

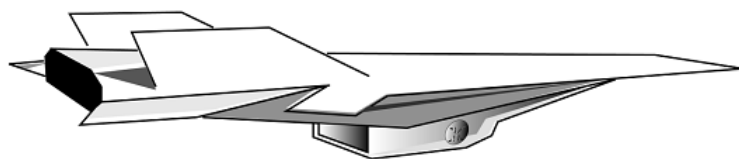
A HIPER X PROGRAM

A mérnökök évek óta fáradoznak egy olyan (nem rakéta meghajtású) repülőgép építésén, amely képes elérni a hiperszonikus sebességet ($M > 5$). A NASA 1996-ban többéves program keretében hiperszonikus repülőgép fejlesztésébe kezdett. A Hiper X, hiperszonikus repülést-kutató programban 3 db kisméretű teszt repülőgépet terveztek megépíteni és tesztelni. A kutatások célja, hogy kifejlesszenek egy megfelelő repülőgépsárkányba integrált hangsebesség feletti környezeti levegővel működő¹, szuperszonikus égésű torlósugaras hajtóművet² valamint vizsgálják működését nagysebességű ($M \geq 7$) repülés közben.

Napjaink technológiája elérte azt a szintet, amely a földköri pályára álló, többször és relatíve olcsón, hordozó rakétával indítható űrrepülőgépek építését teszi lehetővé. E fejlődést a gazdaság ilyen eszközök iránti érdeklődésének fokozódása is inspirálta.

A hiperszonikus repülőgép létrehozásának legfőbb nehézsége, hogy az alkalmazhatóság szempontjából sem a sárkányszerkezet, sem a hajtómű kialakításának nincs még minden kérdése tisztázva. Ezért optimális összeépítésük módja is "földi kísérleti lehetőségek véges volta miatt" több, eddig megválaszolatlan kérdést vet fel. Egyik probléma, hogy az aerodinamikai, repülési, stabilitási, felmelegedési sajátosságok vizsgálatának megismeréséhez elengedhetetlen a nagysebességű repülés ($M > 7-10$) megvalósítása, mivel szélcsatornában csak maximálisan $M \leq 7$ érhető el.

Az első tesztelési célra épített pilótanélküli repülőgép az X—43A (1. ábra). A speciális sugárhajtóművel hajtott, magas teljesítőképességű hiperszonikus kísérleti járműnek a 7-, 10-szeres hangsebességet kell elérnie már a repülési kísérletek kezdetén.



1. ábra. Az X—43 hiperszonikus kísérleti repülőgép

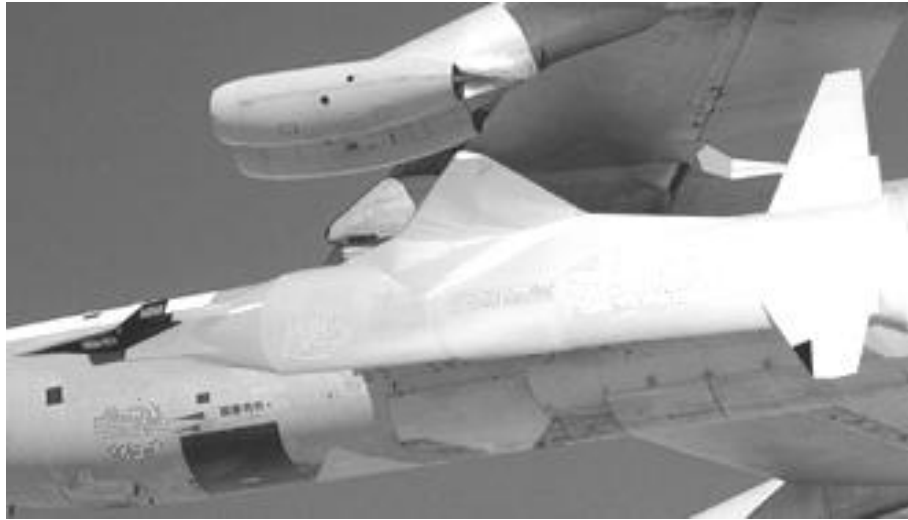
¹ air-breathing

² Supersonic Combustion Ramjet — SCRAMJET

A szuperszonikus sebességet lényegesen meghaladó ($M = 4-9$) légi járművek csak 30—80 km-es repülési magasságon üzemeltethetők gazdaságosan.

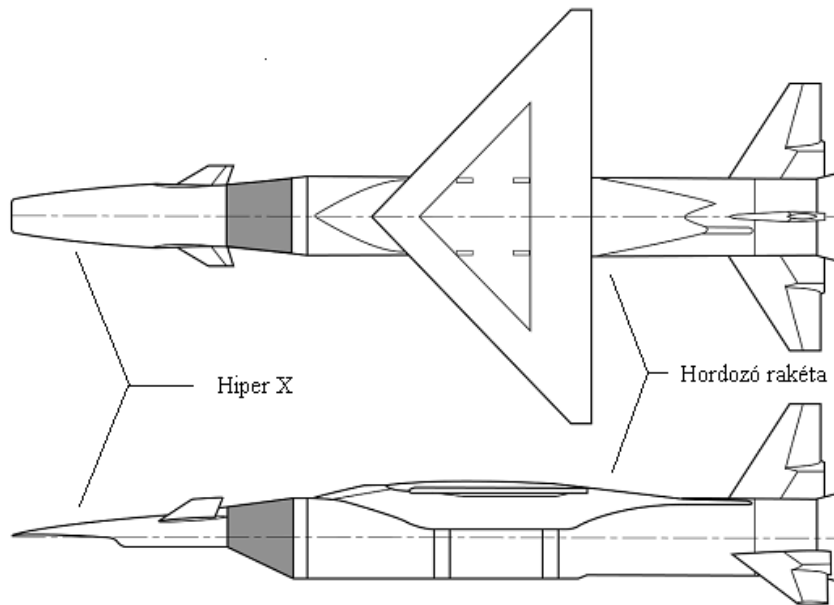
A hiper X program keretében kifejlesztik a repülőgéptörzsbe integrált, air-breathing hajtómű technológiát, ami az elvárások és az előzetes elképzelések szerint növeli a jövő űrrepülőgépeinek a hasznos teherszállító kapacitását.

A MicroCraft által fejlesztett X—43A 3,6 m hosszú és 1,52 m fesztávolságú pilótanélküli kísérleti jármű, amely nem képes saját hajtóművét használva felszállni a földről, ezért légi indításra van szükség. Ez 6100 m-es magasságon egy átalakított B—52-es (2. ábra) szárnya alól fog megtörténni.



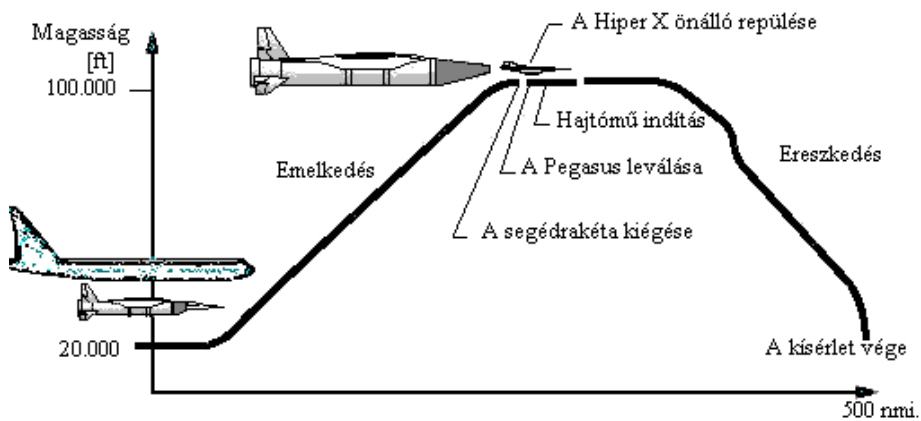
2. ábra. Az indító rakéta és az X—43 felfüggesztése az átalakított B—52-re

A légi indítás (4. ábra) után egy gyorsítórakéta segítségével növeli magasságát és sebességét egy előre meghatározott röppályán. Az Orbital Sciences által fejlesztett és épített, tesztelt Pegasus (3. ábra) segédrakéta gyorsítja az 1000 kg-os X—43-at 7—10-szeres hangsebességre és emeli maximálisan kb. 31 000 m magassáig. Ezen a magasságon a “Hiper X” leválik a Pegasusról és a saját hajtóműve tolóereje biztosítja a további repülést. A gyorsító rakéta kiégése után leválik a hiper X-ről. A repülés egyik legkritikusabb mozzanata lesz a gyorsító rakéta és a kísérleti repülőgép szétválása. Ezután egy 7 s-os repülés következik, amit az X—43 saját hajtóművének tolóereje segítségével tesz meg. Az önálló repülés alatt folyamatosan figyelik a repülőgép aerodinamikai tulajdonságait és a hajtómű működését, továbbá ez idő alatt kívánják elvégezni azokat a méréseket, amelyek igazolhatják a szélcsatornában és a számítógépes szimulációval kapott eredményeket.



3. ábra. Az X—43 és a Pegasus

A kísérlet végeztével a jármű visszatér a légkörbe és a Csendes Óceánba zuhan. A repülési pálya földfelszíni vetülete, mint egy 400 mérföld hosszan a Csendes Óceán felett lesz. A három pilótanélküli hiperszonikus repülőgép 2000 januárja és 2001 szeptembere között hajtja végre a tesztrepüléseit.



4. ábra. A légi indítás

A jelenlegi űrrepülőgépeket rakétahajtómű hajtja, ezért a tolóerő létrehozásához szükség van a fedélzeten szállított oxidálószerre és üzemanyagra. A scramjet hajtómű a működéséhez szükséges oxigént az atmoszférából nyeri, így ezt nem szükséges a fedélzeten szállítani, ezzel is súlyt és térfogatot takarítva meg. Az így felszabadult kapacitás felhasználható fizető rakomány szállítására.

A korlátozott földi lehetőségek miatt a scramjet technológia folyamatosan változik. A három X—43A sikeres kísérleti repüléseit a következő tényezők befolyásolják:

- az X járművet hordozó B—52;
- a kilövő járműtől való elvállás;
- a hajtómű beindítása és a működése;
- a küldetés telemetrikus repülési adatainak biztonságos továbbítása (amit a teszt után kielemeznek).

A külső levegőt felhasználó sugárhajtóműves, hiperszonikus repülőgépek számos előnye van a rakétahajtóművel működő járművekkel szemben:

- a rakétáknál kevesebb üzemanyagot (1/7-ét) igényel és olcsóbb a fellövés;
- az air-breathing hajtóműves űrrepülőgépek nagyobb az aerodinamikai felhajtóereje, mint a rakétáké;
- a rakétánál nagyobb a manőverező képessége, illetve az irányítása sokkal biztonságosabb,
- a feladatok sokkal szélesebb skálája oldható meg velük.

Az ilyen típusú űrrepülőgép számára az indítójármű kiforratlanabb, mint a rakétatechnológia, amit folyamatosan fejlesztenek, javítják a minőségét és tökéletesítik több mint 40 éve.

A jelenlegi, amelyek kereskedelmi- és vadászrepülőgépeken alkalmazott gáz-turbinás hajtóművekkel maximum 3-4 szeres hangsebesség érhető el. A turbina és a kompresszor mozgó alkatrészei akadályozzák a nagyobb sebességen történő üzemeltetést.

A szuperszonikus sebességen túl a kompresszor nem szükséges a levegő nyomásának növeléséhez "ram-compressed". A szuperszonikus sebességnél nagyobb sebességen működő hajtóműhöz egy speciális levegő beömlő nyílás szükséges annak érdekében, hogy csökkentse a levegő áramlását. A ramjetek hajtóművei nem képesek működni csak nagy repülési sebességnél. A ramjet 6 Machra van behatárolva, ami felett disszociációs folyamat indul meg az égéstérben.

Elérve a megfelelően nagy sebességet a scramjetek csökkentik a levegő nyomását a levegő beömlő nyílásban (szívócsatornában) azért, hogy az áramlás szuperszonikus sebességen maradjon, így a hőmérséklete nem növekszik olyan mértékben, mint a ramjeteknél. Az üzemanyagot befecskendezik a szuperszonikus légáramba és egy milliszekundumon belül végbemegy az égés. A scramjet-ek repülési sebességének határa még nem ismert, de elméletileg akár 20-25 Mach-ot is elérhetik.

A hiperszonikus air-breathing hajtómű képes különböző üzemanyagokkal működni, beleértve a hidrogént, a metánt és a szénhidrogéneket is. Az utóbbiakat nem tudják olyan hatásosan használni, valamint elégetésükkel elérhető sebesség is kevesebb, mint 8 Mach. A cseppfolyós hidrogén és a CH_4 alkalmazásának előnyei:

- a természetből gyakorlatilag korlátlan utánpótlása megoldott;
- iparilag nagy tételekben előállíthatók (az előállítás költségét is csökkenti),
- égéshőjük magasabb, mint a jelenlegi szénhidrogén elegyeké,
- égéstermékeikből gyakorlatilag teljesen hiányoznak a környezet szennyező anyagok;
- a hidrogént cseppfolyós állapotban csak nagy nyomáson, alacsony hőmérsékleten lehet tárolni, ezért mielőtt elégetik, felhasználható arra is, hogy hűtsék vele a hajtóművet (aktív hűtés).

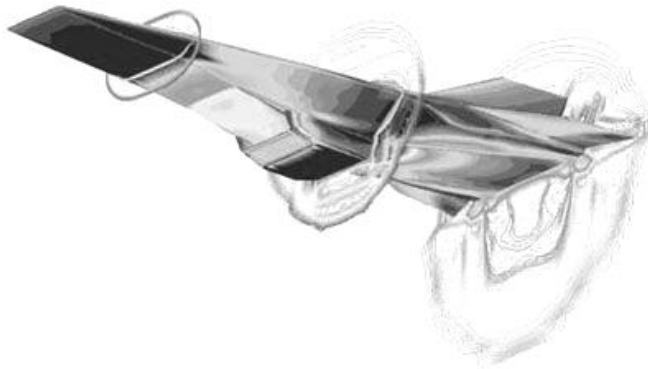
Hátrányai:

- fokozott tűz-és balesetveszély feltöltéskor;
- a magas nyomás és alacsony hőmérséklet csak különlegesen megerősített és hőszigeteléssel ellátott tartályokban lehetséges;
- nagyobb térfogat szükséges a hagyományos tüzelőanyag tartályokhoz képest.

A folyékony hidrogént, ami az űrsiklót is hajtja, választották ki az űrrepülőgépek számára. A szénhidrogének nem használhatók olyan hatásosan, és az elérhető sebesség is alacsonyabb, kevesebb, mint a hangsebesség nyolcszorosa.

A hajtómű és a sárkány konfigurálása meglehetősen bonyolult feladat, mivel az előbbi az utóbbi által létrehozott lökéshullám-rendszerben üzemel, így nagymértékben befolyásolja működésének határfokát és stabilitását.

A sárkány alsó részének kialakítása tehát olyan, hogy lökéshullám-rendszert (5. ábra) hoz létre (shock wave), amelyen a levegő átáramolva hangsebesség alá csökkentve jut a hajtóműbe.



5. ábra. A lökéshullámok kialakulása a repülőgép körül
A szívócsatorna elősűrít és a benne áramló levegő hőmérséklete is nő.

A törzs alatt létrejövő nagy nyomás is biztosít felhajtóerőt.

Annak érdekében, hogy megnöveljék a scramjetes üzemmódoknak a működési tartományát kifejlesztettek egy járművet, ami képes "scram", vagy "ram" módban is repülni. A kettős üzemmódot³ képesek egy változtatható geometriájú égőtér megépítésével megvalósítani. Mivel sem a "scramjet", sem a "ramjet" nem tud hatékonyan üzemelni, 2-3 szoros hangsebesség alatt, ezért a felszállás és a 2-3M alatti repülés egy harmadik típusú meghajtást (talán egy hagyományos sugárhajtóművest, vagy egy rakétahajtásost) tesz szükségessé.

A hiperszonikus repülőgépek tervezésénél és üzemeltetésénél fokozott figyelmet kell fordítani az akusztikus terhelések hatásaira is. A sárkányt, de különösen annak a külső felületén elhelyezett hővédő borítást jelentős statikus és dinamikus fárasztó igénybevételnek teszi ki a borításról leváló határréteg által előidézett zaj hangteljesítménye. Ez elérheti a 150—165 dB-t.

A rakétát a scramjet égőterének belsejébe integrálják, azért hogy tolóerőt biztosítson a felszállástól a szubszonikus, a szuperszonikus és végül a "ramjet" sebesség eléréséhez. $M = 6$ felett a scramjetet szándékoznak használni. Ezen a sebességen is felhasználhatja a rakéta hajtóerejét arra, hogy kiegészítse a "scramjet" tolóerőt. Körülbelül 18 Mach elérésekor a rakéta leválik.

A repülőgép kritikus eleme maga a sárkány aerodinamikai kialakítása. A repülőgép orr része a levegőáramlás számára levegő-beömlőnyílásként működik, míg a törzs hátsórésze a hajtómű fűvócsöveként szolgál. A törzs hátsórész speciális kialakítása a hajtóműből kiáramló forró gázok optimális kiáramlási viszonyait biztosítja.

Mivel a hiperszonikus repülőgépek hosszabb ideig kisebb magasságon repülnek, mint az ürrepülőgépek, ezért borításukat hőálló anyagból készítik. A sárkány hőterhelését az intenzív felmelegedésen kívül a nagy helyi hőmérséklet-különbségek is fokozzák. A legnagyobb felmelegedés a torlópontoknál (törzs orr-része, szárnyak, vezérsík és szívócsatorna belépőélei) mérhető. Számításokat végeztek a külső felület különböző helyein fellépő hőmérsékletekre. Ha a gép tartósan 27 km magasan és a hangsebesség nyolcszorosával repül a hőmérséklet a törzs felső részén 760°C , míg a törzs orr részén kb. 1800°C . A repülőgép sárkányának belépőéleit valószínűleg aktív hűtőrendszerrel is fel kell szerelni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BÉKÉSI Bertold—SZEGEDI Péter—SZILVÁSSY László—BÉKÉSI László "History of NASA's X-planes". Second International Conference on Unconventional Flight, Budapest, June 14—16, 2000 (In Print).

³ Dual Mode

- [2] Dr. ÓVÁRI Gyula A nagyhatalmak hosszútávú katonai repülőgép- fejlesztési programja (2025-ig) és ezek lehetséges hatása a légiharcra, valamint a kis országok fegyverzet- vásárlására, Tanulmány, Budapest, 1998.
- [3] "X-directory" by Guy Norris and Graham Warwick, Flight International January 6-12, 1999
- [4] <http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/photo/Hyper-X/index.html>
- [5] <http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/photo/Hyper-X/HTML/EC99-45208-6.html>
- [6] <http://www.dfrc.nasa.gov/Projects/PHYSX/index.html>
- [7] <http://www.dfrc.nasa.gov/PAO/X-Press/1999/June11/x48.html>
- [8] <http://www.dfrc.nasa.gov/PAO/X-Press/2000/Mar17/frontfull0.html>
- [9] <http://www.dfrc.nasa.gov/PAO/X-Press/2000/Mar17/index.html>
- [10] <http://www.dfrc.nasa.gov/PAO/X-Press/1999/Oct29/roundart0.html>
- [11] <http://www.dfrc.nasa.gov/PAO/X-Press/1999/sept10/frontfull1.html>
- [12] <http://www.sciencedaily.com/releases/1999/11/991108090943.htm>
- [13] <ftp://ftp.hq.nasa.gov/pub/pao/pressrel/1999/99-128.txt>
- [14] SZEGEDI Péter—BÉKÉSI Bertold „Kísérleti repülő — és űrrepülőgépek történeti áttekintése”. Szolnoki Tudományos Közlemények IV. A tudomány napja, Szolnok, 2000. nov. 03. (164-171) o.
- [15] SZEGEDI Péter—BÉKÉSI Bertold „A XXI. századi vadász és űrrepülőgépek fejlesztésének jelenlegi helyzete”. Bolyai Szemle, ZMNE BJKMFK Budapest, 2000. nov. 02. (69-88) o.
- [16] BÉKÉSI Bertold—SZEGEDI Péter "History of the Active X-Flyers Programe". 7th Mini conference on Vehicles System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, November 6—8, 2000 (In Print).
- [17] ÓVÁRI Gyula: Merev- és forgószárnyas repülőgépek szerkezetana III. rész, MN KGYRMF, Szolnok, 1987.
- [18] ÓVÁRI Gyula: A légi járművek gazdaságosságát és manőverezőképességét javító sárkányszerkezeti megoldások, MN KGYRMF, Szolnok, 1990.