

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 darba kopsavilkums

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

RTU Izdevniecība
Rīga 2020

Vinogradovs, L. Varbūtības pieeja pasažieru izdzīvošanas novērtēšanai aviācijas negadījuma situācijā lidostas atbildības rajonā. Promocijas darba kopsavilkums. Rīga: RTU Izdevniecība, 2020. 38 lpp.

Iespiests saskaņā ar Promocijas padomes "RTU P-22" 2019. gada 18. decembra lēmumu, protokols Nr. 04030-9.18.1/1.

<https://doi.org/10.7250/9789934225000>

ISBN 978-9934-22-499-7 (print)

ISBN 978-9934-22-500-0 (pdf)

PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2020. gada 18. decembrī Rīgas Tehniskās universitātes Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultātes Aeronautikas institūtā, Rīgā, Ķīpsalas ielā 6b, 204. telpā.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Asoc. profesors *Dr. sc. ing.* Eduardas Lasauskas,
Antanas Gustaitis Aviācijas institūts, Viļņas Ģedimina tehniskā universitāte, Lietuva

Profesors *Dr. habil. sc. ing.* Mārtiņš Kleinhofs,
Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

Profesors *Dr. habil. sc. ing.* Rafal Chatys,
Kielces Tehnoloģiju universitāte, Polija

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē zinātnes doktora (*Ph. D.*) grāda iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Leonīds Vinogradovs (paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, piecas nodaļas, secinājumi, literatūras saraksts, 37 attēli, 24 tabulas, trīs pielikumi, kopā 124 lappuses, ieskaitot pielikumus. Literatūras sarakstā ir 85 nosaukumi.

SATURS

PROMOCIJAS DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS	5
1. AVIĀCIJAS NEGADĪJUMA LIDOSTAS ATBILDĪBAS RAJONĀ RAKSTUROJUMS	11
2. MATEMĀTISKAIS MODELIS, LAI IZVĒRTĒTU LAIKU T_R , PASAŽIERU GLĀBŠANAI NO DEGOŠA LIDMAŠĪNAS SALONA	18
3. IESPĒJAMAIS PASAŽIERU IZDZĪVOŠANAS MODELIS AVIĀCIJAS NEGADĪJUMOS AR UGUNSGRĒKU UZ ZEMES	25
4. MODEĻA IZVĒLES APSTIPRINĀJUMS, LAI NOSKAIDROTU LAIKU, KAS NEPIECIEŠAMS PASAŽIERU EVAKUĀCIJAI NO LIDMAŠĪNAS DEGOŠA SALONA AVIĀCIJAS NEGADĪJUMĀ LIDOSTAS RAJONĀ – T_p	29
5. IZSTRĀDĀTĀS METODOLOĢIJAS PASAŽIERU IZDZĪVOŠANAS OVĒRTĒŠANAI GK APROBĀCIJA	33
SECINĀJUMI	38

PROMOCIJAS DARBA VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS

Darba aktualitāte

Tēmas aktualitāte ir pasažieru izdzīvošanas iespēju izvērtējums, 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 avārijas 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 iespēju izvērtējums, 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 iespēju izvērtējums, 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. Kuļešovs, 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. Kuļešovs, 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 ПРОСШЕСТВИЙ 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 Internetal 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 – 124 lappuses, 24 tabulas, 37 attēli, 85 literatūras avoti, trīs pielikumi.

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.

AGD – avārijas glābšanas darbi;

AGK – avārijas un glābšanas komanda;

AN – aviācijas negadījums;

APAP – aviācijas pneimo auduma pacēlājs;

CA – civilā aviācija;

DD – drošības dienests.

GK – gaisa kuģis;

GSV – gaisa satiksmes vadība;

ICAO – Starptautiskās civilās aviācijas organizācija;

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

LD – lidojuma drošība;

LGD – lidostas glābšanas dienests;

PNJ – pacelšanās-nosēšanās joslas;

UBF – ugunsgrēka bīstamie faktori;

UBS – ugunsgrēka brīdināšanas sistēmas;

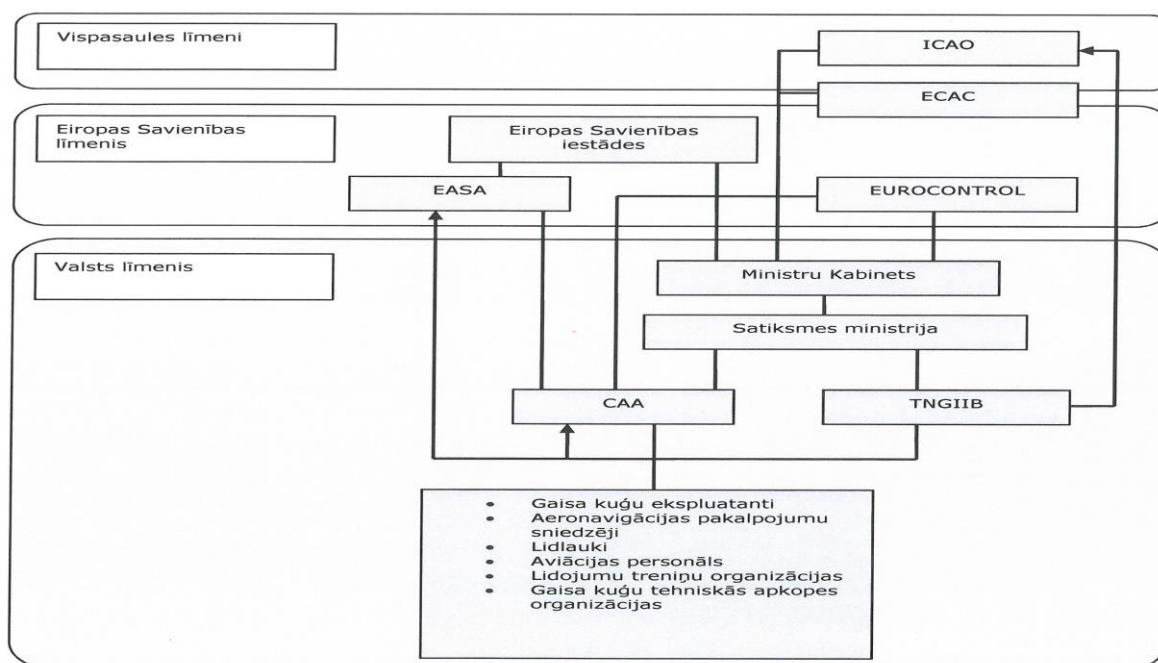
UDS – ugunsgrēka dzēšanas sistēma;

UK – ugunsdzēsības komanda;

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.

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 avioliņiju. 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.

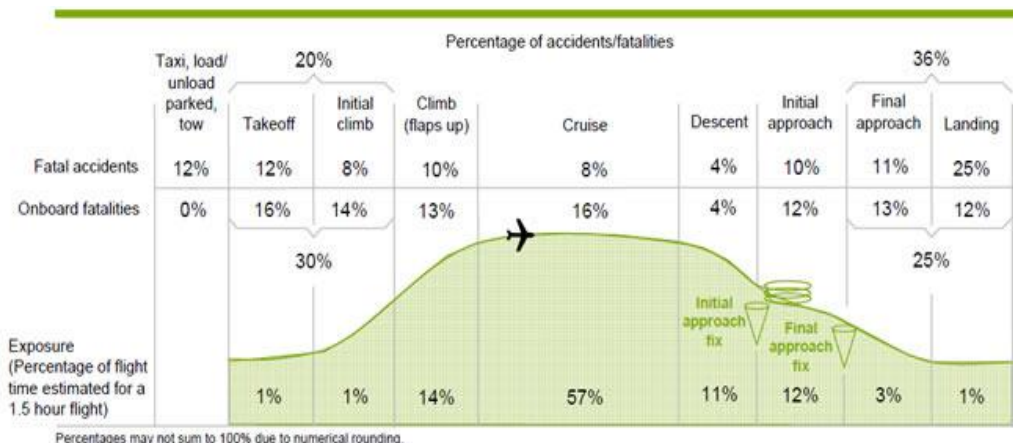
Euro Control – nodrošina ATC ICAO dalībvalstu intereses augšējā gaisa telpā.

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.

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 izriņķojot 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.



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

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.

Nemot 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.

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

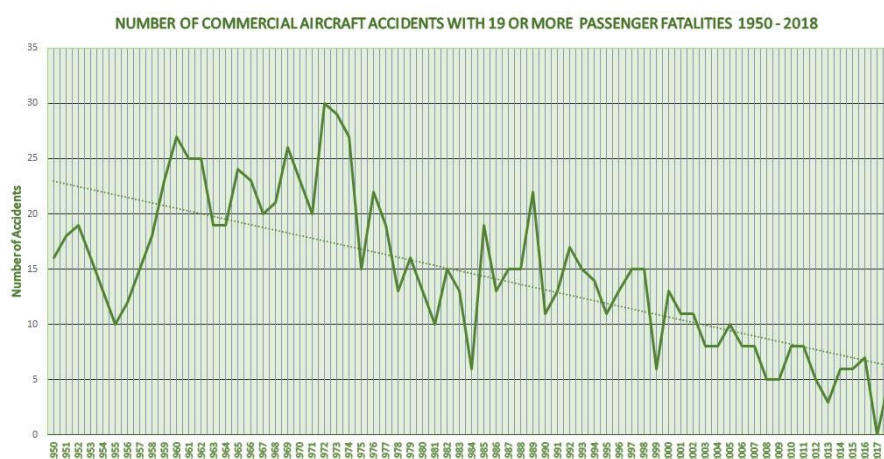
Tas apmēram atbilst IATA datiem, kas saņemti pēc audita par drošiem lidojumiem un ir 3,4 %. Tas nozīmē, ka ASV gadā no 10 milj. vietējo un starptautisko līniju reisiem katru dienu vidēji tūkstotim fiksēts nestabils nosēšanās sākuma manevrs.

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.

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 “izdzīvojami” vai “tehniski izdzīvojami”.

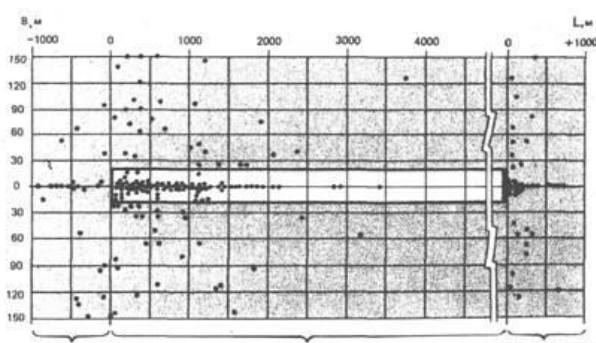
“Neizdzīvojamos” negadījumos visā pasaulē vidēji no 1500 (100 %) personām gadā iet bojā apmēram 900 cilvēku (60 %). Pārējie 600 (40 %) iet bojā “tehniski izdzīvojamos” negadījumos (3. att.).



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

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

1.4. 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.



1.4. att. Aviācijas negadījumu vietu diagramma attiecībā pret PNJ.

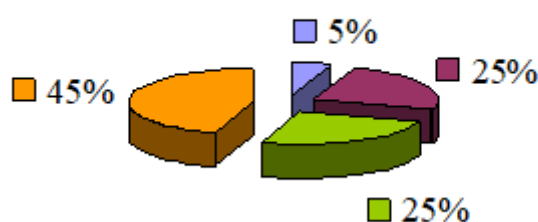
Minētie gadījumi sagatavoti, apkopojot informāciju par aviācijas negadījumiem, kas notikuši lidostas teritorijā vai tās atbildības rajonā, t. i., avārijas un glābšanas komandas darbības rajonā (AGK) lidostā. Šie gadījumi apkopoti 1.1. tabulā, ņemot vērā ugunsgrēka dzēšanas apstākļu grūtības pakāpi un pasažieru, kas cietuši negadījumā, skaitu un glābšanu (evakuāciju).

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

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		

Pēdējā desmitgadē lidmašīnu ugunsgrēki visā pasaulē ir ceturtais biežākais nāves iemesls komerciālā aviācijā (1.5. att.).

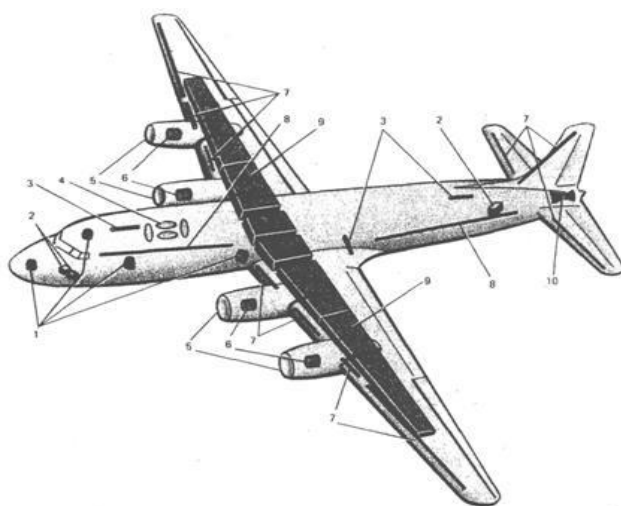


1.5. att. Statistika par ugunsgrēku iemesliem salonā.

- 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).

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



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).

1.6. att. GK ugunsnedrošās zonas.

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.

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 ugunsizturībai, 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 avioneģadījumi, ko pavada ugunsgrēki un kas notikuši lidostās vai to tuvumā.

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

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

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

- ugunsgrēka dzēšanai uz GK jā sākas, 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.

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

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 °C, pasažieru salonu augšējā daļā – līdz 900 °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 šādi: vispirms cilvēks ugunsgrēka apstākļu iedarbībā zaudē samaņu, spēju kustēties un attiecīgi paliek degšanas zonā.

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 .

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:

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

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.

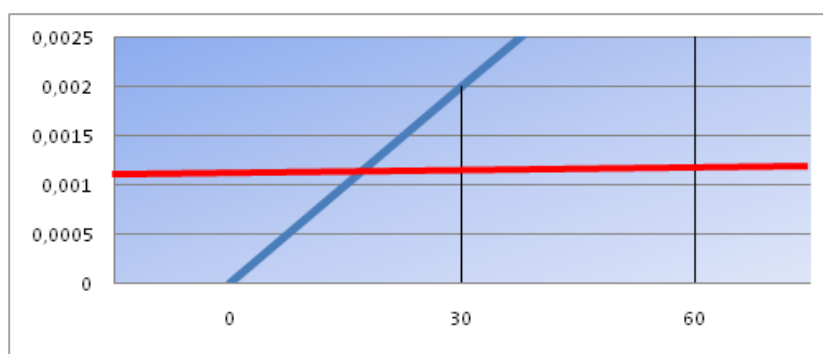
Lai noskaidrotu faktisko rādītāju, aprēķina summāro toksisko indeksu (K_m), izmantojot formulu:

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

kur C_{CO} , C_{CO_2} , C_{CO_i} – vidējā gāzu koncentrācija, kas saņemta izmēģinājumos, mg/m^3 ; CL_{50CO} , CL_{50CO_2} , CL_{50i} – vidējā nāvējošā gāzu koncentrācija pie izolētas 30 minūšu iedarbības uz izmēģinājuma dzīvniekiem.

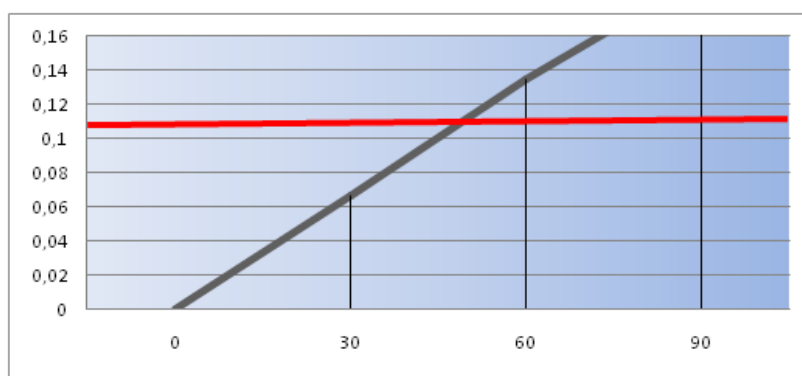
Savstarpējās iedarbības rezultātā ar hemoglobīnu asinīs veidojas neaktīvais karboksihemoglobīns, kas izraisa skābekļa piegādes traucējumu organisma audiem. Tā iedarbības laiks pie koncentrācijas 0,2–1,0 % ir 3–60 min. Oglekļa oksīds paātrina elpošanu, palielina plaušu ventilāciju, paaugstina adrenalīna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

Koncentrācijas dinamikas izmaiņas laikā oglekļa oksīdam (CO), oglekļa dioksīdam (CO_2), redzamas 2.1. attēlā.



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

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

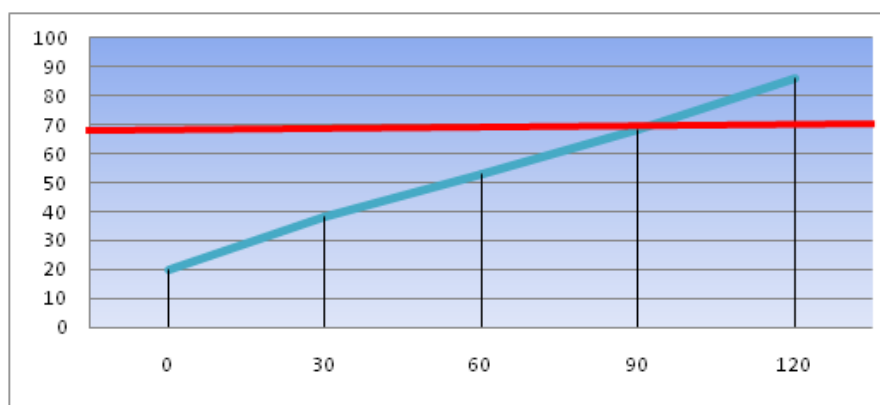


2.2. att. CO_2 koncentrācijas izmaiņu dinamika, kg/m^3 .

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

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.

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



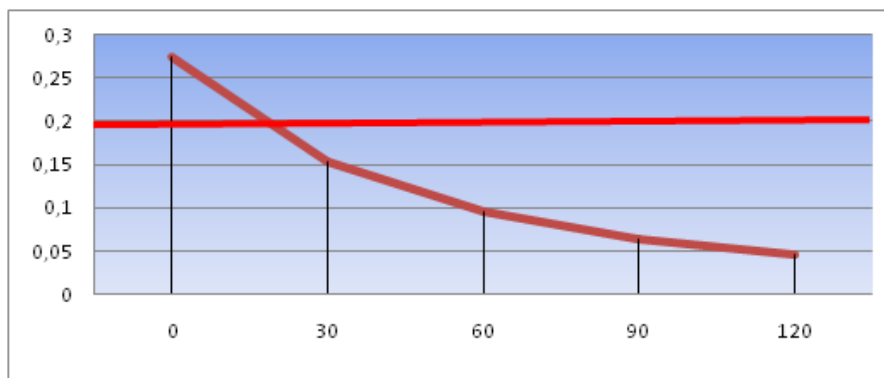
2.3. att. Temperatūras dinamikas izmaiņas, °C.

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.

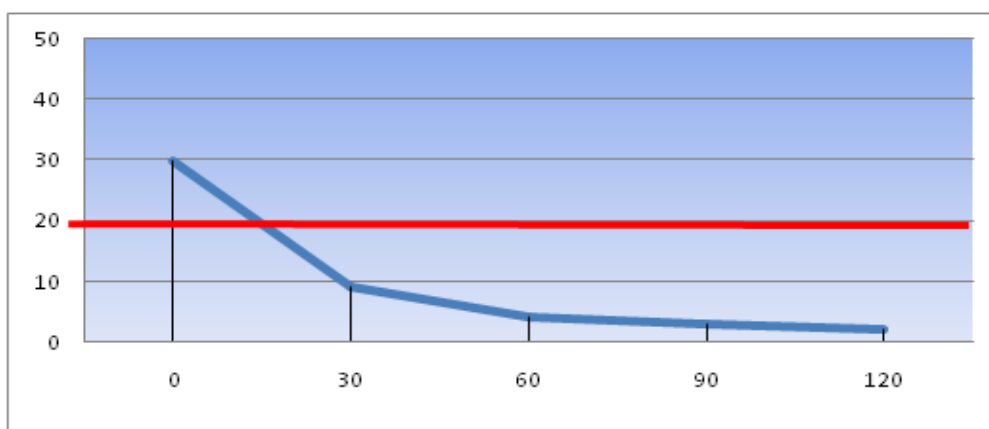
Šī procesa iespaidā skābekļa koncentrācija ugunsgrēkā samazinās. Skābekļa satura samazināšanās raksturīga katrai ugunsgrēka zonai, kurā ir dūmi: degšanas zonā; siltuma iedarbības zonā; sadūmojuma zonā.

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 biežākajā dūmu kārtā, piemēram, pie griestiem vai degošā telpā, radot briesmas cilvēkiem.

Skābekļa satura pazemināšanās galējā pieļaujamā robeža ir 0,226 kg/m³ (vai 17 % apj.) (2.4. att.).



2.4. att. Skābekļa koncentrācijas dinamikas izmaiņas, kg/m³.



2.5. att. Redzamības dinamikas izmaiņas, m.

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

1. Balansa enerģijas vienādojums ugunsgrēkā fiksētā apjomā:

$$\frac{d}{d\tau} \left(\frac{PV}{\alpha-1} \right) = \psi \eta Q_H^P + C_P^{\text{nar}} T_P^{\text{nar}} G_B - C_P T G_r - Q_W, \quad (2.3.)$$

kur P – spiediens, Pa; V – telpas apjoms, m³;

$$\alpha = \frac{C_P}{C_V} \approx 1,4, \quad (2.4.)$$

kur r – laiks, s; ψ – izdegšanas ātrums, kg/C; η – pilnīga izdegšana; Q_N^P – degošo materiālu siltumizdalīšanās spēja, J/kg; C_P – gāzes siltumietilpība pie patstāvīga spiediena, J/(kg K); T – vidējā gaisa temperatūra salonā, K; G_B un G_r – gaisa masas patēriņš, ugunsgrēka sākumā un beigās, kg/C; Q_W – summārais siltuma zudums salonā, J/C; augšējais indekss – “nar” pie parametriem apzīmē vides apstākļus ārpus telpām.

2. Materiāla balansa vienādojums :

$$\frac{d}{d\tau} (pV) = G_B + \psi \eta - G_T, \quad (2.5.)$$

kur p – vidējā apjoma gāzes blīvums ugunsgrēka telpā, kg/m³.

Lai noskaidrotu siltuma summāros zudumus salona konstrukcijā Q_w 2.3. vienādojumā, jāzina lidmašīnas apšuvuma temperatūra, kas iziet cauri plānajam metāla apšuvumam un ko var atrast siltuma balansa vienādojumā.

3. Siltuma balansa vienādojums

$$\frac{dT_M}{d\tau} = \frac{\alpha_{GW}(T - T_M) - \alpha_{WG}(T_M - T^{nar})}{\delta_M \rho_M C_M}, \quad (2.6.)$$

kur T_M – vidējā virsmas temperatūra lidmašīnas apšuvumam, K; α_{WG} un α_{GW} siltumatdeves koeficienti no gāzes vides uz virsmu un no virsmas uz gāzi, $J/(m^2 K C)$; δ_M – apšuvuma biezums, m; ρ_M – apšuvuma materiāla blīvums, kg/m^3 ; C_M – apšuvuma siltumapjoms, $J/(kg K)$.

Var aprobežoties ar parādītiem 2.3., 2.5. un 2.6. 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.

Tiek pieņemts, ka ugunsgrēka laikā spiediens telpā praktiski nemainās:

$$P = \text{const.} \quad (2.7.)$$

Izmantojot 2.6. vienādojumu pie $V = \text{const}$, tiek iegūts:

$$\frac{d}{d\tau} \left(\frac{PV}{\alpha - 1} \right) = 0, \quad (2.8.)$$

kur

$$G = \frac{\psi \eta Q_H^P + C_P^{nar} T^{nar} G_B - Q_W}{C_P T}. \quad (2.9.)$$

2.5. vienādojums dod:

$$G_r = \frac{1}{V} \left(G_B \psi \eta Q_H^P + \frac{\psi \eta Q_H^P + C_P^{nar} T^{nar} G_B - Q_W}{C_P T} \right). \quad (2.10.)$$

Tas ļauj izmantot Gē-Lisaka likumu:

$$pT = p_{sāk} T_{sāk} = \text{const}, \quad (2.11.)$$

kur apakšējais indekss “sāk” apzīmē sākuma apstākļus. Ja 2.11. vienādojumu diferencē, var atrast saikni:

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{T^2}{\rho_{sāk} T_{sāk}} \cdot \frac{dT}{d\tau}, \quad (2.12.)$$

kas atļaus pierakstīt 10. vienādojumu ar mainīgiem T un τ .

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{T^2}{V \rho_{sāk} T_{sāk}} \left(\frac{\psi \eta Q_H^P + C_P^{nar} T^{nar} G_B - Q_W}{C_P T} - G_B \psi_2 \right). \quad (2.13.)$$

Izmantojot 2.5. un 2.13. sistēmu vienādojumus, var atrisināt uzdevumu, lai atrastu meklējamo temperatūtu T un temperatūras samazināšanos uz siltuma zuduma rēķina lidmašīnas apšuvumā – T_M . Daži parametri, piemēram, α_{GW} , α_{WG} , δ_M , ρ_M , C_M , Q_H^P , atrodami

izziņas literatūrā, citi, piemēram, $T_{sāk}$, $T_{Msāk}$, $P_{sāk}$, $T^{sāk}$, V , C_p un $C_p^{ār}$, ψ , G_B tiek doti, rēķinoties ar salona ģeometriju un bojājumiem, ugunsgrēka apstākļiem siltuma zudums apšuvumā tiek noteikts kā:

$$Q_W = \alpha_{GW}^M (T - T_M) F_M + \alpha_{GW}^{izol} (T - T_{izol}) F_{izol}, \quad (2.14.)$$

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 formulas:

$$T_{izol} = T_{sāk} + 0,2(T - T_{sāk}) + 0,00065(T - T_{sāk})^2. \quad (2.15.)$$

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 degošas lidmašīnas salonā pret nāves iestāšanās laiku, tad:

$$K_T = \frac{\tau_t}{\tau_{nt}}, \quad (2.16.)$$

kur τ_t – atrašanās laiks vidē ar temperatūru T , s; τ_{nt} – letālu beigu iestāšanās laiks pie temperatūras T , s.

Attīstoties ugunsgrēkam, temperatūra pasažieru salonā mainās.

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

$$\tau_{nt} = 1,23 \cdot 10^5 \cdot e^{-0,432(T-273)} - 15. \quad (2.17.)$$

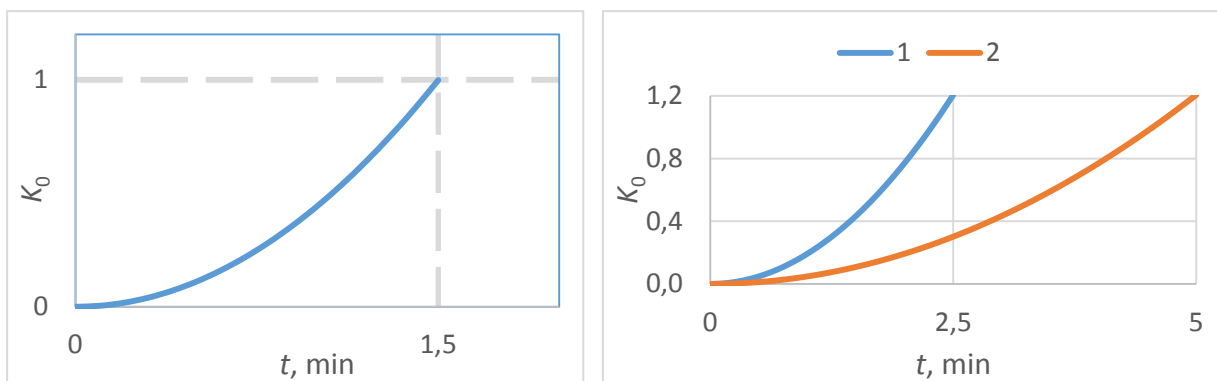
Koeficients, kas raksturo “temperatūras devas” daudzumu degošā lidmašīnas salonā K_T , aprēķināms šādi:

$$K_T = \int_0^{\tau} [1,23 \cdot 10^5 \cdot e^{-0,432(T-273)} - 15]^{-1} d\tau. \quad (2.18.)$$

Galīgā formula kompleksā kritiskā koeficienta degošā lidmašīnas salonā aprēķināšanai ir:

$$K_K = -K_{KV} + K_T. \quad (2.19.)$$

Riska koeficients K_K tika aprēķināts pēc eksperimentālas metodes rezultātiem, kas iegūti, sadedzinot krēslu bloku, izmantojot datus. Kā redzams grafikā, laiks, lai sasniegtu koeficientu $K_0 = 1$, ir 90 sekundes.

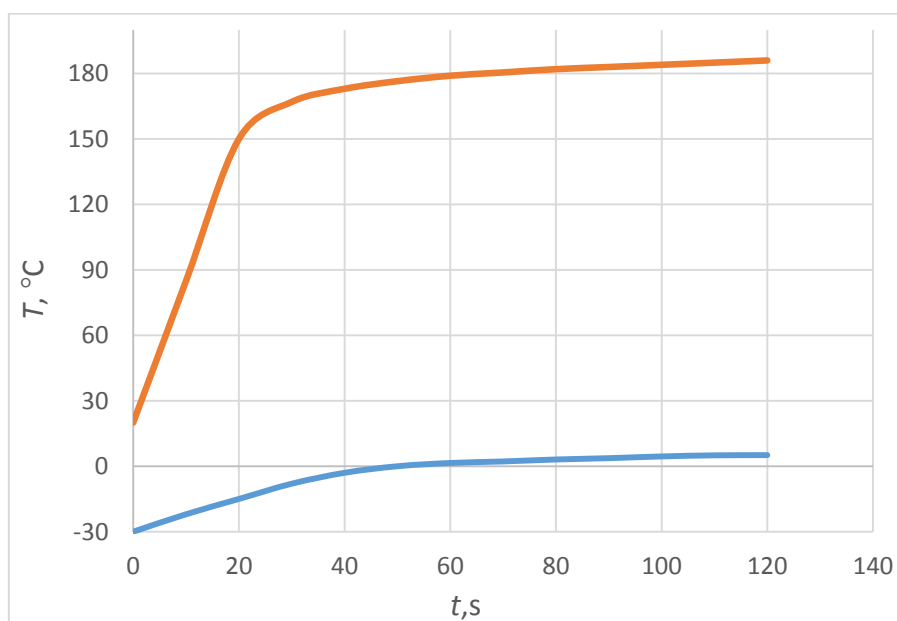


2.6. att. Eksperimentālie dati, dedzinot dekoratīvos un apdares materiālus.

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



2.7. att. Vidējās temperatūras izmaiņas lidmašīnas degošā salonā.

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

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. 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; neņem vērā statistiskos izņēmumus; terora aktus; karadarbību; ugunsgrēkus gaisā; GK sadursmi gaisā utt.

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.

3.1. tabula

Avārijas situāciju notikumu matrica parādīta

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, katastrofālā 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 katastrofālām.

$$N_{(1,2,3\dots)} > N_i \dots < \dots N_{(n-1,n)}, \quad (3.3.)$$

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

tāpat kā 21. vienādojumā.

Tāpēc pilnai avārijas notikumu situāciju matricai iespējamās 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”.

3.2. tabula

Notikumu matrica (skat. 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 $j = 1...4$:

- 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 grupas 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 3.3. 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 3.3. tabulā.

3.3. 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:

$$P_{\text{izdzīv.}} = \sum_{i=1}^{I=3} P_i N_i. \quad (3.5.)$$

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).

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

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.

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.

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 spārnu 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 s, savukārt laiks, kas nepieciešams viena pasažiera evakuācijai pa galvenajām durvīm – 1–1,25 s.

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.

Cilvēku evakuācijai nepieciešamais laiks t_a no gaisa kuģa borta tiek aprēķināts, ņemot vērā cilvēku plūsmas kustības laiks 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.

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:

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

kur t_1 – cilvēku plūsmas kustības laiks pirmajā (sākuma) iecirknī, s; $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$ – 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/s (noskaidro pēc 4.1. tabulas atkarībā no blīvuma D).

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

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

kur N_1 – pasažieru skaits pirmajā iecirknī, cilv.; δ_1 – pirmā iecirkņa ceļa platums, m; f – vidējais lauks cilvēka horizontālai projekcijai, m²/cilv.:

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

Ātrumu V_1 cilvēku plūsmas kustībai iecirkņu ceļā, kas seko pēc pirmā, pieņem pēc 4.1. tabulas atkarībā no cilvēku plūsmas kustības intensitātes katrā no šiem iecirkņu ceļiem, ko aprēķina visiem iecirkņu ceļiem, tai skaitā arī durvju ailēm, pēc formulas:

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

kur δ_i, δ_{i-1} izskatāmais platums i un viņa iepriekšējā iecirkņa ceļš, m; q_i, q_{i-1} – cilvēku plūsmas kustības intensitātei pa izskatāmo i un iepriekšējiem iecirkņu ceļiem, m/min (cilvēku plūsmas kustības intensitāte pirmajā iecirkņa ceļā $q = q_{i-1}$ noskaidro pēc 4.1. 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/s, vajag pieņemt līdzīgu:

16,5 – evakuācijas ceļiem;

19,6 – atverēm;

11,0 – piepūšamajam trapam.

Ja skaitlis q_i , kas aprēķināts pēc 4.5. formulas, ir lielāks par $q_{\max}$, tad platumu δ_i šim 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 4.1. tabulas ($D = 0,9$ un vairāk).

4.1. 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	1,00
0,05	100	5,0	5,00
0,10	80	8,0	8,70
0,20	60	12,0	13,40
0,30	47	14,1	16,50
0,40	40	16,0	18,40
0,50	33	16,5	19,60
0,60	28	16,3	19,05
0,70	23	16,1	18,50
0,80	19	15,2	17,30
0,90 un vairāk	15	13,5	8,50

Pie saplūšanas iecirkņa i sākumā cilvēku plūsmas kustības intensitāti q_i (m/min) aprēķina pēc formulas:

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

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.

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

$$T_{\text{sag.}} = \frac{L_{\text{vid}}}{V_{\text{vid}}}. \quad (4.8.)$$

Pasažieru sagatavošanai evakuācijai nepieciešamais laiks var palielināt kopējās evakuācijas laiku tikai tādā 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:

$$T_{\text{ev.sag.}} \cdot 2K = 90 \text{ s}, \quad (4.8.)$$

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.

5. IZSTRĀDĀTĀS METODOLOĢIJAS PASAŽIERU IZDZĪVOŠANAS NOVĒRTĒŠANAI GK APROBĀCIJA

Avārijas un glābšanas darbu organizēšana aviācijā ir strikti reglamentēta mūsdienīga aviācijas apakšnozare. 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. 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, kas ir tiesīgi izziņot konkrēto ārkārtas situāciju.

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. 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. 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.

Novērtēt un noteikt, vai lidostas ugunsdzēsības 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 nenoizmīgās vietās vēl ir liesmas.

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.

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.

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.

5.1. tabula

Teorētiskās kritiskā zonas GK

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.

Promocijas darbā evakuācijai nepieciešamā laika aprēķins veikts īpaši bīstama ugunsgrēka attīstības variantam. Izskatītajā gadījumā ugunsgrēkam raksturīga bīstamības faktora tempa pieaugšana.

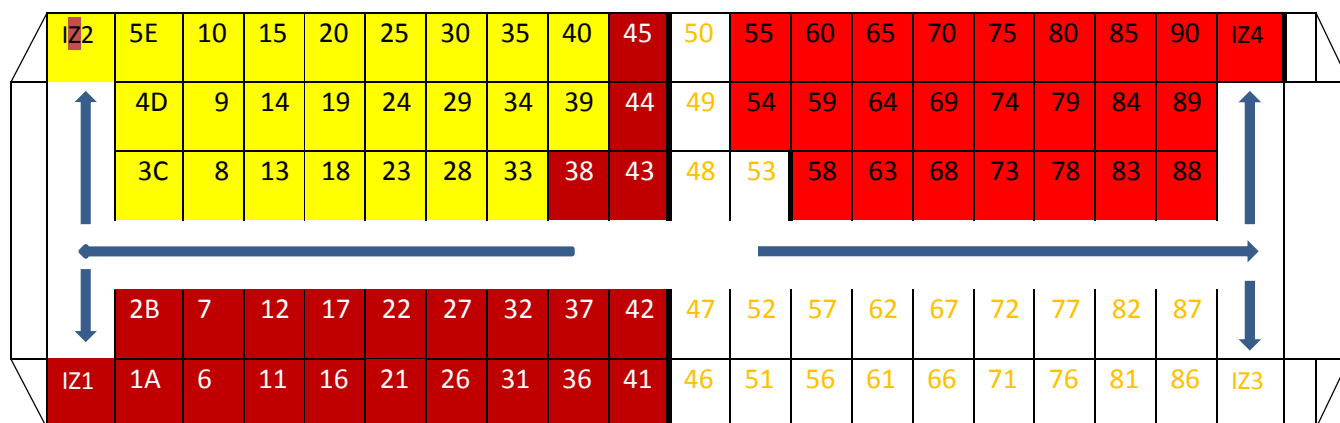
Pamatojoties uz iepriekš teikto, izstrādāta apskatītās metodes shēma. GK avārijas situācijā, lai efektīvi izmantotu līdzekļus pasažieru evakuācijā, svarīgas ir evakuācijas iespējas, kas atkarīgas no rezerves avārijas izeju skaita, laika, kas nepieciešams to sagatavošanai darbam utt.

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.

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 priekšējām 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.



5.1. att. Pasažieru evakuācijas shēma no lidmašīnas salona.



Durvis var atvērt manuāli gan no iekšpuses, gan arī no ārpuses, tām ir fiksējošas ierīces, kas durvis 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.

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.

Noskaidrojam ģeometriskos raksturojumus: – krēsla platums + puse no ejas + krēsla solis + puse no pasažieru salona platuma + puse no koridora ejas garuma + IZ.

5.2. tabula

Laiks pieskrējienam pie avārijas izejas

Vietas Nr.	Laiks, s	Vietas Nr.	Laiks, s
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 s.

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 slīdceļiņu; 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, slīdceļiņi, 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 $5 \cdot 13,6 = 67,5$ 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 komplekcijas un vecuma vīrieši; viena vecuma skolēnu grupa; pensijas vecuma tūristi utt. Aprēķina piemērs, norādot dažādas pasažieru evakuācijas iespējas, parādīts 2. pielikumā.

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 s) 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.