ātrumu

90% uguns likvidēšanas laiks. Uguns laukums 730 kvadrātmetri			
Vēja spēks m/s	Maksimāli zemu (sek)	Pilnībā izstiepts (sek)	Pilnībā pacelts (sek)
0	22		
1-2.5	24		
2.5 +	19		
Vidējais	22		
0		39	
1-2.5		35	
2.5 +		41	
Vidējais		38	
0			60
1-2.5			61
2.5 +			62
Vidējais			61

Jaunā sistēma optimālajā leņķī salīdzināta ar parasto nekustīgo un neizvelkamo uzgali. Abas sistēmas testētas, izmantojot vienādas jaudas automašīnas. Testa rezultāti ir parādīti 5.2. tabulā, kurā redzams, ka izvelkamais un kustīgais uzgalis uguni nodzēsis par 53 % ātrāk. Abas automašīnas izmantoja vienu un to pašu ūdens piegādes augstumu un metodi. Izvelkamā

sistēma nodzēsa uguni ātrāk, jo bija iespēja kustināt uzgali pa labi un pa kreisi, nepārvietojot transporta līdzekli. Tajā pašā laikā otra automašīna bija jāpārvieto, lai piekļūtu arī malām.

Aprēķinu rezultāti. Vidēji 90 % uguns likvidēšanai 730 kvadrātmetru lielam laukumam, izmantojot izvelkamo torni pie maksimāli zemas pozīcijas, vidēji bija nepieciešamas 27 sekundes, izmantojot uz jumta uzmontēto stobru – 51 sekunde. Izmantojot tikai putas ar izvelkamo uzgali, vidējais laiks, kas bija nepieciešams, ir 38 sekundes, bet ar uz jumta uzmontēto stobru – 51 sekunde. Tātad tornis nodzēsa uguni par 25 % ātrāk gadījumā, kad uzdevums bija likvidēt 90 %. Izmantojot tikai putas 100 % uguns likvidācijai tornim bija nepieciešams vidēji 65 sekundes un 541 galons. Tajā pašā laikā uz jumta uzmontētajai sistēmai divos mēģinājumos bija nepieciešams vairāk par 1000 galoniem, turklāt vienu ugunsgrēku nodzēst neizdevās. Izmantojot gan putas, gan pulveri, abas sistēmas nodzēsa visus ugunsgrēkus. Nodzēšot 90 %, torņa vidējais laiks – 23 sekundes, jumta sistēmai – 25 sekundes. Nodzēšot 100 %, tornim vajadzēja 30 sekundes, jumta sistēmai – 34 sekundes. Ātrāku nodzēšanas laiku veicināja tas, ka tornim bija iespēja piekļūt vietās, kur to nespēja jumta sistēma, tādā veidā izmantojot šķidrumus un ķīmikālijas daudz efektīvāk [16].

5.3. GK B737-300, B767-300 kritiskā zonas aprēķins (*airBaltic*)

“**Kritiskā zona**” ir jēdziens, kas attiecas uz GK pasažieru un apkalpes glābšanu. Tas atšķiras no citiem jēdzieniem tādējādi, ka tā vietā, lai ierobežotu un nodzēstu visu ugunsgrēku, tas paredz, ka jāierobežo tikai ugunsgrēka zona blakus fizelāžai. Mērķis ir saglabāt neskartu fizelāžu un nodrošināt izturamus apstākļus GK pasažieriem un apkalpei. Ierobežojamās zonas lielums, kas nepieciešama, lai sasniegtu definēto mērķi attiecībā uz konkrētu gaisa kuģi, ir noteikts eksperimentāli [33].

Teorētiskā kritiskā zona ir taisnstūris, kura viens lielums ir gaisa kuģa kopgarums, otrs – garums, kas mainās atkarībā no fizelāžas garuma un platuma. Eksperimentos noteikts, ka GK, kuru fizelāžas garums ir 20 m vai vairāk, ja vēja ātrums ir 16–19 km/h un tas pūš taisnā leņķī pret fizelāžu, teorētiskā kritiskā zona ir 24 m no fizelāžas garumā pret vēju un 6 m garumā – pa vējam. Mazākiem GK atbilstošais garums ir 6 m abās pusēs. Tomēr, lai paredzētu teorētiskās kritiskās zonas pakāpenisku palielinājumu gadījumā, kad fizelāžas garums ir 12–18 m, izmanto pāreju [34].

Formula teorētiskās kritiskā zonas A_T aprēķināšanai ir šāda [33]:

5.2. tabula

Teorētiskās kritiskā zonas GK aprēķins

Kopgarums	Teorētiskā kritiskā zona A_T
$L < 12 \text{ m}$	$L \times (12 \text{ m} + W)$
$12 \text{ m} < L < 18 \text{ m}$	$L \times (14 \text{ m} + W)$
$18 \text{ m} < L < 24 \text{ m}$	$L \times (17 \text{ m} + W)$
$L > 24 \text{ m}$	$L \times (30 \text{ m} + W),$

kur: L – gaisa kuģa kopgarums; W – gaisa kuģa fizelāžas platums.

Praktiskā kritiskā zona A_p ir aptuveni divas trešdaļas no teorētiskās kritiskās zonas jeb

$$A_p = 0,667A_T \quad (5.1.),$$

Lidostā “Rīga” apkalpojamo GK tehniskie parametri un nepieciešamais ugunsdzēsamo vielu daudzums redzams 5.3. tabulā.

5.3. tabula

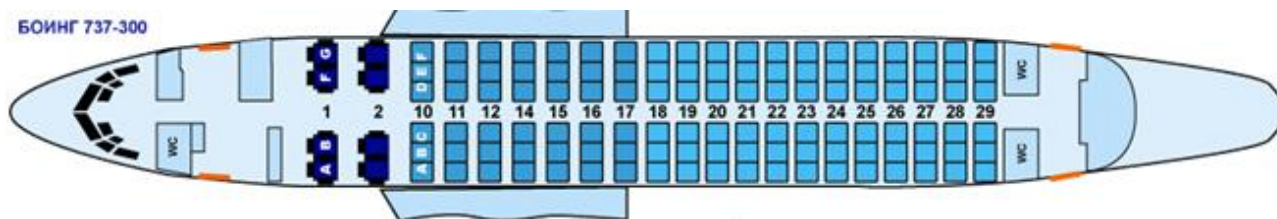
Lidostā “Rīga” apkalpojamo GK tehniskie parametri

GK tips	W/L (m)	Dielas. tūpums (kg)	Teorētiskā kritiskā zona (m ²)	Praktiskā kritiskā zona (m ²)	Ugunsdzēsamo vielu padeves intensitāte l/sek	Nepieciešamais ugunsdzēsamo vielu daudzums uz 180 sek	Pasažieru skaits (maks.) maksimāls
B747	6,50/70,40	142000	2567	1714	235	42266	468
B767-300	5,03/54,94	73105	1925	1284	176	31680	350
B757-300	3,76/54,40	34720	1837	1225	168	30208	289
A310	5,64/46,60	49360	1661	1108	152	27322	265
B757-200	3,80/47,32	33920	1599	1067	146	26307	239
B737-800	3,76/39,50	26020	1330	887	122	21875	189
A320	3,95/37,57	19290	1276	851	117	21060	179
A319	3,70/33,80	23875	1139	760	104	18720	145
B737-300	3,76/33,40	20105	1128	752	103	18544	130

5.3.1. Aprēķini (B767-300, 5.4. att.; B737-300, 5.5. att.)



5.4. att. BOEING 767-300.



5.5.att. BOEING 737-300.

a) A_p B767-300 novērtējums

$$L = 54,94 \text{ m}; W = 5,03 \text{ m}; \quad A_T = 54,94 \times (30 + 5,03) = 1924,5 \text{ m}^2 (\approx 1925 \text{ m}^2) \quad (5.2.)$$

$$A_p = 0,667 \times 1925 = 1283,9 \text{ m}^2 (\approx 1284 \text{ m}^2) \quad (5.3.)$$

A_p B737-300 novērtējums

$$L = 33,40 \text{ m}; W = 3,76 \text{ m};$$

$$A_T = 33,40 \times (30 + 3,76) = 1127,58 \text{ m}^2 (\approx 1128 \text{ m}^2) \quad (5.4.)$$

$$A_p = 0,667 \times 1128 = 752,3 \text{ m}^2 (\approx 752 \text{ m}^2) \quad (5.5.)$$

b) UdzV nepieciešamā padeves intensitātes I_{NP} (l/sek) novērtējums.

$$I_{NP} = R \times A_p, \quad (5.6.)$$

kur R [$l / (m^2 \times sek)$] – GK negadījuma vietā izlijušās aviācijas degvielas aprēķinātā (izmēģinājumu ceļā noteiktā) padeves intensitāte $0,137 l / (m^2 \times sek)$;

B767-300 novērtējums

$$I_{NP} = 0,137 \times 1284 = 175,9 \frac{l}{sek} (\approx 176 l/sek) \quad (5.7.)$$

B737-300 novērtējums

$$I_{NP} = 0,137 \times 752 = 103,02 \frac{l}{sek} (\approx 176 l/sek) \quad (5.8.)$$

c) nepieciešamais UdzV daudzums uz 180 sek (l)

Nepieciešamo ūdens daudzumu ugunsgrēka ierobežošanai praktiskajā kritiskajā zonā (Q_1) var izteikt pēc šādas formulas:

$$Q_1 = A(m^2) \times R(\frac{l}{m^2 \times sek}) \times T(sek) \quad (5.9.)$$

vai

$$Q_1 = I_{NP} \times T, \quad (5.10.)$$

kur: A = praktiskā kritiskā zona,

R = padeves intensitāte; $T = 3 \text{ min} = 180 \text{ sek}$. padeves laiks.

B767-300 novērtējums

$$Q_1 = 1284 \times 0,137 \times 180 = 31663,4 l (\approx 31663 l) \quad (5.11.)$$

B737-300 novērtējums

$$Q_1 = 752 \times 0,137 \times 180 = 18544,4 \text{ l } (\approx 18544 \text{ l}) \quad (5.12.)$$

$$\text{vai } Q_1 = 176 \times 180 = 18540 \text{ l} \quad (5.13.)$$

5.4. Pasažieru evakuācijas laika izvērtēšana, ņemot vērā tuvāko maģistrāli un lidmašīnas tipu

Salīdzinot pasažieru evakuācijas laiku, izvērtējot dažādus aviācijas negadījumu modeļus, var secināt, ka šim aprēķinam vispieņemamākais ir vienkāršotais analītiskais cilvēku plūsmas kustības modelis [34, 35].

Atbilstoši sertifikācijas noteikumiem, pirms GK nonāk sērijveida ekspluatācijā, tiek veikti izmēģinājumi uz zemes ekspertu klātbūtnē, izmantojot objektīvās kontroles līdzekļus pasažieru un ekipāžas locekļu avārijas evakuācijai, kas demonstrē, ka avārijas nosēšanās gadījumā visi pasažieri, kuri atrodas uz lainera borta, kā arī ekipāžas locekļi sekmīgi evakuējas 90 sek. laikā (*ICAO* noteikts normatīvs). Turklāt izmēģinājumos tiek piesaistītas dažāda vecuma grupu personas. Tomēr reālā gadījumā situācija var radikāli atšķirties no sertifikācijas izmēģinājumos izskatītās, tāpēc evakuācijas laiks arī būs cits un ne vienmēr iekļausies *ICAO* normatīvā. Apstākļi, kādos notiek aviācijas negadījumi ar ugunsgrēku lidostas rajonā, var būt visdažādākie, arī lidmašīnas var būt dažādi iekārtotas. Izejas, kas ir lidmašīnā, nevar uzskatīt par līdzvērtīgām, jo dažas no tām, piemēram, atrodas tuvu degvielas tvertnēm un ir mazāk drošas.

Pie piespiedu nolaišanās uz zemes atsevišķas izejas nevarēs izmantot lidmašīnas deformācijas dēļ, tai atsitoties pret zemi, ugunsgrēka perēkļu dēļ, tiem atrodoties tiešā tuvumā no izejām, kā arī šķēršļiem uz zemes.

Lidmašīna paredzēta ekspluatācijai maznoslogotās aviolīnijās attālumos līdz 3000 km (bāzes komplektācija) un līdz 4500 km (LR – komplektācija ar palielinātu lidojuma attālumu).

Lidmašīna būvēta pēc normālas komponentshēmas – divmotoru turbopropellera ar bultveida spārnu un viena ķīļa atbalstu. Spārna konstrukcijā augsti kritiskā profilā lietoti viena atvēruma aizvērtni.

Šajā promocijas darbā algoritmu pārbaudei izmantots tieši šis GK modelis (tuvo maģistrāļu). Tiek pieņemts, kā šī lidmašīna pilnībā atbilst visām drošības prasībām. Aprēķina rezultātā iegūts rezultāts, kas parāda laiku, kas nepieciešams pasažieru evakuācijai, Piedāvātais algoritms var kalpot kā pamats turpmākiem pētījumiem.

Lai noteiktu kārtību, kādā pasažieri atstāj lidmašīnu, nepieciešamas lidmašīnas shēmas. Izmantojot iepriekš aprakstīto vienkāršoto analītisko cilvēku plūsmas modeli, aprēķināts pasažieru evakuācijas laiks dažādiem scenārijiem, kas norādīti *ICAO* rekomendācijās lidostu dienestiem [36, 53].

Pasažieru evakuāciju promocijas darbā izskatāmajā gadījumā var veikt: pa četrām durvīm – A; pa četrām virs spārniem esošām rezerves lūkām – B. Sertifikācijas izmēģinājumos 90 cilvēku evakuācija, izmantojot četras durvju ailes, aizņem 73 sekundes, kas ir zemāka par normatīvu – 90 sekundes [49].

5.4.1. Derīgo avārijas izeju skaits dažādiem variantiem

GK avārijas situācijā, lai efektīvi izmantotu līdzekļus pasažieru evakuācijā, svarīgas ir evakuācijas iespējas no avarējuā GK. Šīs iespējas atkarīgas no rezerves avārijas izeju skaita, laika, kas nepieciešams to sagatavošanas utt. (5.4. tab.).

Tāpēc nepieciešams noskaidrot galveno un papildu avārijas izeju skaitu un to atrašanās vietu konkrētajā GK tipā un attēlot tās shematiski – noskaidrot tehniskos raksturojumus, izmantošanas iespējas, galveno un papildu avārijas izeju tipu. Tiek pieņemts, ka pasažieri vienmērīgi sadalīsies pa avārijas izejām.

Tiek pieņemts, ka visas četras galvenās avārijas izejas (IZ) atrodas darba stāvoklī [54].

5.4. tabula

Avārijas izeju raksturojums

	Ekipāžas kabīnes lodziņi	Priekšējās durvis	Lūkas virs spārniem	Aizmugures durvis	Visas avārijas izejas	Aprēķinātais evakuācijas laiks, s
1		Viena no labās	Divas no labās	Viena no labās	4	62
2	Abas	Abas (no labās/kreisās)		Abas (no labās/kreisās)	5	92
3		Viena no labās		Abas (no labās/kreisās)	3	95
4		Viena no kreisās	Divas no kreisās	Viena no labās	4	95

Pasažieru skaits – 90 cilvēki.

Tipveida pasažieru sastāvs ar normālu veselību šādā attiecībā:

30 % sievietes; 5 % personas, kas vecākas par 60 gadiem;

5 % bērni līdz 12 gadu vecumam.

Vidējais cilvēku pārvietošanās ātrums – 1,334 m/s.

Piemērs

Salona atstāšanas laiks tiek iedalīts divās daļās:

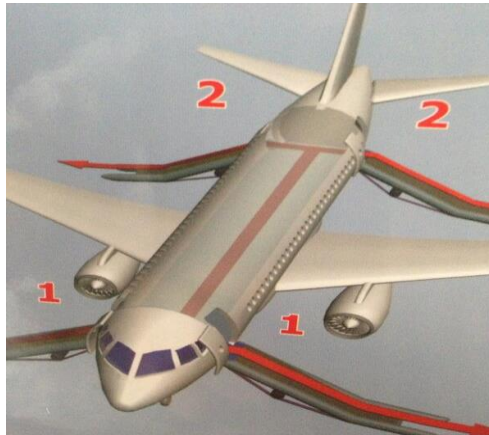
a) nokļūšana līdz avārijas izejām (IZ);

b) izejas laiks no IZ pieņemts, ņemot vērā tehniskos normatīvus.

Tiek pieņemts, ka visas IZ ir ekspluatācijas kārtībā.

5.4.2. Avārijas un glābšanas iekārtas lidmašīnā

Avārijas un glābšanas iekārtas paredzētas ātrai un drošai pasažieru un ekipāžas lidmašīnas pamešanai pie piespiedu lidmašīnas nosēšanās aviācijas negadījumā [44, 40] (5.3. att.).



5.6. att. Pasažieru evakuācijas shēma no lidmašīnas salona, tips – tuvo maģistrāļu.

Avārijas un glābšanas iekārtās ietilpst:

- ar gāzi piepildāmie avārijas trapi;
- glābšanas plosti;
- glābšanas vestes;
- bērnu glābšanas silītes;
- glābšanas virves;
- Nožogojuma lentes;
- avārijas cirvis;
- borta medicīnas aptieciņas;
- pārnēsājama avārijas radiobāka;
- pārnēsājama avārijas radiostacija;
- megafons;
- rokas ugunsdzēsšie aparāti;
- avārijas apgaismošanas lukturi.

Cilvēku drošība avārijas nosēšanās gadījumā uz sauszemes vai ūdens tiek nodrošināta atbilstoši sertifikācijai – pa lidmašīnās esošām avārijas izejām labajā un kreisajā bortā, brīvām pieejām pie šīm izejām, kā arī izvietojot uz lidmašīnu borta nepieciešamās avārijas un glābšanas iekārtas.

Lai nodrošinātu ekipāžas drošību, veicot avārijas nosēšanās uz sauszemes vai ūdens, ekipāžas kabīnē novietoti:

- divi pilotu krēsli, kas aprīkoti ar jostas un plecu siksnām ar automātisko sistēmu plecu siksnu noslēgšanai;
- inspektora krēsls, kas aprīkots ar jostas un plecu siksnām.

Ieejas un servisa durvis labajā un kreisajā bortā arī domātas kā avārijas izejas (“C” tips), šīs durvis ir aprīkotas ar iebūvētiem avārijas tripiem. Par avārijas izeju no pilotu kabīnēm kalpo sānu vēdlodziņi. Vidējā fizelāžas nodalījumā virs lidmašīnas spārna abās borta pusēs uzstādītas avārijas lūkas (III tips).

Durvīs izvietoti avārijas piepūšamie trapi, kas ir lietojami avarējušās lidmašīnas atstāšanai, ja lidmašīna veikusi avārijas nosēšanos uz sauszemes.

Ekipāžas kabīnē virs pilotu vēdlodziņiem kastēs izvietotas divas glābšanas virves.

Veicot avārijas nosēšanos uz ūdens, tiek izmantotas individuālās glābšanas iekārtas, kas novietotas speciāli paredzētās vietās uz lidmašīnas borta:

- piepūšamās glābšanas vestes pasažieriem – zem pasažieru krēslu spilveniem;
- piepūšamās glābšanas vestes ekipāžai – pilotu un novērotāja krēslos;
- piepūšamās glābšanas vestes stjuartiem – stjuartu krēslos;
- demo glābšanas vestes – pie sienas līdzās stjuartu krēsliem;
- bērnu glābšanas silītes – pie sienas līdzās stjuartiem;
- ar gāzi pildāmie plosti – skapjos priekšējo durvju rajonā.

No dzinēju palaišanas momenta līdz to izslēgšanai selektors atrodas stāvoklī *ARMED*.

Tādā gadījumā pie katras ieejas vai dienesta durvju atvēršanas nostrādā durvju automātiskā atvēršanas sistēma [64].

Durvju kustība, izejot tai no lidmašīnas ailes, izraisa trapa iepakojuma atvēršanos, traps krīt uz leju. Trapa krišana rada troses nostiepumu automātiskai gāzes uzpildes sistēmas nostrādei. Traps piepildās, un var sākties pasažieru evakuācija.

Ja nenotiek automātiska trapa uzpilde, var izmantot speciālo rokturi *PULL* ar rokas troses ieslēgšanu. Rokturis atrodas uz trapa (tā priekšējā gala).

Šāda trapa iekārta nav sarežģīta un līdzinās visiem citiem avārijas trapiem, ko izmanto mūsdienīgās lidmašīnās – divi gareniski pneimostieņi, viens šķērstienis un slīdēšanas celiņš. Viss izgatavots no augstu un zemu temperatūru izturīga polimērmateriāla. Lai būt iespēja turēties pie trapa uz ūdens, gar tā malām nostieptas lentas.

Gāzes uzpildes sistēma – augsta spiediena metāla kompozīta balons ar saspiesto gāzi, ventilis, manometrs, augsta spiediena šļūtene un ežektors. Gāzes uzpildes sistēmas palaišanas iekārta – trapa stienis, trose automātiskai piepūšanas ieslēgšanai, rokturis ar trosi manuālai ieslēgšanai un avārijas apgaismojuma sistēma, kas sastāv no elektriskās baterijas, slēdža un gaismas diožu virtenes, kas uzstādīta gar slīdēšanas celiņu un pie noejas no trapa.

Avārijas traps iepakots konteinerā. Konteiners novietots durvīs un paslēpts zem dekoratīvā apšuvuma, kas ir interjera daļa. Tajā ir atvere, caur kuru redzams manometrs trapa balona spiediena pārbaudei. Virszemes dienesti un stjuarti pārbaudi veic pirms katra lidojuma.

Durvīs iebūvēts avārijas piepūšamais traps (5.4. a, b, att.), ko izmanto lidmašīnas atstāšanai, tai veicot avārijas nosēšanos uz sauszemes, un instrukcija, kā uzvilkt un kur uzglabāt glābšanas vesti.

iekārtotas vienkārši un pamanāmi, lai tās atvērtu, nav nepieciešama liela piepūle, instrukcija to atvēršanai attēlota gan durvju (lūku) iekšpusē, gan ārpusē.

Avārijas izejas atver viens no ekipāžas locekļiem (no kabīnes iekšpuses) vai viens glābējs (no ārpusēs) bez atslēgu un instrumentu izmantošanas. Avārijas izeju, kas ved uz spārnu virsmu, vietās ejas starp krēsliem ir palielinātas un netraucē lūku atvēršanai un pasažieru evakuācijai caur tām.

Ja rodas situācija, ka var iestāties cilvēku dzīvības un veselības draudi, pieņemot lēmumu evakuācijas veikšanai, ņemt vērā šādi faktori:

- sadūmojuma raksturs (melni vai balti dūmi), ir atklāta uguns;
- saņemts pietiekami daudz informācijas, lai pieņemtu lēmumu.

Evakuācija ir ārkārtīgi sarežģīta procedūra, un tā tiek veikta tikai tādā gadījumā, ja ir reālas briesmas cilvēku dzīvībai.

5.4.4. Nepieciešamā evakuācijas laika aprēķins

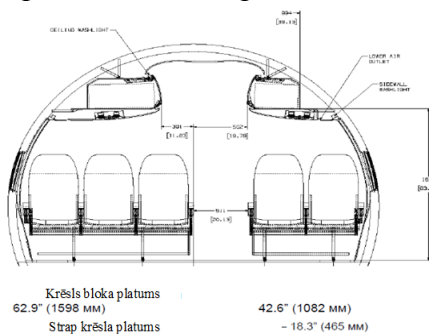
Pasažieru evakuācijas laika aprēķins no gaisa kuģa sākas ar pilnu GK fizelāžas ģeometrisku parametru saņemšanas (ekipāžas kabīnēs, pasažieru salonu), izmantojot tehnisko dokumentāciju. Tajā iekļauts:

- avārijas izeju skaits;
- vietu skaits salonā;
- krēslu rindu skaits;
- krēslu skaits rindā;
- attālums starp rindām;
- eju skaits un platums;
- attālums no malējo krēslu rindām līdz avārijas izejām (AB);
- fizelāžas diametrs;
- pasažieru salona garums.

Shematiski tas attēlots 5.8. attēlā. Promocijas darbā evakuācijai nepieciešamā laika aprēķins veikts īpaši bīstama ugunsgrēka attīstības variantam. Izskatītajā gadījumā [41, 42] ugunsgrēkam raksturīga bīstamības faktora tempa pieaugšana.

Ģeometriskie raksturojumi:

- krēsla platums;
- krēsla solis;
- puse no pasažieru salona platuma.



5.9. att. Tuvo magistralu lidmašīnas salons.

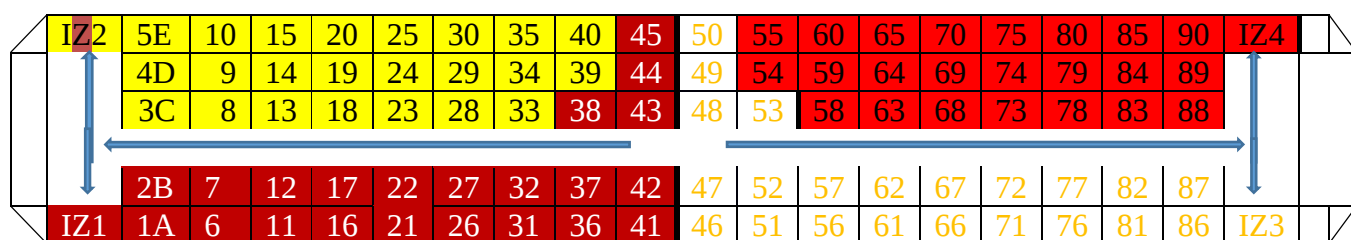
Pamatojoties uz iepriekš teikto, izstrādāta apskatītās metodes shēma. GK avārijas situācijā, lai efektīvi izmantotu līdzekļus pasažieru evakuācijā, svarīgas ir evakuācijas iespējas, kas atkarīgas no rezerves avārijas izeju skaita, laika, kas nepieciešams to sagatavošanai darbam utt.

Tāpēc nepieciešams noskaidrot galveno un papildu avārijas izeju skaitu un to atrašanās vietu konkrētajā GK tipā un attēlot tās shematiski – noskaidrot tehniskos raksturojumus, izmantošanas iespējas, galveno un papildu avārijas izeju tipu. Tiek pieņemts, ka pasažieri sadalīsies vienmērīgi pa avārijas izejām.

Promocijas darbā pieņemts, ka visas četras galvenās avārijas izejas (IZ) atrodas darba stāvoklī. Nepieciešamā evakuācijas laika aprēķins veikts visbīstamākā ugunsgrēka attīstības variantam, ko raksturo lielā tempā pieaugošie ugunsgrēka bīstamības faktori. Vispirms aprēķina kritisko ugunsgrēka ilgumu, sasniedzot katra bīstamā ugunsgrēka faktora pieļaujamo robežu cilvēku atrašanās zonā:

- pēc paaugstinātas temperatūras;
- pēc redzamības zuduma;
- pēc skābekļa satura samazināšanās;
- pēc katra gāzveida produkta degšanas.

Hermētiskā fizelāžas nodalījumā ir divas ieejas durvis pasažieriem un ekipāžai, divas servisa durvis, divas lūkas bagāžas-kravas nodalījumiem, kā arī lūkas tehniskiem nodalījumiem. Nodalījumi galvenajām balsta šasijām un priekšējam šasijas balstam aizveras ar aizvīrtņiem. Priekšējās pasažieru un ekipāžas ieejas durvis, kravas nodalījumu lūkas un tehnisko lūku vāki var tikt aizvērti no ārpuses ar individuālām lidmašīnas atslēgām.



5.10. att. Pasažieru evakuācijas shēma no lidmašīnas salona.



Durvis var atvērt manuāli gan no iekšpuses, gan arī no ārpuses, tām ir fiksējošas ierīces, kas durbvis notur atvērtā stāvoklī.

Pa durvju perimetru izvietoti hermētiski gumijas profili. Maksimālais pieļaujamais pasažieru vietu skaits atkarīgs no lidmašīnas tipa un avārijas izeju skaita, kas paredzēts katram fizelāžas bortam. Maksimālais pasažieru vietu skaits, kas ir pieļaujamais katrai avārijas izejai konkrēta tipa lidmašīnā, tiek noskaidrots šādi: A tips – 98 vietas; izeja no šāda tipa lidmašīnas atrodas grīdas līmenī, taisnstūra eju platums – ne mazāk par 610 mm, augstums – ne mazāk par 1220 mm, noapaļoto stūri rādiuss – ne vairāk par 203 mm. Ja pasažieru vietu skaits ir no 41 līdz 110, uz katra fizelāžas borta ir divas avārijas izejas, no kurām vienai jābūt III tipa vai arī lielajai avārijas izejai [60].

Pie pasažieru un ekipāžas avārijas evakuācijas darbu veikšanas uz zemes avārijas nosēšanās gadījumā 98 pasažieri, kuri atrodas uz lainera borta, kā arī pieci ekipāžas locekļi sekmīgi evakuējas 90 sekundēs.

Aprēķina piemērs

Vieta Nr. 6A uz IZ1:

$X = \text{krēsla platums} + \text{puse no pasažieru salona platuma} + \text{attēlums starp krēsliem} + (\text{krēsla platums} \times 2) \times 1,334 + IZ1 = (0,45 + 0,47 + 0,81 + 0,9) \times 1,334 + 1 = 4,6 \text{ sek.} \quad (5.15.)$

Vieta Nr. 7B uz IZ1:

$X = \text{puse no pasažieru salona platuma} + \text{attēlums starp krēsliem} + (\text{krēsla platums} \times 2) \times 1,334 + IZ1 = (0,47 + 0,81 + 0,9) \times 1,334 + 1 = 4,0 \text{ sek.}$

Vieta Nr. 8C uz IZ2:

$X = \text{puse no pasažieru salona platuma} + \text{attēlums starp krēsliem} + (\text{krēsla platums} \times 3) \times 1,334 + IZ2 = (0,45 + 0,47 + 0,81 + 1,35) \times 1,334 + 1 = 5,2 \text{ sek.}$

Vieta Nr. 9D uz IZ2:

$X = \text{krēsla platums} + \text{puse no pasažieru salona platuma} + \text{attēlums starp krēsliem} + (\text{krēsla platums} \times 3) \times 1,334 + IZ2 = (0,45 + 0,47 + 0,81 + 1,35) \times 1,334 + 1 = 5,2 \text{ sek.}$

Vieta Nr. 10E uz IZ2:

$X = (\text{krēsla platums} \times 2) + \text{puse no pasažieru salona platuma} + \text{attēlums starp krēsliem} + (\text{krēsla platums} \times 3) \times 1,334 + IZ2 = (0,9 + 0,47 + 0,81 + 1,35) \times 1,334 + 1 = 5,8 \text{ sek.}$

Vieta Nr. 76A uz IZ3:

$X = \text{krēsla platums} + \text{puse no pasažieru salona platuma} + (\text{attēlums starp krēsliem} \times 2) + (\text{krēsla platums} \times 2) \times 1,334 + IZ3 = (0,45 + 0,47 + 1,62 + 0,9) \times 1,334 + 1 = 5,7 \text{ sek.}$

Vieta № 77B uz IZ3:

$X = \text{puse no pasažieru salona platuma} + (\text{attēlums starp krēsliem} \times 2) + (\text{krēsla platums} \times 2) \times 1,334 + IZ3 = (0,47 + 1,62 + 0,9) \times 1,334 + 1 = 5,1 \text{ sek.}$

Vieta Nr. 78C uz IZ4:

$X = \text{puse no pasažieru salona platuma} + (\text{attēlums starp krēsliem} \times 2) + (\text{krēsla platums} \times 3) \times 1,334 + IZ4 = (0,47 + 1,62 + 1,35) \times 1,334 + 1 = 5,7 \text{ sek.}$

Vieta Nr. 79D uz IZ4:

$X = \text{krēsla platums} + \text{puse no pasažieru salona platuma} + (\text{attēlums starp krēsliem} \times 2) + (\text{krēsla platums} \times 3) \times 1,334 + IZ4 = (0,45 + 0,47 + 1,62 + 1,35) \times 1,334 + 1 = 6,3 \text{ sek.}$

Vieta Nr. 50E uz IZ4:

$X = (\text{krēsla platums} \times 2) + \text{puse no pasažieru salona platuma} + (\text{attēlums starp krēsliem} \times 2) + (\text{krēsla platums} \times 3) \times 1,334 + IZ4 = (0,9 + 0,47 + 6,48 + 1,35) \times 1,334 + 1 = 13,6 \text{ sek.}$

Aprēķina rezultāti ievietoti 5.5. tabulā.

5.5. tabula

Laiks, kas nepieciešams, lai nokļūtu līdz avārijas izejai

Vietas Nr.	Laiks, s	Vietas Nr.	Laiks, s
A-1	2,6	A-86	2,6
B-2	2,8	B-87	2,8
C-3	2,2	C-88	2,2
D-4	2,1	D-89	2,1
E-5	1,6	E-90	1,6
A-6	4,6	A-81	4,6
B-7	4,0	B-82	4,0
C-8	5,2	C-83	5,1
D-9	5,2	D-84	5,2
E-10	5,8	E-85	5,8
A-11	5,7	A-76	5,7
B-12	5,1	B-77	5,1
C-13	5,6	C-78	5,6
D-14	6,3	D-79	6,0
E-15	6,6	E-80	6,6
A-16	6,5	A-71	6,5
B-17	5,9	B-72	5,9
C-18	6,5	C-73	6,5
D-19	7,1	D-74	7,1
E-20	7,7	E-75	7,7
A-21	8,2	A-66	8,2
B-22	7,6	B-67	7,6
C-23	7,6	C-68	7,6
D-24	8,2	D-69	8,2
E-25	8,7	E-70	8,7
A-26	8,6	A-61	8,6
B-27	8,6	B-62	8,6
C-28	8,6	C-63	8,6
D-29	9,2	D-64	9,2
E-30	9,8	E-65	9,8
A-31	9,7	A-56	9,7
B-32	9,8	B-57	9,8
C-33	9,7	C-58	9,7
D-34	10,3	D-59	10,3
E-35	10,8	E-60	10,8
A-36	10,7	A-51	10,7
B-37	10,2	B-52	10,2
C-38	10,1	C-53	10,1
D-39	11,3	D-54	11,3
E-40	11,9	E-55	11,9
A-41	11,8	A-46	11,8

B-42	11,2	B-47	11,2
C-43	11,2	C-48	11,2
D-44	11,8	D-49	11,8
E-45	13,6	E-50	13,6

Ņemot vērā veiktos aprēķinus, par kontrollaiku, kas nepieciešams līdz nokļūšanai pie IZ, tiek pieņemts maksimāls laiks – 13,6 sek.

Lai noskaidrotu pasažieru evakuācijai nepieciešamo laiku, jānoskaidro, cik ātri pasažieri (gan patstāvīgi, gan ar kāda palīdzību) var atstāt GK, izmantojot divus evakuācijas ceļus, kā arī pasažieru salona izmēri, norādot galvenās un rezerves izejas.

Aprēķinot normālo evakuācijas laiku, izskatīti seši evakuācijas scenāriji, no kuriem pieci nodrošina pasažieru izdzīvošanas iespēju.

Pēc tam, izmantojot iepriekš norādītās formulas, aprēķina evakuācijas laiku modelējamiem avārijas situāciju apstākļiem uz GK un avārijas un glābšanas operācijas veikšanas laiku. Kopējais evakuācijas laiks būs atkarīgs no izvēlētās evakuācijas metodes: pa durvīm, izmantojot piepūšamos trapus; pa durvīm, izmantojot auduma slīdceliņu; pa lūkām, izmantojot virves u. tml.

Visos gadījumos nepieciešams noskaidrot avārijas izeju caurlaides spējas (vidējo evakuācijas ātrumu no GK vienam cilvēkam pa katru avārijas izeju asevišķi). Tāpēc ir svarīgs laiks, kurā tiek sagatavotas lūkas, slīdceliņi, piepūšamie trapi un notiek cilvēku evakuācija.

Aprēķinot laiku, kas nepieciešams, lai pasažieri atstātu GK pa galvenām un papildu avārijas izejām, jāņem vērā avārijas izejas tipi un borta avārijas un glābšanas iekārtas.

Izmēģinājuma rezultāti liecina, ka *SSJ-100* ar rezervi iekļaujas aprēķinātajā laikā, un apstiprina, ka avārijas nosēšanās gadījumā visi lainera pasažieri un ekipāžas locekļi paspēs atstāt lidmašīnu līdz iespējamam ugunsgrēkam $5 \times 13,6 = 67,5$ sekunžu laikā.

Tādā veidā ir iegūts vidējais laiks, kas nepieciešams, lai pasažieri atstātu lidmašīnu. Tomēr šajā aprēķinā netiek ņemta vērā dispersija (izklaidēta) gadījuma pasažieru pārvietošanās laiks, kas var radīt iespaidīgas evakuācijas laika izmaiņas. Šajā gadījumā pie liela izklaidēta pārvietošanās laika nepieciešamais laika lielums var izrādīties mazāks pie maza un pat mērena laika izklaidējuma. Piemēram, ja uz borta ir viena fiziskā tipa pasažieri: tikai vienas kompleksijas un vecuma vīrieši; viena vecuma skolēnu grupa; pensijas vecuma tūristi utt. Aprēķina piemērs, norādot dažādas pasažieru evakuācijas iespējas, parādīts 2. pielikumā.

5. nodaļas secinājumi

1. Šajā nodaļā analizētas avārijas un glābšanas vienību darbības ārkārtas situācijā, kas saistīta ar aviācijas negadījumiem lidostas atbildības rajonā, balstoties uz starptautiskās lidostas “Rīga” piemēra. Sadarbībā ar aviokompāniju *airBaltic* veikti aprēķini par “kritisko zonu” noteikšanu *Boeing* tipa lidmašīnu ugunsgrēka dzēšanā lidostā “Rīga” un visefektīvāko ugunsdzēšanas līdzekļu izvēle.

2. Kārtība cilvēku evakuācijai no degošiem objektiem parādīja, ka civilajiem GK var izmantot vienkāršoto analītisko modeli, ieskaitot īpašas scenāriju iespējas aviācijas negadījumos, izvērtējot tajā esošo teorētiski eksperimentālā ceļā.
3. Aprēķina rezultāti pierāda, ka *SSJ-100* tipa lidmašīnas avārijas pamešanas laiks apskatītajos gadījumos iekļaujas vai ir ļoti tuvu *ICAO* normatīvam un avārijas nosēšanās gadījumā visi lainera pasažieri un ekipāžas locekļi spēs atstāt lidmašīnu, līdz lidmašīnas salonā iestāsies kritiski apstākļi.

SECINĀJUMI

1. Pamatojoties uz situācijas analīzi lidostas rajonā, izvērtētas pasažieru izdzīvošanas iespējas (cik ilgu laiku pasažieri var atrasties degošā lidmašīnā) T_R , un avārijas un glābšanas dienestam nepieciešamais laiks T_p . Modelējot ugunsgrēku lidmašīnas salonā, metodiski un matemātiski izvērtēta avārijas un glābšanas darbu efektivitāte.
2. Matemātiskā modelēšana, kas ļauj apzināt lielumus T_R un T_p dažādos notikumu attīstības scenārijos, dod iespēju apzināties un salīdzināt kritisko apstākļu attīstības dinamiku degošas lidmašīnas salonā. Lai noteiktu kritiskā līmeņa degošas lidmašīnas salonā skaitlisko vērtējumu, ir daudz ugunsgrēka riska faktoru, tāpēc jāizvērtē kompleksais kritērijs, kas satur divus faktorus: toksisko – K_{KV} un temperatūras – K_T . Koeficients K_{KV} parāda indīgo vielu toksisko devu, kas izdalās lidmašīnas degošajā salonā. Koeficients K_T – temperatūras deva. Promocijas darbā izvērtēts laiks, kas nepieciešams pasažieru evakuācijai no degoša lidmašīnas salona.
3. Pieņemot, ka indīgo vielu toksisko devu GK salona ugunsgrēkā cilvēks saņem no četriem degšanas produktiem – oglekļa oksīda (CO), oglekļa dioksīda (CO₂), hlorūdeņraža (HCL) un zilskābes (HCN) – tiek iegūts summārais kompleksais koeficients K_{KV} , kas raksturo indīgo vielu daudzuma devu degošā salonā, kas sastāv no četriem koeficientiem, attiecīgi atsevišķi raksturojot katra – oglekļa oksīda, ogļskābās gāzes, hlora un cianīda ūdeņraža – iedarbību.
4. Aviācijas negadījumu izmeklēšanas prakses analīze parāda, ka ar precizitāti, kas pieļaujama šī pētījuma robežās, kritisko apstākļu koeficienta degošas lidmašīnas salonā skaitlisko vērtību pieļauts noteikt ar eksperimentālās aprēķināšanas metodes palīdzību.
5. Piedāvātais modelis dod iespēju izvērtēt pasažieru bojāejas risku ugunsgrēka situācijās. Ar šādu uzdevumu var saskarties ekspertu un apdrošināšanas organizācijas, kā arī aviokompāniju īpašnieki, lai izvērtētu bīstamības līmeni (nepieciešami dati par aviācijas negadījumu sekām, cietušo skaitu, ekonomiskiem zudumiem) un izveidotu apdrošināšanas fondu, no kura līdzekļiem varētu veikt izmaksas bojāgājušo ģimenēm un cietušajiem.
6. Esošo modeļu analīze, vērtējot pasažieru evakuācijas laiku no degošas lidmašīnas, tika pierādīts, ka pasažieru GK var izmantot vienkāršoto analītisko modeli, kas apkopo iespējamo aviācijas negadījumu scenāriju īpatnības, izvērtējot tajā esošos datus teorētiski eksperimentālā veidā.
7. Konkrētā modeļa aprobācija parādīja, ka laiks, kas nepieciešams, lai atstātu avarējušo lidmašīnu (lidmašīnas tips *SSJ-100*), lidostas vadības dienestu uzrādītajos scenārijos atbilst ICAO normatīvam (90 sek) vai ir tuvs tam. Tas apstiprina, ka avārijas nosēšanās gadījumā visi lainera pasažieri un ekipāžas locekļi spēs atstāt lidmašīnu, līdz iestāsies kritiskie apstākļi lidmašīnas salonā.

LITERATŪRAS SARAKSTS

Grāmatas

1. Alan J. Stolzer Safety Management Systemes in Aviation, 2nd Edition, Routledge, (2016). 396 Pages, ISBN-13: 978-1472431783.
2. Aircraft Rescue Fire Fighting Paperbak, ITA, Edition, (2017). 638 Pages, ISBN-10: 0879395842.
3. Forman A. Williams Combustion Theory , *Amazon's* , (2000), 580 Pages, ISBN-13: 978-0201407778.
4. Clarence Rodriguez The commercial aviation safety, Routledge, (2011), 560 Pages.
5. Barnes Warnock, Mc Cormick, M. P. Papadakis “Aircraft Accident Reconstruction and Litigation” USA, Lawyers & Judges, Publishing Company, Inc. (2003). 688 Pages.
6. Jeppesen Sanderson, “Airframes and Systems” , Germany, Jeppesen Sanderson, (2004). 502 lpp.
7. Jeffrey R. Davis, Robert Johnson, JanStepanek. “Fundamentals of Aerospace Medicine”, USA, Lippincott Williams & Wilkins, (2008). 724 Pages.
8. A Coordinated, Risk-based Approach to Improving Global Aviation Safety / 2011 State of Global Aviation Safety. ICAO- Montreal, Quebec, Canada. (2011). 80 Pages.
9. Muir, H. C., Thomas, L. J., and Wilson, R. L. (2004). Paper: Passenger safety in future very large transport aircraft. Human Factors and Aerospace Safety, 259 Pages.
10. V. Šestakovs. “Cilvēka faktors” Rīga, Latvija, (2015). – 120 lpp.
11. Šestakovs, V., Lapinskis, Z. *Aircraft Flight Safety*. Rīga: RTU, (2002). 81 lpp.
12. Черток В. Б., Артемов В. Н., Чугунов В. Л. Аварийно-спасательное оборудование пассажирских самолетов М., (2005). – 176 с.
13. Чугунов В. И., Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение полетов авиации. Организация авиационной службы поиска и спасания: учеб. пособие Чугунов В. И.; Академия ГА. – СПб, (2004). – 105 с.
14. V. Holčevnikovs, Mācību līdzeklis. – M.: Akadēmija VUGD Krievija, (2016). – 212 lpp.
15. Чугунов В. И., Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение полетов авиации. Аварийно-спасательные работы: учеб. пособие СПб : СПбГУ ГА, (2007). – 103с.
16. Зубков Б. В., Сакач Р. В., Костиков В. Безопасность полетов. М.: МГТУ ГА, (2010). 1–3 ч.
17. Зубков Б. В., Шаров В. Д., Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов. М.: МГТУ ГА, (2011). – 196 с.

Publikācijas

18. Muir, H. C.; Bottomley, D. M.; Marrison, C. (2018). “Effects of Motivation and Cabin Configuration on Emergency Aircraft Evacuation Behavior and Rates of

Egress” (PDF). *International Journal of Aviation Psychology*. 6 (1): 57–77. Pages. doi:10.1207/s15327108ijap0601_4.

19. Rasmussen, P. G.; and Chittum, C. B. (2002). Paper: The influence of Adjacent Seating Configurations on Egress Through a Type III Emergency Exit., DOT/FAA/AM-89-14, Washington DC.

20. Cohen, J. 2016. The Earth is round, *American Psychologist* 49(12): 997–1003, Pages.

21. Šestakovs, V., Lazareva, I. Guidelines on Evaluating Passenger Evacuation Possibilities in Aviation Incidents Involving Fires. *Aviation*, 2016, Vol. 20, Iss. 2, 98.–102. lpp. ISSN 1648-7788. e-ISSN 1822-4180. Pieejams: doi:10.3846/16487788.2016.1195063.

22. Vinogradovs, Trifonovs-Bogdanovs, P., L., Šestakovs, V. Civil Aviation Accidents and Incidents Classified According to Groups of Aviation Specialists. *Aviation*, 2013, Vol. 17, Iss. 2, pp. 76-79. ISSN 1648-7788. e-ISSN 1822-4180. Available from: doi:10.3846/16487788.2013.805861.

23. Lazareva, I., Šestakovs, V. Use of Statistical Reference Method to Improve Flight Safety. *Aviation*, 2014, Vol. 16, Iss. 2, 42.–46. lpp. e-ISSN 1822-4180. ISSN 1648-7788. Pieejams: doi:10.3846/16487788.2012.701864.

24. L. Vinogradovs, Suharevs, A., Šestakovs, V, L. Estimation of the Time of the Passenger Evacuation in Case of Air-Craft Accidents with a Fire in the Airport Area. In: *Aviation*. : (2019). ISSN 1648-7788. e-ISSN 1822-4180.

25. Šestakovs V., Lazareva I. Method of Assessment of Opportunities Evacuation Passengers in Accident Fire. In: 4. *Starptautiskā zinātniskā konference “Transporta sistēmas, loģistika un inženierija-2016”: rakstu krājums*, Latvia, Rīga, 30 Jun–1 Jul., 2016. Rīga: Aeronavigācijas institūts, 2016, pp. 78–86.

26. Vinogradov L, Vinogradov I. “Determining the costs of socio-economic accidents” *Scientific proceedings xxi international scientific-technical conference “trans & MOTAUTO '13”* Varna, BULGARIA, 2013, ISSN 1310-3946.

27. Vinogradovs L, Šestakovs V, Bushinska, L. The Human Factor in Matters of Aircraft Maintenance. In: *Machines, Technologies, Materials*, Croatia, Sarajevo, 12–16 June, 2012. Sarajevo: , 2012, pp. 122-123.

28. Vaivads, A., Vinogradovs, L., Šestakovs, V. Assessment of Safety in Case of Failure of Aircraft. In: *4th International Conference on Scientific Aspects of Unmanned Aerial Vehicle (SAUAV-2010) :Proceedings*, Poland, Suchedniów, 5–7 May, 2010. Kielce: Kielce University of Technology, 2010, pp. 602–609. ISBN 978-83-88592-70-6.

29. Vaivads A., Shestakov V., Vinogradov L. Search and Emergency- Recue Organization and Realization at Aviation Accidents in the Airprt Responsibility area. 4th International Conference on scientific Aspects of unmanned aerial vehicle Kielce, Poland, May 5–7, 2010, pp 616-619. ISBN 978-83-88592-70-6.

30. Vinogradovs, L., Lazareva, I., Šestakovs, V. Fuselage Cladding Fire Resistance Assessment of Aviation Accidents with Fire. In: 52. *RTU Studentu zinātniskās un tehniskās konferences materiāli*, Latvia, Rīga, 2–29 April, 2012. RTU: RTU Izdevniecība, 2011, pp. 320–320. ISBN 978-9934-10-259-2.

Dokumenti

31. Latvijas Republikas 1994. gada 5. oktobra likums "Par aviāciju", Latvijas Vēstnesis, 20.10.1994, Nr. 123.
32. LR Ministru Kabineta Noteikumi Nr. 331 Noteikumi par pasākumiem, kas saistīti ar civilās aviācijas nelaimes gadījumiem [...civilā lidlauka (lidostas) glabšanas dienesta atbildības rajons (saskaņā ar Starptautiskās Civilās aviācijas organizācijas (ICAO) izdotajiem standartiem un rekomendācijām...].
33. LR Ministru Kabineta Noteikumi Nr. 635 Noteikumi par civilās aviācijas lidlauku izveidošanu, sertifikāciju un ekspluatāciju [darbojas lidlaukiem].
34. Valsts akciju sabiedrība "Starptautiskā lidosta "Rīga"". "Ārkārtas situācijas pasākumu plāns". Rīga. 2015.
35. Valsts akciju sabiedrība "Starptautiskā lidosta "Rīga"". "Operatīvā kaujas taktika UKVN personāla rīcība saņemot ārkārtas situācijas izsaukumu" Rīga. 2012.
36. Valsts ugunsdzēsības un glābšanas dienests. Ugunsgrēku dzēšana lidmašīnās. – Rīga, 2007.
37. ICAO Annex 14 Aerodromes, Charter 9 [Pamata dokumenti].
38. Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) Nr. 996/2010 (2010. gada 20. oktobris) par nelaimes gadījumu un incidentu izmeklēšanu un novēršanu civilajā aviācijā, ar ko atceļ Direktīvu 94/56/EK.
39. Komisijas Regula (EK) Nr. 379/2014, ar kuru groza Regulu (ES) Nr. 965/2012, ar ko nosaka tehniskās prasības un administratīvās procedūras saistībā ar gaisa kuģu ekspluatāciju atbilstīgi Eiropas Parlamenta un Padomes Regulai (EK) Nr. 216/2008. 1178/2011.
40. Komisijas Regula (ES) Nr. 139/2014 (2014. gada 12. februāris), ar ko nosaka prasības un administratīvās procedūras saistībā ar lidlaukiem atbilstīgi Eiropas Parlamenta un Padomes Regulai (EK) Nr. 216/2008.
41. Eiropas Parlamenta un Padomes Regula (ES) 2018/1139 (2018. gada 4. jūlijas) par kopīgiem noteikumiem civilās aviācijas joma un ar ko izveido Eiropas Savienības Aviācijas drošības agentūru, ar ko groza Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 2111/2005, (EK) Nr. 1008/2008, (ES) Nr. 996/2010, (ES) Nr. 376/2014 un Direktīvas 2014/30/ES un 2014/53/ES un atceļ Eiropas Parlamenta un Padomes Regulas (EK) Nr. 552/2004 un (EK) Nr. 216/2008 un Padomes Regulu (EEK) Nr. 3922/91.
42. Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes CS-25, EASA, Amendment 14, 2013.
43. 4 Emergency procedurus, Initiation of Evacuation, airBaltic, 2015.
44. Operations Manual, PART D, Training Syllabus and Chacing, SMART LYNX, 2018
45. ICAO Dok. Nr. 9973 Rokasgrāmata par palīdzības sniegšanu aviācijas negadījumos cietušajiem un viņu ģimenēm.
46. Komisijas Regula (ES) Nr. 1332/2011 (2011. gada 16. decembris), ar ko nosaka kopējas gaisa telpas izmantošanas prasības un ekspluatācijas procedūras attiecībā uz gaisa kuģa sadursmju novēršanu. Dokuments attiecas uz EEZ [Gaisa kuģa sadursmju novēršanas sistēmas].

47. NFPA (National Fire Protection Association) publication 407 "Aircraft Fuel Servicing" Battery March Park, Quincy, Mass., U.S.A., 02269.
48. NFPA (National Fire Protection Association) publication 424 "Airport/Community Emergency Planning" Battery March Park, Quincy, Mass., U.S.A., 02269.
49. FAA. Paper: Access-To-Egress III: Repeated Measurement of Factors That Control the Emergency Evacuation of Passengers Through the Transport Airplane Type-III Overwing Exit. 92019). DOT/FAA/AM-04/2. FAA. Paper: The influence of adjacent seating configurations on egress through a Type III emergency exit. DOT/FAA/AM-89/14.
50. FAA. Paper: Access to egress: A meta-analysis of the factors that control emergency evacuation through the transport airplane Type III overwing exit (2019). DOT/FAA/AM-01/2.
51. FAA. Paper: Access-to-Egress: Interactive effects of factors that control the emergency evacuation of naïve passengers through the transport airplane Type III overwing exit (2019). DOT/FAA/AM-02/16.
52. FAA. Paper: Access-to-Egress II: Subject management and injuries in a study of emergency evacuation through the Type-III exit (2019). DOT/FAA/AM-03/15.
53. DOT/FAA/AR-01/31, "Calculating Polymer Flammability from Molar Group Contribution", Final Report. Richard N. Wlters – Galaxy Scientific Corporation, English Creec Avenue, Building C, Egg Harbor Township, NJ 08234 and Richard E. Lyon, Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center, Airport and aircraft Safety Research and Development Fire Safety Section, Atlantic City International Airport, (2019). New Jersey 08405.
54. NFPA (National Fire Protection Association) publication 414 "Aircraft Rescue and Fire Fighting Vehicles" Battery March Park, Quincy, Mass., U.S.A., 02269.
55. IFSTA (International Fire Service Training Association) publication 206 "Aircraft Fire Protection and Rescue Procedures" Oklahoma State Uneversity, Stillwater, Oklahoma 74078.
56. NFPA (National Fire Protection Association) publication 402 "Recomended Practice for Aircraft Rescue and Fire Fighting Operational Procedures for Airport Fire Department" Battery March Park, (2019). Quincy, Mass., U.S.A., 02269.
57. ICAO Circular 270-AT/111, Outlook For Air Transport To The Year 2005, Canada, ICAO, (2018). 2 Pages.
58. ICAO Circular 270-AT/111, Outlook For Air Transport To The Year 2005, Canada, ICAO, (2018), 49 Pages.
59. Accident map Aviation Safety Network (2018). State of Global Aviation Safety. ICAO-Montreal, Quebec, Canada.

Interneta resursi

60. Federālā aviācijas aģentūra. Iekšējie ugunsgrēki. Resurss aprakstīts 20.08.2019. http://www.faa.gov/airports/airport_safety/aircraft_rescue_fire_fighting/.
61. Annual Safety Reviews 2018. / European Aviation Safety Agency – Publication Date 01.12.2018. – <http://easa.europa.eu>.
62. Skrejceļu drošība. Resurss aprakstīts 29.02.2018. <http://www.nts.gov/safety/mwl-4.html>

63. Ballistiskās iekārtas. Resurss aprakstīts 20.04.20197.
http://www.brsparachutes.com/lives_saved.aspx.
64. Ugunsdzēsības un krīzes vadības nodaļa. “Operatīvā kaujas taktika 3.apmācību programma Gaisa kuģu dzēšana” Rīga. 2015 Publiskais drošības pārskats par 2015. gadu / Transporta nelaimes gadījumu un incidentu izmeklēšanas birojs. – Publicēšanas datums 23.11.2018. – <http://www.taiib.gov.lv>.
65. Glābšanas rokasgrāmata. Resurss aprakstīts 15.03.2018.
<http://aviationsafetyadvisorygroup.org/projects-initiatives/resource-guide-to-aircraft-fire-fighting-rescue/>.
66. Federālā aviācijas administrācija. Iepazīšanās ar Ballistisko izpletnu sistēmu. Resurss aprakstīts 25.04.2018.
67. Aviācijas drošības grupa. Gaisa kuģu glābšana un dzēšana. Resurss aprakstīts 03.05.2017.
<http://aviationsafetyadvisorygroup.org/projects-initiatives/resource-guide-to-aircraft-fire-fighting-rescue/>.
68. Nacionālā transporta drošības aģentūra ASV. Aviācijas drošība. Resurss aprakstīts 04.03.2018. <http://www.nts.gov/safety/mwl-2.html>.
69. Statistika par nelaimes gadījumiem Resurss aprakstīts 09.02.2018.
<http://planecrashinfo.com/cause.htm>.
70. Amerikas transporta departaments. Izvelkamie torņi efektīvākai dzēšanai. Resurss aprakstīts 07.05.20128. http://www.airporttech.tc.faa.gov/safety/Downloads/05-53_Snozzle.pdf.
71. Amerikas nacionālā transporta drošības padome. Aviācijas negadījuma atskaite. Resurss aprakstīts 11.03.2018. <http://www.nts.gov/doclib/reports/2010/AAR1004.pdf>.
72. Amerikas nacionālā transporta drošības padome. Aviācijas negadījuma slēdziens. Resurss aprakstīts 18.03.2018. <http://www.nts.gov/investigations/summary/AAR1004.html>.
73. National Aeronautics and Space Administration of the USA, National Plan for Civil Aviation Human Factors, On Web page: Resurss aprakstīts 18.03.2018. <http://www.nasa.gov/>.
74. National Aeronautics and Space Administration of the USA, NASA Aviation Safety Reporting Form For Mechanics Resurss aprakstīts 25.03.2018. <http://www.nasa.gov/>.
75. 62. pants “Lidlauka personāla sagatavotība nelaimes gadījumā cietušā gaisa kuģa glābšanai”. Resurss aprakstīts 20.11.20. [http:// www.caa.lv/dok/lik_par_aviaciju](http://www.caa.lv/dok/lik_par_aviaciju).
76. 68. pants “Gaisa kuģa evakuācija” Resurss aprakstīts 18.03.2018 [http:// www.caa.lv/dok/lik_par_aviaciju. pdf](http://www.caa.lv/dok/lik_par_aviaciju.pdf).
77. Accident statistics. [http://www.mintrans.ru/documents/detail.php? ELEMENT_ID=13008](http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13008) Resurss aprakstīts 21.01.20.
78. Accident statistics. <http://aviation-safety.net/statistics/geographical/worldmap.php?year> Resurss aprakstīts 2018.
79. Accident statistics. <http://www.aviasafety.ru/indicator/509-ibp>. Resurss aprakstīts 2019.
80. Lidojumu drošuma pārskats par 2018. gadu. [http:// caa.lv/upload/userfiles/files/dp_2018.pdf](http://caa.lv/upload/userfiles/files/dp_2018.pdf).
81. Accident statistics. Resurss aprakstīts 2019. <http://www.planecrashinfo.com/cause.htm>.

82. Accident and fatality statistics from 2008 to 2016 year-to-date. Resurss aprakstīts 2019.
<https://www.icao.int/safety/iStars/Pages/Accident-Statistics.aspx>.
83. **Accidents at work** statistics . Resurss aprakstīts 2019, November 2019.
<https://ec.europa.eu/eurostat//Accidents at work statistics>.
84. **IATA SAFETY & FLIGHT OPERATIONS SOLUTIONS**. Resurss aprakstīts 21.01.20.
<https://www.iata.org/en/services/safety-flight-operations/>.
85. DETERMINE THE PROBABILITY OF PASSENGER SURVIVAL IN AN AVIATION INCIDENT WITH FIRE ON THE GROUND. Resurss aprakstīts 21.01.20.
<https://www.semanticscholar.org/paper/>.

PIELIKUMI

LAIKA NOSKAIDROŠANA PASAŽIERU KUSTĪBAI UZ AVĀRIJAS IZEJĀM

Pasažieru kustības uz avārijas izejām ātruma aprēķinam var izmantot šādus apzīmējumus:

- vidējais normālas komplekcijas cilvēka pārvietošanās ātrums – 1,3 sek/m;
- pieļaujamais lidmašīnas atstāšanas laiks – 90 sek.;
- organisma funkcionēšanas laiks sadūmotā platībā – 30 sek.
- laiks, kas nepieciešams, lai nokļūtu līdz tuvākajai avārijas izejai – 1,65 sek.
- laiks evakuācijai pa galvenām IZ – 1 sek.;
- laiks evakuācijai pa papildu IZ – 3 sek.;
- laiks evakuācijai ar trapa palīdzību – 1–2 sek.;
- laiks evakuācijai ar virves palīdzību – 5–10 sek.;
- laiks evakuācijai ar slīdceļa palīdzību – 3–4 sek.

Atkarībā no avārijas situācijas GK ir trīs evakuācijas iespējas:

- pirmais – pasažieri un ekipāža patstāvīgi atstāj GK;
- otrais – lielākā pasažieru daļa zaudē spēju patstāvīgi pārvietoties;
- trešais – daļa pasažieru patstāvīgi atstāj GK, daļa – ar citas personas, kas nav atradusies avarējušajā GK, palīdzību.

Iespējami divi evakuācijas ceļa tipi:

- pirmais – GK atstāšana notiek pa šādiem iecirkņiem:

paralēlās ejas starp krēsliem – eja cauri salonam – izeja no GK – lejup uz zemi;

- otrais – GK atstāšana pa iecirkņiem: ejas starp krēslu rindām – eja caur salonu – eja pie rezerves izejas – rezerves izeja – lejup uz zemi.

Katram evakuācijas ceļam ir sava caurlaides spēja, bet pirmā evakuācijas ceļa tipa pasažieru evakuācijas ātrums parasti ir lielāks, salīdzinot ar citiem. Katra evakuācijas ceļa tipa evakuācijas ātrums tiek noskaidrots eksperimentāli atkarībā no GK komponenta.

Pasažieru evakuācijas laiku var noskaidrot pēc formulas:

$$\tau_B = \frac{n + V_n(\tau_{1n} + \tau_{2n} + \dots + \tau_{in}) + V_g(\tau_{1g} + \tau_{2g} + \dots + \tau_{ig})}{K_n V_n + K_g K_g}, \quad (1.1.)$$

kur:

n – pasažieru skaits;

V_n, V_g – pasažieru evakuācijas ātrums pirmā un otrā tipa evakuācijas ceļiem;

τ_i – pasažieru plūsmas kustības laiks pie i – M iecirkni;

K_n, K_g – evakuācijas ceļu skaits pirmajam un otrajam tipam.

Iepriekš minētie GK avārijas apstākļi liecina, ka patstāvīgas evakuācijas ātrums pirmajam un otrajam evakuācijas ceļa tipam ir $V_{n.c.}$ un $V_{g..e.}$, nepatstāvīgās – $V_{g.n.e.}$ un $V_{g.n.e.}$.

Minimālais laika apzīmējums atbilstīs pirmajam evakuācijas ceļa tipam, maksimālais – otrajam.

Evakuācijas ātrumu V_k k var noteikt pēc formulas:

$$V_k = \frac{1}{f_i} \left[\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{l_i q_{i-1} \sigma_{i-1}} + \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{q_i \sigma_i} - \frac{1}{q_{i-1} \sigma_{i-1}} \right) \right]^{-1}, \quad (1.2.)$$

kur:

f_i – pieaugušam cilvēkam horizontālās projekcijas vidējais laukums;

L_i – i-tā iecirkņa garums;

L_i – cilvēku plūsmas garums i-am iecirknim, $g_i, g_i - I$ – kustības intensitāte i – aj un (i – I) – aj iecirkņu ceļam;

σ_i, σ_{i-I} – platums i-jam un (i – I) jam iecirkņu ceļam.

NEPIECIEŠAMĀIS EVAKUĀCIJAS LAIKS AR DISPERSIJAS APRĒĶINIEM

Izpētes rezultātā noskaidrots, ka parastas (vidējas) komplekcijas pasažiera GK atstāšanas vidējais izešanas ātrums ir 1,3 sek./m. Tas tiek ņemts vērā, aprēķinot kopējā evakuācijas laiku.

Aprēķinot nepieciešamo evakuācijas laiku atbilstoši ICAO prasībām (maksimālais evakuācijas laiks – 90 sek.), aprēķinos netiek uzskaitīta noteicošā laika dispersijas. Lai aprēķinātais evakuācijas laiks atbilstu ICAO normatīviem, jāņem vērā aprēķinātā laika dispersija.

Promocijas darbā apskatītais piemērs

Vidējais laiks, lai parastas (vidējas) komplekcijas pasažieris pārvarētu vienu metru, ir 1,3 sek., tomēr papildu izpēte liecina, ka:

ātrums, ar kādu spēj pārvietoties sievietes, ir 1,4 sek./m;

bērni – 1,5 sek./m;

gados veci pasažieri – 1,6 sek./m;

cilvēki ar īpašām vajadzībām – 1,68 sek./m.

2.1. tabula

Dažādu kategoriju pasažieru procentuālā attiecība

Nr.	Pasažierim kategorija	Procentuālais saturs i – grupas pasažieriem; % K_i	Vidējais laiks pasažieriem i – pas vienlīdzīgas grupas pārvarot vienu metru, sek. / metrs
1.	cilvēku ar normālu	57%	1.30
2.	sievietes	30%	1.40
3.	bērni	5%	1.50
4.	vecāku cilvēku	5%	1.60
5.	cilvēku ar ierobežotām spējām	3%	1.68

Tādā gadījumā pasažiera reālais vidējais laiks T , lai pasažieris pārvarētu vienu metru, ir:

$$T = (T_1 \times K_1) + (T_2 \times K_2) + (T_3 \times K_3) + (T_4 \times K_4) + (T_5 \times K_5) \quad (2.1.)$$

$$T_{\text{vid}} = 1,3 \times 0,57 + 1,4 \times 0,30 + 1,5 \times 0,05 + 1,6 \times 0,05 + 1,68 \times 0,03 = 1,3664 \text{ sek./m,}$$

kas par 5 % augstāks, nekā pieņemts aprēķinos.

Turklāt sagrupētās vidējās pārvietošanās dispersijas laiks, lai pārvarētu vienu metru, ir:

$$D\{T\} = \sum (K_i T_i - T_{\text{vid}})^2 \quad (2.2.)$$

$$K_i = (1,3 - 1,3664)^2 \times 0,57 + (1,4 - 1,3664)^2 \times 0,30 + (1,5 - 1,3664)^2 \times 0,05 + (1,6 - 1,3664)^2 \times 0,05 + (1,68 - 1,3664)^2 \times 0,03.$$

$$K_i = 0,009423 \text{ sek./m.}$$

Tātad: maksimālais laiks, kas nepieciešams, lai pasažieris nokļūtu līdz izejai, ir:

$$T_{\text{m.p.l.}} = 13,6 \text{ sek.}$$

Vidējais laiks, lai pasažieris pārvarētu vienu metru, – $T_{vid} = 1,3664 \text{ sek./m}$

Ņemot vērā laika dispersiju, lai pārvarētu vienu metru, – $D\{T\} = 0,009432 \text{ sek./m}$

Tādā veidā var aprēķināt laiku, kas nepieciešams, lai pārvarētu piecus iecirkņus, $T_{ev} = 13,6 \times 5 = 67,5 \text{ sek.}$, kas atbilst $67,5/1,3664 \sim L = 50$ metriem.

Tad pēc noteikuma dispersiju $[*^2]$ summas tiek aprēķināts:

$$D\{T_{ev}\} = 50^2 D\{T\} = 2500 \times 0,009432 = 23,6 \text{ sek./m} \quad (2.3.)$$

Vai arī vidējo kvadrātnovirzi (v. k. n.):

$$S_{ev} = \sqrt{D\{T_{ev}\}} = \sqrt{23,6} = 4,9 \text{ sek./m} \quad (2.4.)$$

Turpmākos aprēķinos jāņem vērā, ka vidējais pasažiera iziešanas laiks no salona ir 68 sek. pie izklienējuma (v. k. n.) 5 sek.

Tiek pieņemts, ka iegūtie raksturojumi atbilst normālam sadalījumam:

$$\varphi\left(\frac{t-\alpha}{\sigma}\right), \quad (2.5.)$$

kur α – matemātiski gaidāmais (izvietojuma parametrs). Tā statistiskais vērtējums pēc novērojumu rezultātiem – vidējais aritmētiskais lielums. Šajā gadījumā – 68 sek.

$$\sigma = \sqrt{D} \quad (2.6.)$$

Vidēji kvadrātiskā novirze, šajā gadījumā – 5 sek.

Tas nozīmē, ka reāli iespējamais laiks, lai atstātu pasažieru salonu atbilstoši plānošanai un pasažieru fiziskajam stāvoklim, ir dažādās robežās.

Promocijas darbā izskatītajā gadījumā iespējas visiem pasažieriem atstāt salonu (neņemot vērā vecumu un fizisko stāvokli) ir laikā (pēc likuma trīs σ sigma) $68 + 3 \times 5 = 83 \text{ sek.}$

Tātad, ja kāda iemesla dēļ pasažieru evakuācijas laiks palielināsies par 6 sekundēm, ies bojā gandrīz 50 % pasažieru. Tāda ir 15 sekunžu cena. Interesanti salīdzināt promocijas darbā iegūtos datus ar ICAO datiem.

Aprēķinot evakuācijas laiku pēc ICAO, ir izskatīti seši evakuācijas scenāriji, no kuriem piecos pietiekami bija 90 sek., kas nodrošināja izdzīvošanas iespēju:

$$P\% = \frac{5 \times 100\%}{6} = 83,00\% \quad (2.7.)$$

Parasti 83 % atbilst 0,954 standartizētam evakuācijas laikam

vai promocijas darbā apskatītajā gadījumā – $0,954 \times 5 + 68 = 73 \text{ sek.}$ ICAO reglamentē evakuācijas laiku ne vairāk par 73 sekundēm, to pārsniedzot apskatītajā gadījumā izraisīs gandrīz pie 17 % pasažieru bojāeju. Faktiski ICAO prasības fiksē mūsu gadījumam 90 sek./73 sek. – rezervi izdzīvošanai 1,23 izskatāmajam komponentam plānotam un fiziskam pasažieru stāvoklim. Pieņemot šos datus, bez rezerves koeficienta uzskaites izdzīvošanai un izejot no ICAO rekomendācijām, mums ir iespēju aprēķins P_1 ; P_2 ; P_3 ; (5.2. tab.) stāvokļa matrica, kur:

$$P_1 = F\left(\frac{90-73}{5}\right) = F(3,4) = 0,999 = 99,9\%, \quad (2.8.)$$

$$P_2 = \text{/divos gadījumos no sešiem} = \frac{2 \times 100}{6} \% = 33,3\%, \text{ kas izraisīs } F(-0,67) = \text{vai}$$

$$-0,67 \times 5 + 68 = 65 \text{ sek. veiksmīgai } 33\% \text{ pasažieru evakuācijai.}$$

Var secināt, ka viens no svarīgākajiem raksturojumiem, aprakstot evakuācijas apstākļus no degoša GK uz zemes, ir kopējā evakuācijas laika dispersija, kas aprēķina gadījuma novirzi no vidējiem izejošiem lielumiem, pēc kuriem tiek veikts evakuācijas laika aprēķins.

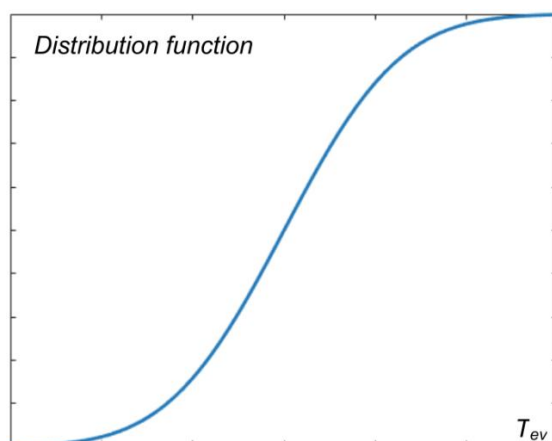
Vienāda vidējā laika gadījumā ir iespējams aprēķināt evakuācijas scenārijus – no labvēlīga līdz nelabvēlīgam.

Secinājums. Aprēķinot tikai vidējo evakuācijas laiku, lai aprēķinātu izdzīvošanas iespējas situācijā ar lidaparāta ugunsgrēku uz zemes, nedaudz jāsamazina pieprasītais laiks drošai pasažieru evakuācijai.

Faktiski pasažieru nevienlīdzība, ņemot vērā fizisko stāvokli un personīgās iespējas evakuēties, liecina par nepieciešamību palielināt vajadzīgo laiku drošai evakuācijai par 20 %, t. i., ieviest rezerves koeficientu izdzīvošanai $K_{\text{evak.}} = 1,2$ attiecībā pret vidējo pasažieru evakuācijas laiku.

Patērējamais (nepieciešamais) pasažieru evakuācijas laiks $T_{\text{evak.}}$ ir atkarīgs no pasažieru raksturojuma (dzimums, vecums, fiziskais stāvoklis u. c.). Tāpēc $T_{\text{evak.}}$ – gadījuma lielums (GL), un tādam tam ir sava matemātiskā vērtība (vidējā) $M\{T_{\text{evak.}}\}$ un dispersija $D\{T_{\text{evak.}}\}$ (izkliedējums).

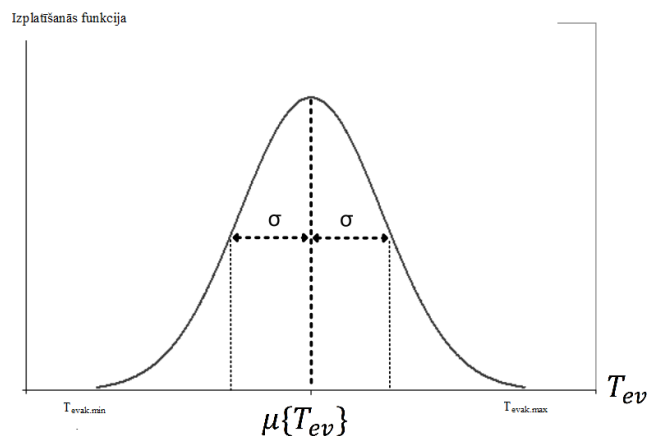
Katram gadījuma lielumam ir sava izkliede no minimāli iespējamā līdz maksimāli noteicošam, ko var raksturot ar izklieres funkciju [no “0” līdz “1”] (IF).



2.1. att. Izklieres funkcija.

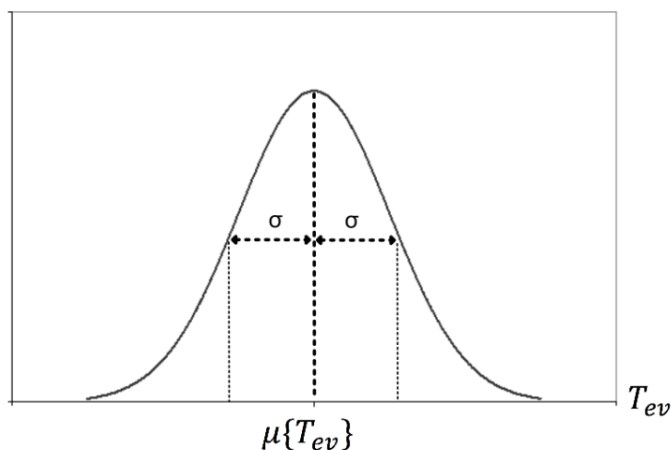
Izplatīšanās funkcija no viņas izdalītā blīvuma izplatīšanās funkcija (BIF), daudz redzamāk parāda izmaiņas, kur $M\{T_{\text{evak.}}\}$ un $D\{T_{\text{evak.}}\}$ vai vidējā kvadrātiskā novirze:

$$G = \sqrt{D\{T_{\text{evak.}}\}} \quad \text{parādīta} \quad (2.9.)$$



2.2. att. Izkliedes funkcija.

Tas nozīmē, ka puse no pasažieriem varēs evakuēties laikā līdz $M\{T_{evak.}\}$, otrai pusei būs nepieciešams vairāk laika.



2.3. att. Izkliedes funkcija.

Pieņemam, ka evakuācijas laiks ir normāla sadalījuma, t. i., simetrisks. Matemātiskā gaidīšana $M\{T_{evak.}\}$ un $D\{T_{evak.}\}$ tiek vērtēta pēc eksperimentāliem datiem, kur vidējais no iegūtajiem lielumiem:

$$\bar{T}_{vid} = \frac{\sum T_i}{n} \quad (2.10.)$$

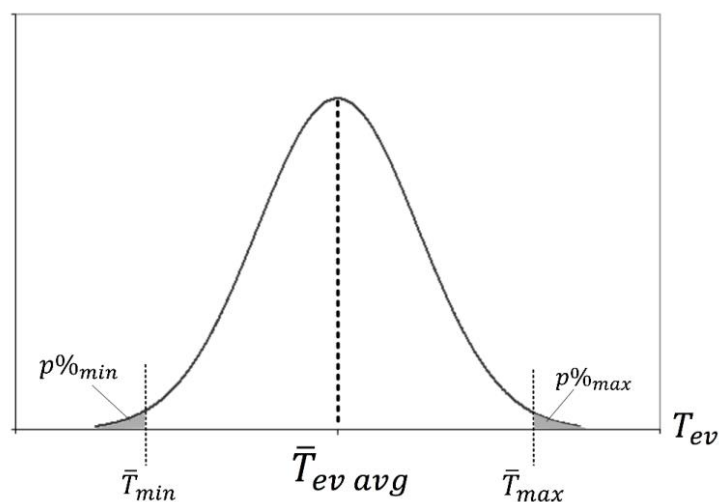
vai kā modelī $\sum T_i \lambda_i$, kur $\sum \lambda_i = 1,0$ (vidēji svērts), un izkliedējums (vidēji kvadrātiskā novirze), nosakām;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_{evak} - \bar{T}_{vid})^2}{n-1}} \quad (2.11.)$$

labojums novirzei vai kā modelī,

$$S = \sum S_i \lambda_i \quad (2.13.)$$

Īpašības (BIF) un to pielikums izskatītajam gadījumam:



2.4. att. Izkļiēdes funkcija.

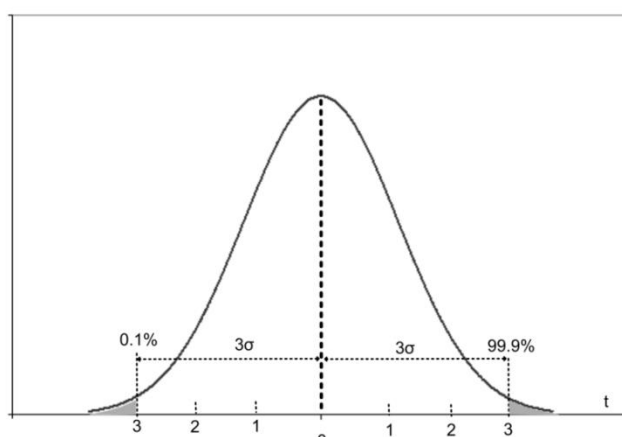
Kur:

$\bar{T}_{vid}$ (kā statistiskais vērtējums matemātiskai gaidīšanai);

$S_{evak.}$ – VKN (kā dispersijas statistisko shēmu), laukums zem līknes pa kreisi no

T_{min} iespējamai evakuācijai laikā mazākā T_{min} (t. i., paši sportiskākie, jaunākie, ātrākie), laukums zem līknes pa labi no T_{max} : iespējas, ka evakuācijas laiks pārsniegs T_{max} tāpēc, ja ugunsgrēka apstākļi limitē evakuācijas laiku vairāk nekā $T_{max} - P\%$ pasažieru ies bojā analogiski, ja ugunsgrēka apstākļi ierobežo evakuācijas laiku T_{min} , tad izglābjas tikai $P\%$ pasažieru. Lai noteiktu laukumu vērtību (kreisā borta un labā borta), jāastāda standartizvietojuma tabula.

Šajā pētījumā apskatīta tabula ar normālu standarta izvietojumu, jo tiek pieņemta hipotēze ar normālu evakuācijas laiku, jo pusei pasažieru evakuācijai būs nepieciešamas 68 sek. Pēc trīs σ likuma. Likums, pēc kura lielums $T_{evak} = \bar{T}_{vid} + 3 \times \sigma$, nodrošinās evakuāciju 99,9 % pasažieru, $68 + 3 \times 5 = 83$ sek.



2.5. att. Izkļiēdes funkcija.

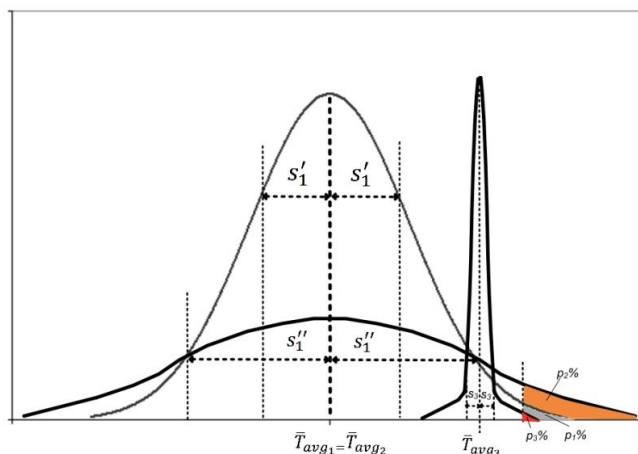
un tikai 0,1 % pasažieru izglābsies, ja evakuācija būs ierobežota. Tāpēc, promocijas darbā izskatītai pasažieru grupai ierobežojot evakuācijas laiku, kas ir mazāku par 53 sek., praktiski neizdzīvos neviens. Ja evakuācijai tiks atvēlētas 83 sekundes, izdzīvos praktiski visi.

$$t = \frac{T_{evak} - \bar{T}_{vid}}{S_{evak}}, \quad (2.14.)$$

tad veids BIF būs:

$$\begin{pmatrix} M\{*\} = 0 \\ D\{*\} = 1 \end{pmatrix} \quad (2.15.)$$

Kāpēc jāņem vērā dispersija:



2.6. att. Izkļiedes funkcija.

ugunsgrēka apstākļi S_{evak} (t. i., $T_{glābš}$, laikā $(P1-P \%)$ iet bojā $P \%$ pasažieru), turklāt T_{vid} , bet pie $S^{II} > S^I$ – laukums zem līknes (BIF) pa labi palielinās, t. i., iespēja lielākam skaitam pasažieru iet bojā paaugstinās!

Lai arī nepieciešamais evakuācijas laiks $T_{vid,3}$ būs lielāks, $\bar{T}_{vid,2}$, pēc dispersijas S^{III} būs mazāks $S^I - S^{II}$ – bojā ejas iespējas, ņemot vērā tos pašus ugunsgrēka parametrus, pat samazinās.

JAR DEGOŠO MATERIĀLU DEFINĪCIJAS*

JAR (*Joint Aviation Requirements/ Apvienotās aviācijas prasības*)

1 definē atšķirību starp ugunsdrošu, uguns izturīgu, liesmu izturīgu, uzliesmojuma izturīgu, un uzliesmojošu materiālu.

Ugunsdrošs materiāls – sastāvdaļas un ekipējums spēj izturēt liesmu temperatūru $1100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 15 minūtes ilgu laika posmu bez bojājumiem, kas var radīt draudus gaisa kuģim.

Uguns izturīgs materiāls – sastāvdaļas un ekipējums spēj izturēt liesmu temperatūru $1100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 5 minūtes ilgu laika posmu bez bojājumiem, kas var radīt draudus gaisa kuģim.

Liesmu izturīgs materiāls – noturēs liesmas līdz kādam konkrētam apgabalam, neļaujot tām izplatīties tālāk.

Uzliesmojuma izturīgs materiāls – pēc aizdegšanās strauji neuzliesmos.

Uzliesmojošs materiāls – pēc aizdegšanās var viegli uzliesmot vai eksplodēt. *

Fizelāžas kravas nodalījuma klasifikācija.

Klasifikācija notiek pēc JAR 23 un 25.

A klase

Vieta, kuru jebkurš pasažieris vai apkalpes loceklis var viegli pamanīt vai piekļūt tai lidojuma laikā, lai pamanītu uguni.

B klase

Vieta, kasir pieejama apkalpes loceklim, lai efektīvi sasniegtu nodalījumu ar rokas uguns dzēšamo aparātu. Sasniedzot šo nodalījumu, tas jānoslēdz, lai kaitīgie dūmi, liesmas vai uguns dzēšamā aparāta saturs nenonāktu pasažieru vai apkalpes telpā.

Dūmu vai uguns detektori ir novietoti telpās, lai ziņotu apkalpei par uguns klātbūtni.

C klase

Vieta, kurā ir nepieciešama dūmu detektora izvietošana un fiksēta uguns dzēšanas sistēma, kas tiek vadīta no apkalpes telpas.

Jānodrošina ventilācija, lai ar ugunsdzēšanas vielas palīdzību varētu kontrolēt uguni.

Jāizmanto visi līdzekļi, lai panāktu bīstama daudzuma dūmu, liesmu vai ugunsdzēšanas vielu nonākšanu pasažieru vai apkalpes telpā.

D klase

Vieta, kas ir pilnīgi noslēgta un nerada nekādus draudus gaisa kuģim vai pasažieriem. Telpas ietilpība nav lielāka par 28,3 kubikmetriem.

Šajā telpā ir visi līdzekļi, lai nodrošinātos pret bīstamu vielu nokļūšanu pasažieru telpās.

Siltums no šīs telpas neietekmē kritiskās gaisa kuģa daļas.

Ventilācija ir kontrolēta tā, ka gadījumā, ja telpā rodas uguns, tā neizplatīsies tik tālu, lai radītu jebkādas draudus.

Ventilācijas vērtība tiek aprēķināta pēc formulas $W = 2000 - V$, kur W ir ventilācija kubikpēdās stundas laikā, V – kubikpēdu daudzums. Piemēram, 500 kubikpēdu lielai telpai ir nepieciešama 1500 kubikpēdu liela ventilācijas vērtība.

E klase

Klasifikācija tiek lietota tikai kravas lidmašīnām. Kravas nodalījumā ir jābūt izvietotiem dūmu detektoriem, kas brīdina apkalpi. Apkalpei ir jāspēj pārtraukt kravas nodalījuma ventilāciju, atrodoties gan kabīnē, gan kravas nodalījumā. Ir jāspēj atbrīvot kravas nodalījumu no dūmiem un bīstamām gāzēm no jebkuras citas telpas, kurā atrodas apkalpe. Apkalpei ir jāspēj izklūt no GK pa avārijas izejām neatkarīgi no tā, kādā stāvoklī ir krava GK. Tualetes telpā ir jābūt pelnutraukam, kas novietots tuvu durvīm, pat tādā gadījumā, ja gaisa kuģī nav atļauts smēķēt. Tualetes durvīm ir jābūt izveidotām tā, lai tās varētu atslēgt arī no ārpuses, neizmantojot nekādus speciālos instrumentus. Katram dzinējam ir jābūt izveidotam tā, lai jebkurā brīdī varētu atslēgt degvielas, eļļas, pretapledošanas un citu uzliesmojošu šķidrumu piegādi gar vai caur uguns zonām. Sistēma jāveido tā, lai, atslēdzot šo padevi, vēlāk nenotiktu kādas svarīgas sistēmas atteice. Jānodrošinās pret nejaušu sistēmu aizvēršanu un jārada iespēja apkalpei atvērt padevi gadījumā, ja tā ir bijusi slēgta. Degoši šķidrumi – rezervuāri un cauruļvadi uguns zonās. Atsevišķi no dzinēja aizsardzības arī eļļas, kas tiek glabātas integrētā tvertnē ir jānodrošina pret ugunsizturību veidojot tvertnes un cauruļvadus no uguns izturīga materiāla. Ir jāvar noslēgt padevi no rezervuāra, un visam dizainam ir jānodrošina tāda paša līmeņa drošība, kā gadījumā, ja rezervuārs tur neatrastos. Ja cauruļvadi nebūtu uguns izturīgi, tie varētu radīt liesmas kādā citā zonā, izplatot tās tālāk. Svarīgām lidojuma kontroles ierīcēm un stiprinājumiem, kas atrodas tuvu uguns zonām, jāspēj izturēt lielu siltumu vai jābūt aizsargātiem tā, lai nenotiktu sagrašanās.

GK, kuru dzinēji ir piestiprināti zem spārniem, pastāv risks, ka dzinēja aizdegšanās gadījumā liesmas var sasniegt spārnu. Ja šī zona virs dzinēja gondolas ir daļa no degvielas tvertnes, tas var beigties ar katastrofu. Lai nodrošinātos pret šādiem gadījumiem, zonā virs dzinēja gondolas nedrīkst būt nekādu degošu šķidrumu vai materiālu. Šī zona ir veidota no ugunsdrošiem materiāliem.

* “Airframes and Systems” ,Germany, Jeppesen Sanderson Inc, 2004. 502 lpp.