



## DR. PÁSZTOR ENDRE

ny. egyetemi tanár  
BME, Vasúti Járművek, Repülő, és Hajók Tanszék

# Jendrassik György, a belsőégésű vasúti vontatójármű motorok fejlesztő zsenije

### Összefoglaló

A dízelmotorok területén a Ganz-Jendrassik dízelmotorok még ma is ismertek. Újrendszerezű és világsikert aratott dízelmotorjait 1926 és 1932 között alkotta meg a Ganz gyárban Budapesten. Hírnevének köszönhetően elvállalta a barcelonai Hispano-Suiza Művek ajánlatát, melynek értelmében évente fél évet dolgozott náluk, mivel kifejlesztett dízelmotorja licenciáját a gyár megvette.

Több gázturbinája közül kiemelkedő a vasúti mozdony gázturbina, mely kiválóan vizsgázott.

Jendrassik Györgynek a magyar műszaki zseninek nem adatott hosszú élet, hogy életművét lezárt formában adja át az utókorak, de amit alkotott, azzal maradandóan beírta nevét a magyar technikai haladás történetébe.

Cikkével a szerző, a XX. század egyik világhírű magyar mérnök feltalálójának állít emléket.

PROF.-EM. ENDRE, PÁSZTOR  
TU Budapest  
Lehrstuhl für Schienenfahrzeuge, Flugzeuge und Schiffe

### György Jendrassik, ein Genie am Gebiet der Entwicklung von Verbrennungsmotoren für Schienenfahrzeuge

#### Zusammenfassung

Auf dem Gebiete der Dieselmotoren sind die Ganz-Dieselmotoren System Jendrassik noch jetzt bekannt. Gy. Jendrassik hat seine nach neuen Prinzipien ausgearbeiteten und zu Weltruf gelangten Dieselmotoren in den Ganz-Werken zwischen 1926–1932 entwickelt. Dank seinem Ruf hat Gy. Jendrassik das Angebot der Hispano-Suiza Werke in Barcelona angenommen, wonach er jährlich ein Halbjahr dort tätig war. Hispano-Suiza war nämlich auch einer der Lizenznehmer der neuentwickelten Dieselmotoren.

Aus den Gasturbinen System Ganz-Jendrassik für verschiedene Einsatzgebiete zeichnet sich besonders die für Vollbahn-Lokomotiven mit ihren ausgezeichneten Prüfergebnissen aus.

Herrn György Jendrassik, dem technischen Genie aus Ungarn, hat das Schicksal kein langes Leben vergönnt, um das Werk seines Schaffens als abgeschlossenes Ganzes hinterlassen zu können, aber durch sein Lebenswerk hat er sich einen nie vergesslichen Namen auch in der Geschichte der Technik in Ungarn geschaffen.

Der Autor erinnert sich mit diesem Aufsatz an einen der ungarischen Ingenieur-Erfinder mit Weltruf.

DR. ENDRE PÁSZTOR  
Professor emeritus  
Budapest University of Technology and Economics – BME,  
Department of Aeronautics, Naval Architecture and  
Railway Vehicles

### György Jendrassik the Genius Developer of the Internal Combustion Engines

#### Summary

The Ganz-Jendrassik diesel engines are well known internal combustion engines even today. György Jendrassik produced his new system, world succeed diesel engines in the Ganz Factory of Budapest between 1926 and 1932. Thanks to his reputation he accepted the offer of the Hispano-Suiza Works of Barcelona and he spent six month in every year there, because the company bought the licence of his diesel engines.

His well proven gas-turbine built for railway locomotives exceeded from his several gas-turbine types.

Short life was given to the Hungarian technical genius György Jendrassik, so he could not leave his life work as a closed heritage to the posterity, but he entered his name permanently into the history of the Hungarian technical development, by he had made.

The author commemorates to one of the world famous Hungarian engineer inventor of the twentieth century, by his article.

## I. Rövid életrajz

Született 1888. május 13-án Budapesten, meghalt 1954. február 4-én Londonban. Haláláról az európai, elsősorban a nyugati műszaki lapok szépen megemlékeztek, a gázturbina úttörőjének nevezték. Magyarországon életútját először Brodszky Dezső egyetemi tanár, tanítómesterem méltatta, aki a Ganz gyárban egyetemi munkássága előtt, közvetlen munkatársa volt. Gépészmérnöki oklevelét 1923-ban szerezte meg a Budapesti (József Nádor) Műszaki Egyetemen. Előtte két évig Kármán Tódor, az áramlástan gényűs ajánlatára nyugati egyetemeken szakmába vágó előadásokat hallgatott és olyan előadókkal ismerkedett meg, akik egész életére nagy hatással voltak, többek között Albert Einstein, Max Planck, Ernst Nusselt.

Fejlesztő-tudományos munkája két nagy területre osztható: a vasúti dízelmotorok és jármű gázturbinák fejlesztésére.

A dízelmotorok területén a Ganz-Jendrassik dízelmotorok még ma is ismertek. Újrendszerezű és világsikert

aratott dízelmotorjait 1926 és 1932 között alkotta meg a Ganz gyárban Budapesten. Hírnevének köszönhetően elvállalta a barcelonai Hispano-Suiza Művek ajánlatát, melynek értelmében évente fél évet dolgozott náluk, mivel kifejlesztett dízelmotorja licenciáját a gyár megvette. A spanyol polgárháború kitörése miatt Spanyolországban csak egy fél évet teljesített.

Több gázturbinája közül kiemelkedő a vasúti mozdony gázturbina, mely kiválóan vizsgázott.

Műszaki sikerei eredményeként egyre magasabb beosztásba, vezető munkakörökbe került, a második világháború időszakában vezérigazgató volt. Tudományos-műszaki munkásságáért a Magyar Tudományos Akadémia tagjává választotta.

A világháború után részt vett az újjáépítésben, majd 1947-ben Angliában telepedett le, ahol szabadalmi egy részét angol gyárak megvették. Örökletes szívbetege és kezelőorvosa által nem ismert morfiom érzékenysége miatt 1954-ben szívrohamban elhunyt.

## 2. Szakmai munkássága a dízelmotorok fejlesztése területén

A Ganz gyár 1925 körül vetette fel a kompresszor nélküli dízelmotorok gyártásának tervét. (Eddig a tüzelőanyag befecskendezése nagynyomású sűrített levegővel történt.) Jendrassik a tárgyalások folyamán azonnal felajánlotta az erre vonatkozó szabadalmát a vállalatnak.

Maga a gyár már több évtizede foglalkozott a motorgyártással és belföldön, valamint a környező országokban jó hírnévnek örvendtek motorjai, de elterjedtek távolabbi államokban is.

A kompresszor nélküli dízelmotorokat, melybe a Ganz-Jendrassik motor is tartozik, az első világháború alatt és után kezdték fejleszteni a technikailag fejlett országokban, miután felismerték előnyeit. (Kevésbé tűzveszélyes, olcsóbb nyersolajjal működik, jobb hatásfok a benzinmotorral szemben stb.) Jendrassik elemezte az eddigi dízelmotorok működését és zseniális előrelátással fejlesztésüket a következőképpen határozta meg:

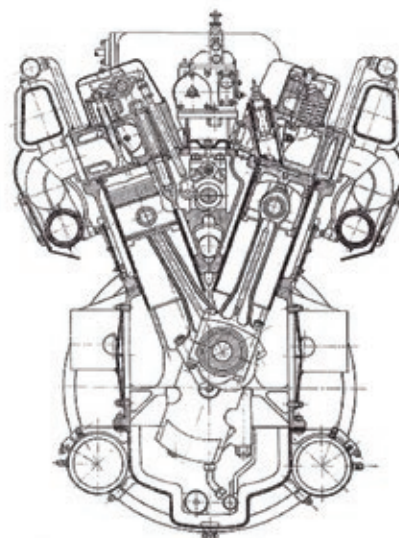
- Előkamrás égéstér, mely a tüzelőanyag és a levegő jobb elkeveredését biztosítja durvább porlasztásnál is.
- Rugónyomásra történő tüzelőanyag befecskendezés, amely a porlasztás minőségét függetleníti a motor fordulatszámától.
- Indításnál a levegő termikus úton történő felmelegedése, amely szükségtelenné teszi a különböző „indítási segélyek” pl. a gyújtóspirális stb. alkalmazását.
- Többhengeres, hosszabb motoroknál hatásosan működő lengéscsillapító alkalmazása.
- Motorok feltöltésére alkalmas „komplex” feltöltő kioldozása és fejlesztése.

Az 1. ábra egy „V” elrendezésű, Ganz-Jendrassik motort mutat be, melyen a fenti, első két jellegzetesség jól felismerhető. A jobboldali hengerfejbe beépítve jól látható a ferdén elhelyezett előkamra, valamint a két hengersor között fent elhelyezkedő befecskendező szivattyú, alatta pedig a szelepezérlés egyes elemei ismerhetők fel. Ezt az alapvető elrendezési formát Jendrassik alkotta meg és ezek a jellegzetességek minden Jendrassik motornál felismerhetők.

A Jendrassik motor kisebb változatban autóbuszokba és teherautókba beépítve is sikeresen működött, bizonyítva ezzel a többcélú alkalmazhatóságát.

Ezek után vizsgáljuk meg a négy fő fejlesztési gondolatot kissé közelebbről.

- Az előkamrás égéstérnél (3. ábra) a teljes égéstér a fő égéstérre (dugattyú felső felülete és a hengerfej alsó felülete közötti térfogat) és az ábrában ferdén elhelyezkedő előkamrára van osztva. A befecskendezés az előkamrába történik. A befecskendezett tüzelőanyag egy része az előkamrán átjutva a fő égéstérbe kerül, a maradék pedig már az előkamrában begyullad; ott jelentős részben elég, erőteljes nyo-

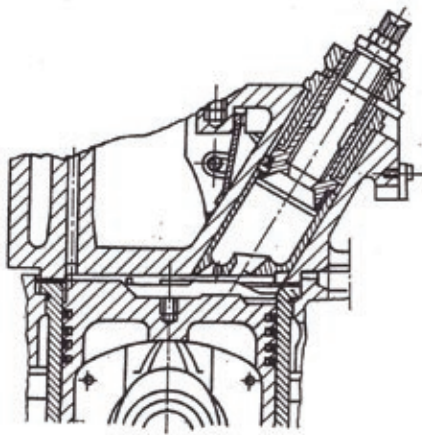


1. ábra: Ganz-Jendrassik dízelmotor keresztmetszete  
Abb. 1.: Dieselmotor System Ganz-Jendrassik – Querschnitt.  
Figg. 1.: Cross section of the Ganz-Jendrassik diesel engine.



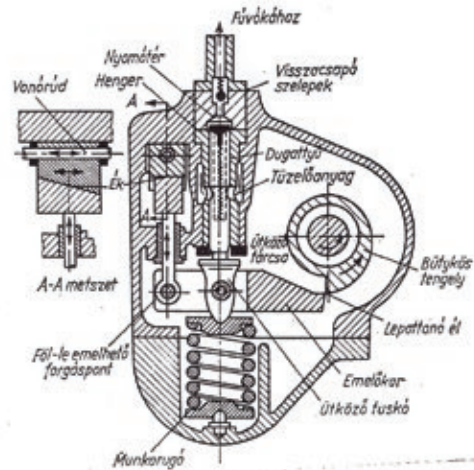
2. ábra: Ganz-Jendrassik dízelmotorral gyártott Árpád típusú motorkocsi  
Abb. 2.: Arpad hergestellt Jendrassik Ganz Dieseltriebswagen-Typen  
Figg. 2.: Arpad produced Jendrassik Ganz diesel railcar types

másnövekedést hozva létre az előkamrában. Ennek következtében az előkamra alsó, szűkített furatán nagy sebességgel kiáramlik a tüzelőanyagban dús égéstermék a fő égéstérbe, igen erőteljes keveredést hozva létre ezzel. Ezáltal az égés minősége erőteljesen javul, még durvább porlasztás esetén is. Ez a Jendrassik-féle előkamrás motor fő előnye, durvább porlasztás is elegendő. Valóban, előkamrás motorjainak befecskendező fűvókái átmérője közel 1 mm, szemben a közvetlen befecskendezésű motorok 1-2 tized milliméter fűvóka átmérőjével. Ilyen körülmények között a fűvóka dugulása szinte kizártnak tekinthető, még gyengébb minőségű tüzelőanyag, és elégtelen szűrés esetén is. Ez is előnye a Jendrassik-féle égéstérnek. Hátránya a nagyobb örvénylési-, áramlási-, keveredési veszteség miatti néhány százalékkal magasabb fajlagos tüzelőanyag fogyasztás.



3. ábra: Ganz-Jendrassik előkamrás motor égéstere  
 Abb. 3.: Dieselmotor mit Vorkammer System Ganz-Jendrassik –  
 Verbrennungsraum  
 Fig. 3.: Combustion chamber with pre-combustion chamber of the  
 Ganz-Jendrassik diesel engine.

- b) Jendrassik az új rendszerű előkamrához és porlasztóhoz új elven működő befecskendező szivattyút is tervezett. Zseniálisan látta előre, hogy a nagyobb átmérőjű befecskendező fűvókához olyan befecskendező szivattyút célszerű, mely kis (pl. indítási) fordulatszámon is nagy tüzelőanyag nyomást hoz létre. Erre a rugónyomásra működő befecskendező szivattyút látta a legalkalmasabbnak, létrehozva ezzel az akkori világhíres befecskendező rendszert. (4. ábra) A munkarugót (az ábrán alul), mely a befecskendező dugattyút működteti, bütykös tengely húzza fel működési állapotba. A lepattanó élről elszabadult munkarugó felüti a dugattyút, létrehozva ezzel a befecskendezést. A befecskendezett mennyiséget a dugattyú lökete szabályozza. A löketet a vonórúd által mozgatott ékek határozzák meg, melyek a föl-le emelhető forgáspont segítségével a munkarugót előbb, vagy később ütközteti az ütközőtárcsával, ezzel behatárolva és változtatva a löket nagyságát. Kis- és közepes fordulatszámú motoroknál (a Ganz-Jendrassik motorok ilyenek voltak) a berendezés tökéletesen működött. A fordulatszám növelésekor a befecskendezés idejét csökkenteni kell, ehhez pedig a munkarugó méretét kell növelni. Nagy fordulatszámú motorokhoz ez a rendszer már nem teljes mértékben alkalmas, de Jendrassik a kis- és közepes fordulatszámú, nagyméretű motorjaihoz tervezte befecskendező rendszerét.
- c) Talán a Jendrassik-féle indítási rendszer létrehozása volt a motorok területén a legzseniálisabb alkotása. Ismeretesen a hideg, közepes kompresszió viszonyú dízelmotor nehezen indul, mert a nagyarányú hővesztés következtében a sűrített levegő nem melegszik fel a tüzelőanyag gyulladási hőmérsékletére. Ehhez járul még az induláskor hideg előkamra nagyobb felületén bekövetkező pótlólagos hővesztés is. En-



4. ábra: Ganz-Jendrassik adagoló szivattyú szerkezeti vázlata  
 Abb. 4.: Einspritzpumpe System Ganz-Jendrassik – Konstruktionskizze  
 Figg. 4.: Structural outline of the fuel injection pump Ganz-Jendrassik type.

nek megoldásához Jendrassik a következő, egyébként már az ő korában is ismert, termodinamikai jelenséget használta fel: Egy légtüres (vákuum) tartályba hirtelen levegőt engedve, a nagy sebességgel beáramló,  $T_0$  (K) hőmérsékletű levegő a tartályban lefekeződve, a  $T_0$  kezdeti hőmérsékletű levegő elméleti (ideális) esetben annak 1,4-szeresére melegszik fel. A valóságban a hővesztés és a tökéletlen lefekeződés miatt, ez az érték kb. 1,3-ra csökken. Vizsgáljuk meg a jelenséget kissé pontosabban.

Legyen az atmoszférikus levegő hőmérséklete  $15\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_0 = 15 + 273 = 288\text{ K}$  (abszolút hőmérséklet) A  $T_1$  hőmérsékletű, lefekeződés utáni levegő valóságos abszolút hőmérséklete  $T_1 \sim 1,3; T_0 \sim 374,4\text{ K}$ . A hőmérséklet-növekedés  $T_1 - T_0 = 86,4\text{ K}$ , vagy  $^\circ\text{C}$ .

A következő ütemben beáramló levegő már egy kicsit melegebb hengertérbe áramlik, így a kompresszió vég hőmérséklet is magasabb lesz. A fenti folyamat néhányszori ismétlése után (néhány fordulat után) az előkamra úgy felmelegedett, hogy bekövetkezett a gyújtás. Ezt a hatást Jendrassik úgy hozta létre, hogy a szokványos szívó- és kipufogó bütykök mellett, egy olyan szívóbütyköt is alkalmazott, mely segítségével a szívószelepek, indításkor közel az alsó holtpont közelében nyíltak. Ezzel vákuumot hozott létre, a fentebb ismertetett hatás létrehozása érdekében. A vezértengely ezért eltolható volt. Indításkor a vezértengely olyan állásban volt, hogy a szívószelepet emelő görgős kar az indító bütyökre támaszkodott, ezzel késleltetett szívást hozott létre. Megindulás után a vezértengely normál működési állapotba került. Ezzel a megoldással Jendrassiknak nem volt szüksége különböző, komplikált, hőközlő berendezésekre. Erre a világ összes akkori motorfejlesztő szakembere felfigyelt és nagyon kedvezően értékelté alkotásait.

### 3. Lengéscsillapító alkalmazása

Jendrassik motorjai többségéhez (sokhengeres, hosszabb motorok) alkalmazott lengéscsillapítót. Az erre vonatkozó tanulmányában kifejtette, hogy a motorszerkesztők gyakran alkalmaznak lengéscsillapítót a motorfőtengely csavaró lengésének csillapítására. Ezeket a lengéscsillapítókat azonban eddig pontosan kidolgozott elmélet nélkül, kísérletek segítségével valósították meg, s csak többé-kevésbé működtek kielégítően, az elméleti működés ismerete hiányában. Jendrassik fent idézett tanulmányában pontosan kidolgozta a lengéscsillapító működésének elméletét. Ennek segítségével megbízhatóbban számolta ki a különböző méretű és konstrukciójú dízelmotorokhoz optimálisan (kedvezőbben) illeszkedő lengéscsillapítót. Ezen munkásságával észrevehetően megnövelte motorjának élettartamát, és csökkentette a főtengelyek fáradttörésének számát. A tanulmány, amely egy fémjelzett német folyóiratban jelent meg, igen kedvező visszhangot keltett a motortervezők körében.

### 4. „Komplex” motorfeltöltő berendezés

A dízelmotorok fejlesztése terén elért igen jelentős sikerei folytatásaképpen a negyvenes évek elején intenzíven foglalkozott a belsőégésű motorok feltöltésével. Ennek érdekében az addigi áramlástani elven működő feltöltő berendezésekkel szemben, egy teljesen új feltöltési elvet dolgozott ki. A berendezést nyomáscserélőnek is nevezik. Ez a kipufogógáz nyomáshullámai segítségével sűrítette a motor feltöltéséhez szükséges levegőt. Ennek kidolgozását még Magyarországon kezdte el, majd Angliában folytatta, de korai, váratlan halála miatt nem vált üzeméretté. Ezt a munkát a nyugati kutatóintézetek (elsősorban svájciak) fejezték be.

### 5. Jendrassik György a gázturbinák fejlesztésének úttörője

Ezt a megtisztelő címet a nyugati műszaki-tudományos sajtótól halála utáni méltatásakor kapta. Ezt a kitüntetést teljes mértékben megérdemelte, mert tevékenysége a gázturbinák fejlesztésében hatalmas fejlődést hozott.

Stabil, nagy méretekkel és tömeggel rendelkező, ún. „állandó nyomású” gázturbinák már Jendrassik munkássága előtt is voltak és többé-kevésbé sikeresen is működtek. Hatásfokuk azonban alacsony volt, fajlagos jellemzőik gyengék voltak. Tömeges alkalmazásukra ezért gondolni sem lehetett. Ő volt az első, aki bebizonyította, hogy kis méretben és teljesítményben is lehet kedvezően működő gázturbinát létrehozni. (8,9,10)

A gázturbinák fejlesztésére irányuló tevékenysége három részre bontható.

- a) 100 LE-s gázturbina kifejlesztése (Jendrassik iránti kegyelethből a teljesítményeket műszaki mértékegységben adom meg)

- b) 300 LE-s vasúti gázturbina

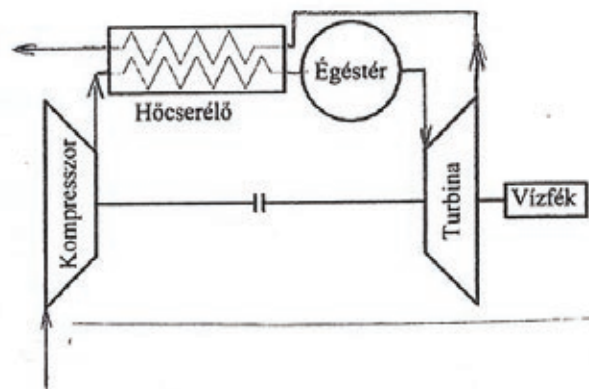
- c) 1000 LE-s légsaváros repülőgép gázturbina

Az első kettővel bővebben foglalkozom, a harmadikat inkább csak megemlítem.

#### a) A 100 LE-s kísérleti gázturbina

Jendrassik ezzel a munkájával a nagyobb teljesítményű gázturbinák sikerét alapozta meg, a többi gázturbinánál a fejlesztési munkája kapcsán szerzett tapasztalatait használta fel.

A Jendrassik-gázturbina (általában az egyszerű felépítésű gázturbinák) működési vázlat a 5. ábrán látható. Egytengelyes gázturbina volt, többfokozatú axiális kompresszorral és turbinával, tüzelőtérrel és hőcserélővel működött. A kompresszor és a turbina lapátjai szimmetrikus, áramvonalas profilból készültek, körívre hajlítva. A lapátok az álló- és forgórészben egyformák voltak, az 50%-os reakciófoknak megfelelően. A lapátok (kompresszor és turbina) az Árpai-féle öntőműhelyben készültek precíziós öntéstechnikával, csodálatosan sima felületekkel (1934-35-ben); jelenleg sem tudnak ennél simább felületű lapátot készíteni utólagos megmunkálás nélkül.

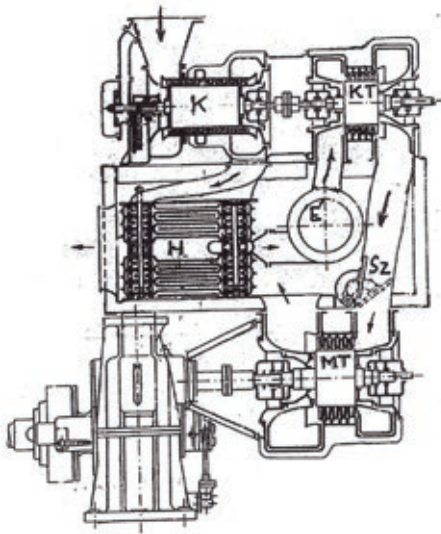


5. ábra: Jendrassik 100 LE-s gázturbinájának működési vázlat  
 Abb. 5.: 100PS Gasturbine System Ganz-Jendrassik – Funktionsprinzip  
 Figg. 5.: Operating sketch of the 100 HP gas-turbine of György Jendrassik.

A kompresszor és turbinarotor fényképe hasonlít (lényegében azonos) a mai, modern gázturbinák rotorjához. A csapágyak csúszócsapágyak voltak.

Jendrassik valamennyi gázturbinája és műszaki emlékei az Országos Műszaki Múzeumban találhatóak. (1114 Budapest, Kaposvári út 13-15.) Érdemes megnézni ezeket, lenyűgözően érdekesek.

A 6. ábrán a kompresszor- és turbinaházat felnyitva vizsgálhatjuk. Itt is szembevetendő a hasonlatosság a mostaniakkal. A lapátok többnyírástú szegeccsel vannak rögzítve a tárcsába, ami most is szokásos megoldás. A lapátok keresztmetszete állandó volt, ilyen mérsékelt kerületi sebességnél (225–250 m/s) még nem szükséges



6. ábra: A JR-300 jármű-gázturbina konstrukciós vázlata  
 Abb. 6.: Fahrzeug-Gasturbine Typ JR-300 – Konstruktionsskizze  
 Figg. 6.: Structural outline of the type JR-300 gas-turbine.

változó keresztmetszet a lapátfeszültségek csökkentése érdekében.

A gázturbina főbb adatai: Kompresszor nyomásviszony 2,2, a turbina előtti (égéstér utáni) hőmérséklet 475 °C (ne felejtjük el, hogy 1934-35 körüli a lapátanyag). A valóságos (effektív) termikus hatásfok  $\eta = 21,5\%$ , a teljesítmény  $P_{\text{eff}} = 98,5 \text{ LE}$ , a fordulatszám  $n = 16700 \text{ ford./perc}$ . A kompresszor és a turbina fordulatszáma  $Z_K = 10$ , illetve  $Z_T = 7$ . A hőcserélő hőcserélési tényezője  $\phi_{\text{höm}} = 65-70\%$ .

Jendrassik kísérleti gázturbinájának világraszóló sikere volt. Azonban irigyei többször is igyekeztek jelentőségüket csökkenteni, sajnos ebben egy akkori műegyetemi tanár is élenjárta, aki egy gázturbina ellenes cikkében „bizonyította”: a gázturbina életképtelen és elsősorban a repülésben nem fog elterjedni nagy súlya, térfogata, nagy fajlagos tüzelőanyag fogyasztása és gyenge fajlagos termikus jellemzői miatt. Erre a „megállapításra” a teljes műszaki fejlődés, de elsősorban a repülés alaposan rácsáfolta. Erre mondta tanítómesterem, dr. Brodszky Dezső: „igen kérem, így nem szabad felelőtlen és meggondolatlan műszaki jóslatokat kijelenteni.”

Jendrassik ezzel bebizonyította, hogy kis méretekkkel (teljesítménnyel) is lehet kedvező termikus áramlási jellemzőkkel rendelkező gázturbinát létrehozni. Ezzel megmutatta a modern gázturbinák (jármű-gázturbinák) felé vezető utat. Az ő gondolataiból, eredményeiből még most is építkeznek a gázturbinák fejlesztői, konstruktőrei.

#### b) A 300 LE-s vasúti jármű gázturbina

Kis gázturbinájának sikere után a '30-as évek közepén egy 300 LE-s vasúti (nehéz közúti) jármű-gázturbina építésébe kezdett. Ebben már felhasználta az első gáztur-

binája tapasztalatait. A kompresszor és a turbina áramlástechnikai és konstrukciós megoldása azonos volt az elsővel, lényegében csak méretbeli eltérések voltak. Ez a gázturbina kifejezetten nehéz járművek továbbítására készült, ezért a hasznos teljesítményt külön munkaturbina hozta létre, mely így a hidraulikus nyomaték-váltó szerepét is betöltötte. Az ilyen működési elvű nyomaték-váltó azóta is nélkülözhetetlen tartozéka a jármű-gázturbinának.

A kompresszor nyomásviszonya mérsékelt, kb. 3 volt. Megjegyezzük, hogy a mostani modern mérsékelt teljesítményű jármű-gázturbinák nyomásviszonya is csak 4-4,5 közötti, bizonyos termikus áramlástechnikai problémák következtében. Jendrassik felismerte, hogy a kisteljesítményű jármű-gázturbina a maga szükségképpen szerény nyomásviszonyával hőcserélő, azaz a kipufogógáz hőenergiájának felhasználása nélkül, nem lehet versenyképes a dugattyús motorokkal, ezért a jármű-gázturbinák azóta kivétel nélkül hőcserélővel készülnek.

A 6. ábrán a JR-300 jelű (Jendrassik jelölése) jármű-gázturbina vázlata látható. A K kompresszorba a levegő a kompresszor felső részén lévő beszívócsonkon lép be, majd a H hőcserélő „hideg” oldalába áramlik, ahol az MT munkaturbinából kilépő forró égéstermék-től felhevítve az É égéstérbe jut. Az égéstérből a felhevített közeg a KT kompresszort hajtó turbinába kerül, mely a kompresszort forgatja és vele egyensúlyi állapotban üzemel. A kompresszort hajtó turbinából a munkaközeg az MT munkaturbinába áramlik, ahol hasznos teljesítményt hoz létre. A munkaturbinából a közeg a hőcserélő „meleg” oldalára jut, felhevítve a kompresszorból érkező mérsékelt meleg levegőt. A hőcserélőből ezután a füstgáz a szabadba áramlik. A munkaturbinához kapcsolódik a jól felismerhető fordulatszám csökkentő áttétel.

Jendrassik zseniális megoldással egy SZ jelű irányító szelepet épített be a KT kompresszor kilépő és az MT turbina belépő csonkja közé. A szelep zárt állapotában (teljes vonal) szokványos hőcserélős gázturbinaként üzemelt, még nyitott állapotában (szaggatott vonal) a munkaturbinát megkerülve közvetlenül a hőcserélőbe áramlik. Jendrassik ezzel az egyszerű irányító szelep alkalmazásával tökéletes üresjáratot hozott létre a K kompresszor és a KT kompresszort hajtó turbina bármely üzemállapotában, mivel a munkaközeg nem áramlik át a munkaturbinán. A munkaközeg ilyen üzemállapotban nem expandál a munkaturbinában, csak a KT turbinában, így melegebb marad; a hőcserélő hatásosabban működik, csökkentve ezzel a gázturbina üresjáratú fogyasztását, mely legtöbb esetben nagyobb, mint a dugattyús motoroké.

A JR-300 jármű-gázturbina főbb műszaki adatai: Effektív teljesítmény  $P_{\text{eff}} = 300 \text{ LE}$ . Nyomásviszony ~3. Az égőtér utáni hőmérséklet 550 °C, mely már közel 100 °C-kal magasabb, mint a 100 LE-s kísérleti gázturbináé. A hőcserélő hatásfoka (hatásossága) 60%. Ennél

nagyobb hatásfok esetén a hőcserélő hőátadó felülete, tömege, térfogata hatványozottan növekszik és az akadályozza hatásosabb hőcserélő alkalmazását. Ennél nagyobb hatásfok csak az ún. „forgó” hőcserélőkkel érhető el. A kompresszor fordulatszáma  $n_k = 19000$ /perc, a munkaturbinák  $n_{MT} = 12600$ /perc. A kihajtó tengely fordulatszáma  $n_{ki} = 1000$ /perc. A kihajtó tengelyén mért hatásfok  $\eta_{eff} = 22\%$ .

Fizikai-, termikus-, áramlási-, mechanikai jellemzők (az alacsony égéster utáni hőmérséklet állandó) lényegében még most is megállják a helyüket, bizonyítva ezzel Jendrassik rendkívüli képességeit.

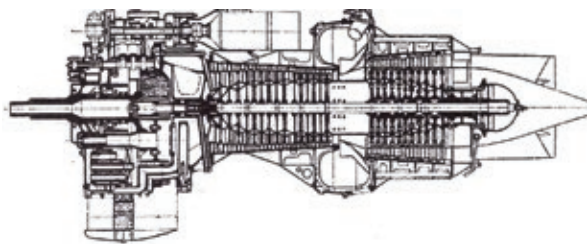
A berendezés, tartós próbája alatt is, tökéletesen működött, mozdonyba a háború kitörése miatt nem építették be. A '40-es évek végén a Ganz-MÁVAG gyárban felújítás után tökéletesen működött. Jelenleg a Műszaki Múzeumban várja az érdeklődő látogatókat.

### c) A Cs-1 légszavas gázturbinás repülőgép hajtómű

Az első két gázturbinájával szerzett pozitív tapasztalatait felhasználva fogott hozzá a '40-es évek elején egy légszavas gázturbinás repülőgép hajtómű (7. ábra) megalkotásához. A hajtómű Cs-1 elnevezése (Cs-1=csónakmotor-1) anekdota-szerű. Köztudott volt Jendrassik háború ellenessége. Félt attól, hogy amennyiben gázturbinája sikeres lesz, tekintettel a rendkívüli haditechnikai jelentőségére, a németek, mint „csodafegyverre” ráteszik a kezüket. Az első legyártott példány azonban nem volt olyan sikeres, hogy a német hadvezetés felfigyelt volna rá, továbbfejlesztését a háború vérvivata megakadályozta. (11) A Cs-1 már minden olyan áramlástechnikai elemmel el volt látva, amelyeket nyugaton csak évekkel később kezdtek alkalmazni. Talán a világon elsőnek Jendrassik épített a kompresszor első négy fokozatába forgatható állólapátokat az indítás megkönnyítése illetve a leállítás megakadályozása érdekében. Jendrassik ezzel a megoldással legalább 10 évvel megelőzte korát. A gázturbinát a levegőt az áttételházon kialakított légszatornákon keresztül szívta be pontosan úgy, mint a mai légszavas gázturbinák.

A turbina és kompresszor közötti kiegyenlítő axiális erő megszüntetésére a fűvicsőben forgó kiegyenlítő dugattyút alkalmazott, mely gömb alakú tartályban került elhelyezésre. A külső felületén labirint tömítésekkel ellátott forgótárcsa a tengelyre volt erősítve, melynek két oldalára ható nyomáskülönbség segítségével egyenlítették ki a fennmaradó axiális erőt. Ez a berendezés a jelenlegi, modern gázturbinás hajtóműveknek is fontos tartozéka. A gázturbinát égéster problémák következtében csupán kb. 400 LE-t adott le. Ezt Jendrassik is felismerte, azonban a már Magyarországon zajló háborús események következtében a Cs-1 nem vált üzeméretté. A Cs-1 légszavas gázturbinát konstrukcióját vizsgálva, feltűnő a hasonlóság illetve az azonosság a mai modern gázturbinákkal. A kü-

lönbség lényegében csak abban van, hogy a mai légszavas gázturbinát turbinájának fokozatszámát kisebb, a turbinalapátok jelentősen nagyobb görbülete következtében.



7. ábra: A Cs-1 jelű légszavas gázturbinát metszete  
Abb. 7.: Luftschraube-Gasturbine Typ Cs-1 – Schnitt  
Fig. 7.: Cross section of type Cs-1 propellers gas turbine

### Utószó

Jendrassik Györgynek a magyar műszaki zseninek nem adatott hosszú élet, hogy életművét lezárt formában adja át az utóknak, de amit alkotott, azzal maradandóan beírta nevét a magyar technikai haladás történetébe. (12)

### Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Jendrassik Lóránt: Adatok Jendrassik György életrajzához. Készült a Magyar Tudományos Akadémia megbízásából (1958 kézirat)
- [2] The gas-turbine work of Mr. G. Jendrassik. The Oilengine (1954 March) A posthumous tribute to a far-sighted hungarian engineer (Halála után tisztelet a jövőbelátó magyar mérnöknek.)
- [3] The Oilengine and Gasturbine (1954) Death of Mr. G. Jendrassik (Megemlékezés Jendrassik haláláról)
- [4] Jendrassik György: Egy újrendszerű, gyorsforgású dízelmotor (Technika 1930. OX. évf. 2. és 3. szám)
- [5] Jendrassik György: Verfahren zum Anlassen kleiner Dieselmotoren / Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure. (1929)
- [6] Jendrassik György: Theorie des Reibungs-Schwingungsdämpfers / Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure. (1933)
- [7] Új vívmányok: A Ganz-Jendrassik féle nyersolajmotor (1934)
- [8] Jendrassik György: Egy új gázturbinát és gyakorlati eredményeinek ismertetése. A Magyar Mérnök és Építészeti Egylet közlönye (1939)
- [9] Gy. Jendrassik: The Jendrassik Combustion Turbine (Engineering 1939)
- [10] Jendrassik György: Die Neue Verbrennungsturbine System Jendrassik (Technik im Pester Lloyd, Bp., 1939)
- [11] Dr. Brodsky Dezső: Repülőgép hajtóművek / II. Gázturbinák (Tankönyvkiadó 1954)
- [12] Dr. Pásztor Endre: Jendrassik György, magyarok a természettudományos technika történetében (Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, Bp. 1992)

Lektorálta: Dr. Wagner György