

AZ RD-33 HAJTÓMŰ SZERKEZETI FELÉPÍTÉSÉNEK ISMERTETÉSE

Elektronikus tansegédlet az RD-33 hajtómű szerkezettani oktatásához



A tansegédlet felépítése

A bemutatón belül az RD-33 hajtómű különböző szerkezeti egységeinek ismertetése akciógombokkal, illetve hivatkozásokkal érhető el a könnyebb kezelhetőség érdekében, melyek megismeréséhez a főmenüben megtekinthető „Súgó” nyújt segítséget.

A bemutatóban a magyar terminológiának megfelelő megnevezések szerepelnek a különböző fordításokból adódó félreértések elkerülése végett.

Főmenü

A főmenüben az akciógombok segítségével, négy lehetősége van a továbblépésre:

- beléphet a már említett Súgóba,
- az Alapismeretek bemutatóba,
- az RD-33 hajtómű bemutatóba,
- illetve lehetőség van a kilépésre.

ALAPISMERETEK

Az alapismeretek fő egység az eddig tanult hajtómű-elméleti alapokat hivatott felfrissíteni. A felhasználó számára mintegy mankót nyújt az RD-33 hajtómű feldolgozásakor. Nagyon sok, esetlegesen felmerülő kérdésre ad választ. Természetesen az alapismeretek egység is a szerkezeti ismeretek és általános működési elvek felfrissítésére van kihegyezve. Nem mondható el, hogy teljesen felöleli a hajtómű-elméleti alapismeretek egészét. Nem is ez a célja.

Az első oldalon egy speciális menüpontot is találunk, a hajtóművek osztályozását. Aki még nem foglalkozott hajtóművekkel, annak ideális támasz arra, hogy a világ technikai fejlődésében hol is



Az Alapismeretek menü

helyezkednek el ezek a kisebb csodák.

Nem csak az ilyen felhasználóknak szól természetesen, hanem mindenkinek, akiket érdekelnek a hajtóművek.

Továbbá a hajtómű szerkezeti felépítéséhez szervesen nem tartozó rendszer is fel van tüntetve, a szívócsatornák. Valóban nem tartozik bele a hajtómű felépítésébe, de a zavartalan működéséhez elengedhetetlen, így néhány fontos információ ebből a témakörből is ki lett ragadva.

RD-33 hajtómű

A dolgozat gerince, melyre alapulnak a hivatkozások, más bemutatók, kutatások.

A téma kifejtése részletes képekkel, rajzokkal illusztrált, logikusan felépített egységben valósul meg. Szűken a tárgyalt hajtómű szerkezeti megoldásaival foglalkozik. Nem feladata áramlástan, matematikai, vagy szilárdságtani szempontból tárgyalni azt.

Külön elemzi minden egyes szerkezeti egység feladatát, működését, felépítését és kapcsolódását a többi egységgel.

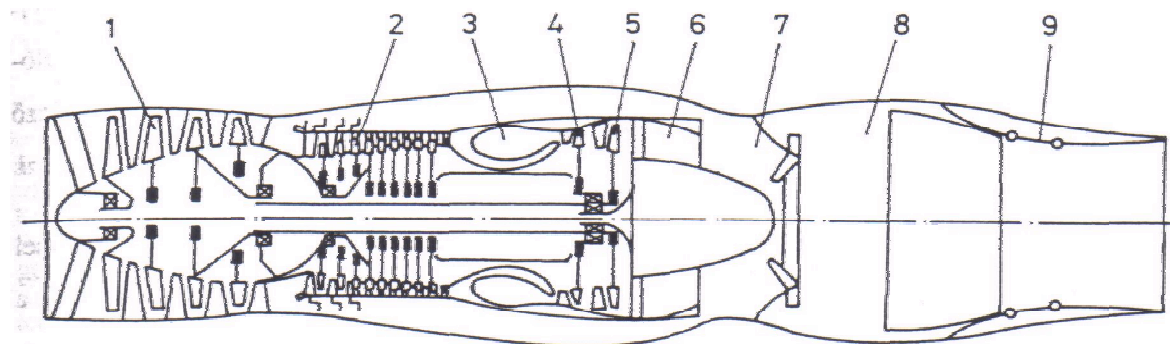
Érthető formában tagolja szerelési egységeket, lehetőséget nyújt a gyors elérésre bármely témát illetően.

Kereszthivatkozásokkal segít az esetlegesen felmerülő kérdések pontos megválaszolásában. Áthidalások találhatóak benne az Alapismeretek fő egységgel, nagymértékben könnyítve ezzel a specifikus információ gyors elérését.

Általános felépítés

Az RD-33 típusú hajtómű kéttengelyes, kétáramú, utánégetéssel rendelkező hajtómű, - viszonylag kis kétáramúsági fokkal, az áramlás közös utánégetőtér előtt történő keverésével és szabályozható hangsebesség feletti gázkiáramlás-sebességfokozóval rendelkezik. A hajtómű vázlata az 1. ábrán látható.

A kétáramú hajtóművek gazdaságossága utánégetés nélküli üzemmódokban jobb, mint az egyáramú sugárhajtóművek esetében, a hangsebesség alatti repülési sebességek tartományában. Ez azzal kapcsolatos, hogy a propulziós hatásfokuk jelentősen jobb, bár fajlagos tolóerejük csökken, de az átáramló levegő mennyisége növelhető, így a kettő szorzataként előálló tolóerő igen nagy értékű is lehet.



(1. ábra) a hajtómű vázlata

- 1 - a kisnyomású kompresszor (ventilátor); 2 - a nagynyomású kompresszor;
3 - a gyűrűs égőtér; 4 - a nagynyomású turbina; 5 - a kisnyomású turbina; 6 - a keverő;
7 - a keverőtér; 8 - az utánégetőtér; 9 - a hangsebesség feletti gázkiáramlás sebességfokozója.

A hajtómű főbb adatai:

Tömege: 1150 kg

Hossza: 4240mm

Maximális átmérője: 930mm

Kétáramúsági foka: $m=0,55$

Levegő tömegárama: $m=77\text{kg/sec}$
Kompresszor nyomásviszonya: 21,7

Kompresszor

A kompresszor című bemutatóban a kis- és nagy nyomású kompresszor alapvető felépítése, működése ismerhető meg rövid, tömör szöveges formában, fotókkal, ábrákkal illusztrálva.

Az RD-33 hajtóműbe kétforgórészes, 13 fokozatú axiális kompresszort építettek be. Két részből áll: kisnyomású-(ventilátor) és nagy nyomású kompresszor.

A nagy nyomású fokozat első három állólapát koszorúja állítható. A lapátok elfordítását a tüzelőanyag szabályzó rendszer és a pompázsgátló rendszer vezérli.

A kompresszor részt külön jégtelenítő rendszerrel szerelték fel, amit a nagy nyomású részből vezettek vissza.

Kisnyomású kompresszor

A kisnyomású kompresszor 4 fokozatú és axiális. Egy fokozat egy forgó lapátsorból és egy állóterelő lapátkoszorúból áll. Rendeltetése a szívócsatornán keresztül érkező levegő sűrítése.

Részei: forgórész,
állórész,
mellső és hátsó támasz.

A kisnyomású kompresszor tárcsás-dobos szerkezetű, az 1. 2. 3. 4. fokozat tárcsáiból és nyúlványából áll.

Az első lapátkoszorú rögzítése csapos, a többi gyűrűs rögzítésű.

Az állórész anyaga titán. Az első ház hegesztett szerkezet, külső és belső héjből áll, melyek között 4 profilozott támasz helyezkedik el.

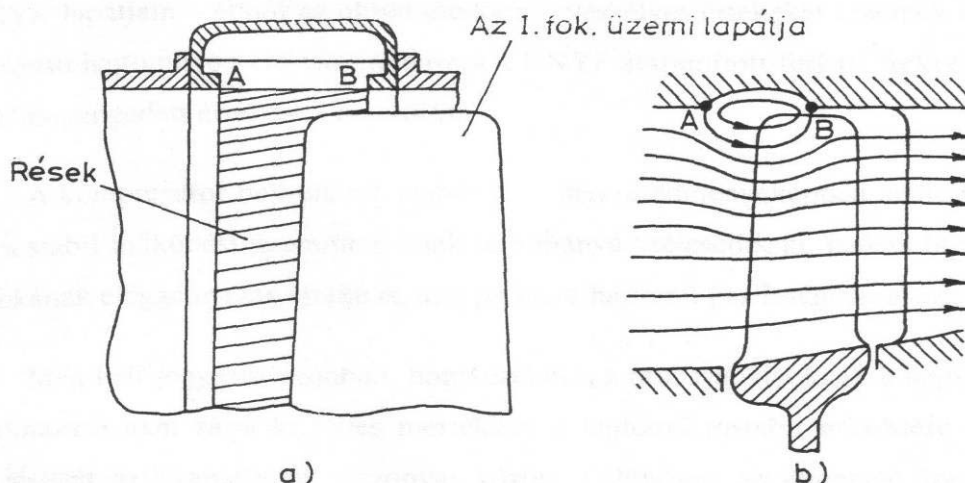


Első támaszok

A támaszok üreges szerkezetűek. A belső héj elejére építették az áramvonalazó kúpot. A támaszok és az áramvonalazó kúp meleg levegővel van fűtve, melyet a nagy nyomású kompresszortól vezetnek el.

Perforált előtét csatorna

A perforált előtét csatorna feladata a ventilátor gázdinamikai stabilitásának növelése és a lapátok vibrációs szintjének csökkentése a nem számított üzemmódokon. A ventilátor 1. fokozatánál található.



2. ábra. Perforált előtét csatorna

Támaszok háza

A támaszok háza a kis- és nagy nyomású kompresszor között helyezkedik el. A hajtómű fő teherviselő eleme, benne alakul ki a külső- és belső áram, ezenkívül felveszi az összes erőt és nyomatékot a kompresszor álló- és forgórészeitől, melyet a 10 támaszon keresztül ad át a sárkányszerkezetnek.

A házon alakították ki a hajtómű fő bekötési csomópontját, mellyel hajtómű a repülőgéphez van rögzítve. A támaszok háza a ventilátor hátsó támaszháza, s egyben a gázgenerátor mellső háza, támasza.



Az áramszétválasztó profílozott, hátsó peremén csavarkötéssel kapcsolódik a nagy nyomású kompresszor házához. A peremen pontos megmunkálással illesztő felületet alakították ki, mely a hajtómű segédberendezések házának központosítását végzi.

Nagynyomású kompresszor

Nagynyomású kompresszor forgórésze

Tárcsás-dobos szerkezetű, kilenc fokozatból, a mellső és hátsó labirint tárcsájából és a tengelyből áll. A nagy nyomású kompresszor tengelyen keresztül kapcsolódik a nagy nyomású turbina fokozathoz.

- Az első dob egyesíti az 1. és 2. fokozat tárcsáit és a közbetétén keresztül kapcsolódik a harmadik fokozat tárcsájához. A tárcsákban fecskefarok kiképzés van a lapátok illesztésére. Rögzítésük lemezek segítségével történik.
- A 3. fokozat tárcsája együtt készül a mellső illesztő peremmel. A lapátok szintén fecskefarok illesztéssel vannak szerelve. Illesztő pereme a közbetét gyűrűhöz van csavarozva 24 db csavarral. A középső dob és a 3. tárcsa kiegészítőleg még egy csavarsorral van szerelve.
- A középső dob a 4-5-6. fokozatok tárcsáiból és két közbetétből áll, amelyet egy egész hégesztenek. Az 5-6. fokozat tárcsái között 6 db radiális lapát van. Ezek a lapátok irányítják és sűrítik azt a levegő áramot, amely a nagy nyomású turbina fokozat lapátjait hűtik. Ezek a lapátok az 5. tárcsához vannak hegesztve.
- A 7. 8. 9. fokozat valamint a hátsó labirinttömítés tárcsája külön készül, 24 db illesztőcsapon keresztül csavarkötéssel kapcsolódnak egymáshoz, a középső dobhoz és ezen keresztül a tengelyhez. Szerelésük megegyezik a középső dobéval.

Nagynyomású kompresszor állórésze

- A nagy nyomású kompresszor előperdítő lapátsora és az első két fokozat terelőlapátjai elfordíthatók.

- Az elfordítható lapátok két csappal rendelkeznek alul és felül. A felső csapok a házhoz, míg az alsók a bandázsgyűrűhöz vannak illesztve. Minden elfordítható lapát felső csapjához egy kar kapcsolódik. Ugyanezen karok másik végéhez a lapátok elfordítását vezérlő gyűrű csatlakozik.
- A gyűrűk mozgását két hidraulikus munkahenger végzi. Az elfordulás szöge a himba szerint – 30°-nál zárt, majd ettől egészen +2°-ig változtatható.
- A 4.-5.-6.-7. fokozat lapátjai konzolosan kötöttek felső vállkiképzéssel, melyeket forrasztással kötnek egymáshoz a 7.-8. fokozat lapátjai. Kiegészítőleg csavarkötéssel is el vannak látva.
- A 9. fokozat terelőlapátjai mögött még egy lapátsor helyezkedik el a külső és belső abroncsaikkal összeforrasztva. Így egy kétsoros résrendszert alkotnak.
- A nagynyomású kompresszor házán, a 2. fokozat kivételével ellenőrző nyílások vannak a forgólapátok ellenőrzésére. Az 5. fokozattól van levegőelvezetés a turbina alkatrészeinek hűtésére. A 7. fokozat után pedig a fülketáplálás és kondicionáló rendszerbe van elvezetés.
- A nagynyomású kompresszor háza, az 1.-7. fokozat tárcsái, az 1.-3. fokozat forgólapátjai titán (Ti) ötvözetből, a 8.-9. fokozat és a hátsó labirint tárcsája hőálló nikkel (Ni) ötvözetből, a 4.-9. fokozat forgólapátjai acélból, a többi alkatrész magas hőmérsékletet elviselő öntvényből készült.

Üzemeltetési sajátosságok

A hajtómű működési stabilitását megőrizendő, feltétlenül szükséges az automatikus vezérlőrendszer elemeinek pontos beszabályozása, valamint a repülőgépre és annak hajtóműrendszerére vonatkozó üzemeltetési utasítás követelményeinek szigorú betartása, végrehajtása.

Meg kell jegyezni azonban, hogy ezek a rendszabályok nem zárják ki teljes mértékben a hajtómű instabil működésének lehetőségét az üzemeltetés viszonyai között, különösen az átmeneti üzemmódokban (a hajtómű felgyorsításakor, utánégetés be- és kikapcsolásakor stb.).

Égőtér

Az égőtér gyűrűs rendszerű, egyenes áramú. Az égőtér örvénykeltő belépőrendszerrel és kiváló gázcirkulációs tulajdonsággal rendelkezik.

Égés folyamata az égőtérben

A tüzelőanyag az égőtérbe a kétcsatornás kétkamrás centrifugális fűvókán keresztül jut be. Az égőtérben indításkor a láng megbízható tovaterjedésének, egyenletes láng kialakításának, egyenletes levegő-üzemanyag keverék kialakítása érdekében speciális megoldásokat alkalmaztak:

- A fűvókákat közel helyezték el egymáshoz,
- a tűzcsőben a gáz közepes sebességét 21 m/s-re választották.

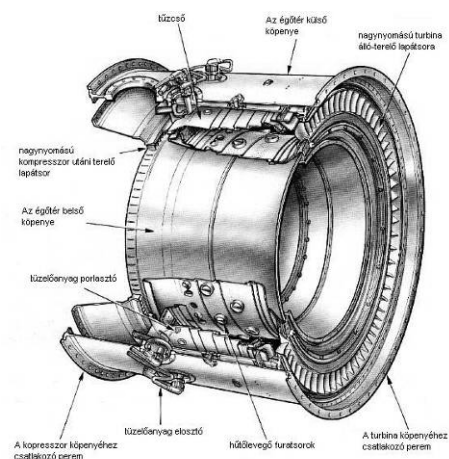
Mindezekre azért volt szükség, hogy biztosított legyen az üzemanyag jó beporlasztása, ugyanakkor elkerüljék indításkor az üzemanyagban túlságosan dús keverék kialakulását.

Az üzemanyag – levegő aránya az I. és II. kontúron 1:20. Az üzemanyag keverék begyűjtését két darab felületi gyújtógyertya végzi.

A gyertyák a fűvókákkal szemben helyezkednek el, ami biztosítja a hajtómű megbízható indítását külön oxigén betáplálás nélkül 6000 méteres magasságig, oxigén betáplálással az összes repülési üzemmódon.

Gyertyás gyújtás előnyei

- Nő a gyújtási megbízhatóság,
- kevesebb elem, bizonyos tüzelőanyag csövek elhagyatók,



3. ábra. Gyűrűs égőtér

- kisebb a súlya és mérete,
- alacsony hőmérsékleten (nagy magasságoknál) gyorsabb az indítás.

A ház

A fő égőtér háza hőálló anyagból hegesztett, mely a hajtómű teherviselő eleme is egyben, a hajtómű működése közben felveszi az ébredő nyomatékokat és erőket.

Belső köpenyhez négy kör alakú merevítő pánt van hegesztve. A diffúzorban 24 db üreges tartón keresztül valósul meg a levegő áteresztése a labirint terek mögül a második kontúrba

A diffúzor házra szerelt, hegesztett csövek és peremek biztosítják:

- A pompázsgátló rendszer adó helyét,
- az égőtér belső felületének vizsgálatához készített ellenőrző ablakok fedelének helyét,
- a leeresztő csővezeték helyét,
- a ventilátor jégtelenítő rendszerébe a meleg levegőt biztosító csőcsomók helyét,
- a grafit tömitések hűtésére és a szabályozó rendszer csővezetékének helyét,
- gyertyák tartócsöveinek helyét,
- tüzelőanyag kollektorok rögzítését.

Tűzcső

A tűzcsövet perforált gyűrűkből, hegesztéssel állítják elő. A diffúzorház belső pereméhez csavarkötéssel erősített tűzcső vége csak támaszkodik (a hőtágulás miatt) a kompresszor nagynyomású rész előperdítő lapátkoszorú külső és belső csuklóira.

A tűzcsővön áteresztőfuratok vannak a levegő bevezetésére az égés zónájába, valamint rések vannak a tűzcső hűtésére.

Lángstabilizátor részei:

- Külső, belső áramlástér,
- hőárnyékoló lemez,
- 24 db örvénykeltő lap,
- önbeálló gyűrű,
- ütköző cső.



Az örvénykeltő lap áteresztőképessége határozza meg a lángstabilizátoron áramló levegő mennyiségét.

A belső áramlástérrelő belső felületén hűtő levegőhártyát hoznak létre az örvénykeltő lapok közti falban kialakított réseken.

Az önbeálló gyűrű a tűzcső hő miatti elmozdulását engedi.

A tűzcső szélei furatokkal ellátott, melyen át az égési zónában és a keveredési zónában a levegő bevezetése biztosított.

A tűzcső belső felületének hűtése „hideg” levegővel történik. A tartó gyűrűk réseltek a turbina állólapát felületi hűtőlevegőjének bevezetésére. A tűzcső 12 csavarral van rögzítve az égőtérház belső héjához, hátsó pereme pedig a turbina álló lapátkoszorú felfüggesztésének gyűrűihez kapcsolódik.

Kollektorok

Feladata a tüzelőanyag bevezetése az égési zónába.

Az első kontúron indításkor és a hajtómű minden üzemmódján áramlik a tüzelőanyag, a második kontúron csak az alapgáznál magasabb üzemmódokon. A tüzelőanyag kollektor a fűvókákkal gyűrű alakú csomópontot képez, ami a 24 fűvókaházból és a köztük lévő két sor csőből áll.

A kollektor a diffúzorházban öt helyen van felfüggesztve úgy, hogy az biztosítsa a hőtágulást a fűvóka házába behajtott öt felfüggesztő csomópont segítségével, melyek a diffúzorházhoz vannak rögzítve.

Üzemeltetési sajátosságai

Az égőtér belső felületét az ellenőrzőnyílásokon keresztül hajlékony endoszkóppal kell ellenőrizni.

Az égőtérrel kapcsolatos üzemeltetési feladatokat a típushoz rendszeresített üzemeltetési-kiszolgálási utasítások és időszakos munkák technológiája írja elő.

A turbina

A turbina axiális, reakciós, kétforgórészes 1+1 fokozatú hűtött lapátozással rendelkezik.

Az első fokozat a turbina nagynyomású fokozata (NT), mely a nagynyomású kompresszor számára biztosítja a forgatónyomatékot. A második fokozat a kisnyomású turbina fokozat (KT), amely a kompresszor kisnyomású részét, a ventilátort hajtja meg. Mindegyik turbina fokozat egy álló- és egy forgólapátkoszorúból áll. A fokozatok a szükséges teljesítményt biztosítják a kompresszor fokozatainak meghajtására.

A turbina álló terelőlapát koszorúi

Nagynyomású turbina álló terelőlapát koszorú

A koszorú minden egyes szektora (9db) három hűtött lapátot foglal magába (összesen 27 lapát). Az állólapátok a koszorún keresztül csatlakoznak az égőtér diffúzorához.

Minden lapát egymástól teljesen elkülönített két belső térrel rendelkezik, amelyekben deffektor, terelőlemez van.

Mindkét tér az égőterektől elvezetett másodlagos levegőt használja fel hűtésre.

A házperem és a nagynyomású turbinafokozat álló terelőlapát-koszorúja közé szilfonos közbetétet préseltek, hogy csökkentsék a lapát és a ház közti réseket.

A ház esztergált szerkezet, amelyen rések vannak a terelőlapátok beerősítésére, valamint a hűtőlevegő számára.

A belső ház (öv) hegesztett szerkezet, a nagynyomású turbina fokozat teherviselő eleme.

Kisnyomású turbina álló terelőlapát koszorú

A kisnyomású turbina álló terelőlapát-koszorúja különálló lapátokból, forrasztással készült.

A külső ház belső felületén a kisnyomású turbina fokozat járókereke fölött a rések csökkentése érdekében fémkerámia bevonatot alkalmaztak. A külső házon két ellenőrző nyílás szolgál a járókerekek vizsgálatára.

A radiális és axiális terheléseket az álló terelőlapát-koszorúban a lapátokban elhelyezett csövek viszik át a külső házra, amely így biztosítja a lapátok szabad hőtágulását.

A külső ház a fő teherviselő elem, két összehegesztett közbetétgyűrűből áll. A külső házhoz öntött közbetét csatlakozik, melyen fémkerámia bevonat van. A bevonat felülete recés és a kisnyomású turbina járókereke homloklapátján lévő bordázattal labirintómítést alkot.

A belső ház hegesztett szerkezet, a terelőlapátokhoz illesztőperemet forrasztottak, mely centírozza a belső házat.

A turbina forgórészei

Nagynyomású forgórész

A turbina tárcsa kovácsolt, központi furattal és megvastagított aggyal készül. A tárcsa peremén „fenyőfa” bemarásokat alakítanak ki a lapátok rögzítésére.

Az agy mellső oldalán radiális fogazás van, mely speciális húzócsavarokkal csatlakozik a kompresszor tengelyére. Ez a fogazás alkalmas a forgatónyomaték átvitelére, valamint a forgórész

központosítására. A tárcsa mellső oldalán bajonettzár található, melynek segítségével rögzítjük a fedőtárcsát a turbina tárcsájához.

A turbinalapátok öntöttek, bandázkötés nélküliek. A kis radiális rések elérése érdekében a lapátok felső homlokfelülete erősen levékonyított azért, hogy csökkentsék az ébredő erőt, ha esetleg a lapát érintkezne a házzal.

A lapátok vibrációinak csökkentésére dobozos lengéscsillapítót használnak, amelyek a centrifugális erő hatására összenyomódnak. A lapátok tengely irányú rögzítését elöl fog, hátul seeger-gyűrű biztosítja. A seeger-gyűrűt stifttel biztosítják

Kisnyomású forgórész

A tárcsa kovácsolással készül, a ventilátor tengelyére illesztett, csapos csavarokkal rögzítik helyére.

A forgólapát-koszorú lapátjainak rögzítésére a tárcsa abroncsain „fenyőfa” zárat alakítottak ki. Ugyanezen lapátokon felül vállrész látható, melyek egymáshoz cikk-cakk alakban kapcsolódnak és felső bandázkötést adnak a lapátkoszorúnak.

Ezek a lapátok is meghosszabbított lapáttóval készültek, és itt is alkalmaztak dobozos lengéscsillapítót.

A lapátok tengelyirányban seeger-gyűrűvel vannak rögzítve, melynek hornyát a tárcsa abroncsában, illetve a lapátok végein alakították ki. A seeger-gyűrű kivágásába betétet helyeztek, amely megakadályozza a gyűrű kiesését és így a lapátok rögzíthetőségét.

Ugyanúgy, mint a nagynyomású turbina forgórészénél, itt is bajonettzár van a labirint tömítés számára.

Turbina- és a kompresszor tengely kapcsolódása

A nagynyomású turbináról a nagynyomású kompresszorra homlokfogazáson keresztül összeszorító csavarok segítségével adódik át a forgatónyomaték. Ez a kapcsolat közvetlen, merev és a tengelyirányú erők átadására szolgál.

A kisnyomású turbina forgórésze egy kapcsolódó közbetéten keresztül csatlakozik a ventilátor tengelyéhez. Tengelyirányú erők és forgatónyomaték átadására képes.

A turbina alkatrészeinek hűtése

A turbina megbízható működése érdekében a hőszigetelést és az alkatrészek hűtését meg kell oldani.

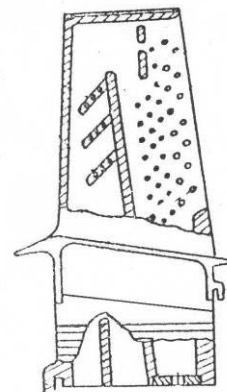
A turbina hűtését a kompresszor 5. fokozatától elvezetett levegővel valósítják meg, de emellett felhasználják az égőtér második kontúrjának levegőjét is.

A turbina minden állólapátjában terelő lemezzel elkülönített két különböző teret hoztak létre.

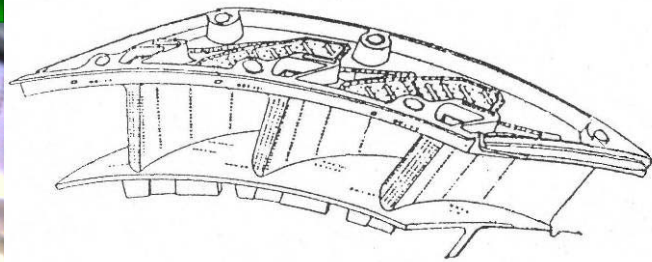
A belül elhelyezett sík terelő lemezek feladata a hőleadás tökéletesítése azáltal, hogy a levegőt megfelelő irányba tereli a lapáton belül. Ezt a folyamatot a lapáton belüli bordázat is elősegíti.

A további lapátok hűtése szintén ugyanezen az elven működik. Az ehhez szükséges hűtőlevegőt ugyanúgy a kompresszor 5. fokozatától vezették el.

A nagynyomású álló-terelőlapátok továbbá ún. fátyolhűtéssel is rendelkeznek.



4. ábra. turbina lapát



5. ábra. Álló turbina lapát szektor

A lapátok belépő élén és oldalain, alsó és felső vállain perforációt munkáltak ki, amely a levegő kiáramlását és a hűtőhártya (fátyol) kialakítását hivatott létrehozni.

Így a hűtőhártya fogja körül a lapátok felületét és vállrészeit. A belépő élnél sűrű a perforáció a nagyobb hűtés szükségessége miatt.

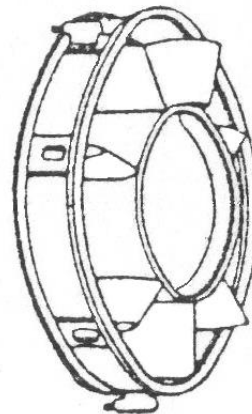
A fátyolhűtés alkalmazására az égőtérből kilépő magas hőmérsékletű levegő és az utánégetés bekapcsolásakor a turbinán áthaladó láng miatt van szükség.

A turbina külső házának hűtését az égőtér szekunder levegőjével oldották meg csakúgy, mint a támaszok hűtését is.

A turbina támasza

A nagynyomású turbina sugár irányú terhelései görgős csapágyon adódnak át a kúpos támaszra. A támaszok profilozottak és üregesek. A támaszház hátsó része az utánégetőkamra elülső pereme. A belső- és a külső ház titánból készült. A belső kúpos támasz titán csavarral csatlakozik a házhoz. A 7 db profilozott támasz hőálló anyagból készült.

A kisnyomású turbina álló terelőlapát-koszorúiban a radiális és tengely irányú terheléseket az átmenő csövek veszik fel. Ezek biztosítják a hőtágulást a lapátok számára.



Üzemeltetési sajátosságok

A kiszolgálási utasítás és az időszakos munkák technológiája alapján kell ellenőrizni.

1. A ház külső ellenőrzése- világító eszköz használata kötelező.

A házon nem megengedett:

- a törés, repedés, olaj és üzemanyagfolyás, csövek illetve csövek berendezéseinek összecsatlakoztatásánál,
- csavarok, koronás anyák, alátétek törése.

2. Az álló és forgó lapátok vizsgálata:

- A vizsgálat endoszkóppal történik, melyet az erre a célra az égőtéren és a kisnyomású kompresszorházon létrehozott nyílásokon keresztül lehet elvégezni.
- Az égőtér házatól ellenőrizzük a nagynyomású turbina álló- és forgólapátjainak belépőeleit, a kisnyomású kompresszorháztól pedig a kisnyomású turbina álló- és forgólapátjainak belépőeleit.
- Nagyon pontosan kell ellenőrizni a lapátok belépőeleit és a lapátvégtől 5mm-ig a kilépőeleit!

A járólapátokon megengedett:

- a lapát belépőeleinek elsötétedése,
- a lapátvégek érintkezésének nyoma a közbetétek grafitos bevonatával,
- a ventilátor járókerekeinél csak elsötétedés engedett meg a belépőélen.

A turbina lapátokon megengedett:

- egynél nem több 10mm-es repedés a lapátok közti csatornáknban,
- a lapát homorú oldalán 20mm-nél nem hosszabb repedés,
- a lapát hátsó oldalán legfeljebb egy ilyen repedés lehet.

Utánégetőtér, gázkiáramlás-sebességfokozó

Az utánégetőtér főbb feladatai:

Az utánégetés a hajtómű maximális üzemmódon leadott tolóerejének rövid idejű megnövelésére szolgál. Az utánégető térben pótlólagos tüzelőanyag elégetése történik maximális fordulatszámom és maximális turbina előtti hőmérséklet mellett. Ekkor keletkezik az elérhető legnagyobb tolóerő.

A gázkiáramlás-sebességfokozó feladata és szerkezete

A gázkiáramlás-sebességfokozó hangsebesség feletti, a hajtómű üzemmódjától függően a kritikus- és kiömlő keresztmetszetre szabályozott.

A hajtómű típusától függően a kiömlő keresztmetszet lehet szabályozott, vagy anélküli.

A gázkiáramlás-sebességfokozó részei:

- Hangsebesség alatti és feletti rész szabályozó és szinkronizáló elemei,
- az átvezető mechanizmus,
- visszacsatoló mechanizmus,
- hidraulikus munkahengerek rendszere, melyekkel a kritikus és kiömlő keresztmetszetet szabályozzák.

A szabályozórendszer hidraulikus és mechanikus rendszerből épül fel. Ezen szabályzás végrehajtó mechanizmusa veszi fel a gázsebesség-fokozó redőnyökre ható terhelések sugárirányú összetevőit. A hidraulikus rendszer 12 db munkahengerből áll, két állandó átfolyást biztosító szelepből, 4 fojtásból és 4 forgócsatlakozóból. A munkahengerek két mozgásirányúak. Az állandó átfolyást biztosító szelepek feladata az üzemanyag átengedése a rendszeren.

A forgócsatlakozók feladata a hidraulikus munkahengerek ellátása folyadékkal, függetlenül a csatorna alakjától.

Üzemeltetési sajátosságok, lehetséges hibák

Az utánégető kamrában megengedett hibák:

- csomópontokon és berendezéseken elszíneződés, koromlerakódás,
- diffúzor hóárnyékolásán:
 10. kihullámosodás a kiindulási profilhoz képest 2mm-re,
 11. a hóárnyékoló lemez szélének leégése 10mm hosszán,
 12. a lángstabilizátorok eldeformálódása 10mm-ig,
 13. élek leolvadása, megégése 100mm hosszán 500 mm²-ig, összesen 25 lehet az egész lángstabilizátoron.

A gázsebesség-fokozóban megengedett hibák:

- Futtatási színek, koromlerakódás,
- a redőnyök vetemedése a kiinduló helyzettől 5 mm-ig,
- a belső lapátok lekopása 0,5mm szélességben az érintkező alkatrészek pereménél
- belső lapátok kiégése 10 mm² területen.

Befejezés

Célom az volt, hogy olyan bemutatót hozzak létre, melynek segítségével a MIG-29-es front vadászrepülőgép hajtóművének szerkezete, felépítése érthető, emészthető formában tárul a felhasználó elé. Mint bármelyik másik, ez a tansegédlet sem tökéletes, ugyanis mindig van mit bővíteni rajta, új ötletek, fotók, részegységek... Ennek ellenére remélem, a munkám eredményes volt, és használható eszköze lesz a jövő oktatásának mind a felső szintű nappali-, levelező képzésben, mind a szakszolgálati tanfolyamokat illetően.

A jövőben remélhetőleg ez a tanulási forma túllép a gyermekcipőn, és mind inkább válik a képzés alapvető eszközévé.

A PowerPointtal készült segédanyagok nagyon jól hasznosíthatók a mai rohanó világban. A közeljövőben pedig megvalósulhat egy olyan multimédiás oktatás, ahol a programok a virtuális valóság elemeivel készülnek és a hallgató interaktívan vehet részt a képzésben.

Mint kutató munkám során tapasztaltam, a Magyar Honvédség nem rendelkezik e típus hajtóművének megfelelő és teljes magyar nyelvű leírásával, ezért terveim közt szerepel nemcsak a továbbfejlesztés (pl.: hangos magyarázat az egyes részekenél), de a magyar, angol nyelv(ek)re való fordítás is. Bővíteni szeretném ezt a programot a hajtómű berendezéseinek teljes hűtő rendszerével, továbbá a hajtómű számítógépes rajzának elkészítésével.

Tisztában kell lennünk azzal a ténnyel, hogy ez a típus hosszútávon nem fogja megállni a helyét a repülés folyamatos fejlődésének területén. Mégis úgy vélem, ez a program képes az oktatásban segítséget nyújtani, hiszen a napjainkban katonai célra tervezett, és megépített hajtóművek között még mindig egy igen megbízható, versenyképes hajtóműről beszélünk.

Felhasznált irodalom

- [1] ZSIGOVITS László egyetemi adjunktus: A multimédia alkalmazási lehetőségei a képzésben Budapest, 2001-01-17 (1)
- [2] RALF Steinmetz: Multimédia, Bevezetés és alapok, Springer Hungarica Kiadó (1995)
- [3] Re/11 szabályzat: A MIG-29 típusú repülőgép gyakorlati aerodinamikája
- [4] В. В. КУЛЕШОВ: ТУРБОРЕАКТИВНЫЙ ДВУХКОНТУРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФОРСАЖНОЙ КАМЕРОЙ С ГОРАНИИЯ РД33-2С, Учебное пособие, Zsukovszkij Katonai Akadémiai Könyvkiadó 1986
- [5] CZIFRA László: Gázturbinás hajtóművek III. rész I.-II. kötet. A hajtómű fő részeinek szerkezete, működése
- [6] SZÜCS Gergely: AI-25TL Gázturbinás sugárhajtómű szerkezete. Szolnok, ZMNE BKMK RMI, 2005