

Lányi Aladár*

A V2 harckocsimotor-család fejlesztésének története

I. rész

ELŐZMÉNYEK

Az angolok az I. világháború elején kialakult állóháborúk frontvonalának áttörésére készítették el a mai értelemben vett első harckocsikat (az új fegyver a „TANK” fedőnevet kapta). Az első világháború végére a harckocsik nagyarányú fejlődésen mentek keresztül és kialakult az új, harckocsizó fegyvernem, amelynek eszközeivel a háborús felek mindegyike igyekezett felfegyverezni a saját csapatait. Az I. világháborúban a cári orosz hadsereg nem rendelkezett a mai értelemben vett harckocsizó fegyvernemmel.

1917 novemberében, a Lenin vezette forradalom győzelmén után megalakuló szovjet állam első intézkedései között szerepelt a világháborúból történő kilépés, amely a Breszt-litovszki békekötéssel valósult meg. Az orosz kilépés azonban nem jelentette a harcok befejezését, mert a fiatal szovjet államot több irányból is a forradalmat leverni szándékozó intervenciós csapatok fenyegették. A kialakult polgárháborúban a Vörös Hadseregnek minden eszközét be kellett vetnie a védelmi feladatok sikeres végrehajtása érdekében [2]. A szovjet hadsereg a cári hadseregtől 23 db páncélvonatot, és mintegy 150 különböző páncélgépkocsit örökölt. Ezeket az eszközöket minden lehetséges módon alkalmazták a polgárháború harcaiban. Az eredményesen védekező Vörös Hadsereg a polgárháború 3 éve során 100-nál több, viszonylag korszerűnek tekinthető harckocsit is zsákmányolt az intervenciós csapatokkal vívott harcokban.

Meg kell említeni az oroszországi harcok sajátos eszközét, a fegyveres „Trojka” alkalmazását is, amely abban az időben jellemző volt, és a lovas csapatok támadásának részeként, azok megerősítésére szolgált. A „Trojka” géppuskával felszerelt háromlovas szekér. A géppuska és a szekéren ülők kézifegyverei, kellő taktikai felkészültséggel alkalmazva, nagyon hatásos eszköznek bizonyult az élőerő elleni harcokban. A „Trojka” rendelkezett a korszerű harckocsit jellemző három fontos paraméter közül kettővel, a nagy tűzerővel és a nagy mozgékonyssággal. Hiányzott

azonban a kellő páncélvédelem, amelyet a meglepetés, illetve a váratlanság csak kismértékben kompenzált. A páncélvonatok, illetve a kerek páncélozott gépkocsik sem tudták a harckocsik hármaskövetségét kielégíteni. A páncélvonatok hatalmas tűzerővel rendelkező, mozgó erődítményekként, kellő páncélvédelmet is képesek voltak hordozni. Mozgékonyosságuk azonban korlátozott volt. A kötőpálya miatt nem lehetett azokat a harcok szükséges helyszínére eljuttatni, illetve az ellenség, a sínek felrobantásával nagyban akadályozta a páncélvonatok mozgását. A páncélgépkocsik pedig kis teherbírásuk és gyenge hajtóművük miatt a kellően hatásos fegyverzetet nem tudták hordozni, a páncélvédelmük korlátozott volt, illetve a terepjáró képességük sem volt megfelelő. A páncélgépkocsik főleg városi harcokban, a gyalogos csapatok megerősítésére szolgáltak.

A Szovjetunió katonai vezetése és katonai szakértői az I. világháború és a polgárháború tapasztalataiból hamarosan arra a következtetésre jutottak, hogy meg kell teremteni a hadsereg páncélos (harckocsizó) alakulatait, és azokat korszerű követelményeket kielégítő, főként hazai gyártású harckocsikkal kell felszerelni. 1919-ben határozatot hoztak a harckocsik hazai gyártására és 1920 májusában meghirdettek egy pályázatot új, korszerű harckocsi tervezésére. 1920. augusztus 31-én elkészült az első szovjet-orosz gyártású harckocsi, amelyik még a világháborús könnyű harckocsik konstrukciós elveit tükrözte. [13] Ezt követően, a '20-as évek elején elindult jelentős fejlesztés a korszerű páncélos eszközök kialakítását eredményezte. A harckocsi fejlesztése során hamarosan egyértelművé vált, hogy a hármaskövetség – nagy tűzerő, mozgékonyosság, valamint nehézfegyverek ellen is védelmet adó páncélvédelem – kielégítéséhez nagy űrméretű fegyverek, nagy mennyiségű lőszerjavadalmasítás, vastag páncélzat és erős motor szükséges.

Az elképzeléseket közelítő konstrukcióval (már a kezdetekben 76 mm-es ágyú beépítését, 40 mm vastag acélpáncélzatot terveztek) a harckocsi becsült tömege 20–28 ton-

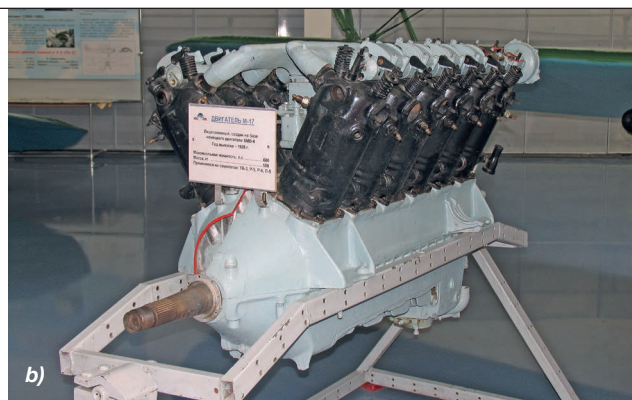
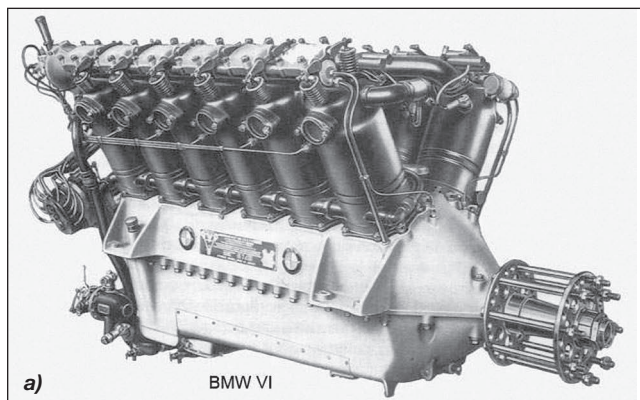
ÖSSZEFOGLALÁS: A II. világháború egyik legjobb harckocsijának tartott T-34 típusú „Győztes” harckocsi V2 elnevezésű motorja méltán kapott a háború utáni években is nagy figyelmet a harcjárművek fejlesztőitől. A V2 típusú harckocsimotor már a háborúban is a megbízhatóságával és jól üzemeltethetőségével tűnt ki a többi változat közül. A folyamatos fejlesztések eredményeként kialakult egy nagyon megbízható motorcsalád. Ezek a motorok egészen a 2000-es évekig sok élvonalbeli új harcjárműben, és a polgári alkalmazásokban is megjelentek. A V2-esek ma is megbízhatóan üzemelnek több, még rendszerben lévő katonai járműtípusban.

KULCSSZAVAK: T-34 harckocsi; T-72 harckocsi; Hispano-Suiza V12Y repülőmotor; BMW VI repülőmotor; Daimler-Benz DB601 repülőmotor

ABSTRACT: The engine of the T-34 “Winner” tank, considered the best tank in World War II, also deservedly received a lot of attention from the developers of combat vehicles in the post-war years. Already in the war, the V2 tank engine stood out from its peers for its reliability and good operation. As a result of continuous improvements, a very reliable engine family has developed. These engines then appeared in many cutting-edge new combat vehicles and civilian applications until the 2000s. They still operate reliably in several types of military vehicles still in the system.

KEY WORDS: T-34 tank; T-72 tank; Hispano-Suiza V12Y aircraft engine; BMW VI aircraft engine; Daimler-Benz DB601 aircraft engine

* Nyugállományú őrnagy, gépészmérnök, járműjavító szakmérnök, a MH Gödöllői Gépgyár és a Currus ZRt. egykori mérnöke. ORCID: 0000-0003-3701-3736X



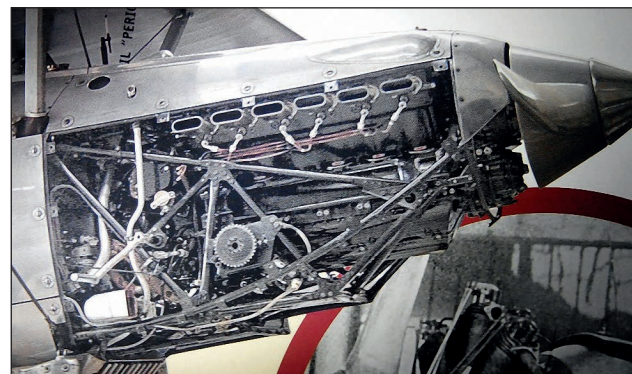
1. ábra. BMW VI. V12 repülőgépmotor a) és Mikulin M17 motor b). A két motor konstrukciós hasonlósága egyértelmű [16]

nára adódott. Egy ilyen tömegű jármű terepi mozgatása 300–600 LE (225–450 kW) közötti teljesítményű motor beépítését követeli meg. A páncélgépkocsik és korai könnyű harckocsik 60–100 LE (45–75 kW) teljesítményű motorjához a korabeli tehergépkocsik motorjait tudták felhasználni. A harckocsi meghajtásához szükséges méretű motorok a szárazföldi járműtechnikánál akkoriban még nem álltak rendelkezésre. A megfelelő teljesítményű motorok a vasúti vontatásban alkalmazott gőzgépek, illetve a hajók főgépei túl nagy méretük miatt nem feleltek meg a feladatra. A fejlesztési feladattal megbízott mérnökcsoport ezért a hasonlóan fiatal fegyvernem, a légi erő eszközeit kezdte tanulmányozni. Az első világháború időszakában már a cári orosz hadsereg is nagy mennyiségű repülőgéppel rendelkezett. Az orosz konstrukciók (pl. Ilja Muromec) mellett jelentős számban importból is beszerettek gépeket, és e típusok egy részét licencvásárlással, hazai gyártásban is készítették. 1914 végére már havi 37 db repülőgép gyártására volt képes az orosz ipar. Ezek Morane, Nieuport, valamint Sopwith típusú gépek voltak, és legtöbbjük léghűtéses, 9 hengeres, Wright vagy Hispano-Suiza típusú csillagmotorokkal épült. A világháború végén teljesítményük elérte a 250 LE-t (186 kW). 1917-ben megjelent a Hispano-Suiza V8 típusú, 8 hengeres, 235 LE-s (175 kW) motor a SPAD XIII típusú vadászgépeken. A Hispano-Suiza repülőmotorok nagyon megbízhatónak és jól üzemeltethetőnek bizonyultak a harci igénybevételek során. Az I. világháború végére az amerikai vadászrepülőgépekhez fejlesztett Liberty V12 típusú, vízhűtéses, 12 hengeres, V45°-os motorja már 450 LE (336 kW) teljesítmény leadására volt képes. Ezt a motort a repülőgépek számára több amerikai gyár is gyártotta, így a például a a Ford, a Lincoln, a Packard és a Buick is. A német repülőgépekhez 1920-ban elkészült az első BMW VI. típusú repülőmotor V12 hengeres elrendezéssel, 650–750 LE felszálló teljesítménnyel. Ennek a BMW VI. motornak a licencét vásárolta meg a Szovjetunió, és fejlesztette tovább a Mikulin tervezőiroda M17 típusnéven. [13] A. A. Mikulin főkonstruktor¹ a BMW VI. bázisán, V. J. Klimov² főkonstruktor a Hispano-Suiza motorok bázisán repülőgépek számára további motorfejlesztéseket végeztek. A V12-es repülőmotorok (AM35, illetve VK105 típusok) teljesítménye az 1930-as évek végére megközelítette az 1500 LE-t. [13]

A FEJLESZTÉS ÁLLOMÁSAI

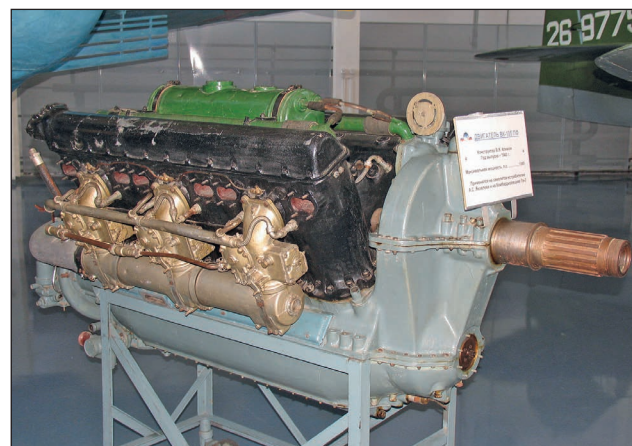
Az orosz harckocsimotor-fejlesztők a BMW VI. motor (1. a ábra) bázisán fejlesztették ki az első korszerű, nagy teljesítményű harckocsimotorjukat. Az M17 típusjelű (1. b ábra),

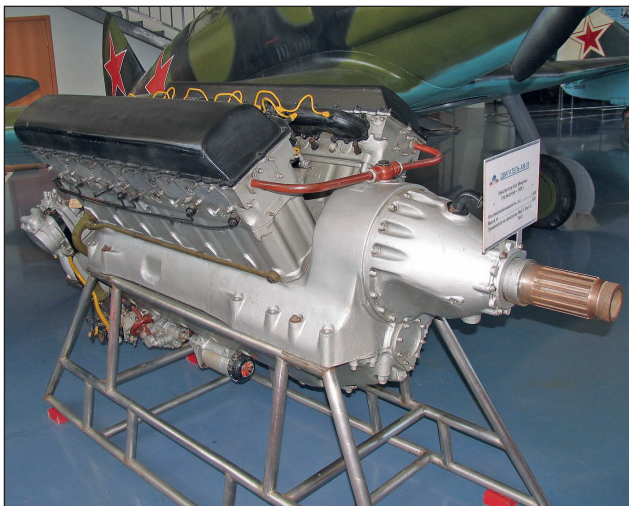
12 hengeres, V elrendezésű, vízhűtéses, benzinüzemű (karburátoros) motor volt, 400 LE (298 kW) leadott teljesítménnyel [13]. Az 1930-as évek elején megjelenő új harckocsigeneráció (BT-2; T-28; T-35; BT-5 típusok [3]) meghajtó motorjaként az M17 típust alkalmazták. A jelentős darabszámban gyártott eszközök (a BT-2-es típusból az első 5 éves terv során 5000 db-ot gyártottak) harci alkalmazása során kiderült, hogy a nagy teljesítményű motorok kellő mozgékonytágot biztosítottak (a BT-2 harckocsik 50–70 km/h sebesség elérésére is képesek voltak), de a benzinmotoros kivitelű harcjármű fogyasztása nagyon magas volt, amely csökkentette a hatótávolságot, illetve nehezítette az eszköz logisztikai ellátását. [3]



2. ábra. Fairey Fox repülőgép Hispano Suiza V12Y motorral (1929) [14; 92. o.]

3. ábra. Klimov VK105 típusú repülőmotor (1939) a VK100 továbbfejlesztett változata (Fotó: Pásztor Miklós)





4. ábra. Mikulin AM35 típusú repülőmotor (1939)
(Fotó: Pásztor Miklós)



5. ábra. V2 típusú harckocsimotor (1936) (Fotó: Lányi Aladár)

Közben a Hispano-Suiza 1924-ben kihozta a Hispano-Suiza V12Y típusú (2. ábra), vízhűtéses, V60°-os repülőgépmotorját 650 LE (485 kW) teljesítménnyel. [13] Ez a motor a repülőgépekben nagyon megbízhatónak bizonyult, gyártása, karbantartása és javítása is egyszerű eszközökkel biztosítható volt.

A V2 MOTOR FEJLESZTÉSE

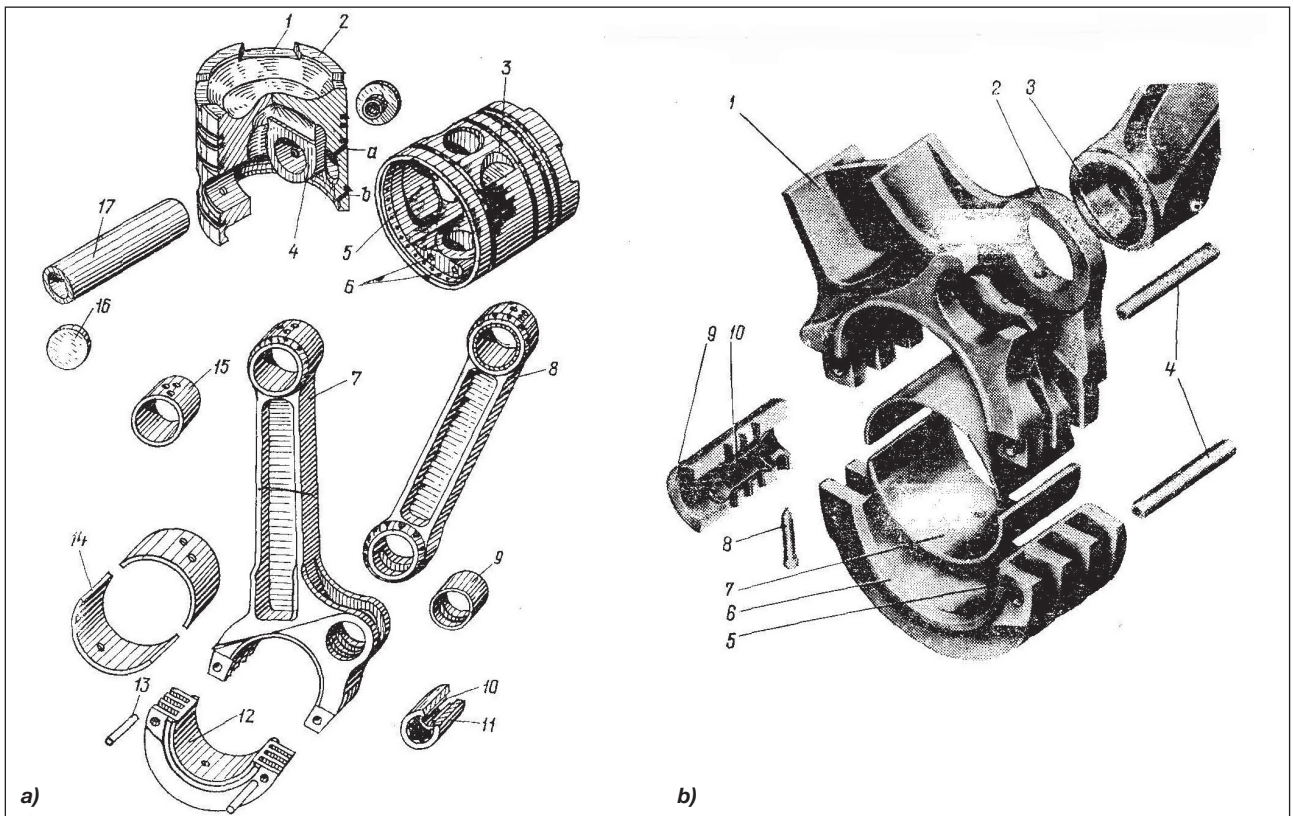
A szovjet vezetés a dízelüzemű harckocsi motorfejlesztésével a szovjet Ukrajna területén található Harkovi Mozdonygyárat (ХПЗ – Харьковський паровозостроительний завод) bízta meg. Az 1895-ben alapított mozdonygyár abban az időben a háborúra történő felkészülés jegyében fedőnéven, No. 183. számú gépgyár néven működött. A V2 motor (5. ábra) fejlesztését a Konstantyin F. Cselpán főmérnök által vezetett szerkesztői csoport végezte. Cselpán döntése volt, hogy a Hispano-Suiza repülőgépmotorjának sikerei alapján egy, a típus jó konstrukciós megoldásait megőrző, korszerű, gyorsjárású dízelmotor-konstrukciót alakítanak ki. A Hispano-Suiza V12Y motor (H-S), szinte minden konstrukciós szerkezeti megoldását megtartva, áttervezték dízel üzeműre. A furat az eredeti $\varnothing 150$ mm-es

maradt. A lökethosszúságot azonban a főhajtókar oldalon 170 mm-ről 180 mm-re, a mellékajtókarnál ez 186,6 mm-re növelték. Ez utóbbi biztosította a dízeles motorműködés öngyulladásához szükséges 1:14-es kompresszió létrehozását a motor méreteinek lényeges megváltoztatása nélkül. A szovjetek megtartották a hajtókar „golyvás” segédhajtókaros megoldását. (6. ábra) [1] A hajtókarok terhelhetőségét meg kellett növelni a dízelmotorban létrejövő magasabb nyomású gázerők kialakulása miatt. A megerősítést a „H” keresztmetszetű hajtókarok megvastagításával érték el. A H-S konstrukcióból átvették az alumínium monoblokk hengertömböt, a hengerperselyek belső felületének gázcementálással készített, keményített rétegű felületkialakítását és a hengerperselyek „O” gyűrűs tömítését. A V2 motor dugattyújának szerkezete (a tömítőgyűrűk elhelyezése, ablakolása, a csapszeg rögzítése) is a H-S dugattyúéra hasonlít. A dugattyútető azonban lényegesen eltérő, mert abban alakították ki a közvetlen befecskendezéses motorok egyik jellegzetes „Hasselman” rendszerű [1] égésterét. A kinyíló szelepek a kis kompresszióer miatt beleértek volna a dugattyú körbefutó felső szaknyaperemébe, ezért a dugattyúperemet a szelepek alatt lemarták. Ezzel kialakult a V2 motorok dugattyúinak jellegzetes, koronaszerű felsőrésze (a selejtezett dugattyúkat előszeretettel használták a harckocsizó tisztek hamutartóként). A szelepek kialakítása, a kipufogószelepek nátriumos töltése is a H-S konstrukció szerinti. A hengerfej, és benne a szívó és kipufogó csatornák kialakítása is hasonló a H-S konstrukcióhoz, ám a nagyobb légcserre biztosítása érdekében hengerként 4 szelepet (2 szívó, 2 kipufogó) helyeztek el. A hengerfejekon 2 vezérműtengelyt alkalmaztak (a belső oldali a szívó, a külső a kipufogó vezérműtengely). A szelephézag, és a szelepnívó szögének beállítása is a H-S konstrukció szerint történt. A felső vezérlés és egyéb segédmeghajtás kúpkerékes, királytengelyes kialakítása a főtengelyről a kihajtással ellentétes oldalról szintén a H-S-től származik (7. ábra) [1] [4] [5].

A H-S V12Y repülőgépmotort V elrendezésű hengerekkel és felülfekvő vezérműtengellyel építették be a repülőgépekbe. A vadászrepülőgépek motorjainak a légi harc során sokirányú terhelés mellett is nagy teljesítményen és fordulatszámra kell üzemelnie. Ez a követelmény a kenőrendszer különleges kialakítását igényli. Ezért a repülőgépmotorok száraz karteres olajozással működnek, amely azt jelenti, hogy a kenőolajat 3 szivattyú szállítja. A nyomószivattyú a segédmeghajtás felőli oldalról a főtengelyen át nyomott kenőolajjal keni a fekvő, és a hajtókarcsapágyakat, a hajtókarokon keresztül haladó olaj keni a dugattyú-csapszeget és az onnan elfolyó olaj keni a dugattyú- és a hengerpalást felületét. A segédmeghajtás kenése a főáramkörrel párhuzamos (sönt) vezetékkel történik a segédmeghajtások oldalánál. A kenési helyekről a lecsorgó olaj a karterben gyűlik össze. A visszafolyó olajat a 2 ürítő szivattyú egyike a karter elején, a másik a karter végén szívja ki, és nyomja vissza az (olajhűtőn keresztül lehűtve) a kenőolajtartályba. A V2 típusú motor egész kenőrendszere, az olajszivattyúk, illetve a hűtővízszivattyú konstrukciós kialakítása is a H-S motorhoz hasonló [1] [4] [5].

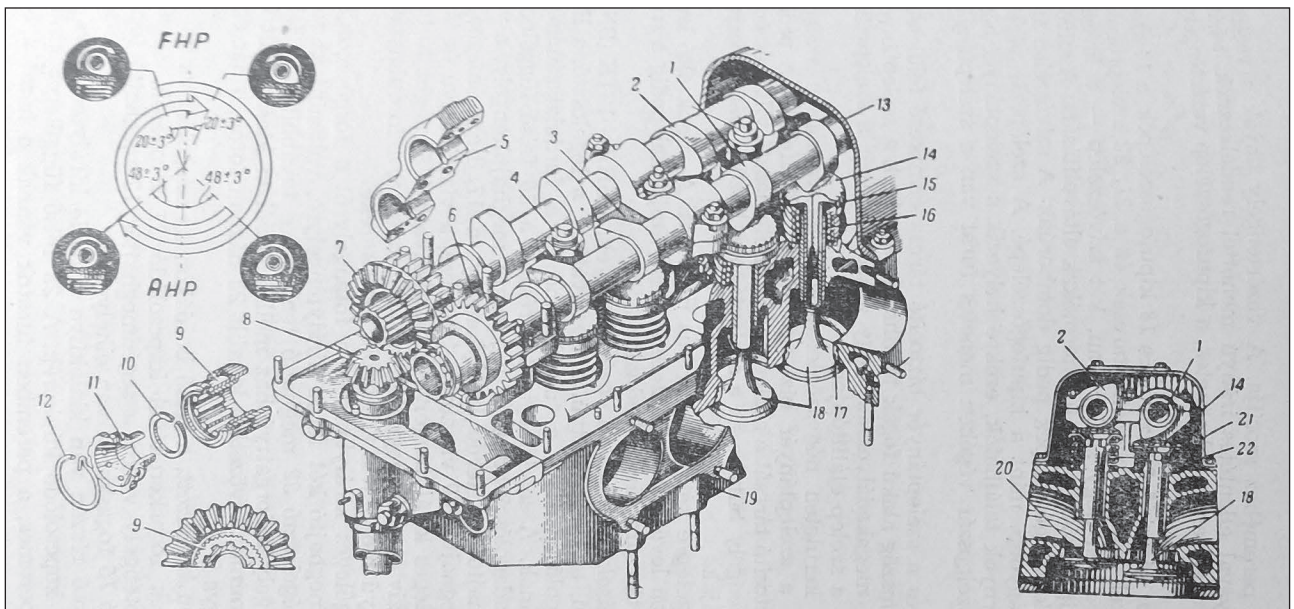
A száraz karteres olajozás is bizonyítja a motor repülőgépes eredetét, de a főtengelyvég kialakítása ezt teljesen egyértelművé teszi. A főtengely kihajtás felőli vége ugyanis nem tárcsás (lendkerékhez csatlakozó) kialakítású, hanem bordás főtengelyvég, amely légcsavargyhoz tervezett csatlakozásra utal (8. ábra). A V2-es motor bordás főtengelyvége (8. ábra) megegyezik a Klimov VK100-tól VK107-ig terjedő motorcsalád, (3. ábra) és az annál nagyobb méretű és teljesítményű Mikulin AM34 – AM37 repülőgép motorsorozata

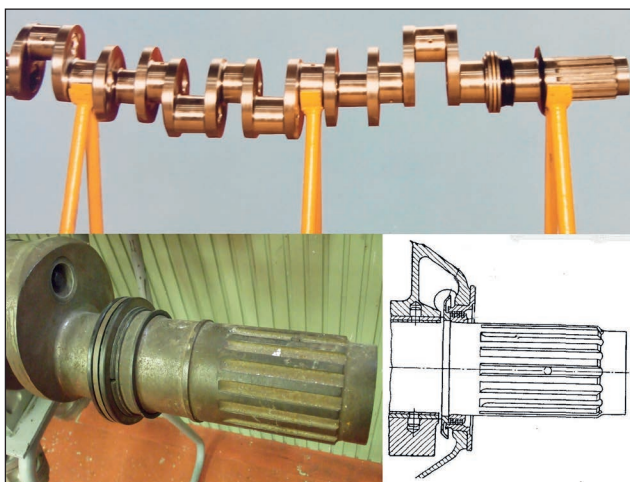




6. ábra. A V2 motor hajtókar- és dugattyúkonstrukciója [4] a) 1–6. a dugattyú és részei: 1. a dugattyú koronaszelepek miatti bemélyedése, 2. dugattyúkorona, 3. dugattyúablak, 4. dugattyú-csapszegfészek, 5. dugattyúpalást, 6. a, b olajátvezető furatok a dugattyún, 7. főhajtókar, 8. segédhajtókar, 9. segédhajtókar-csapágy, 10. segédhajtókar-csapszeg olajcsöve, 11. segédhajtókar-csapszeg, 12. főhajtókar alsó rész fedél, 13. főhajtókar alsó rész fedelét rögzítő csapszeg, 14. főhajtókar csapágyfelek, 15. dugattyúcsapszeg csapágypersej, 16. dugattyú-csapszegzáró dugó, 17. dugattyúcsapszeg
 b) 1. főhajtókar, 2. segédhajtókar csapszegfészek, 3. segédhajtókar, 4. főhajtókar alsó rész fedelét rögzítő csapszeg, 5. főhajtókar alsó rész fedelét rögzítő csapszeg furata, 6. főhajtókar alsó rész fedél, 7. főhajtókarcsapágy, 8. segédhajtókar-csapszeget rögzítő tűske, 9. segédhajtókar-csapszeg, 10. segédhajtókar-csapszeg olajcsöve

7. ábra. V2 motor hengerfeje a szelepekkel és a vezérléssel. A vezérmű alkatrészei: 1. kipufogószelep-vezértengely, 2. szívószelep-vezértengely, 3. vezértengelytartó bakok, 4. porlasztó, 5. vezérműtengely első (támasztó) csapágyfedél, 6. a kipufogószelepek vezértengely-fogaskereke, 7. a szívószelepek vezértengely kúpkeréke, 8. ferde királytengely kúpkeréke, 9. vezértengely-szabályzó hüvelyek, 10. zárógyűrű, 11. vezértengelyanya, 12. rugós biztosítógyűrű, 13. hengerfejfedél, 14. szeleptányér, 15. szeleptányér-biztosítótárcsa, 16. szelepvezeték, 17. szelepfészek, 18. kipufogószelep, 19. hengerfej, 20. szívószelep, 21–22. szeleprugók [4]





8. ábra. A Gödöllői Gépgyárban gyártott V2 dízelmotor főtengeleyének légcsvavarbordázattal ellátott vége (Fotómontázs: Lányi Aladár)

tok (4. ábra) tengelyvégével [13]. A Klimov és Mikulin motorokat a II. világháború alatt gyártott vadász- és bombázó repülőgépek mintegy húszféle típusába is beépítették. Ezért a Jakovlev Jak-3 típusú vadászipülőgép, vagy az Iljusin IL-2 csatarepülőgép légcsvavarját a légcsvar eredeti rögzítőelemeivel fel is lehet szerelni a V2-es motor főtengeley végére is. Ennek a háborús javítások során komoly logisztikai előnye származott. A motor repülőgépekkel való rokonságára utalnak annak indítási módjai is. A motort kétféle indítórendszerrel is ellátták. Az egyik az elektromos és kézi indítást is biztosító inerciális önindító berendezés (amelyhez hasonló „inerciaanlasser” indította a Messerschmitt Me-109 vadászipülőgépek DB-601-es típusú motorját is) [1]. A másik indítási mód sűrített levegővel történik, ahol 70 bar nyomásnál magasabb nyomású légtartályból nyert levegő forgatja meg az álló főtengeleyt. A dugattyúkra ható nyomás nagy erővel mozdítja meg, és rövid idő alatt indítási fordulatszám fölé gyorsítja a motor fordulatszámát, amely így hideg körülmények között is beindul. Ez az az indítási változat ma is elterjedten alkalmazott módszer a közepes vagy nagy teljesítményű dugattyús repülőgépmotoroknál. A V2-es motorra ez a megoldás is a H-S V12Y motor konstrukcióból került át [1] [4] [5] [13].

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Jurek Aurél. Belsőégésű motorok Budapest, Tankönyvkiadó Vállalat: 1961;
- [2] Bihary Gyula. „A Szovjet Légierő genezise” in: Utak és alternatívák Előadások és tanulmányok az 1917-es orosz forradalom 90 éves évfordulója alkalmából [szerk. Lengyel Gábor] PTE-BTK Történettudományi Intézet - Modernkori Oroszország és Szovjetunió Történeti Kutatócsoport, Történész-céh Egyesület Pécs, MOSZT-TCE, 2009. Sorozat: (MOSZT Könyvek, 1788-4810; 3.);
- [3] Poór István szerk. Harckocsik és páncélozott járművek típuskönyve Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó, 1980. ISBN: 9633262836;
- [4] Pc/39 A T34 harckocsi igénybevételi és karbantartási utasítása 1963. Pcfe/38 T34-85 közepes harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása 1965.

- [5] Pc/2 T54 harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása 1960.
- [6] Pc/19 T55 harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása MN Haditechnikai Intézet 1964.
- [7] Pc/25 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása II. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1981. (90/1978 MN PCGTSZF)
Pc/57 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása I. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1979.
Pc/64 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása III. kötet MN Általános és Gépesített lövész. és Harckocsizó Kiképzési Csoportfőnökség 1979.
- [8] PcFe/24 T-34-85 közepes harckocsi csapatjavítási utasítás 1963. PcFe/33 Közepes harckocsik csapatjavítási utasítása I. rész 1964.
- [9] PcFe/36 Harckocsik javítási technológiája 1965. PcFe/66 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása I. könyv I. rész MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1979.
PcFe/239 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása II. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1980.
PcFe/240 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása I. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1980.
- [10] Pc/40 Szakutasítás a közepes harckocsik és láncfalpas járművek javításához használható szerszámok és készülékek alkalmazására MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1984.
- [11] GJ-6/72 A V2 és V6 típusú motorok bejáratásának, átadásának technikai utasítása HTI-TU-2535 A T34; T54/M; T55; T55A; PT76; BTR50; T72; ATSz típusú láncfalpas harcjárművek nagyjavítás utáni futópróbájának és a D442; D944 típusú úszó járművek vízpróbájának Technológiai Utasítása
- [12] L-2500/6 (A/21 MNGG jelzet) T34 motor szerelése, bejáratása, átvételi vizsgálata és konzerválása L-2500/11 (A/24 MNGG jelzet) T34 motor javítási művelettervek
- [13] Дизельный двигатель В-2 – 11 Января 2014 – АвтоБлог http://www.autoscience.ru/blog/dizelnyj_dvigatel_v_2/2014-01-11-47 (Letöltve: 2021.12.30.);
- [14] Matricardi, Paolo. A harci repülőgépek nagy könyve. Budapest: Gabo Könyvkiadó, 2006.;
- [15] Merksiz, Jerzy, „Przemys silnikowy w Polsce” Engine Manufacturing Industry in Poland, Silniki Spalinowe 44. nr3 (2005): pp 12–21. <https://doi.org/10.19206/CE-117396>;
- [16] Források: <https://airpages.ru/img/mot/bmw6.jpg>; https://military-history.fandom.com/wiki/Mikulin_M-17?file=Mikulin_M-17.jpg Letöltve: 2022.1.24.).

JEGYZETEK

- 1 Alekszandr Alekszandrovics Mikulin (1895–1985) szovjet-orosz repülőgép- és hajtómű-tervező, akadémikus és a Mikulin OKB (Опытное Конструкторское Бюро – Kísérleti Mérnökiroda) főtervezője volt. Eredményei közé tartozik az első szovjet folyadékűtéses, dugattyús repülőgépmotor, a Mikulin AM-34, valamint a Szovjetunió első sugárhajtású repülőgépének, a Tupolov Tu-104-nek a Mikulin AM-3 hajtóműve. (A szerk.)
- 2 Vlagyimir Jakovlevics Klimov vezérőrnagy (1892–1962) szovjet mérnök, repülőgépmotor- és hajtóműtervező. (A szerk.)