

SZUNYOGH GÁBOR

Az Országos Műszaki Múzeum erőgép gyűjteményének tanulmánytári kialakítása

Az Országos Műszaki Múzeum (OMM) 2006 novemberében megnyitotta kapuit a nagyközönség előtt, lehetővé téve, hogy gyűjteményei ún. látványraktárként minden érdeklődő számára megismerhetők legyenek. Az OMM sajnálatos módon nem rendelkezik állandó kiállítási térrel, ezért az ott őrzött műtárgyak zöme még a szakemberek előtt is ismeretlen. Bár évek óta reménykedünk abban, hogy múzeumunk átköltözhessen az Óbudai Gázgyár műemlék-épületeibe, és ott méltó módon bemutatjuk gyűjteményeinket, célszerűnek látszott addig is valamilyen megoldást találni a múzeum látogathatóságára. A megoldást a múzeum tanulmánytárrá alakítása jelentette. Ennek lényege, hogy raktárainkat megfelelően átalakítva lehetőséget adunk mind a nagy-, mind a szakközönségnek műtárgyaink megtekintésére, mindenekelőtt az oktatást, illetve a tudományos kutatást szolgáló tanulmányozás céljából. A tanulmánytár arculata nyilvánvalóan más, mint a hagyományos állandó kiállításoké: a tárgyak nem tágas termek „hermetikusan lezárt” vitrinjeiben foglalnak helyet, hanem sűrűn egymás mellé rakva, de bármikor könnyen hozzáférhető módon, polcokon található. Ez az elrendezésmód azzal az előnnyel jár, hogy a látogatók nem csak az állandó kiállításra kerülő néhány reprezentatív darabot ismerhetik meg, hanem képet kapnak a gyűjtemény szinte valamennyi példányáról.

A tanulmánytár kialakításával párhuzamosan azon dolgoztunk, illetve dolgozunk, hogy gyűjteményeink szolgálják az oktatást is: sok ezer tárgyunkat úgy csoportosítottuk, hogy didaktikai egységet alkossanak, azaz szinte közvetlenül lehessen tanórákat építeni rájuk. (A foglalkozások lebonyolítására kialakítottunk egy 50 férőhelyes foglalkoztató kabinetet, illetve előadó helyiséget.)

Jelen munkában vázlatosan — elsősorban figyelemfelkeltés céljából — ismertetjük a tanulmánytár azon részének felépítését, melyet közvetlenül hasznosítunk a műszaki oktatásban. Célunk, hogy látogatóink megismerjék azt az utat, melyet a gépészeti tudományok bejártak, míg fejlődésük eljutott a mai erőgépek műszaki színvonalára. (Az OMM erőgépgyűjteménye mintegy 600 műtárgyból áll.) Nyilvánvaló, hogy a műszaki közép- és felsőoktatás szaktárgyi tananyagában nem szerepelhetnek azok a gépek, melyek a fejlődés korábbi stádiumait képviselik, és ma már egyáltalán nem használják azokat, de a fejlődés útját, mérnökökünk munkáját illik ismerni, hiszen szervesen hozzátartoznak műszaki kultúránkhoz.

A gépészet fejlődésére (akár az evolúció más területeire is) jellemző a megszüntetve megőrzés elve: bár a gépek egésze alapvető átalakulásokon megy keresztül (bizonyos korok uralkodó gépei teljesen eltűntek, akár a biológiai fejlődés ősszállatai), de praktikus elemeik vagy bizonyos működési elveik megmaradnak, és pl. a legkorszerűbb motorokban is fellelhetők. (Az indikátordiagram felvételét például 250 éve James Watt a kisnyomású gőzgépek hatékonyságának növelése érdekében találta ki, de a motorok diagnosztizálásának ma is az egyik fő eszköze. A munkahenger nagy hozamú, rövid, de szabályozott idejű feltöltését Lentz 150 éve a gőzgépek teljesítménynövelésére alkotta meg, de szerkezetének alapelve a szabályozott szelepes vezérlésekben mind a mai napig meghatározó.)

Látogatóinkat egy képzeletbeli „időutazásra” visszük: „beöltözve” letűnt idők mérnökeinek ruhájába azt látjuk, hogy gőzgéptervezők, hőlégmotor-konstruktőrök, turbinamérnökök vagyunk a XVIII. és XIX. szá-

zadban, és átlátva megoldandó problémáikat, megpróbáljuk követni gondolatmenetüket egy-egy feladat megoldása kapcsán. Alábbiakban röviden ismertetjük e technikatörténeti séta főbb állomásait.

A dugattyús gőzgépek fejlődése

Az erőgépek fejlődési útját a gőzgépek kialakulásának műszaki-fizikai előzményeivel kezdjük. Elvégezzük a gőzgépek kialakításához vezető híresebb fizikai kísérleteket (a légnyomás létének bizonyítását Torricelli nyomán, a „vákuum erejének” kimutatását a magdeburgi féltekék másolatával és a lecsapódó gőz „szívóhatásának” érzékeltetését Savery gőzszivattyújában, illetve Papin ős-gőzgépében). A hallgatóságot végigvezetjük a gőzgépek fejlődésének főbb állomásain, kezdve az atmoszférikus (Newcomen-rendszerű) gőzgépekkel (beindítva a Selmecbánya közelében felépített első magyar gőzgép működő makettjét), folytatva az alacsony nyomású (Watt-féle) gőzgépekkel (működő modelleken illusztrálva James Watt gépeinek műszaki újdonságait), végül taglalva a nagynyomású gőzgépeket (Trevithik és Stephenson munkásságának tükrében).

Annak érdekében, hogy érzékeltetni lehessen, milyen hallatlanul fontos szerepet töltek be a gőzgépek a XVIII. és XIX. században, áttekintjük a gőzgépek legjellegzetesebb alkalmazási területeit. Szóba kerülnek a bányavízmentesítő telepek (pl. a már említett selmeci gőzgép) és a különböző, gőzzel működő szállítógépek. Ide tartozik pl. a budavári sikló gőzgéppel hajtott vitlájának működő modellje, a Novosz hajóról leszerelt horgonyfelhúzó gép, számos Worthington-rendszerű gőz-szivattyú, egy ikerdugattyús valódi gőzkompresszor, stb.).

Kiemeljük a gőzgépek szerepét a közlekedésben (a „Puffing Billy” ős-gőzmozdony és egy compound-rendszerű hajógőzgép modellen), a munkagépek energiaellátásában (egy valódi és gőzlokomobil, illetve a Győri Szeszgyár keverő berendezéseket működtető gépeinek tükrében) és különböző energiaellátó berendezésekben (transzmissziós erőátvitel, áramfejlesztő gépek). Mindösszesen 12 eredeti gőzgép, 13 működtethető gőzgépmodell és 11 komplett gőzgép makett áll az oktatás rendelkezésére. (Többségük a XIX. században készült.)

A dugattyús gőzgépek felépítése és főbb műszaki érdekességei

A további technikai részletek megértéséhez át kell tekinteni a maga idejében korszerű, nagynyomású gőzgépek működési elvét, szerkezetük főbb elemeit. Erre több modell-metszetünk is alkalmas, mert nagyteljesítményű (P~80-120 kW) gőzgépek tökéletes kicsinyített másai, így valamennyi kényelmesen átlátható. Tőlük pár méterre viszont 5-25 tonnás óriásokként állnak a modellekhez hasonló, de eredeti méretű gépek. Kerekeik, hajtórúdjaik gigantikusak, pedig teljesítményük még egy komolyabb mai motorkerékpárét sem éri el.

Megvalósítandó azt a célt, hogy látogatóink valóban mérnöki szemüvegen keresztül lássák a technika fejlődésének menetét, tanulmánytárunk felkészült mindazoknak, a gőzgépekhez kapcsolódó gépelemeknek és gépszerkezeteknek a részletes bemutatására, melyek átöröklődtek a mai gépekre is. Jól tükröződik bennük a fejlődés menetének „megszüntette megőrzés” jellege: világosan elkülöníthetők azok a szerkezeti elemek, melyeket ma is használnak azoktól, melyek eleve technikai zsákutcának tekinthetők, vagy amelyek az „utolsó percig” korszerűek voltak ugyan, de a dugattyús gőzgépekkel együtt „kihaltak”.

A gőzgépek legfontosabb szerveinek sorát a gőzellátó berendezések bemutatásával kezdjük. Gyűjteményünkben megtalálhatók mind a XIX. század végén használatos gőzkazánok (100 éves) modell-metszetei, mind a Láng Gépgyár által a XX. század közepéig gyártott különféle kazán-modellek. Ezek nem csak tüzeléstechnikai érdekességeik miatt fontosak, hanem rávilágítanak az energiaátalakulási lánc azon elemére, melynek során a tűz mechanikailag közvetlenül hasznosíthatatlan „melege” (belső energiája) munkavégzésre alkalmas „nyomási energiává” válik. A kazánok tápvíz-ellátásának szemléltetésére 8 különböző eredeti szivattyút és több modell-metszetet tudunk bemutatni. Gőzkondenzátor gyűjteményünk sajnos kissé

szegény, de a Watt-féle kondenzátor, illetve a Heller-féle hűtőtorony makettjei kapcsán a kazánvíz-kezelést is érinteni tudjuk. Megemlíthető, hogy bár napjainkban ipari méretekben dugattyús gőzgépeket nem használnak, a kazánok nem vesztették el jelentőségüket, hiszen a korszerű hőerőművekben ma is gőzkazánok szolgáltatják a gőzt a turbinák számára.

Igen látványosak a gőzgépekben előforduló nevezetesebb mechanizmusok gyűjteményünkben őrzött, kézzel mozgatható, XIX. századi oktató modelljei. Bár a dugattyúrudak párhuzamos megvezetését ma már nem Watt-féle paralelogrammával (lemniskátás mechanizmussal) oldják meg, és a közvetlen erőátvitel sem himbával történik, de más funkciót betöltve igenis előfordulnak a mai gépekben, ezért mechanikai számításaik mindmáig szerepelnek a műszaki oktatásban. Hasonlóképpen az excenteres mozgatás vagy a keresztfejes párhuzamvezetés is tananyag. Modelljeink lehetővé teszik, hogy az egyetemi hallgatók az elméletben megismert mechanizmusok kinematikáját ne csak papíron (jobb esetben képernyőn) láthassák, hanem saját kezűleg működtetve közvetlenül is tanulmányozhassák.

Hasonló mondható el a gőzgépek szabályozó berendezéseiről is. 1,2 m magas, 150 kg tömegű centrifuga-regulátort semmilyen gépen sem láthatunk már, de éppen nagy mérete teszi áttekinthetővé, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy — hajdani szíjtárcsájánál fogva — kézzel meghajtva közvetlenül érezhetjük a fordulatszám és a regulátorgömbök emelkedése közötti kapcsolatot. Ami pedig a ma már roppant ritkán látható gőzmozdonyok egyik jellegzetes mozgó alkatrészét, a kulisszát illeti, kipróbálása múzeumunkba látogató valamennyi szakember kedvenc „szórakozása”.

Nyomon követhetjük a gőzbeömlés szerveinek fejlődését a szinte primitív elemi tolattyúktól a különböző szabályozható (expanziós) tolattyúkon és csapos vezérléseken keresztül a mai motorokban is alkalmazott kényszervezérelt szabályozható szelepekig. Szinte valamennyire tudunk példát mutatni valódi gőzgépeinken is.

Látogatóink számba vehetik a gépek mozgó alkatrészeinek kenését szolgáló különböző berendezéseket. Ezek többsége szintén letűnt a technika színpadáról, de pl. egy excenterrel mozgatott Mollerup-kenőkészülék működésének felderítése bizony edzi ifjú mérnökeink műszaki képzelőerejét.

Mindezek 21 db, többnyire a XIX. és XX. század fordulóján készült, tökéletesen valóságos, kézzel működtethető modellen vizsgálhatók, melyek kifejezetten a fent felsorolt gépelemeket szemléltetik. Sokat közülük Csonka János híres műegyetemi tanműhelyében készítették 100 évvel ezelőtti gépészmérnök hallgatók.

A műszaki gondolkodás változásai, divatos irányzatai megfigyelhetők a gőzgépelrendezések változásain is. A XVIII. században az álló hengerű, láncos-himbás vagy himbás-bolygókeres gépek voltak „divatban”. (Ezekből csak modelljeink vannak.) A műszaki fejlődés a XIX. századra lehetővé tette a fekvő elrendezésű gépek megvalósítását, majd a gőz jobb kihasználása érdekében az iker-, tandem- és kompond rendszerű többhengeres gépek előállítását. Ezeknek minden változata tanulmányozható. Be tudjuk mutatni a dugattyús gőzgépek fejlődésének csúcspontját jelentő gyorsjáratú ún. gőzmotorok Csonka János által készített felmet-szett modelljét és egy utolsó (1952-ben készült) példányát.

A hőerőgépekben lezajló termodinamikai folyamatok megismerésének története

A gőzgépek fejlődése együtt járt a gőzzel kapcsolatos termodinamikai folyamatok megismerésével, melynek úttörői több esetben maguk a konstruktőrök voltak. Annak érdekében, hogy hallgatóink átlássák a különböző fejlesztési irányokat, kísérletekkel illusztrálva röviden összefoglaljuk a hőtán vonatkozó tételeinek (Boyle-Mariotte és Gay-Lussac törvényei) és alapfogalmainak (látens hő, adiabatikus állapotváltozások, stb.) megismerés-történetét. A hangsúlyt elsősorban az indikátordiagramok értelmezésére helyezzük, mert a hőerőgépek

fejlesztésének célja mindig a diagram területének növelése. Ehhez kapcsolódva különféle indikátorokat mutatunk be, kezdve a James Watt által konstruált (és titokban tartott) első indikátor másolatától a művészi szépségű Maihak indikátorokon keresztül az elektronikus indikátorokig.

Híd a gőzgépek és a benzin-motorok között: a gázmotorok

A hőerőgépek történetének következő fejezete látogatóinkat a motorok „hőskorába” vezeti, abba az időszakba, amikor a feltalálók gőzkazánok nélküli, kisebb méretű erőgépek megalkotására törekedtek. E folyamat kezdeti lépéseit jelentő puskaporos motorokból sajnos nincsenek tárgyaink, de a fejlődés következő (szintén zsákutcába vezető) stádiumából, a XIX. század elején szabadalmaztatott hőlégmotorokból három változatot is be tudunk mutatni. Szép kivitelű, „látványosan bonyolult” mechanizmusú masinák, melyek első pillanatban a gőzgépek és a konyhai tűzhelyek kombinációjának tűnnek. Bár e gépek szerkezetéből, működési elvükből szinte semmi sem öröklődött tovább, a mérnökhallgatók figyelmébe mégis ajánlható, mert nagyon alkalmasak a hőerőgépek körfolyamatainak tanulmányozására. A hőerőgépek többsége ugyanis kipufogós rendszerű, ezért nem könnyű belátni, hogy miképpen záródik (az alacsony hőmérsékletű oldal mentén) a körfolyamat. A hőlégmotorok viszont zárt rendszerűek, mindig ugyanaz a munkaközeg dolgozik bennük, így a körfolyamatok valamennyi szakasza világosan elkülöníthető működésük során.

A fejlődés következő állomása a XIX. század II. felére esik, amikor széles körben elterjedtek az atmoszférikus gázmotorok. Működési elvüket és fogasléces-kilincskerekes mechanizmusukat Otto és Langen igen népszerű gázmotorjának modelljén be tudjuk mutatni. Rajta keresztül ismét szép példát találunk a „megszüntetve megőrzés” elvére, mert visszatértek benne Papin XVII. századi puskaporos motorjának vagy Newcomen XVIII. században használatos atmoszférikus gőzgépének alap gondolatához: a felrobbanó gáz „csak” feldobta a dugattyút; a munkavégzés akkor történt, amikor a dugattyú súlyánál fogva (illetve a kialakult vákuum „szívóhatásának” következtében) visszasüllyedt.

A technikai evolúció következő ragyogó esete a négyütemű gázmotorok megjelenésében tükröződik. A fent említett modell mellett ugyanis egy gőzgéphez roppant hasonló szerkezet: Otto négyütemű gázmotorjának (Csonka János műhelyében csodálatosan kivitelezett) modellje áll.

A hasonlóság nem véletlen: Otto és Langen egy valódi dugattyús gőzgépet alakított át belsőégésű gázmotorrá! A belső égés (gázrobbanás) problémáit tehát — az egyébként teljesen használhatatlan — puskaporos motorokon kísérletezte ki, a jó hatásfok eléréséhez szükséges négy munkaütemet (mindenek előtt a gáz kompresszióját) pedig gőzgépek szerkezetében találta meg. Bár Otto és Langen gázmotorjai pár évtized múltán szintén „süllyesztőbe” kerültek, elévülhetetlen érdemeket szereztek azáltal, hogy hidat vertek a gőzgépek és a benzinmotorok között.

Miután az említett kis modellen elmagyaráztuk hallgatóinknak Otto gázmotorját, pár lépéssel tovább vezetve őket, kiválthatjuk megdöbbenésüket: ott áll ugyanis egy eredeti gázmotor teljes nagyságában, csaknem akkora, mint egy kisebb fajta gőzmozdony. Tömege 3,5 tonna, lendkereke 2 méteres, lökettérfogata kb. 100 liter (!). Teljesítménye nem ismert, de valószínűleg 50 LE alatt lehetett. Annyira hasonlít egy gőzgéphez, hogy ha nem látná az ember rajta a gyújtómágnest, első pillanatban nem is sejténé, hogy egy gázmotor előtt áll. (Didaktikailag az sem érdektelen vele kapcsolatban, hogy az időrendben utána következő motorjaink fokozatosan egyre kisebb méretűek.)

Annak ellenére, hogy Bánki Donát és Csonka János találmányának, a karburátornak köszönhetően a benzinmotorok hamarosan uralkodókká váltak, a gázmotorok sokáig „tartották magukat”. Ahol rendelkezésre állt olyan anyag, amelyből gázt lehetett fejleszteni, ott érdemesebb volt gázmotort használni, hiszen a folyékony üzemanyag beszerzése körülményes (és nyilván drága) volt. Gyűjteményünkben van egy komplett,

áramfejlesztővel egybekapcsolt Körting-féle szívógáz-motor, melyhez rendelkezésünkre áll egy gázfejlesztő generátor is.

Fejezetek az Otto-motorok kialakulásának történetéből

Technikatörténeti áttekintésünkben a benzin, illetve petróleum üzemű motorok fejlődését elsősorban hánk alkotóinak munkásságán keresztül igyekszünk bemutatni.

Az OMM erőgépgyűjteménye csaknem teljes áttekintést tud adni Bánki Donát és Csonka János motorfejlesztési munkáiról. Mi őrizzük a világ első porlasztóját, illetve több, Bánki és Csonka által a XIX. és XX. század fordulóján kifejlesztett karburátort. Találmányuk jelentősége óriási, hiszen a korábban használatos (átbuborékolatásos, csepegtetéses, befecskendezéses, elgőzölögtetéses, stb.) gázosítókkal a benzin- és petróleummotorok nem tudtak volna olyan gyorsan elterjedni. E robbanásszerű fejlődés világosan nyomon követhető Bánki és Csonka motorjain keresztül is. Hallgatóink megismerhetik az első porlasztós motort, valamint annak nyomán készült (8 darabból álló) motorsorozatunkat. Teljesítményük 4-10 LE, tömegük 500-3000 kg.

Mínt hogy a különböző példányok nem csak méretükben, hanem szerkezeti kialakításukban is eltérők (különféle üzemanyagra, különféle gyújtási megoldással, különféle fordulatszabályozással alakították ki azokat), kiválóan alkalmasak a motorfejlődés zezugos, zsákutcákkal nehezített útjának érzékeltetésére. Figyelemre méltók excenteres (külső) szelepvezérlési mechanizmusaik, hatalmas lendítőkerekeik, robosztus hajtórúdjaik, amik — habár lassan eltűnő módon — de még magukon viselik a gőzgépek egy-egy vonását.

Erőgépgyűjteményünk kifejezésre juttatja a motorfejlesztések fő irányait. A konstruktőrök kezdetben ún. stabil (azaz helyhez kötött) gépeket terveztek, (ilyenek pl. a fent tárgyalt Bánki—Csonka „*ősmotorok*”), később megjelentek a „*félstabil*” motorok, melyek vas kerekeken vagy szekéren, ha nehézkesen is, de mozgathatóak voltak. Ezeket a lokomobilokat többnyire a mezőgazdaságban használták, munkagépek meghajtására. Méretük, formájuk fokozatosan távolodik a gőzgépektől (bár kis teljesítményük ellenére tömegük tonnás nagyságrendű), és sorra megjelennek rajtuk a mai motorokra jellemző formai kialakítások. Műtárgyaink közül érdemes külön megemlíteni egy villanymotortal működtethető (1900-ban készült) Martos-féle stabilmotor-metszetet, mely lehetővé teszi a fekvőhengeres, lokomobilszerű motorok valamennyi szervének vizsgálatát, mozgás közben.

A fejlődésben — ahogy műtárgyaink igazolják — akkor történt alapvető változás, amikor elkezdődött a járműmotor-gyártás. Az új kor szavát Bánki Donát és Csonka János is meghallották, és igen hatékony fejlesztésbe fogtak. A posta számára készített levélgyűjtő autó motorja eredeti formájában tanulmányozható. Raktárunkban fellelhetők a híres gépgyárainkban készült későbbi magyar fejlesztések változatai.

Fiatall műszaki értelmiségünknek buzdításául e technikatörténeti sétába feltétlenül be kell kapcsolni a különleges motorok bemutatását, pl. a forgóhengeres Szklenár-féle csillagmotort, a Katona-féle toroidális forgódugattyús motort, vagy a keringődugattyús Czike-motort, melyek ugyan nem terjedtek el, de felhívják a figyelmet az alapos műszaki ismeretek és a bátor alkotói fantázia gyümölcsöző egységére. Tanulmánytárunk más különleges motorokban is bővelkedik.

Dízel-motorok

A mai ember számára a dízel-motorok szinte összemosódnak az Otto-féle motorokkal, hiszen mindkettő elterjedt a gépjárművekben, és kinézetük is hasonló. A múltba tekintve azonban szembeötlő a különbség, egyebek között méretükben. A gyűjteményünkben őrzött „*óriásokon*” (pl. egyik, 1911-ben készült gépünk tömege 35 tonna) azonban számba vehetők a két motortípus lényeges különbségei. Egy 1902-ben a Fegyver és Gépgyárban készült stabil motortal kezdődően 13 változaton át kísérhetik figyelemmel hallgatóink a magyar dízel-motor-fejlesztés folyamatát.

Hazafias kötelességünk bemutatni Jendrassik György találmányait, hiszen sajnos Jendrassik nevét viszonylag kevesen ismerik, pedig a XX. század derekán — a GANZ főkonstruktoraként — meghatározó szerepet töltött be a belső égésű hőerőgépek fejlesztése terén. Megtekinthetők — egyebek között — eredeti formában, illetve metszetelve Jendrassik dízel-adagoló szivattyúi, örvénykamrai és egyéb, a dízel-motorok hatásfokát javító berendezések.

Be tudjuk mutatni a BBC feltöltő rendszer gépelemeit: járókereket, fúvókagyűrűket és komplett turbinákat, így téve teljessé a korszerű dízel-motorokhoz vezető út főbb állomásait.

Turbinák

Az erőgépek fejlődési útjának utolsó állomásaként foglalkozunk a gőz- és gázturbinákkal. A gőzturbinák kialakulásának „hőskorából” néhány kezdetleges gőzturbina működő, befűthető modelljét mutatjuk be (Heron reakciós és Giovanni di Branca akciós gőzturbináját), majd áttekintjük három komplett, a XX. század elején készült gőzturbina felépítését. (Ezek egyelőre még nincsenek oktató célra „feltárva”, csak kívülről szemlélhetők). Ami a gázturbinákat illeti, látogatóink a fejlődés igen ritka tárgyi emlékeit tanulmányozhatják: gyűjteményünkben vannak Jendrassik György kisteljesítményű gázturbináinak kísérleti példányai, melyek a maguk idejében világszenzációnak számítottak. Ismeretes, hogy a XX. század I. felében úgy tartották, hogy 1 MW alatt gázturbinák nem üzemelhetnek. Jendrassik 100 és 300 LE-s turbináival bizonyította ezen állítás cáfolatát (még ha gépei súlyos „gyermekbetegségekben” szenvedtek is). Jendrassik alkotó gondolkodásának további szülötte a világ első repülőgép-gázturbinájának kísérleti példánya is.

Irodalom:

- ECKOLDT, C.: Kraftmaschinen I. (Muskelkraft, Windkraft, Wasserkraft, Dampfkraft). Deutsches Museum, München, 1983.
 GREGUS, F.: Elhetetlen feltalálók, halhatatlan találmányok 1. Móra, Budapest, 1986.
 HORVÁTH A.: A tüzesgép. Fejezetek a gőzgép történetéből. Táncsics könyvkiadó, Budapest, 1963.
 HORVÁTH A.: A tűzgéptől a gázturbináig. A motor technikatörténete. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1986.
 KOMONDI Z.: Gőzgépek, gőz- és gázturbinák. I-II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1959.
 MATTSCHOSS C.: Die Entwicklung der Dampfmaschine. I-II. Verlag Springer, Berlin, 1908.
 TERPLÁN Z. (szerk.): Pattantyús, Gépész és villamosmérnökök kézikönyve. 4. kötet. Energiafejlesztő és szállító gépek. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1962.