



Nagy Rudolf, Román Roland

A POLGÁRI REPÜLŐGÉPEK EGYES TŰZBIZTONSÁGI KÉRDÉSEI

Absztrakt

Talán elmondható, hogy a repülés korunk legdinamikusabban fejlődő közlekedési alágazata, amely ma már egyre nagyobb szerepet kap a szállításban is. A folyamatos fejlődésnek hála, napjainkban a repülés az egyik legbiztonságosabb közlekedési eszköz a világon. Mindeközben azonban ahogyan azt a közelmúltban a 737 MAX típusú gépek automatikájának szoftverhibájából bekövetkezett két légi katasztrófa is példázza elengedhetetlen a bekövetkezett baleset okainak alapos vizsgálata és biztonsági rendszerek megfelelő fejlesztése.

A biztonságtechnika elemei között kiemelt fontosságú szerepet töltenek be a légi áruszállításban alkalmazott tűzvédelmi megoldások, mivel az érintett területen jelentkező esetleges deficitek a légtérben többnyire légi katasztrófához vezető, végzetes veszélyhelyzeteket idézhetnek elő. A szerző ebből a megfontolásból vizsgálja a légi közlekedés a műszaki biztonsági elemeit.

Kulcsszavak: légi áruszállítás, tűzvédelem, biztonságtechnika, repülés, katasztrófa.

CERTAIN ISSUES OF FIRE PROTECTION OF CIVIL AIRCRAFTS

Abstract

Perhaps it can be said that aviation is the most dynamically developing transport subsector of our time, which is now becoming increasingly involved in transportation. Thanks to continuous development, nowadays aviation is one of the safest means of transportation in the world. Meanwhile, however, as has recently been the case with two air disasters caused by a software fault in the automation software of the 737 MAX machines, it is essential to thoroughly investigate the causes of the accident and to develop security systems properly.



Fire safety solutions in air freight transport play a key role in the safety component, as potential deficits in the airspace in question can lead to fatal emergencies leading to an air disaster. For this reason, the author examines the safety features of aviation.

Keywords: air freight, fire protection, safety technology, flight, disaster

1. A TŰZBIZTONSÁG FELÉRTÉKELŐDÉSE A REPÜLÉSBEN

Az emberiség évezredek vágya volt, hogy képes legyen megalkotni egy olyan szerkezetet, amellyel meghódíthatja a levegőt és képes legyen nagy távolságokat biztonságosan megtenni. Az ipari forradalom hozta technikai fellendülés a XIX. század fordulójához érve a megvalósulás ígéréstével kecsegtetett. A belsőégésű motorok térhódítása szolgáltatta az a lökést, amely az Amerikai Egyesült Államokban elvezetett az első reményteljes próbálkozásokat hozó repülő szerkezetek megépítéséhez. Sok balsikerű kísérlet után végül az első működőképes, repülőgépet a Wright fivérek alkották meg. A folyamatos fejlesztés, eredményeként egyre tökéletesedő gépek születtek, azonban ezek még nem voltak alkalmasak nagyobb terhek szállítására.

A már jelentősebb szállításra is alkalmas repülő eszköz 1910. június 10-én emelkedett a magasba. A német Zeppelin által tervezett első léghajó korántsem bizonyult tűzbiztosnak, mivel a szerkezet magasba emelkedéséhez szükséges felhajtóerőt a levegőnél kisebb sűrűségű, de meglehetősen gyúlékony hidrogén biztosította. Az 1937-ben leszállás közben lángolva megsemmisülő „Hindenburg” katasztrófája aztán igazolta is a repülés tűzbiztonságának fontosságát.

Ez a kezdetekbe visszanyúló esemény egyúttal azt a mára már, statisztikailag is igazolt tény is kiválóan példázza, hogy a legtöbb, a légi járműveket érintő tüzeset a leszállás során következnek be. Vagyis a repülés tűzbiztonságának fejlődése nem nélkülözheti a repülőterek tűzvédelmének folyamatos és magas-szintű fejlődését sem. Mint ahogyan azt az első, a repülés biztonságosabbá tételét szolgáló, 1944. december 17-én napvilágot látott Chicago-i nemzetközi egyezményben rögzítettek is aláhúzzák. A szakosodott nemzetközi szervezet¹ által tető alá hozott megállapodás

¹ Nemzetközi Polgári Légügyi Szervezet, angolul International Civil Aviation Organization (röviden: ICAO) [1]



ezt ekként fogalmazza meg: „Minden nemzetközi reptérnek rendelkeznie kell mentésért és tűzoltásért felelős szervezettel.” Különösen igaz ez napjainkban, amikor a fapados járatok megszorodása okozta repülőforgalom balesetmentes levezénylése a légiirányítás oldaláról is mind nagyobb összehangoltságot tesz szükségessé. Annál is inkább magától értetődő a modern földi kiszolgálás biztonságossá tételének követelménye, mivel a korszerű repülőgépek nagymennyiségű éghető üzemanyaggal való ellátása fokozott tűzkockázatot jelent.

2. TŰZBIZTONSÁG A FEDÉLZETEN

A légi szállításban az egyes fel és leszállások közötti időszakok műszaki oldalról általában a rendszerek kiszámítható, zavartalan üzemidőszakát jelenti, ami érthető módon rendkívül fontos a biztonság oldaláról. Az átlagos utazómagasság körülményei között a repülőgépek működtetésére egy, a külső környezet veszélyes hatásaitól ez az elszigetelt szűk tér, nyújt védelmet. Emellett azonban, maga a tény, hogy a menekülés, azaz a veszély hatóköréből való kivonás általános elve nem érvényesíthető komoly kockázatokat rejt magában. Hisz még ebben a biztonságos térben is bekövetkezhetnek olyan tüzesetek, amelyek normál körülmények között már a védett helyiségbe jutó vagy ott keletkező hő és füst szabadba vezetésével is garantálhatják a túlélés feltételeit. Ellenben a nagy magasságok jelentette nyomáskülönbség miatt szükséges hermetizáció, még ennek a logikai oldalról egyszerű megoldásnak az alkalmazását is lehetetlenné teszi.

2.1. Elektromos hálózatok veszélyei

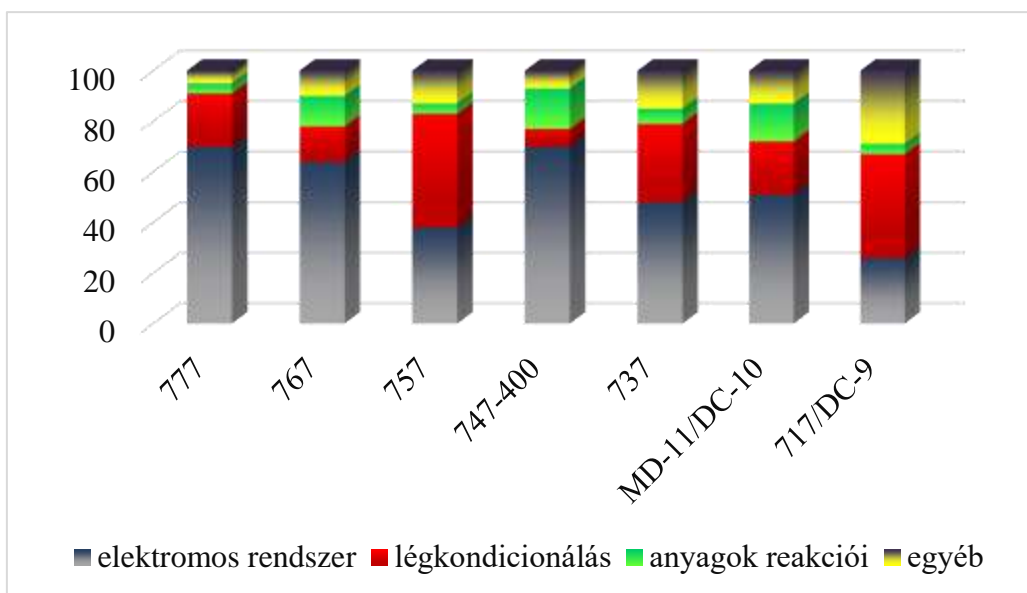
A nem baleseti események kiváltotta tüzek és az azt kísérő füst keletkezésének lehetséges forrásai repüléstechnikában:

- elektronikai rendszerek és az elektromos vezetékkelés;
- berendezések üzemzavara;
- szigetelő fóliák hőkárosodása;



- tartalék áramforrások meghibásodása;
- alkatrészek és hajtóművek túlhevülése;
- oxigénellátó rendszerek sérülése.

A fenti felsorolásból látható, hogy az elektromos rendszerek potenciális gyújtóforrások. Erre a megállapításra jutott egy, a Boeing által készített tanulmány is. Az ez alapján összeállított 1. ábrán ismertetett adatokból is kitűnik, hogy a Boeing repülőgépeken bekövetkező füstképződést eredményező esetek döntő többsége elektromos eredetű volt. [2]



1. ábra: A Boeing-repülőgéptípusok nyomás alatt álló területein jelentkezett füstképződéssel járó eseményeket kiváltó okok százalékos megoszlása 1992 novembere és 2000 júliusa között [3]

Az elektromos tüzek egyik fő gyújtóforrása tehát a repülőgép elektromos vezetékelése. A modern, nagyméretű szállító repülőgépek villamos rendszere, mintegy 150 km hosszúságú vezeték található. Ahogy a rendszerek bonyolultsága és sokszínűsége nőtt a szállító fűvókákban, így növekszik a huzal mennyisége. A vezetékrendszer növekedése egyben növeli az elektromos tüzek valószínűségét. Különösen igaz ez a prémium osztályú kabinokkal rendelkező nagyobb repülőgépek esetén, ahol a kényelmi funkciók működtetését szolgáló elektromos rendszerek működtetése további vezetékek beépítésével járnak. Ilyen eszközök lehetnek, a fedélzeti szórakoztató elektronika, elektromosan működtetett ülések és számítógépek vagy más



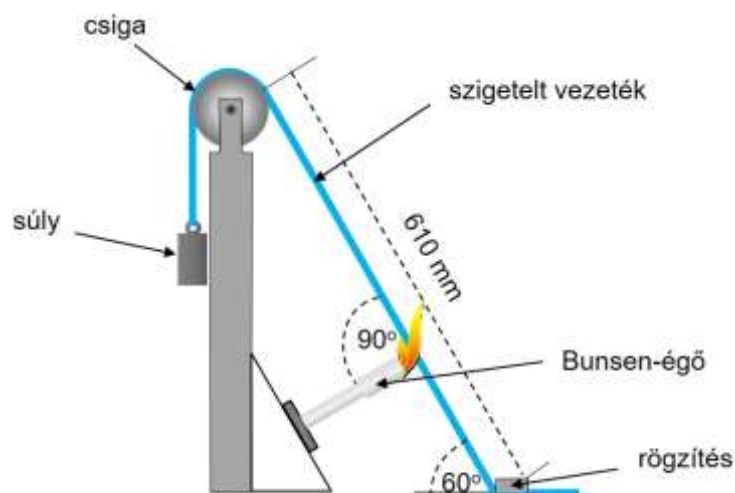
elektronikus eszközök töltőrendszerei, illetve az ezek tápellátására szolgáló áramforrások. Ezek az áramkörök túlterhelését is okozhatják, de számos más ok következtében is kialakulhat zárlat. [2]

Az elektromos vezetékek megsérülő éghető szigetelése által táplált elektromos tüzek gyorsan terjedhetnek, melyeket a kábelcsatornák gyorsan képesek átvezetni a gép egyéb részeibe. [4]

A gyors lángterjedés megakadályozására megoldásként alkalmazzák, a kábel köpeny és érszigeteléséhez felhasznált műanyagok égését késleltető adalékanyagok hozzáadását. [5]

Az itt futó kábelkötegek valamely pontján keletkező tűzben viszonylag kis felületen jelentős mennyiségű szigetelőanyag-massza elégeése során felszabaduló hő a kábelcsatornában kumulálódva lehetővé teszi az egyéb részek gyors felmelegedését és meggyulladását. [6]

A légi járművek villamos vezetékének szigetelő anyagai lángállóságának minősítésére szolgál az Amerikai Szövetségi Légügyi Hatóság² által kidolgozott módszerből származtatott MSZ EN 3745-407 jelzetet viselő szabvány.



2. ábra: FAA vizsgálati elrendezés³ [7]

² Angolul Federal Aviation Administration (angol rövidítéssel: FAA)

³ A Code of Federal Regulations, 14 CFR 25.869(a)(4) nyomán



A fedélzeti tüzek okozta légi katasztrófák megelőzésére tett erőfeszítéseknek igen nagy lökést adott Swissair MD-11-es típusú gépén 1998. szeptember 2-án bekövetkezett tüzeset, amelynek során a rosszul bekötött villamos vezetékek zárlata okozott tüzet a nem megfelelő műanyag szigetelő anyag miatt. Ugyanis a repülőgépen használt hangszigetelő fóliaborítás anyagául szolgáló, fémfilmmel bevont polietilén-tereftalát (MPET) gyúlékony volt. Ez volt az éghető anyagok legjelentősebb forrása, amely hozzájárult a tűzhez. [8]



1. **ábra:** MPET hangszigetelő fóliaborítással fedett illesztés⁴

3. HAJTÓMŰVEK FEJLŐDÉSE

Alapvetően a civil légiközlekedésben két hajtóművet különböztetünk meg. A korábban feltalált dugattyús hajtóművet, mely vonóerőt biztosít a repülőnek és a később feltalált sugárhajtóműves, mely tolóerőt biztosít. Az előbbi megoldás technikailag egyszerűbb mivolta okán gyorsan elterjedt, ugyanakkor teljesítménynövelésének korlátai szükségessé tették az új megoldások keresését. Az igazán nagy áttörést a forradalmian új sugárhajtóműnek a náci Németország légi

⁴ Szerkesztette: hivatalos jelentés [8] (Report Number A98H0003) nyomán a szerző;



ereje számára történő kifejlesztése hozta el. A múlt század ötvenes éveitől kezdték szélesebb körben alkalmazni utasszállító repülőknél is ezt a meghajtást.

A heves időjárási tényezők azonban nem egy esetben sugárhajtómű leállításához vezettek, de akár a fellépő túlterhelés okozta túlhevülés miatt a hajtómű ki is gyulladhatott. Erre utalhatnak a 2005-ben a West Caribbean Airlines 708-as járatának balesete során történtek is, amikor egy MD-80-as, az 1960-ban gyártott JT8D típusú sugárhajtóművel felszerelt, csomagokkal túlterhelt gép viharba került. A hajtóművek a nagy terhelés miatt kigyulladtak. A gép feketedoboza által rögzítettekből kiolvasható, ahogy a pilóta mindkét hajtómű kigyulladását közli a légi irányítással.

[9]

A hajtómű tüzek bekövetkezésének hátterében esetenként valamiféle konstrukciós okokra visszavezethető, esetleg anyagfáradásból eredő, illetőleg gyártmányhiba okozta műszaki meghibásodás is állhat. Ez utóbbit azonosították a Qantas Airbus A380 repülőgépén. A légitársaság 32-es járatán, amely 2010. november 4-én Londonból Szingapúron keresztül Sydneybe tartott a szingapúri Changi repülőtérrel való felszállás után motorhibát észleltek, melynek folytán visszatért Szingapúrhoz, ahol kényszerleszállást hajtott végre. A vizsgálat megállapította, hogy a légi jármű 2. számú Rolls-Royce Trent 900 hajtómű súlyosan megsérült (a törzshöz legközelebbi). A hajtómű sérülésén túl megrongálódott a szárny és az üzemanyagrendszer, melynek következtében tűz keletkezett a bal oldali szárny tüzelőanyag-tartályában. Megállapítást nyert, hogy a tüzet egy hibás gyártású üzemanyagcső törése okozza.

[10]

A bonyolult műszaki-technikai hajtómű- és üzemanyag-ellátó rendszerekben rejlő veszélyeken túl egyéb balesetek is jelezték, hogy a korábbi szerkezeti megoldások sem kompatibilisek az új meghajtás okozta szerkezeti terhelésekkel. Egyebek mellett kiderült, hogy a szögletes kiképzésű kontúrral rendelkező ablakok közel sem ideálisak ezen gépekhez. Ugyanis mint az a hasonló alakzatok esetében jól ismert a sarkoknál rendre nagyobb feszültség ébred a szerkezeti anyagokban, így a nyomáskülönbség hatására ezen megoldásoknál az illesztések meggyengültek. A probléma kiküszöbölésére manapság már lekerekített ablakokat alkalmaznak.



Mindazonáltal manapság egyéb, tűzvédelmi szempontból figyelmet érdemlő gondok is jelentkezhetnek a géptest ezen szegmenseiben, mint azt az Amerikai Egyesült Államok Nemzeti Közlekedésbiztonsági Tanács honlapján közzétett vizsgálatból is kitűnik.

2015. június 5-én a United Express 4776-as, a DHC-8-202-es repülőgépen a Bradley Nemzetközi Repülőtér légterébe való belépéskor repülés közben rendkívüli esetet észleltek. Későbbi beszámolójukban a hajózószemélyzet elmondta, hogy mintegy 15-20 mérföldre a megközelítés megkezdésétől, az első tiszt egy pukkanást hallott, és a jobb szélvédő peremének felsőívénél tűz jeleit észlelte. A kapitány életbe léptette a veszélyhelyzeti protokollt, és a legénység oxigén maszkban hajtotta végre a leszállást.

Az első tiszt átadta a repülőgép-irányítást a kapitánynak, és megpróbálta eloltani a tüzet, a tűzoltó készülék segítségével. A tűz időlegesen kialudt, de kis idő múlva a tűz jelei ismételtelen mutatkoztak. Az első tiszt második próbálkozásra a tűzoltó készülékkel meg tudta fékezni a tűz továbbfejlődését, de a füst fejlődés ezután is folytatódott. A legénység sikeresen hajtotta végre a leszállást, és a gép evakuálását.

Az eset kapcsán a légiutas-kísérők megjegyezték, hogy semmiféle figyelmeztető jelzést nem láttak. A szélvédő utólagos vizsgálata a szigetelés öregedésének jeleit tárta fel, azonban a vizsgálat szerint ez nem járultak hozzá a meghibásodáshoz. A tűzveszélyt a szélvédő szegélye alatt elhelyezkedő fűtőszál csatlakozása idézte elő. Amint a 4. számú ábrán látható. A vezeték ezen a területen megolvadt, ami jelzi, hogy a szélvédő fűtési rendszerének ezen részén ív keletkezett. [11]



4. ábra: A szélvédő fűtési rendszerén keletkezett ív nyomai⁵

4. ÜZEMANYAG

Ahhoz, hogy a repülőgépek nagy távolságokat tegyenek meg több száz utassal, és több tonna áruval a fedélzetükön és mindezt biztonságosan eljuttassák a célállomásra, nagy teljesítményű hajtóművekre és igen nagy mennyiségű, illetve megfelelő minőségű üzemanyagra van szükség. A repülőgépek üzemanyaga a kerozin, ez a gázolajhoz hasonló égési tulajdonságokkal rendelkező anyag színtelen vagy enyhén sárgás színű.

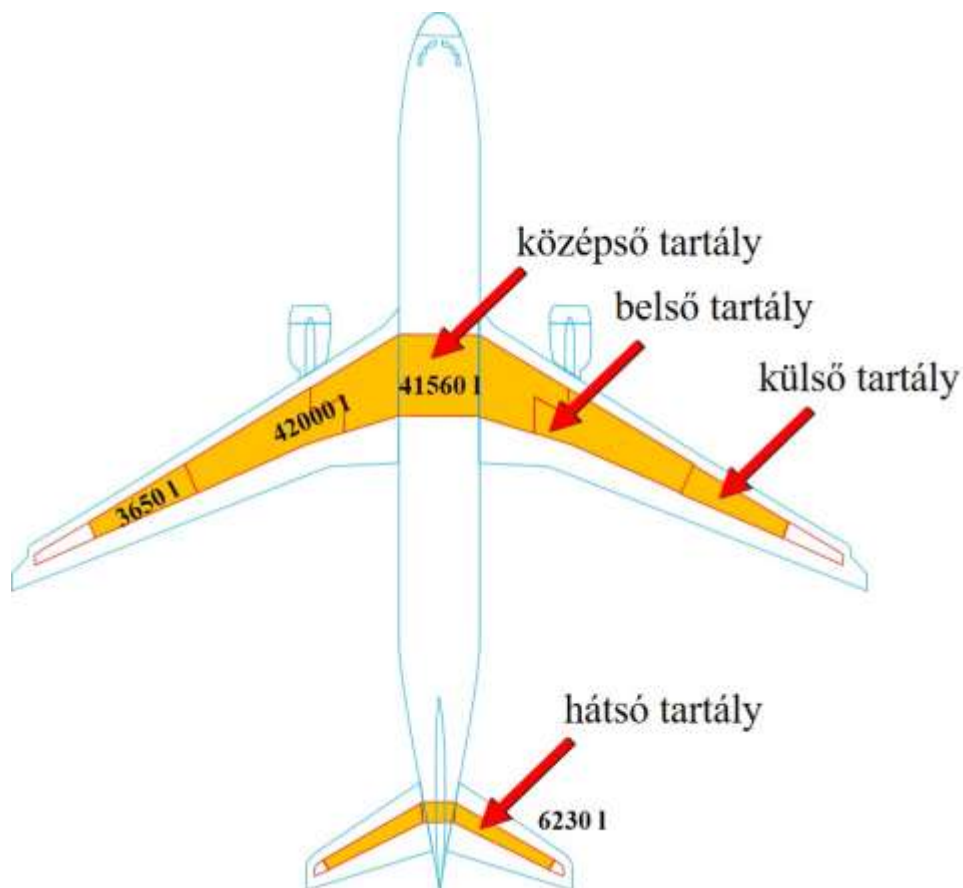
Dermedéspontja $\leq -47\text{ °C}$, öngyulladás hőmérséklete 215 °C , míg lobbanáspontja $\geq 40\text{ °C}$, és mivel a repülőgépben egyes szerkezeti elemeinek üzemi hőmérséklete elérheti ezt a tartományt, ezért az esetlegesen bekövetkező balesetek következtében kiömlő kerozinfoltok környezetében a

⁵ Szerkesztette: a hivatalos jelentés [11] nyomán a szerző



gőzkoncentráció rövid időn belül könnyen a 0,6 - 8 térfogat %-os robbanási határértékeken belül eső értéket vehet fel. A felforrósodott felületekkel érintkezve az üzemanyag gyorsan meggyullad. Ez, illetve az a tény, hogy a kerozin robbanás elmaradás esetén is igen magas, 1000 °C feletti hőmérsékleten ég, egyben azt is jelenti, hogy fokozott tűzvédelmi követelményeket kell érvényesíteni a légi járművek tűzbiztonságának szavatolása érdekében. [12]

Az üzemanyag jelentős része a szárnyakban található, amint az a 5. ábrából is kiolvasható. [13]



5. ábra: Az Airbus A330 üzemanyag tartályainak kialakítása⁶

A szárnyakban lévő kerozin kiömléséből származó baleseteinek okozója a repülőgépek mechanikai sérülései, amelyek során az üzemanyagot a károsodott szerkezet súrlódási hőtől felhevült felületeivel való közvetlen érintkezés vagy az elektromos rendszerekben keletkező szikra gyújtja be.

⁶ Szerkesztette: a kezelési útmutató [14] nyomán a szerző



A nemrégiben 2019. május 5-én a Sheremetyevo repülőtérről felszállt RRJ-95B típusjelzésű, és RA-89098 lajstromszámú repülőgép esetében is ez volt megállapítható. Amint azt az előzetes vizsgálati jelentés megállapítja, bár a gépet villámcsapás sújtotta, mégsem ez okozta az ezt követő légikatasztrófát. Az üzemanyag a gép visszatérésekor a földet érés után lobbant be, és borította lángba a gépet.

A felszállás után nem sokkal, emelkedés közben mintegy 3000 m-es magasságban a gépet érő villámcsapás nem okozott, komoly műszaki problémát, így a személyzet a visszatérés mellett döntött. A gép össztömege 42600 kg-t tett ki, amely 1600 kg-mal meghaladta a maximális megengedett leszálló tömeget. Az első két sikertelen földet érést követő harmadik próbálkozás alkalmával a fő futóművet rögzítő csap a megengedettnél erőteljesebb függőleges ütéstől károsodott és a gép inentől kezdve már a hajtóműgondolákon és törzsének hátsórészével a kifutópályán súrlódva sodródott a gép. A földet érés helyétől mintegy 130 m-re a kifutópálya tengelyétől balra kisodródó gép a kiömlő üzemanyag miatt kigyulladt. A tűz következtében az acélból és titánötvözetből készült alkatrészek kivételével a gép hátsó traktusa kiégett. A hajtóműveken észlelt hőhatások okozta elváltozások külső tűzhatás eredményezte károsodásra utaltak, amely a kiömlő üzemanyag 1. képen is jól kivehető égésének volt tulajdonítható. [15]



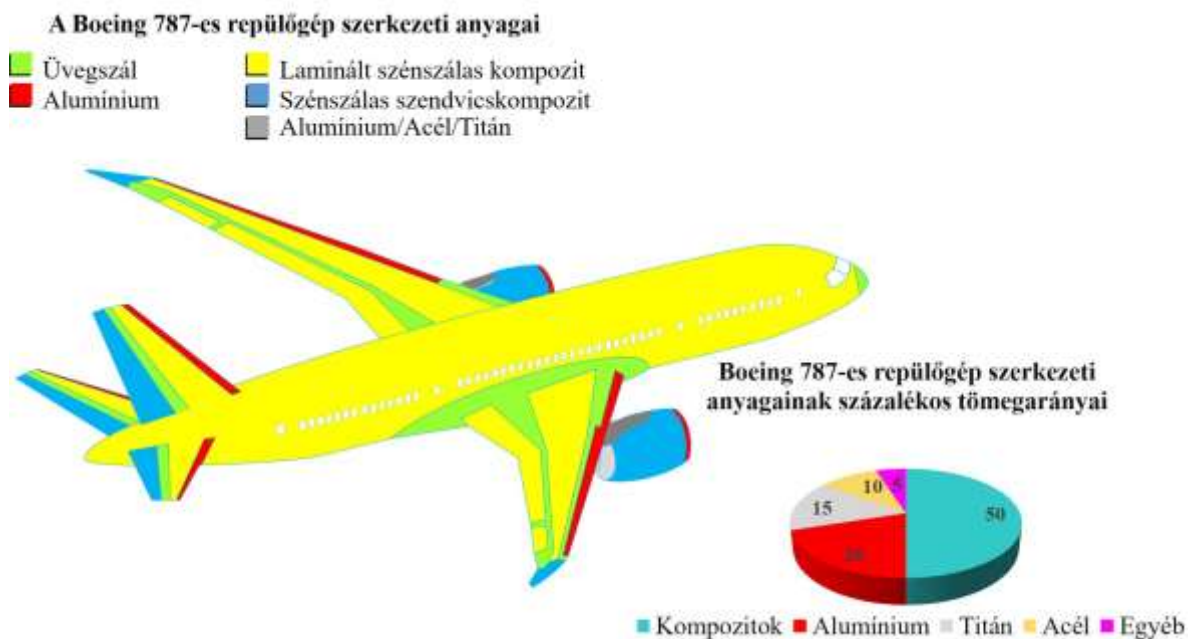
1. kép: Az RRJ-95B gép szárny mögötti részének károsodása hátulnézetből [15]



5. PASSZÍV TŰZVÉDELEM MEGOLDÁSAI

A repülőgépek tűzbiztonsága fokozásának alapvető módszere, hogy az éghetőanyagok mennyisége csökkenthető legyen. Bár a hagyományos repülőgépek szerkezeti anyagát a nem égehetőként számon tartott fémek használata jellemzi. [16]

Azonban egyéb műszaki és üzemeltetési követelmények kizárják, hogy a gépek teljes egészében neméghető anyagokból készüljenek. A kompromisszumok eredményeként mára eljutottunk oda, hogy a különféle anyagok kedvező tulajdonságait ötvöző kombinált anyagok alkalmazása meghatározó módon nyert teret a repülőgépiparban, amit a 6. ábra is jól illusztrál. Sajnos azonban ezen anyagok tűzállóság tekintetében gyakorta kedvezőtlen sajátosságokkal bírnak. [17]



6. ábra: A Boeing 787-es gép szerkezeti anyagai⁷

⁷ Szerkesztette: [18] nyomán a szerző



Ezekben az úgynevezett kompozitokban⁸ alapvetően a komponensek két fő kategóriája különíthető el. Egyikük az adott szerkezeti mátrixban elhelyezkedő, a nagy szilárdságot kölcsönző erősítőanyag, míg a másik az ezen alkotóelemek közötti teret kitöltő, és a meghatározott elrendezéssel kialakított struktúra megtartását nagy igénybevételek esetén is az összetartó erőt biztosító kötőanyag. [19]

Az erősítőanyag a makroszerkezet alakításának kezdeti stádiumában fóliákhoz hasonlóan rétegelhető, és a kívánt formára szabható. Hozzáadva a kötőanyagot a kompozitréteg a gyártás során elnyeri a kívánt alakot és szilárdságot. A beállított nyomás és hőkezelés paraméterei határozzák meg a későbbi mechanikai tulajdonságokat. A folyamat végén szerkezet az acélnál is nagyobb szilárdságra tesz szert. [20]

Az ilyen nagyságrendű szilárdság elérését a mátrix elemi összetevői között fellépő adhéziós erők teszik lehetővé. Ennek eléréséhez *„lényeges az utólagos felületkezelés, amikor a szálfelületen kapcsolódási pontokat hoznak létre a leendő kompozitszerkezetek gyanta mátrix kötéseivel.”* [21]

A repüléstechnikában a nagy teljesítőképességű kompozitok mátrixanyagaként legelterjedtebben epoxigyantákat alkalmaznak, amelyeknek a repülésbiztonság tekintetében jelentős hátrányuk a gyúlékonyság. [20]

Valamennyi beépített anyaggal szemben azonban alapvető követelmény, hogy égésükkel ne járuljanak hozzá a tűz gyors terjedéséhez és ne képződjenek belőlük toxikus égésgázok, illetve bomlástermékek. A már bemutatott széleskörű alkalmazásuknak egyenes következményeként nélkülözhetetlen a kompozitok égésgátlása. Az égésgátlókkal szemben támasztott követelmény, hogy kis mennyiségben is hatékonyak legyenek, az égés során ne keletkezzen belőlük korrozív, mérgező komponens, és ne befolyásolják kedvezőtlenül a kompozitok tulajdonságait. [23]

Az öntartó kompozit anyagok minősítésére használják az úgynevezett UL-94 vizsgálati eljárást, melynek során a nehezen éghető, horizontális, illetve vertikális orientációban rögzített, majd

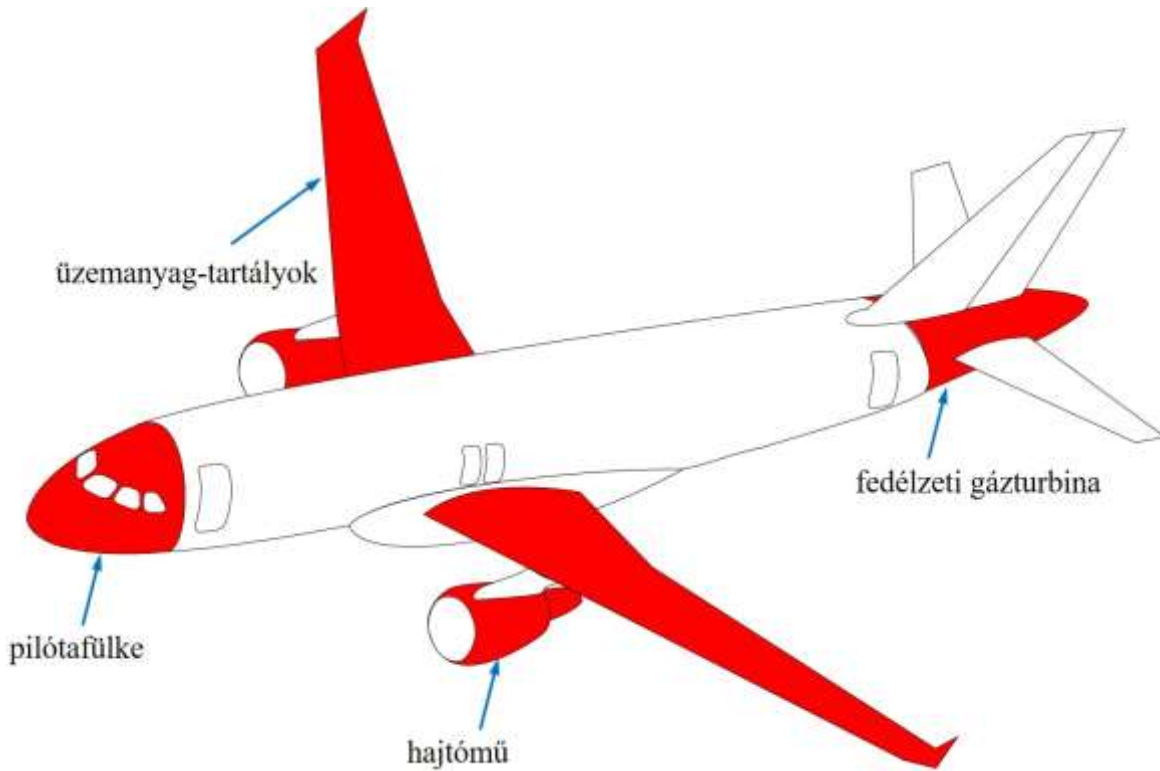
⁸ „**Kompozit:** a polimer mátrixú kompozit olyan szilárd anyagot jelent, amely legalább két alkotóból áll: az egyik a kisebb szilárdságú, és kis sűrűségű hordozóanyag, a mátrix, a másik pedig a nagy szilárdságú és/vagy nagy rugalmassági moduluszú szálal erősítőanyag.” [19]



meggyújtott mintákon mérik a lángthatás és az égési idő jellemzőit. Az égésgátlás mértékének növekedését a kapott paraméterek alapján, a $HB < V-2 < V-1 < V-0$ szerinti rendben jelölik. [24]

6. TŰZ- ÉS FÜSTSZAKASZOLÁS

A tűzterjedés elleni védelem másik fontos eleme a polgári légi járművek tekintetében a tűzgátló szerkezeti elemek beépítése. A tűzgátló szerkezetek anyaga általában rozsdamentes acél vagy titán válaszfal. A beépítés helyének megválasztásában követett alapelv, hogy a tűzkockázatok tekintetében jelentősen eltérő fődarabok szerkezeti kapcsolatainak határoló síkjában alakítják ki azokat, amelyet a 7. ábra illusztrál. A fokozott tűzkockázatot hordozó szegmensei a repülőgépeknek, és ilyenképpen elhatárolandó a gép egyéb részeitől a fő hajtóművek, amelyek esetében a tűzgátló szerkezete a gondolák határán tartóztatják fel a tűz terjedését. A tűzvédelem oldaláról értelemszerűen ugyancsak kiemelt veszélyeztetettséget jelentenek az üzemanyag-tartályokat magukban foglaló szárnyak, amelyeket az utastértől elválasztó felületei ugyancsak tűzgátló szerkezetként funkcionálnak. [25]



7. ábra: Egy A320-as gép tűzszakaszai elkülönülésének vázlata⁹

Nem tűzveszélyességükénél fogva ugyan, de a gép irányíthatóságának fenntartása szempontjából elsődlegesen védendő szegmense a gépeknek a pilótafülke, amelynek térelhatároló szerkezetei tűz- és füstgátló tulajdonságainak köszönhetően védik a hajózó személyzetet. Ez még az utasteret teljesen elárasztó füstképződés esetben is abszolút megbízhatóan kell működjenek. Ez csak úgy lehetséges, ha a valamennyi tűzgátló szerkezet esetében elkerülhetetlenül alkalmazott kábel és egyéb járműtechnikai szempontból szükséges átvezetéseknel keletkező hézagokat tűzgátló módon tömítik. Az erre szolgáló tömítőanyagokat általában a MIL-S-38249 jelzetű szabvány szerint minősítik.

A legtöbb nagy szállító repülőgépnél a pilótafülke ajtaja füstgátlásra minősített szerkezet. Természetszerűleg az is elengedhetetlenül szükséges, hogy az utastérben fellépő tűz esetén a

⁹ Szerkesztette: [26] nyomán a szerző



pilótafülke ajtaja mindvégig zárva maradjon. Továbbá, hogy a pilótafülke és a légiutas-kísérő személyzet közötti elsődleges kommunikáció a személyzet belső telefonrendszere révén folyamatos maradjon. [27]

Ahogy az a British Airways Londonból Valenciába tartó BA422 járatán a 2019. augusztus 6-án a repülő egyik motorjának tüzesete következtében történt, ahol a pilótáknak a füst pilótafülkéből való kizárásával és a légi utaskísérő személyzettel fenntartott kommunikáció biztosításával sikerült időben földet érni a géppel. A repülőgép belsejét elöntő sűrű füst ellenére sikerült időben kimenteni az utasokat. Ugyan a füst teljesen beborította az utasteret a kényszerleszállás alatt, de a többeknél jelentkező füstmérgezésen túl súlyosabb következménye nem volt az esetnek. [28]

A légi járművek belsejében lévő anyagok minősítő vizsgálatokra alapozott megválasztásának köszönhetően a füstfejlesztés jelentős csökkenése ellenére a keletkező tűz okozta pirolízisből vagy égéstermékéből származó mérgező vegyületek szabadulhatnak fel. Ezek az utastér zárt légterében felhalmozódva a láthatóságot jelentős mértékben ronthatják, amint azt a 2 képen is láthatjuk. [29]



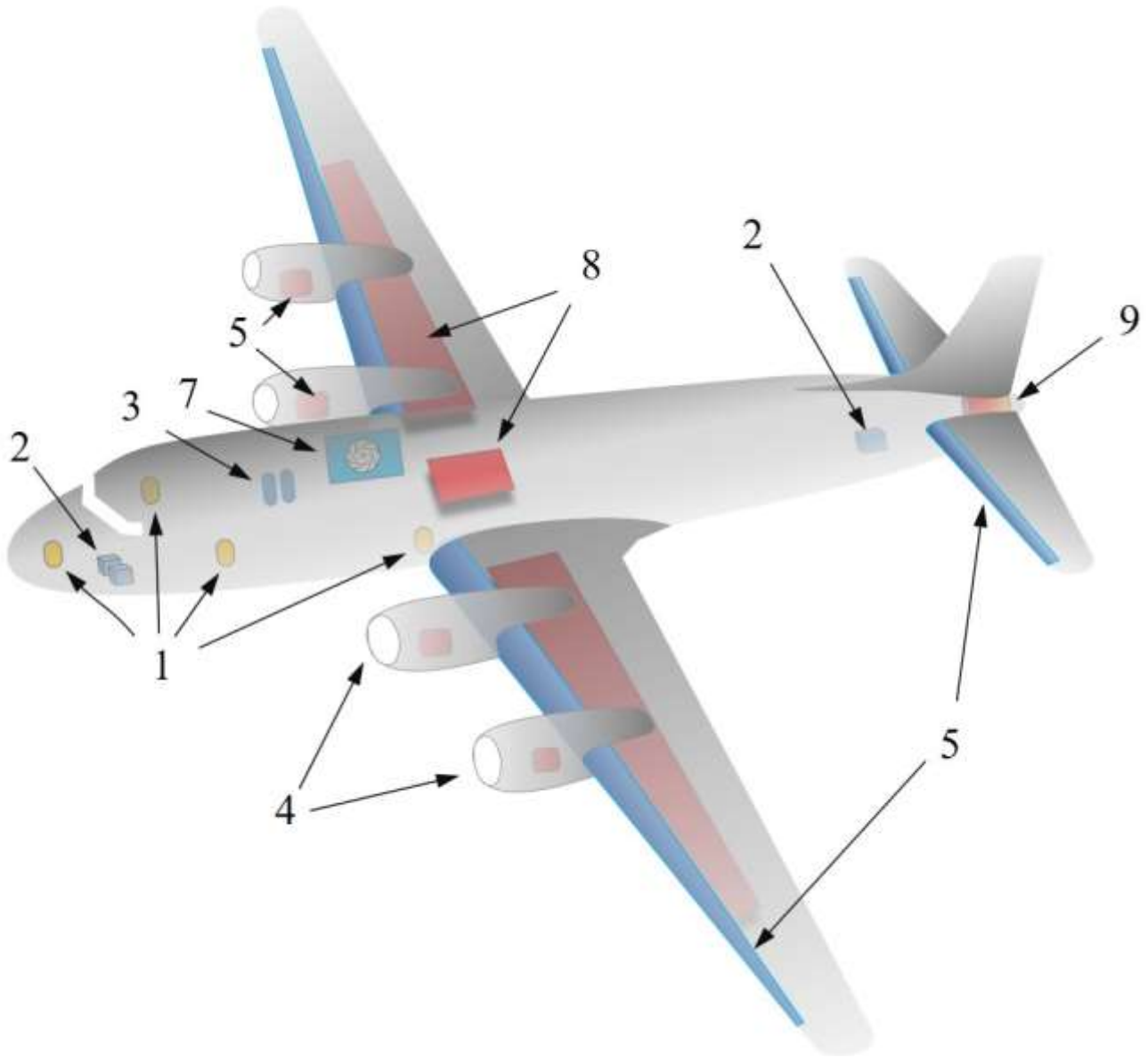
2. kép: Utasteret elárasztó füst láthatóságot csökkentő hatása [28]



7. TŰZJELZÉS A KORSZERŰ REPÜLŐGÉPEKEN

A fenti indokok alapján prioritásként kell kezelni a tűz minél gyorsabb eloltását. A repülőgépek füst- és tűzjelző berendezései napjainkban már rendkívül érzékenyek. Bármilyen jelentéktelennek tűnő tűz a légtérben súlyos kockázatot jelent, hisz a normálesetben megvalósított kiürítés ilyen esetben csak a földet érést követően lehetséges. Vagyis a tűzjelzés érzékelésétől jó esetben is percek telnek el, míg a gép pilótája kényszerleszállás protokollját elvégzi. Ennek fényében a tűzjelzés technikai megvalósításánál a minél nagyobb időelőny biztosítása létfontosságú a személyzet számára, hogy a döntéseket időben meghozhassák. Emellett persze az emberi tényező, azaz a döntés képességének is birtokában kell lennie a pilótáknak, és nem szabad tétovázniuk.

A repülőgépeken a tűzjelzésére alkalmazott technikai megoldásoknak tehát nagy érzékenységeknek kell lenniük, hisz viszonylag kis térben jelentős számú veszélyforrás alálhatómely hozzájárulhat a tűz terjedéséhez vagy kiváltója lehet egy-egy gyorsan terjedő tűzesetnek, amint azt a 8 ábrán is láthatjuk.



8. ábra: A repülőgépek fő tűzveszélyes részegységei¹⁰

1 – hidraulikaolaj-tartályok,

2 – akkumulátorok,

3 – oxigénpalackok,

¹⁰ Szerkesztette: [30] nyomán a szerző

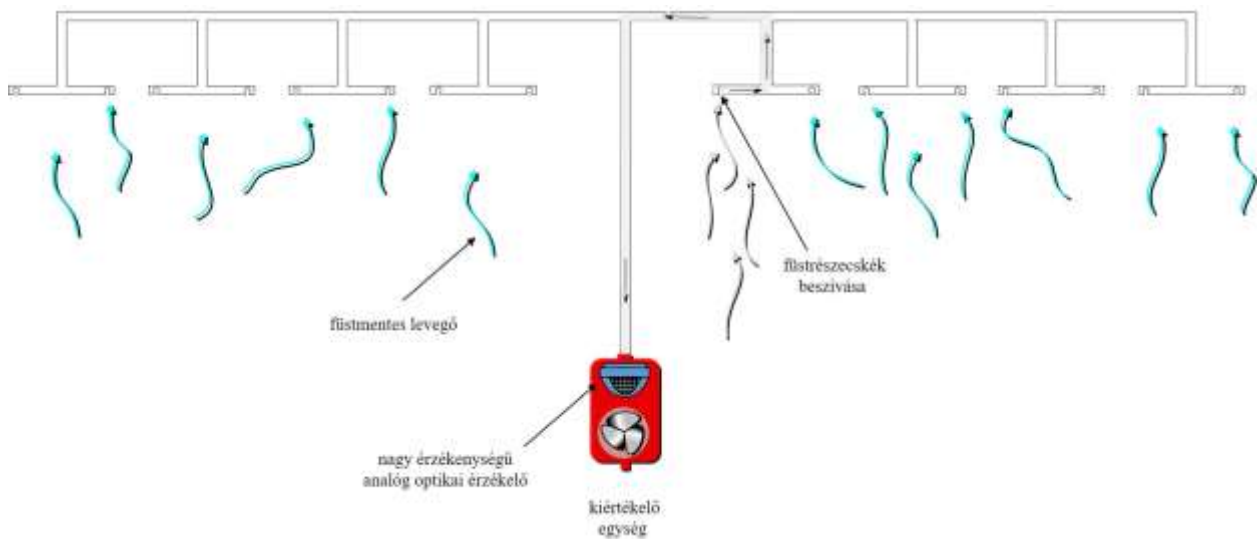


- 4 – hajtóművek,
- 5 – hajtóművek olajtartályai,
- 6 – jegesedésgátló rendszer,
- 7 – légkondicionáló rendszer,
- 8 – üzemanyag-tartályok,
- 9 – fedélzeti gázturbina.

Ezek sorában az egyértelműnek mutatkozó üzemanyag-tartályok mellett, még az olyan laikusosban fel sem merülő berendezések is fellelhetők, mint például a nagy magasságú repülések alacsony hőmérsékleti viszonyai miatt bekövetkező jegesedés megakadályozását szolgáló fűtőrendszer a vízszintes vezérsíkok belépő éleinek vonalában.

A fenti ábrából látható, hogy az említett rendszerek jelentős részének hosszirányú kiterjedése akár tekintélyes léptékű is lehet. Ezért a légi járművek tűzjelzés-technikájában fontos szerepet kapnak a nagy tereket felügyelni képes detektálási megoldások. A kifejezetten áruk szállítására tervezett teherszállító gépeken a továbbított rakomány gyanánt jelentős mennyiségű éghető anyag van jelen, amely kiterjedt tüzet idézhet elő. Ezért egyes Boeing géptípusoknál a raktérben feszesre húzott pányvakkal stabilizált terhek feletti térben többpontos aspirációs füstérzékelőket alkalmaznak.

Ennek a megoldásnak fontos jellemzője a nagy érzékenység a rendszerhez tartozó csőhálózatban fellépő szívóhatásnak köszönhetően, amely füst részecskéket tartalmazó levegő detektorhoz továbbítása céljából kényszeráramlást hoz létre, ahogyan azt a 9. ábra szemlélteti. [31]



9. ábra: Aspirációs tűzjelző működési vázlata¹¹

Ennek köszönhetően a hagyományos pontszerű füstjelzőket integráló megoldásokkal szemben a kezdődő tűz fázisában igen kis mennyiségben jelenlévő füstreszecskeket termelő tüzek sem fognak lappangva fejlődni a tűzjelzés generálásáig. Vagyis nem kell kivárni a tűz kellő kifejlődését kísérő fokozott felhajtó erő ébredéséig, és az általa szállított diszpergált égéstermékeknek az érzékelőhöz sodródásáig eltelt időt. Az ezen típusú rendszer raktérbe építésének vázlatát mutatja a 3. kép.



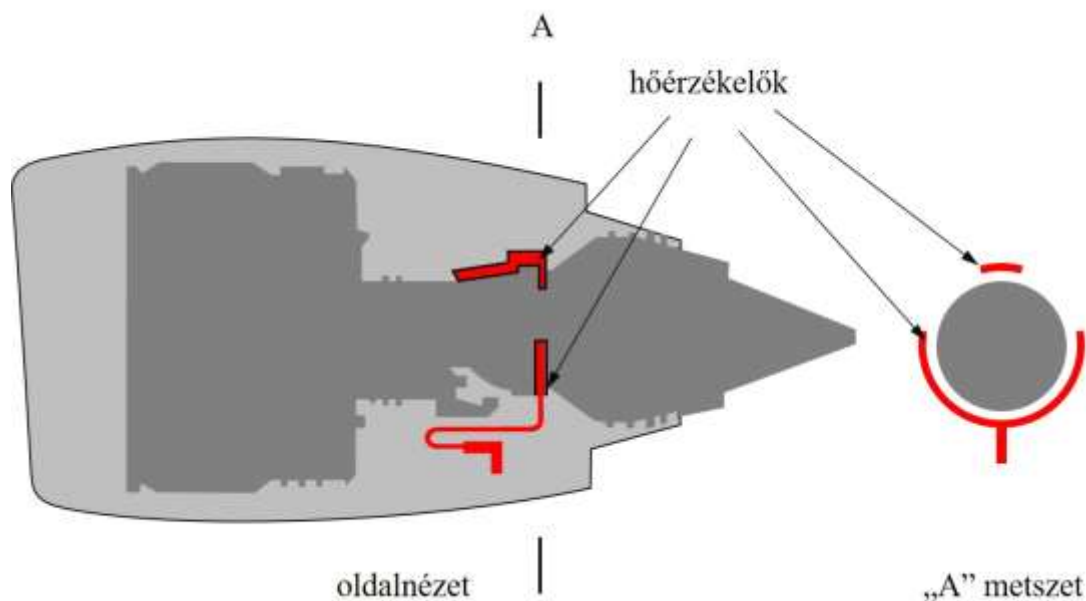
¹¹ Szerkesztette [32] nyomán a szerző



3. kép: A Boeing szállító repülőgép rakterének mennyezetén futó aspirációs tűzjelző csövezésének kialakítása [32]

A repülőgépek más tűzveszélyes szegmenseiben, ahol relatíve magas hőmérsékletek uralkodnak a hősebesség érzékelőket használnak. Így például egyes repülőgéptípusoknál a fedélzeti gázturbinájának hőmérséklete a megengedett maximális 130 – 140 °C hőmérsékletet nem több mint 40 másodpercen át haladhatja meg, mivel a normál üzemi hőmérséklet ebben a térben átlagosan 110 °C. [30]

A hajtóművekben bekövetkező tűzjelzésére általában pneumatikus vonali hőérzékelőket alkalmaznak, amelyek egy vékony inertgázzal töltött csőben hőmérsékletnövekedés hatására bekövetkező nyomásnövekedés formájában azonosítja a tűz megjelenését a védett térben. Az érzékelő csöveket közvetlenül a sugárhajtómű burkolata mentén vezetik körül, amint azt a 4. számú ábrán láthatjuk. [13]



10. ábra: Vonali hőérzékelő repülőgép hajtóműve körüli installálásának vázlata¹²

¹² Szerkesztette: [33] nyomán a szerző



Egy másik, talán első hallásra nem várt forrása lehet a repülőgépeken bekövetkező tüzeseteknek a fékrendszer túlhevülése. Az ennek eredményeként esetlegesen bekövetkező futómű meghibásodás önmagában is súlyos baleset okozója lehet a gépek földet-érésekor. Emellett az itt futó hidraulikavezetékek tönkremenetele nyomán az igen forró felületre ömlő éghető folyadék tüze közvetlen tűzveszélyezt hordoz magában a felette elhelyezkedő üzemanyagtartályokban még megmaradó hajtóanyag miatt. Emiatt itt is hőérzékelőket helyeznek el. [30]

Az utasszállító gépeken bekövetkező tüzesetek tapasztalatai nyomán a mellékhelyiségek a tűzjelző tervezés hétköznapi gyakorlatától eltérően semmiképp sem számíthatnak a védelemből kihagyható tereknek. Ugyanis a felelőtlenül itt dohányzó utasok nem egy esetben idéztek elő végzetes tüzeseteket. Ezért a gép fedélzetének ezen részét füstérzékelőkkel felügyelik.

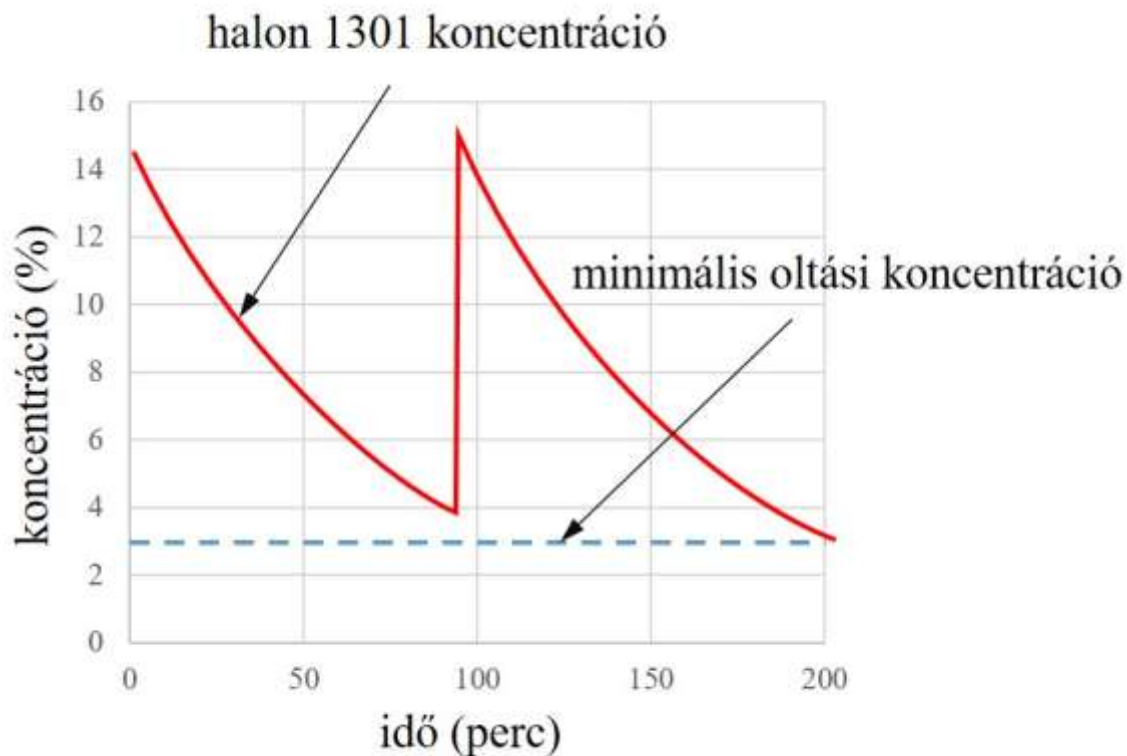
8. OLTÓRENDSZEREK ÖSSZETEVŐI

A kereskedelmi járatokon négy féle oltóberendezés áll rendelkezésre. A kézi tűzoltó készülékekben Halon 1211 oltóanyag található vagy ezzel egyenértékű oltásteljesítményű oltóanyag. Ennek használatára a légi utaskísérők képzésben részesülnek. Általában a konyhában, keletkezett tüzekeket, vagy akár az utastérben meggyulladt elektronikai eszközöket, kisebb tüzekeket könnyedén el lehet vele oltani.



3. kép: Oltóberendezés [34]

Csomagtérben kialakuló tűz esetén a füstérzékelő rendszer jelez a pilótafülkébe, ahonnan a pilóták azonnal inert gázzal tudják elárasztani a rakteret, hogy kiszorítsák onnan az oxigént és így megfékezzék a tüzet. Majd az oltóanyag-koncentrációesés üteméhez igazodva újabb oltóanyagtartály tartalma ürül a raktérbe, mely meggátolja a tűz újraéledését.



11. ábra: Halonkoncentráció változása egy két tartályos oltó rendszer működése során [32]

A minimálisan szükséges halonkoncentráció fenntartására az oltó rendszer mindaddig fenntartja a hatásonkénti oltóanyag koncentráció szintjét, amíg a repülőgép biztonságos leszállásra sor nem kerül, és az utasokat és a személyzetet evakuálják. Ennek érdekében az első tartály ürítésének időpontja rögzítésre kerül, és a következő ürítéseket a hajózárszemélyzet a pilótafülkében elhelyezett az 5 számú képen bemutatott kezelőpaneljéről vezérelve manuálisan hajtja végre. A további oltóanyagtartályok ürítésének ütemezését a repülőgép eljárási protokolljában rögzítik.



5. kép: A Boeing 737-es oltórendszerének kezelő panelje [35]

Hajtómű oltóberendezése korábban általánosan halon 1301-el volt töltve. Napjainkban már többségében HFC-eket¹³ használnak. Tűz esetén a műszerek jelzéseire hagyatkozva leállítják a meghibásodott hajtóművet és elzárják az üzemanyag ellátását. Ha továbbra is tüzet érzékelnek a kezelőpanel visszajelzése alapján a pilóták, úgy megkezdik az oltást. A mellékhelyiségben az oltás azonban automatikusan működik.

9. ELJÁRÁS HAJTÓMŰTŰZ ESETÉN

A fentiekben leírt egyszerű technikai mozzanatok egy ennél jóval összetettebb eljárási lépéssorozatot magában foglaló logikai elem integrálása révén valósul meg. Így, ha például a tűz, utazómagasságon az 1-es hajtóműben történik egy Boeing 737-es utasszállítógépen, akkor elsőként felvillan a 6 képen is látható sárga „Master Caution” és egy piros „Fire Warn” jelzés, és az „1”-es hajtómű a tűzoltó berendezésének vészjelzője, egy egyedi hangjelzés kíséretében.

¹³ A HFC23, HFC125, HFC227 gázok oltási koncentrációja mintegy 0,5 kg/m³-re tehető.



6. kép: Figyelmeztető lámpák [36]

A pilótáknak kapkodás nélkül, higgadtan kell megállapítaniuk és egyetérteniük abban, hogy melyik hajtómű gyulladt ki és melyiket fogják leállítani. Meggyőződésük után lekapcsolják a robotpilótát és visszaveszik az irányítást a gép fölött, majd a hibás hajtómű tolóerejét lecsökkentik nullára és elzárják az üzemanyag táplálását. Ezek után megfogják a hajtómű oltóberendezésének pirosan világító fogantyúját felhúzzák, és elfordítják a hajtómű irányába, amint a 7 képen látható. Ha kialszik a fül, akkor sikeresen eloltották a tüzet, ha nem akkor elfordítják a másik irányba is, ekkor a második tartályból is a hajtóműre ürítik az oltóanyagot.



7. kép: Boeing 737 "1"-es hajtómű tűz oltása

Mivel a gép utazómagasságon repült két hajtóművel és a tűz következtében kiesett az 1-es tolóereje, így a magasságot általában nem tudják tartani, ezért kitérnek a rossz hajtómű irányába (mivel arra könnyebben fordul) és növelik a maradék „2”-es teljesítményét. Kifordulásra azért van szükség, mert általában a repülők légifolyosókon haladnak, és hogy ne ütközzenek, egy szembejövővel, ezért kitérnek, de a pilóták segítségére van a TCAS rendszer is, mely mutatja a körülöttük lévő forgalmat. Így biztos, hogy elkerülhető egy ütközés. Ugyanakkor, ha képesek tartani a magasságot, akkor a későbbiekben kérnek engedélyt ereszkedésre. A személyzet betekeri a 7700-as válaszjeladót, így a légi irányítás látja, hogy probléma van a járattal. Ha a gép jelentkezik, akkor a „**Mayday, Mayday, Mayday**” megszólalással kezd. Ezzel tudatva a környező gépekkel is, hogy probléma van és akár késésre, koordinálásra is számíthatnak. Az irányítónak mindenben a bajbajutott gép segítségére kell lennie. A repülőn pedig a gépparancsnok, maga a kapitány hozza a döntéseket. Általában a legközelebbi biztonságos repteret választják, ahol azonnal értesítik a helyi földi beavatkozó egységeket a sérült gép érkezéséről, akik felkészülnek a fogadására.



10. BEFEJEZÉS

Összegzésül megállapítható hogy a repülőgépek biztonságát tűzvédelmi szempontból igen sok tényező határozza meg, kezdve a repülőket fogadó-küldő repterek, a különböző elektronikai berendezések, a hajtóművek, a repülőgép belső berendezései, melyek beépítésére minden esetben csak a megfelelő minősítő vizsgálatokkal igazolt követelményeket kell teljesíteniük. A repülőgépekbe csak a FAA és az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség által műbizonylattal engedélyezett alkatrész szerelhető be, mely garantálja, hogy az előírt alkatrész minőségileg megfelel a repülés biztonsági előírásoknak is.

Ugyanakkor előfordulhatnak téves a riasztások is. Napjainkban az újabb típusú gépekre már szerelnek külső kamerát a függőleges vezérsíkra, így vizuálisan is képet kaphatnak a gép valós állapotáról. Ha lehetne éjjellátó hőkamerát tenni a csomagterbe is, így a pilóták láthatnák, hogy valóban van-e ott füst vagy netán kisebb nagyobb tűz. Ugyanígy a hajtóművekhez is, ha netán valami rendellenes dolog következne be, akkor kárfelmérés szempontjából tudják értékelni a helyzetüket és annak megfelelően, kellő óvatossággal tudjanak eljárni, cselekedni. A múlt tapasztalati ellenére, sajnálatosan, a jövőben is szembe kell néznünk a repülőgépek bekövetkező tüzek kockázatával. Ugyanis a felgyorsult tömeggyártásnak és versenyhelyzetnek köszönhetően, egyre nagyobb a valószínűsége egy-egy lehetséges hiba bekövetkezésének.

Emellett meg kell említenünk a napjainkban komoly kihívást jelentő elektronikai eszközökben alkalmazott lítiumos akkumulátorokat, melyek kapcsán a Boeing cég tanulmánya megállapítja, hogy az ilyen áramforrások kiterjedt tüzeinél nem kellően hatékonyak még a halon típusú oltóanyagok sem. A lítium égésekor oxigén szabadul fel, így saját magát táplálja, tehát nem hatásos a csomagterben használatos oltástechnika, mindemellett hatalmas tárolt energiával rendelkezik, amihez már egy kisebb zárlat is elég, hogy heves reakció kíséretében felrobbanjon. Az állítás valóságtartalmát látszik igazolni, hogy két Boeing 747-es szállító gép is feltehetően lítiumos elemek öngyulladására miatt zuhant le. [2]



Az említettek és a tanulmányban előzőleg bemutatott esetek is arra hívják fel a figyelmet, hogy a tűzvédelem a repüléstechnika más mérnöki ágáival szoros kölcsönhatásban megvalósítva kiemelt elemét képezi a repülésbiztonságnak.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A nemzetközi polgári repülésről szóló, Chicagóban, az 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény Függelékeinek a módosítással egységes szerkezetbe foglalt, hiteles szövege és annak magyar nyelvű hivatalos fordítása: Magyar Közlöny, 2009. évi 58. szám, 3130. o., http://doc.hjegy.mhk.hu/20070000000046_2.PDF, (letöltve: 2019. júl. 23.);
- [2] J. M. Cox – M. Moxon – R. M. H. Weeks et al: Smoke, Fire And Fumes In Transport Aircraft Past History, Current Risks And Recommended Mitigations, Part 1: Reference, Royal Aeronautical Society, Fifth Edition 2018., London, <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2330.pdf>, 14.o., (letöltve: 2019. júl. 02.);
- [3] Boeing. (2000). In-flight Smoke. Retrieved from: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aerohttp://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_14/inflight_story.html;
- [4] Laczik B.: Polgári és katonai repülőgépek tűzoltásának taktikája, követelményei, módszerei, eszközei, Repüléstudományi Közlemények, 23. évf. 2. sz. 2011., https://epa.oszk.hu/02600/02694/00055/pdf/EPA02694_rtk_2011_2_Laczik_Balazs.pdf, (letöltve: 2019. júl. 07.);
- [5] Kruppa A.: Tűzálló kábelrendszerek, OBO Bettermann Kereskedelmi és Szolgáltató Kft., <http://tuzfal.com/docs/0048.pdf>, (letöltve: 2019. júl. 25.);
- [6] Pál Károlyné - Macskásy H.: A műanyagok éghetősége. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980., 199. o.;
- [7] C. Bresciano: Alternate Wire Flammability Test Procedures For Small Wire Test Specimens, <https://slideplayer.com/slide/4062775/>, (letöltve: 2019. aug. 06.);



- [8] The Transportation Safety Board of Canada: Aviation Investigation Report In-Flight Fire Leading to Collision with Water, Swissair Transport Limited McDonnell Douglas MD-11 HB-IWF Peggy's Cove, Nova Scotia 5 nm SW, 2 September 1998, <http://www.tsb.gc.ca/eng/rappports-reports/aviation/1998/a98h0003/a98h0003.pdf>, (letöltve: 2019. júl. 05.);
- [9] INFORME FINAL West Caribbean Airways DC-9-82 (MD-82) Matrícula HK4374X Machiques, Venezuela 16 de Agosto de 2005, Anexo 3: <https://www.bea.aero/docspa/2005/hk-x050816.es/pdf/hk-x050816.es.pdf>, p.10 (letöltve: 2019. júl. 12.);
- [10] Australian Transport Safety Bureau: In-flight uncontained engine failure Airbus A380-842, VH-OQA, overhead Batam Island, Indonesia, 4 November 2010, https://www.atsb.gov.au/publications/investigation_reports/2010/AAIR/AO-2010-089.aspx, (letöltve: 2019. júl. 10.);
- [11] National Transportation Safety Board: ENG15IA024 nyilvántartási számú dokumentumban szereplő, <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/ASR-16-01.pdf>, (letöltve: 2019. júl. 20.);
- [12] Kerozin biztonsági adatlap. Sloznaft honlap, https://sloznaft.sk/images/sloznaft/pdf/about_us/sustainable_development_and_HSE/safety_data_sheets/hu/kerozin_jet_a-1_vers_12_0_hu.pdf, (letöltve: 2019. júl. 23.);
- [13] Beneda K. – Gáti B. – Hámori Gy. – Óvári Gy. – Rácz J.: Repülőgépek rendszerei és avionika, BME, Egyetemi tananyag, 2012., ISBN 978-963-279-613-0, http://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/59/48/dd/1/Gati_et_al_Repulogepek_rendszerei.pdf, 54. o., (letöltve: 2019. júl. 22.);
- [14] A330 Flight Crew Operating Manual, Fuel Contents, <http://www.smartcockpit.com/docs/A330-Fuel.pdf>, (letöltve: 2019. júl. 22.);
- [15] Межгосударственный Авиационный Комитет: Предварительный отчет по результатам расследования авиационного происшествия, Катастрофа, Россия, Московская область, аэродром Шереметьево, 05.05.2019, https://mak-iac.org/upload/iblock/4e4/report_ra-89098_pr.pdf, 69. o.;



- [16] Nagy L. Z. et al: Alkalmazott tűzvizsgálat, Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság, Budapest, 2014., 202. o., <http://vedelem.hu/letoltes/anyagok/814-alkalmazott-tuzvizsgalat.pdf>, (letöltve: 2019. júl. 02.);
- [17] Révész T.: Egyes kompozitok és a belőlük készült szendvicsszerkezetek tönkremeneteli formái, Repüléstudományi Közlemények, 2010. XXII. évf. 2. szám, ISSN 1789-770X, http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Revesz_Tamas.pdf, 13. o., (letöltve: 2019. júl. 02.);
- [18] J. Hale: Boeing 787 from the Ground Up, AERO Online magazine, QTR_04 2006., https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/AERO_Q406_article4.pdf; p. 18, (letöltve: 2019. júl. 26.);
- [19] Kompozitok: Segédlet, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2014., http://www.pt.bme.hu/segedletek/a5_kompozitok_v5.pdf, (letöltve: 2019. júl.31.);
- [20] Gyurján L.: A lopakodó technológia, Repüléstudományi Közlemények, 2016. XXVIII. évf. 1. szám, ISSN 1789-770X, http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-11-0325_Gyurjan_Laszlo.pdf, 130. o., (letöltve: 2019. aug. 01.);
- [21] Kerekes Zs. – Szabó A. – Szitányiné Siklósi M.: Égés és oltásmélet III. Főiskolai jegyzet, SZIE, 2013, 141. o.;
- [22] Szolnoki B.: Epoxigyanta kompozitok környezetbarát égésgátlása, BME, 2014., http://doktori.bme.hu/bme_palyazat/2014/honlap/Szolnoki_Beata_hu.htm, (letöltve: 2019. júl. 29.);
- [23] Óvári Gy.: Szállító légi járművek utas- és személyzetmentő biztonságtechnikai berendezései és rendszerei, Repüléstudományi Közlemények, 2007. XIX. évf. 2. szám, ISSN 1789-770X, http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/1118/ovari_gyula.pdf?sequence=1&isAllowed=y., (letöltve: 2019. júl. 24.);
- [24] Beda L. – Móroczné Cecei K.: Laboratóriumi gyakorlatok tűzvédelmi szakos hallgatók részére, Főiskolai jegyzet 2. kiadás, SZIE, 2000, 101. o.;



- [25] N. J. Butcher – J. C. Barnett – H. M. Burton – M. Cox – R. M. H. Weeks et al: Smoke, Fire And Fumes In Transport Aircraft Past History, Current Risks And Recommended Mitigations, Part 2: Training, Royal Aeronautical Society, Fifth Edition 2018., London, <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/2670.pdf>, 14.o., (letöltve: 2019. júl. 02.);
- [26] AIRBUS S.A.S.: A320/A320NEO, Aircraft Characteristics – Airport And Maintenance Planning AC, 2005., https://www.slideshare.net/MarkMoseskvm2211/airbus-ac-a320may2014-maintaine?from_action=save, (letöltve: 2019. aug. 07.);
- [27] Abbott, R.: Analysis and Design of Composite and Metallic Flight Vehicle Structures, 2019., Georgetown, ISBN 978-1-5272-3825-1, <https://www.abbottaerospace.com/downloads/analysis-and-design/>, (letöltve: 2019. aug. 07.);
- [28] RTL Klub: Tudósítás, <https://rtl.hu/rtlklub/hirek/kenyszerleszallas-kigyulladt-a-replo-egyik-motorja-fust-arasztotta-el-az-utasteret>, (letöltve: 2019. aug. 08.);
- [29] L. M. Krasner: Study of hand-held fire extinguisher aboard of civil aviation aircraft, 1982., <http://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/ct82-42.pdf>, 19. o., (letöltve: 2019. aug. 07.);
- [30] Терещнев В. В. – Артемьев Н.С. – Думилин А.И.: Противопожарная защита и тушение пожаров на транспорте, Книга-6. М., Академия Государственной Противопожарной Службы МЧС России, 2006., 263. o., <https://studfiles.net/preview/6459547/>, (letöltve: 2018. dec. 20.)
- [31] Csepregi Cs.: Tűzjelző rendszerek – amit a tűzjelzőkről tudni érdemes, Florian Press Kiadó, Budapest, 2001., ISBN 9630057085, 68. o.;
- [32] C. Hipsher – D. E. Ferguson: Fire Protection: Cargo Compartments, cargo compartments on Boeing passenger and freighter airplanes incorporate comprehensive fire protection that includes fire detection and suppression systems. AERO Online magazine, QTR_02 2011., https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2011_q2/pdfs/AERO_2011_Q2_article3.pdf, (letöltve: 2019. aug. 06.);
- [33] Flight–Mechanic: Engine Fire Protection Systems, Engine Fire Zones, 2017., <http://www.flight-mechanic.com/engine-fire-zones/>, (letöltve: 2019. aug. 13.);



[34] Vintage Aircraft: <http://www.twinbeech.com/images/PV-1/PV-1%20and%20Howard%20350%205-14-02%20034.jpg>, (letöltve: 2015. nov. 13.);

[35] Aircraftengineering, Aircraft Passionates: Tag Archives: Cargo Compartment (Optional), Fire Protection – B737, <https://aircraftengineering.wordpress.com/tag/cargo-compartment-optional/>, (letöltve: 2019. aug. 14.);

[36] Aviation Photo #1597016 Boeing 737-8AS – Ryanair, <https://www.airliners.net/photo/Ryanair/Boeing-737-8AS/1597016>, (letöltve: 2019. aug. 14.);

[37] mvc340: Boeing 737 Engine fire landing, 2011., Ibiza, 0.47 min., <https://www.youtube.com/watch?v=H2Dwn0RytDc>, (letöltve: 2019. aug. 14.);

Dr. Nagy Rudolf adjunktus

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

ORCID ID 0000-0001-5108-9728

Román Roland

Lufthansa Technik Budapest Kft.

Elérhetőség: 06-20-974-2626

email: r.rolandr@hotmail.com

orcid.org/0000-0002-6310-6705