

Adatfeldolgozó rendszer a pilóták fiziológiai állapotának vizsgálatára

Prof. dr. Grósz Andor orvos ezredes – dr. Szabó Sándor orvos alezredes – Vigh Zoltán mérnök őrnagy

A repülés az emberi tevékenység igen sajátos formája. Szerteágazó tartalmú, nehezen felsorolható szakmák szövevénye, s ettől különleges, interdiszciplináris foglaltság.

Helyes értelmezéséhez alapvető logikai feltétel, hogy elfogadjuk, a repülés megvalósulásához három alapvető elem együttes jelenléte és összekapcsolódása szükséges, nevezetesen az *emberé*, a *gépe* és a *környezete*. Elméletileg mind a három alkotóelem autonóm, és rendelkezik az önálló működésüket biztosító sajátos, csak rájuk jellemző működési törvényekkel és szabályokkal. A valóságban, mint azt a gyakorlat is igazolja, a harmonikus működésükhöz képeseknek kell lenniük a szoros együttműködésre is.

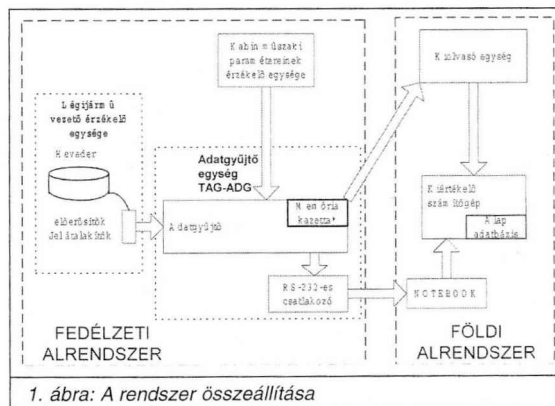
A fentiekből kiindulva a valóságos (tényleges) és biztonságos repülésnek az említett elemek szoros, térben és időben dinamikusán változó, harmonikus együttműködését tekintjük.

A rendszer állapotának folyamatos követése, irányítása és egyensúlyban tartása a repülésbiztonsági szakma feladata. A repülés napjainkban is tartó fejlődésében minduntalan túlzóan előtérbe került a repülésrel kapcsolatos technikai problémákör a humán vonatkozású kérdésekkel szemben. Ennek mára az lett az eredménye, hogy olyan magasan műszerezett, megbízható és kitűnő konstrukciójú repülőszervezetek kerültek kifejlesztésre, melyek kiszolgálása, üzemeltetése megközelíti, sőt a repülés egyes fázisaiban, leginkább különleges légi helyzetekben, meg is haladja az ember fizikai és pszichikai teljesítőképességének lehetőségeit.

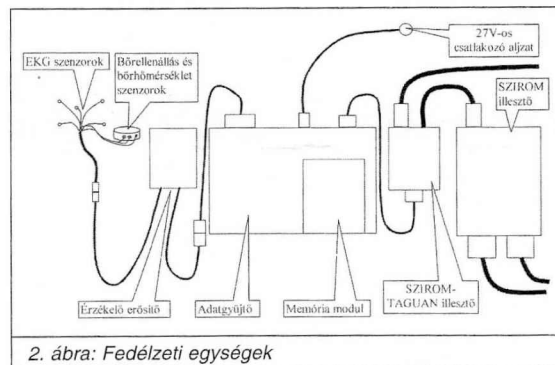
A repülésben az *ember-gép-környezet rendszer* gyenge láncszemévé az ember (pilóta) vált. A korszerű katonai légierők repülésbiztonsági adatai szerint szembe tűnő, hogy az események és a légi katasztrófák jelentős többsége már nem műszaki eredetű okokra, hanem a repülés extrém körülményei közt a személyzetnél/pilótáknál fellépő elégtelen pszichikai és fizikai reakcióképességre, illetve állapotra vezethető vissza.

A kialakult gyakorlatban a légi járművek műszaki alkalmaságának fenntartásához vagy a felkészítésükhöz a szükséges technikai és szervezési beavatkozások rendje precízen kidolgozott. Ugyanígy a repülés fizikai közegének folyamatos felderítése, adatainak tudományos szintű elemzése megfelelő mértékű. Ezeket az információkat sikeresen alkalmazzák és vizsgálják a két repülési rendszerelem együttműködésekor, mind laboratóriumi, mind valós repülési körülmények között.

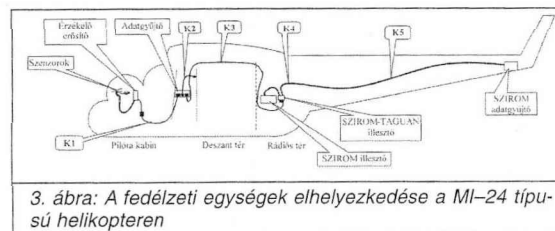
Az eddigiek összegzéseként kijelenthetjük, hogy a repülés, mindhárom alkotóelemére nézve, veszélyforrásokkal telített interakció. Emiatt gyakorlása során a benne tevékenykedő személyekre is minden pillanatban több, fizikai vagy lelki hatását tekintve káros veszélyforrás leselkedik. Azért, hogy csökkenteni tudjuk a kiszámítható, de meg nem szüntethető veszélyforrások számát, meg kell mérnünk a repülés rendszerében dolgozó, operátori tevékenységet folytató személyek egyes jellemző élettani reakcióját s ezek paramétereinek változását a foglalko-



1. ábra: A rendszer összeállítása



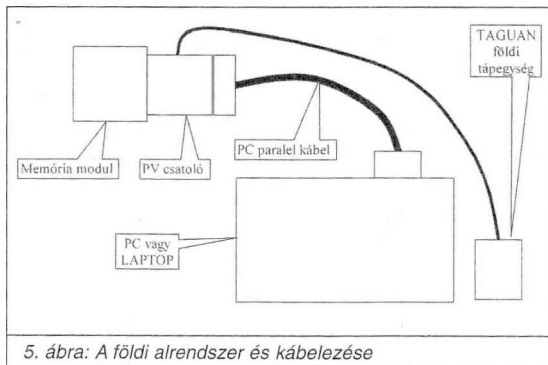
2. ábra: Fedélzeti egységek



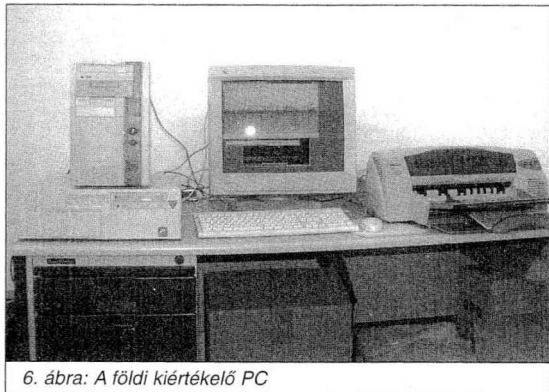
3. ábra: A fedélzeti egységek elhelyezkedése a Mi-24 típusú helikopteren



4. ábra: A fedélzeti egységek



5. ábra: A földi alrendszer és kábelezése



6. ábra: A földi kiértékelő PC

zás gyakorlásának ideje alatt. A foglalkozás-egészségügy s így a repülőorvoslás igen régi törekvése, hogy valós adatokat szerezzen az ilyen interakció során.

A repülés területére vonatkozóan kijelenthetjük, hogy *komplex fizikai-biológiai adatrögzítés – olyan, amely viszonylag objektíven igazolja a pilóta (operátor) élettani válaszait a repülés (a foglalkozási kör) hatásaira – nincs.*

Mint azt az előzőekben vázoltuk, a repüléshez számos feltételrendszer teljesülése szükséges (meteorológiai, műszaki, kiképzési, kiszolgálási, egészségügyi stb.), s ezekről tudjuk, jelenleg nem mindenben felelnek meg az általunk oly gyakran megfogalmazott biztonságot növelő követelményeknek. Így például a repülésre alkalmas egészségügyi minősítés hallgatólagosan feltételezi, hogy a pilóta egészségi állapota szilárd, s ezért esetleg néhány előírt korlátozással jogot és felruházást kap a repülésre. Mindezt, gyakorlatilag minden időben, minden engedélyezett repülőgéptípuson és körülmény között önállóan gyakorolhatja is. Pedig, ha elfogadjuk, hogy a repülés három eleme egyenértékű, s mondjuk egy hajtómű repülésre való felkészítése, üzemeltetése, műszerezése, időszaki javításai, átvizsgálása stb. a kialakult gyakorlat szerint nem minősül repülést zavaró tényezőnek, akkor még inkább el kell fogadnunk azt, hogy *a repülés biztonságát az emberi tényező szempontjából növelő eljárások, eszközök vagy műszerek nem lehetnek zavaróak.*

Az emberi szervezet felépítéséhez és működéséhez képest egy olyan egyszerű szerkezetéről – mint az előző példánkban említett hajtóműről – repülés közben számos adat kerül ellenőrzésre, mérésre, rögzítésre, analízisra. Hihetetlennek tűnik, pedig igaz, hogy eközben egy olyan bonyolult szerveződésű rendszer, mint a pilóta, durván fogalmazva csak a „kibírom, nem bírom ki” szinten, saját szubjektív döntése alapján kerül megítélésre. Egy ilyen komoly „szakmai” döntésre korrektül felkészí-

tett személy természetesen vállalja a döntést, de nyilvánvaló, hogy az akkor is szubjektív és önös érdekű marad. A repülés/munkavégzés közben a munkavégző képességét, reakcióit a külső behatásokra, aktuális egészségi állapotát semmilyen műszer sem regisztrálja.

A fentiek alapján belátható, hogy ha a repülés komfortját, a repülés teljesítményét és a repülés biztonságát hatékonyan kívánjuk javítani, akkor annak jelenlegi gyenge láncszemét kell megerősíteni azzal, hogy *az extrém környezeti feltételek között dolgozó pilóta reális munkavégző képességét kell repülés előtt, alatt és után folyamatosan mérni, rögzíteni és analizálni.*

Az élettani paraméterek repülés közben történő rögzítésének figyelemreméltó alkalmazási területe például az, amikor a szokásos orvosi vizsgálatok negatív eredménye ellenére – mondjuk problémás kiképzési feladatteljesítés miatt – kétség merül föl a pilóta fizikai vagy pszichikai alkalmasságát illetően. Lévé, hogy a valóságos repülési körülményeket a földön csak bizonyos korlátokkal lehet szimulálni, azért valós repülés közben kell felkutatnunk, illetve kizárnunk az esetleges egészségi okot. A helyesen felépített és elkészített adatfeldolgozó rendszer, amely elemeivel támogatja és segíti a hozzácsatlakozó elemeket, megfelelő adatmennyiség birtokában igen komoly segítséget nyújthat a pilóták/operátorok *egészségi alkalmasságának megítéléséhez.*

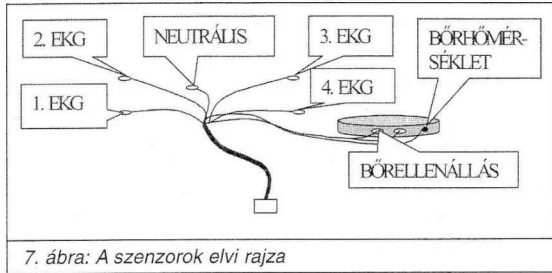
Repülőesemények okainak tisztázásakor, a kritikus helyzetek átélése után, de még akkor is, ha az halálos kimenetelű volt, a mért adatok pontosságukkal elősegíthetik a helyzet *ok-okozati összefüggéseinek* a megítélését. A tanulságok megfelelő alkalmazásával, a védő-megelőző intézkedések bevezetésével egy idő után *minőségileg megváltoztathatjuk az operátorok tevékenységét és így a repülés biztonságát is.*

A rögzített élettani paraméterek repülést követő kiértékeléséhez, a történések objektív rekonstruálásához nagyon fontos az időben párhuzamosan gyűjtött technikai paraméterek ismerete. Ez utóbbiakból (melyek alatt nem csak a légi jármű „saját” adatait kell érteni) reprodukálható és megállapítható azoknak a pilóták a repülés egyes szakaszaiban ért fizikai vagy pszichikai túlterheléseknek a jellege, amelyek előidézői lehetnek az élettani adatokban regisztrált elváltozásoknak. Megfordítva a dolgot, hasonlóképpen kimutatható az is, ha a repülési feladat hibás végrehajtása a pilóta aktuális pszichikai vagy fizikai állapotára vezethető vissza. A kölcsönhatások nyilvánvalók, ezért fontos feladat tehát *az élettani és repülési paraméterek gyűjtése, szimultán rögzítése és az együttes értelmezés és kiértékelésük megvalósítása.*

Évek óta ismertek a repülés közben a pilótákon megvalósított, főleg EKG-adatok rögzítését végző mérések, amelyeknek azonban a repülési adatokhoz való hozzárendelését nem vagy nem megnyugtató módon valósították meg, s amely nem támaszkodott automatikusan a vizsgált személy individuális adatbázisára. Ezek a mérések értékesek ugyan, de a kiértékelésük csak bizonyos megszorításokkal tekinthető teljes értékűnek.

Célunk az élettani paraméterek gyűjtése és kiértékelése, időszinkronban a fedélzeti adatrögzítő által mért paraméterekkel. A légijármű-vezető fiziológiai állapotát jellemző élettani paraméterek objektív meghatározása fontos a repülés végrehajtása közben.

A cél egy olyan repülőgép-fedélzeti berendezés kifejlesztése, amely lehetővé teszi repülés közben a légijármű-vezetők jellemző élettani paramétereinek mérését, rögzítését, azok elemzését, archiválását a repülőeseményekkel kapcsolatos kérdések objektívebb tisztázása ér-



7. ábra: A szenzorok elvi rajza

dekében. Lehetővé kell tenni a repülés befejezését követő számítógépes kiértékelést és az eredményt össze kell hasonlítani a korábbi vizsgálatok és repülések során mért adatokból összeállított adatbázissal. Az így kapott eredmények segítségével a műszernek megbízható módon képesnek kell lennie az „aktuális” repülési alkalmasság megítélésére, sőt, bizonyos idő elteltével elfogadható pontosságú prognosztikus értékű eredmények kialakítására.

A kifejlesztett eszköz (EKGALFI) lehetővé teszi a légi jármű-vezetők kiképzésével, valamint a repülésbiztonsággal kapcsolatos munka hatékonyságának javítását.

Az adatrögzítő által mért paraméterek:

- elektrokardiogramm (EKG),
- galvanikus bőrelleállás,
- testhőmérséklet,
- pulzus- és légzésszám,
- kabinhőmérséklet,
- kabinnyomás,
- túlterhelések nagysága,
- magasságérték,
- sebességérték,
- bedöntésérték,
- bólintásérték.

A megvalósítás a HM Technológiai Hivatal és az Aviatronic Kft. szakmérnökeinek nevéhez kapcsolódik. A fejlesztéshez nélkülözhetetlen orvosi (repülőorvosi) szakmai háttérrel az MH Kecskeméti Repülőkörház szakemberei biztosították.

A rendszer két, egymástól jól elkülöníthető részből áll (1. ábra):

- fedélzeti alrendszer;
- földi alrendszer.

A fedélzeti alrendszer rendeltetése: A fedélzeti alrendszer az érzékelőkből (adókból) kapott jeleket fogadja, megfelelő átalakítja és digitális (elektronikus) úton rögzíti, majd a rögzített adatokat megőrzi az üzemi vagy baleseti adatkiolvasás megtörténteig.

A földi alrendszer rendeltetése: A földi alrendszer a fedélzeti alrendszer által rögzített paramétereket az értékeléshez megjeleníti a számítógép monitorján, valamint archiválja az adatokat.

A fedélzeti egységek

- szenzorok:
 - EKG-elektrodák vezetékai
 - Bőrelleállás-szenzor
 - Bőrhőmérséklet-mérő szenzor
- érzékelő erősítő
- adatgyűjtő
- memóriamodul
- illesztőegység

Földi egység

- földi kiértékelő rendszer (PC vagy laptop és szabvány párhuzamos kábel)
- földi tápegység
- memória-PC csatoló

A szenzorok szolgáltatja jeleket az érzékelő erősítő dolgozza fel, és digitális formában küldi el az adatgyűjtő egységbe. Az adatgyűjtő az így kapott jeleket, valamint a kabinhőmérséklet- és kabinnyomásérteket és a repülőgép baleseti adatgyűjtőjéből nyert adatokat blokkokba rendezi, és a memóriamodulba juttatja. A memóriamodul repülés után kivehető az adatgyűjtő egységből, és a kiértékelőhelyiségben a földi kiértékelő segítségével megjeleníthető és elemezhető. A földi kiértékelő program PC-n, illetve laptopon is futtat (6. ábra).

A fedélzeti alrendszer az érzékelőkből (adókból) kapott jeleket fogadja, megfelelően átalakítja és digitális (elektronikus) úton rögzíti, a rögzített adatokat megőrzi az üzemi vagy baleseti adatkiolvasás megtörténteig.

Szenzorok

A szenzorok (7. ábra) az élettani paraméterek méréséhez szükséges elektromos csatlakozásokat hozzák létre, és a mérő elektródák megfelelő rögzítését biztosítják a repülőgép-vezető bőrfelületén.

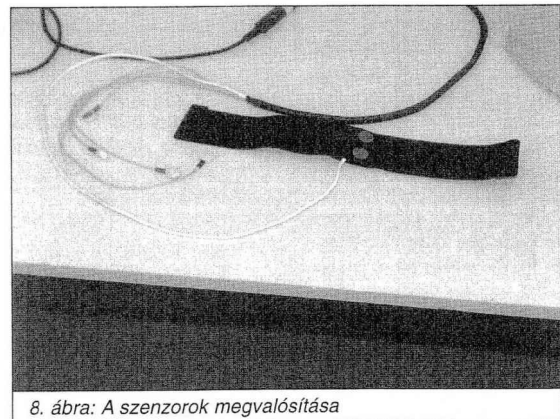
A szenzorok felépítése, kialakítása

Az EKG-elektrodák az EKG-méréseknél szokásos elektroddal kezelt, egyszer használatos ragasztott elektródák, melyek alkalmazása a légzésszám testellenállás-változás módszerével való mérés, valamint az EKG-jelek kisebb zavarjelei miatt váltak szükségessé.

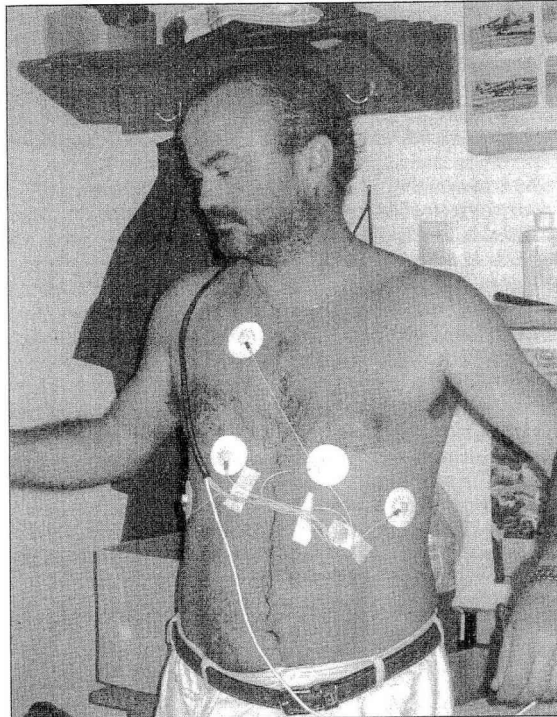
A bőrelleállás-mérő elektródákat és a bőrhőmérséklet-érzékelőt a karra rögzíthető mandzsettán helyezték el. A mandzsetta biztosítja az elektródák helyzetét és biztonságos rögzítését. Antiallergén szilikonumból készült, tépőzáras rögzítéssel. Elektródaként a KFEE-2 típusú bőrbarát száraz elektródákat alkalmaztuk.

EKG-mérő elektróda

A kétszatórnás EKG-jelet a bőr felületéről öt elektroddal átítatott, egyszer használatos, felragasztható korong (elektroda) vezeti el. A négy szélső elektróda ad-



8. ábra: A szenzorok megvalósítása



9. ábra: Az EKG-elektrodák elhelyezkedése az emberi testen

ja az EKG-jeleket (átlósan alkotnak egy-egy párt), a középső „neutrális” elektróda pedig a viszonyítási alapot (ez egyben az árnyékolás is). A zavarok csökkentése érdekében az elvezetéshez árnyékolt vezetékét alkalmaztunk.

Az EKG-elektrodák közül a két alsót használja a légzésszámmérő.

Bőrellenállás-mérő elektróda

A bőrellenállás mérése egymástól 2,5 cm távolságra elhelyezett KFEÉ-2 típusú bőrbarát száraz elektródák segítségével történik.

Bőrhőmérséklet-mérő elektróda

A bőr hőmérsékletét ugyancsak a fent említett testbarát elektródára rögzített, LM335 típusú integrált áramkörös szenzor méri. Az LM335 abszolút hőmérsékletet mér, 10 mV/K meredekséggel. A konkrét megvalósítás a 8. ábrán látható.

Az elektródák felhelyezése

Az elektródákat orvosi szobában az orvos jelenlétében asszisztens ragasztja fel a 9. ábrán látható módon.

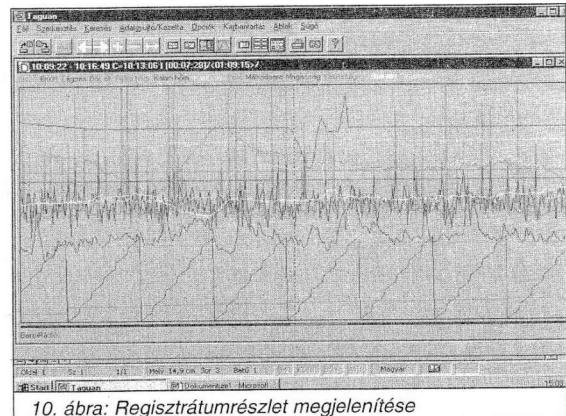
Az érzékelő erősítő

Az elektródák, illetve jeladók jeleit az érzékelő erősítő dolgozza fel, melyet a repülőgép-vezető zubbonyára rögzítenek. Ez a rögzítés könnyen oldható, hogy az öltözködés, vetkőzés ne legyen bonyolult. A minél kisebb tömeg érdekében az erősítő műanyag dobozban van. Az érzékelőegység dolgozza fel a szenzorok által szolgáltatott jeleket.

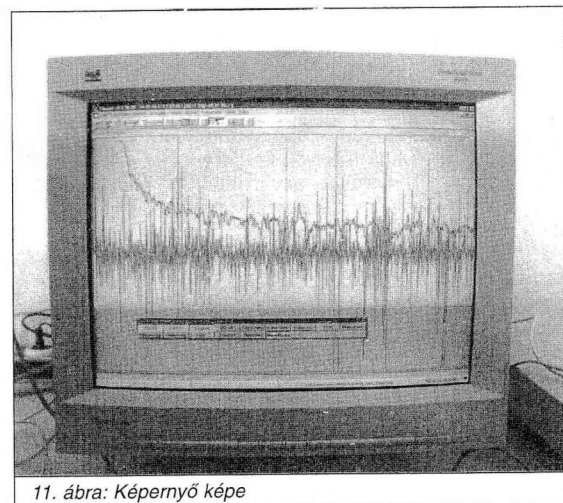
Az érzékelő elektronika öt blokkot tartalmaz:

- EKG-jeleket feldolgozó elektronika,
- légzésszámot mérő elektronika,
- bőrellenállást mérő elektronika,
- bőrhőmérő tápellátása,
- analóg-digitál konverterek.

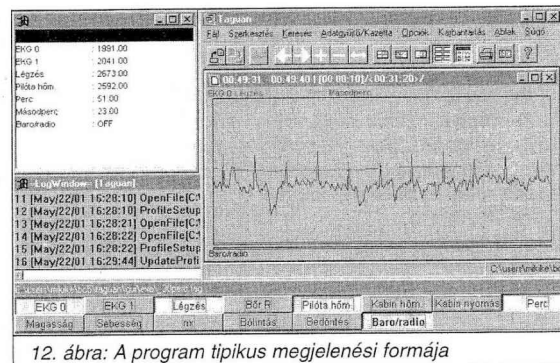
Az egységet az ejtőernyő-hevederre egy tépőzáras pánttal rögzítették fel úgy, hogy a pántot az ernyőheveder és a teherelosztó párna közé fűzték (helikopteren elegendő a klipszes rögzítés is, ott kisebbek a gyorsulásiértékek).



10. ábra: Regisztráturmásolat megjelenítése



11. ábra: Képernyő képe



12. ábra: A program tipikus megjelenési formája

Az érzékelő erősítő által feldolgozott jelek az ülésre rögzített csatlakozón keresztül jutnak az adatgyűjtőbe. Ez a csatlakozó biztosítja, hogy a repülőgép-vezető az érzékelő erősítőt könnyen, gyorsan össze, illetve szét tudja csatlakoztatni, és az ülést gyorsan el tudja hagyni. (Ennek meneküléskor, vész esetén van nagy jelentősége!)

Vélemények, következtetések

Az eszköz sikeres földi tesztelése után sor került a repülés közbeni ellenőrzésre. Három különböző repülési feladat során teszteltük a rendszert a fedélzeten, majd a leszállást követően beolvastuk a rögzített adatokat. A rögzítés és a kiolvasás minden esetben sikeres volt, a megjelölt és kinyomtatott adatok jellegüket tekintve értékelésre alkalmasnak bizonyultak. Ezt követően megállapítottuk, hogy az eszköz igazolhatóan teljesíti az előírt követelményeket.

A berendezésnek a helikopter fedélzetére történő beépítése a műszaki dokumentáció szerint megtörtént. Az

eszköz az előírásoknak megfelelően működött, a fedélzeti rendszerek működésében zavart nem okozott.

A telepített eszköz és programok segítségével a repülés közben regisztrált EKG két csatornán (mellkasi elvezetések), jó minőségben megjeleníthető, az R és T hullámok (szívkamrai összehúzóással és elernyedéssel járó elektromos aktivitásváltozás) azonosíthatók. Az eszköz ritmuszavar, klinikailag jelentős szívkoszorúér-keringési zavar értékelésére alkalmas. A GBR (galvanikus bőrelenállás) alkari szenzora a bőrelenállás tendenciaszerű változását mutatja. A képi megjelenítés jelen formájában a frekvenciaváltozás és a parallel mechanikai kinetikai adatok összevetésére alkalmas.

Távlatilag a jövőbeni fejlesztés célja az EKG- és a galvanikus bőrelenállás-szenzorok automatikus felhelyezése és rögzítésének kialakítása. Ezenkívül a földi pszichológiai (szimulált stresszhelyzetekben) kísérletek során az RR-hullám disztribúciójának (EKG fő kilengéseinek, azaz a szívkamrai aktivitásnak) elemzésével a frekvenciaváltozékonyság számszerűsítése. Távlatilag az EKG-értékelő algoritmus fejlesztésével a statisztikai összehasonlítás és a longitudinális adatbázis kialakítása célszerű.