

James Watt és társai a gőzgép feltalálásában

Amikor James Watt megszületett 1736. január 19-én Greenockban, az észak skóciai kis tengeri kikötő városban, már százával zakatoltak szerte Brit honban a gőzgépek. Mégis James Wattrá gondolunk, mint a gőzgép feltalálójára, mert újításaival többszörösen hatékonyabbá vált az elégetett üzemanyag energia-felhasználása.

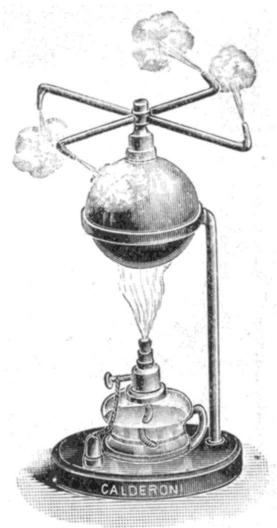
Az elődök

A gőz ereje már ismert volt az ókorban is, de sem a felhasználás szükségessége, sem a gépeket létrehozó technikai fejlettség sem volt megfelelő ahhoz, hogy erőgépeket alkossanak hozzá, így csak egyszerű látványosságot készítettek alkalmazásával.

Az **Alexandriai Hérón** hellén gépész és matematikus az **aeolipil**, ismertebb nevén *Hérón-labda* szerkezetet készített a. Kr.u. I. században. A „gép” egy vizet tartalmazó, fűthető, félgömb alakú edény volt, amelyet csövek kapcsoltak össze a fölötte lévő, két fúvókával ellátott gömbbel. Az alsó edényből a gőz csöveken át a felső gömbbe jutott, és a fúvókákon keresztül kilövellve megforgatta azt.



Egyszerűsített XIX. századi iskolai modelljei megtalálhatók a hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium szertárában, de mai formáit megtekinthetjük az internetes videó megosztókon is.



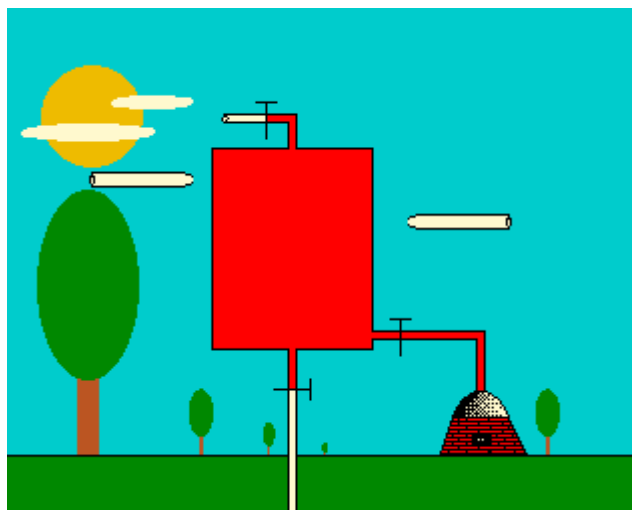
<https://www.youtube.com/watch?v=Y8eb3ak1f9g> , <https://www.youtube.com/watch?v=YqL9tsDtMqc> ,
<https://www.youtube.com/watch?v=1z3DbBDRrIU> , <https://www.youtube.com/watch?v=6yzZu1w25TU>

A legutóbbi tudományos kutatásokban felmerült annak lehetősége, hogy már Hérón előtt, a Kr. e. kétszázas években **Arkhimédész** – aki 250 évvel korábban ugyanabban az alexandriai tudományos körben nevelkedett, mint Hérón -- gőzágyúkkal védte Szirakuszát a római hajóhad támadása idején.

Hérón idejében már sok légdugattyús mechanikai szerkezet működött, de a görög matematikus elmulasztotta a gőz és a dugattyú összekapcsolását, és ezzel a gőzgép feltalálását.

Az első szükséglet, a bányavizek kiszivattyúzása a XVII-XVIII. században jelent meg szerte Európában, de a legmagasabb technikai fejlettség Angliában volt ahhoz meg, hogy valamiféle gépeket alkossanak. A bányák felszínközei fejtése hamar kiapadt. A mélyebbre hatolás akadálya a bányauregeket elöntő víz volt. Kézi és állati erővel, csak korlátozott mélységig, vagy nagyobb mennyiségű víz beáramlása esetén egyáltalán nem lehetett a bányászatot folytatni. Nem véletlenül reklámozta gőzszivattyúját **Thomas Savery** 1698-ban A Bányászok Barátja (*The Miner's Friend*) néven.

A Savery (1650-1715) gőzszivattyú működését a következő animáción követhetjük. A föld felett elhelyezett tartály lefelé irányított csövön keresztül a bánya vizéhez, illetve oldalirányban a gőzforráshoz van csatlakoztatva, megfelelően irányított nyitó-záró szelepekkel. Kezdetben az atmoszferikusnál (légkörinél) 8-10 szeres nyomáson gőzt eresztenek a tartályba, ekkor a felső szelep nyitva van. A felső és jobb oldali szelepek elzárása után, a tartályra hideg vizet locsolnak. Ekkor a tartályban lévő gőz lehűl, lecsapódik, így a tartályban a nyomás lecsökken. A tartály alsó, bányavízhez csatlakoztatott cső szelepét megnyitva a külső légnyomás benyomja a tartályba a bányavizet. Az alsó szelep zárása és a gőz szelepének nyitása után, a következő ütemben a nagy nyomású gőz kinyomja a szabadba a tartályba felszívott vizet, miközben a tartály megtelik gőzzel. Innen a folyamat kezdődik előlről.



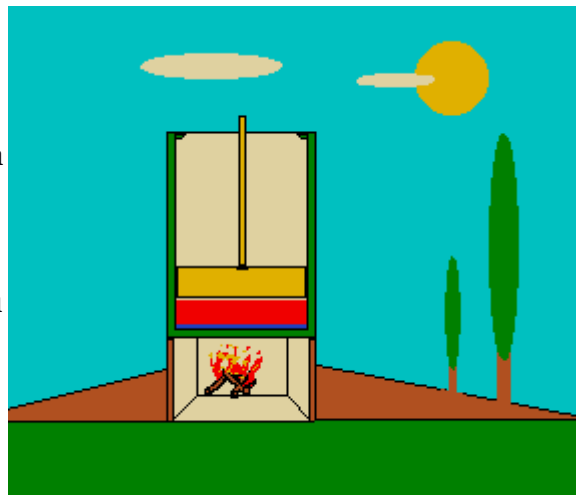
<http://gifimage.net/procesos-termodinamicos-gif-6/>

A Savery-féle szivattyút a szakirodalom nem nevezi gőzgépnek, talán mert nincs benne dugattyú. Ezt az apró lépést a XVII. században először a francia származású orvos, **Denis Papin** (ejtsd: „papen”) tette meg.

Az animáción jól látható az elvi működés, noha a részletek, a vízbejuttatás és a dugattyú által működtetett szerkezet nem jelenik meg rajta.

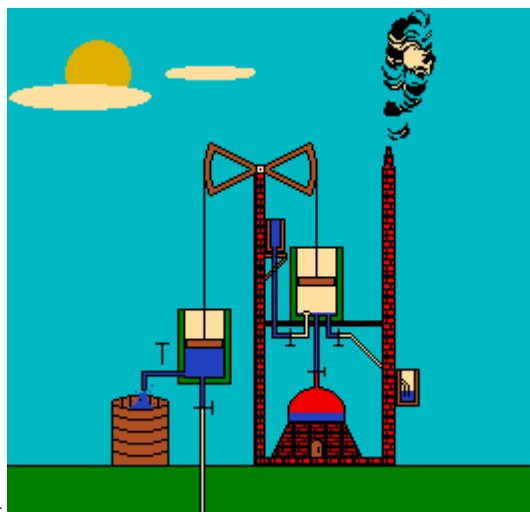
Papin (1647-1712) ugyan nem alkotott gőzgépet, de a gőzgéphez elengedhetetlen biztonsági szelepet ő találta fel. Ilyen szelep van a konyhai főzőedények, a kukták fedelén is. A biztonsági szelepre azért volt szükség, mert hiányában gyakori volt a nagynyomású gőz okozta halálos áldozatok követelő robbanás. A kukta is Papin találmánya. A kukta másik gyakori neve a Papin fazék.

<https://digilander.libero.it/calchic/english1/papinen.html>



Az első és az egész brit területen elterjedten működő gőzgépet Savery üzlettársa, Thomas Newcomen (ejtsd: *nyúkamön*)(1663-1729) alkotta meg. Ismerte-e Papin ötletét, vagy magától rá jött a dugattyús működés gondolatára, nem tudjuk. Newcomen a dél-angliai Devonshire megyében, Dartmouthban született azon a vidéken, ahol az ónbányák vízelöntése sokakat foglalkoztatott. Érdeemes megjegyezni, hogy Dartmouth és Savery szülővárosa, Modbury légvonalban 25 km-re van egymástól. Ugyanakkor a 13 évvel később született, majd felnőttként kovácsként, vízvezeték szerelőként, és bádogosként dolgozó Newcoman üzlettársa lett az előkelő származású Saverynek.

A Newcoman gépek működését az animáción követhetjük. A középen csapágyazott kétkarú emelő bal oldalán a bányavíz dugattyús tartálya látható, a jobboldalán a gőzerővel, illetve a légnyomással működtetett dugattyús munkahenger helyezkedik el. Amikor a jobb oldalon a gőz hatására a munkahenger dugattyúja felfelé mozog, akkor a baloldali munkahengerből kiáramlik a víz, és a dugattyú gravitációsan mozog lefelé. Második lépésben a beáramló gőz szelepét elzárják és a munkahenger baloldalán lévő hideg vizes tartályból -- a szelepet megnyitva -- vizet fecskendeznek be a gőzzel teli munkahengerbe. A gőz lehűl, lecsapódik és ezzel a henger belsejében rendkívülien lecsökken a nyomás, így a külső légnyomás a dugattyút lefelé mozgathatja, miközben a munkahenger alatti jobb szelepen a hengerből a víz eltávozik. Innen a folyamat kezdődik előlről.



<https://digilander.libero.it/calchic/english2/newcomeneng.html>

A történeti irodalom szerint annak ellenére, hogy Newcomen szabadalmazta találmányát, a vízbefecskendezést, hívó baptistaként könnyen lemondott anyagi jogainak érvényesítéséről hittársai körében, így terjedhetett el gyorsan gőzgépe.

Jött James Watt

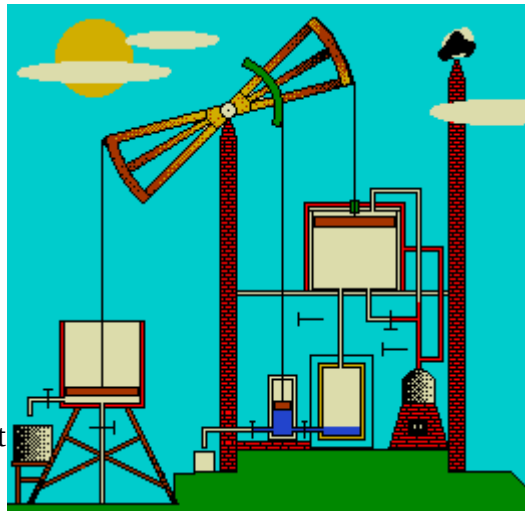
A Newcomen gőzgép 500 ló munkáját helyettesítette, de volt egy nagy hibája: a vízbefecskendezéssel nemcsak a gőz hűlt le, hanem a munkahenger is. Ezt a hibát küszöbölte ki **James Watt** azzal, hogy a gőz lecsapódását egy külső, a munkahengertől független tartályban csapatta le és ezzel többszörösére növelte a gép hatásfokát. Az animáción látható a további újítás azzal, hogy a munkahenger nem csak az egyik oldalán kap gőzt, hanem mindkét ütemben, hol alulról, hol felülről.

<https://myweb.rollins.edu/jsiry/SteamEnginesChange.html>

James Watt , hét évvel Newcomen halála után született a fenti északon, a skóciai Greenockban, 1736. január 19-én. Ezermester apjától tanulta a fűrész-faragást, valamint a barkácsolás szeretetét.

Watt igen sikeres, skót református családból származott. Nagyapja matematikát tanított, apja, id. James Watt hajóépítő ács és sikeres vállalkozó volt. Édesanyja, Agnes Muirhead, jó hírű családból származott.

A kis James beteges gyermek volt. Gyakran kellett az iskolából kivenni, ahol geometriát, görög és latin nyelvet tanult. Otthon édesapjától a számtant és írást, édesanyjától az olvasást tanulta meg. A középiskolában kevésbé volt sikeres a nyelvi tanulmányokban, annál inkább kitűnt a matematikában, a természettudományban, és a mérnöki tudományokban.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V12_D145_James_Watt.jpg

Tizennyolc éves korában édesanyja meghalt. Ugyanakkor másik csapás is érte a családot, a hajózási vállalkozásban egy elsüllyedt hajó okozott csődöt. Az ifjú és tehetséges Watt feladta egyetemről szőtt terveit, és 1754-ben Londonba ment egy földméréshez, csillagászathoz és a hajózáshoz szükséges műszerek ismereteit oktató ipari iskolába. A kétéves kurzus ismereteit az ifjú Watt tehetségének, gyors észjárásának és édesapja műhelyében tett gyakorlati ismereteinek köszönhetően egy év alatt sajátította el.

1755-ben visszatérve Skóciába, Glasgowban szeretett volna műszerjavító - és gyártó vállalkozást indítani, de a helyi rosszindulatú céhek arra hivatkozva, hogy nem töltötte ki a hétéves tanuló évet, megakadályozták elképzeléseit. Két év huzavona után a Glasgow-i Egyetemen kapott lehetőséget, hogy műszerjavító műhelyét felállítsa.

Watt olyan tökéletesen megjavított eszközöket adott ki a kezéből, amiért meghívták, hogy vegyen részt az egyetemi mérnöki kutató munkában. Egyúttal igyekezett korábbi nyelvi felkészültségén javítani, önállóan készült fel a német és olasz tudományos irodalom olvasására.

Az egyetemen mély barátságot kötött a későbbi tudományág, a közgazdaságtan megalapítójával **Adam Smith**-szel és a kémikus **Joseph Blackkel**, aki felfedezte a magnéziumot, és Watt-tól függetlenül feltalálta a látens (rejtett) hő fogalmát. Utóbbi barátsága fontos szerepet játszik a hőerőgépek fejlesztésében. Másik barátja, John Robinson, felveti egy gőz által hajtott autó lehetőségét. Ez a gondolat talán nem volt időszerű még akkor, de a gőz erejének használatát elültette Watt fejében.



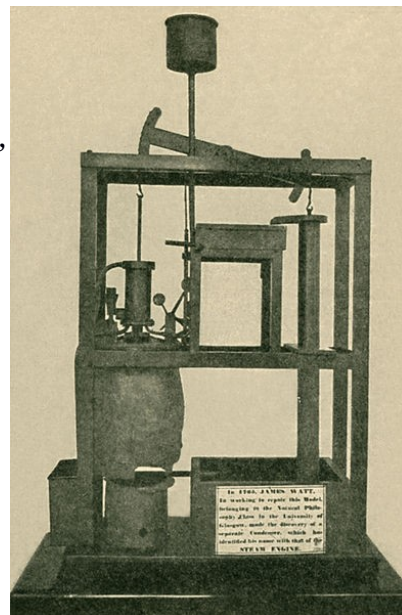
1763-ban Watt 27 éves, amikor az egyetem egyik professzora, John Anderson, aki fizika előadásain mutatta be a Newcomen gőzgép-modelljét, felkérte annak javítására. Watt a modell javítása közben tanulmányozta annak működését és meglepődött, hogy milyen kicsi hatásfokú a gép.

(Egy angol nyelvű filmet indíthatunk erről a következő oldalról:

<https://www.britannica.com/biography/James-Watt>)

A Newcomen gép modelljének képe:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Newcomen_steam_engine.jpg



Két évet dolgozott a gép fejlesztésén, mire 1765-ben előállt az új találmánnyal, az önálló gőzlecsapatóval, a kondenzátorral. A Watt gép fenti animációján is jól látható, hogy miután a munkahenger fenti állásában a munkahenger alatti szelep kinyílik, a kondenzátor tartályába került gőzt csapják le. A nyomáscsökkenés hatására a munkahenger gőztartalma teljes mértékben a kondenzátorba kerül, miközben a dugattyú a külső nyomás miatt lefelé mozdul. Az első átalakításban ekkor még a külső levegő nyomta le a dugattyút, későbbi újabb fejlesztéssel vezették a gőzt a dugattyú feletti térbe.

Wattnak időbe telt, hogy ötletét kereskedelmi valósággá tegye. Jó barátja, Black adott neki kölcsönt, és bemutatta John Roebucknak, a Skóciában lévő Carron vasművek tulajdonosának. A kezdeti technikai nehézségek ellenére Roebuck bízott a gép jövőjében. Kétharmados nyereség fejében finanszírozta Watt fejlesztési költségeit, amivel Watt rendezhette összes adósságát is. Watt végül sikerrel járt fejlesztéseivel és azok leírásával, így 1769. január 5-én szabadalmat kapott, amit a hivatal 1775-ben további 25-évvvel meghosszabbított.

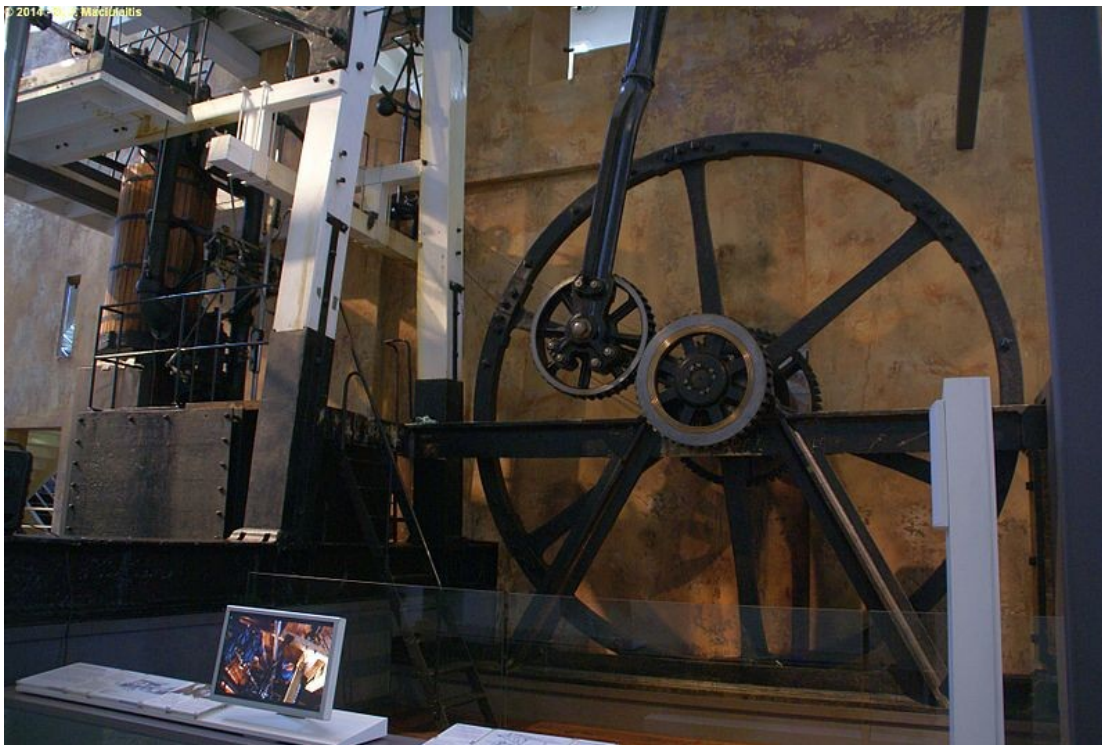
1773-ra a gép csaknem elkészülhetett volna, de Roebuck pénzügyi nehézségei miatt Wattnak új támogatót, illetve üzlettársat kellett keresnie. Új mecénását meg is találta Matthew Boulton személyében, aki egy gyáriparos volt az angliai Birminghamben. Watt Birminghambe költözött. Boulton nemcsak üzlettársa lett Wattnak, hanem élete végéig jó barátja is.

1774-ben egy új találmány segítette a gőzgép fejlődését. Watt több éven keresztül sikertelenül próbálta meg pontosan illeszteni a dugattyút a hengerhez, mert a kovácsolt vasak szivárgást okoztak a dugattyú mellett. **John Wilkinson** olyan fúrógépet talált fel, amelynél kulcsfontosságúvá vált a precizitás. Ahogy Boulton fogalmazott 1776-ban : *"Mr. Wilkinson szinte hibátlan hengereket adott nekünk, melyek átmérője 50 centiméter és hibája kisebb, mint egy régi shilling vastagsága."* Wilkinson fúrási technikája mérföldkő volt a technika fejlődésében, amivel forradalmasította a gépgyártást.

1775-ben Boulton két megrendelést kapott a Watt gőzgépének építésére. A két motort 1776-ban le is szállították, népszerűségük sok további megrendeléshez vezetett.

Kezdeti üzleti sikerük abban állt, hogy a Newcomen gépek átalakítását ingyen végezték, csak az új és a régi gép tüzelőanyag megtakarításának hányadát kérték fizetségül. A Watt által átalakított gépek Newcomen gépeinél már kezdetben is fele annyi szenet fogyasztott.

A találmányt a bányászaton kívül más területek – malom, fűrész, köszörű és egyéb forgó ipari berendezések -- hajtására is alkalmassá tették. Ezt a feladatot Watt munkatársa, **William Murdock** 1782-ben oldotta meg, aki később gőzkocsit épített, valamint ő szerkesztette meg hajók számára az



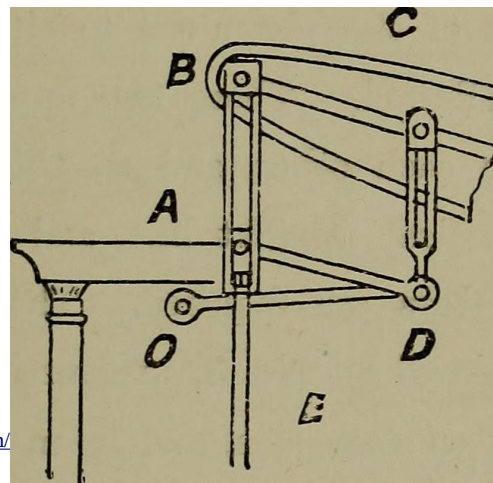
első

ingóhengeres gőzgépet is. Murdock (1754-1839) a gázvilágítás legfőbb úttörője.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boulton_%26_Watt_steam_engine_Sydney_Powerhouse_Museum.2014_\(15240699214\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Boulton_%26_Watt_steam_engine_Sydney_Powerhouse_Museum.2014_(15240699214).jpg)

1781 és 1788 között Watt több módosítást hajtott végre gőzgépén. A legfontosabb újítás a gőz hatékonyabb felhasználására irányult, így kettős működésű dugattyúkat vezetett be, amint azokat már a fenti animáción is láthattunk. Megfelelő szelepvezérléssel a gőzt a dugattyú hol egyik, hol másik oldalára vezették. Itt egy új nehézség merült fel.

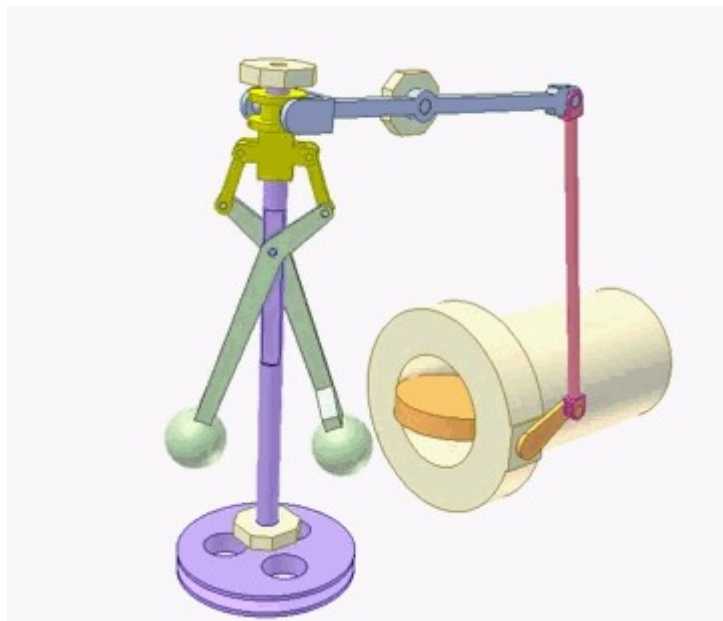
A dugattyú szilárd, rugalmatlan nyele egyenes vonalban mozog, míg annak felső végpontja a mérlegszerű himbán kis kör ír le. A régi Newcomen-féle atmoszférás gépeknél ez az akadály nem merült föl, mivel a dugattyú nyelét láncsal kötötték össze, de a kettős működésű gépnél a láncot a dugattyú felfelé mozgásánál – mivel nem az ellensúly emelte a dugattyút – használni nem lehetett. Watt négy rudat paralelogrammává egyesített, s ezt a szerkezetet úgy kapcsolta a dugattyú nyele és a himba közé, hogy míg három csúcspontja köríveket írt le, a negyedik -- a dugó nyelével összekötött csúcspont -- egyenes vonalban mozgott.



<https://www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/14785011815/in/photostream/>

Watt fojtószelepet alkalmaz a gőz bevezetésében, hogy a gép teljesítményét szabályozni tudja. Fontos újítása, bár nem az ő találmánya, a centrifugál-szabályozó, mely a gőzgép egyenletes, állandó fordulatszámát biztosítja. Ilyeneket már a XVII. századi malmokban is használtak a kövek közötti távolság és a nyomóerő szabályozására. Működésének lényegét az animáció mutatja. A forgó ingán felfüggesztett súlyok rudazat közvetítésével egy szelepet mozgatnak. Ha a gép fordulatszáma a kívánt értéket meghaladja, akkor a karok a nagyobb centrifugális hatás miatt felemelkednek, a kétkarú mérleg áttételén keresztül a szelep elzár, ezzel kevesebb gőzt enged be egységnyi idő alatt a munkahengerbe, így a fordulatszám lecsökken. Ha a fordulatszám a kívánt érték alá csökken, akkor a karok lejjebb kerülnek, így a szelep kinyit, növelve a gőz mennyiségén keresztül a fordulatszámot. <https://giphy.com/gifs/woahdude-governor-watt-3Kr84PMXNCrEM>

A gőzsíp is Watt találmánya. További újításai megkönnyítették a gőzgép gyárthatóságát és szerelhetőséget. Feltalált egy indikátor nevű készüléket, amely a hengertérfogat és a gőznyomás kapcsolatát adta meg. Oly fontosnak tartotta az indikátort a gazdaságos működés szempontjából, hogy nem is szabadalmaztatta, hanem jó húsz évig titokban tartotta. Az indikátor lényege abban állt, hogy a gőz, miután a dugattyú útjának bizonyos részét, például egyharmadát már megtette, a kazánból jövő gőz szelepét elzárta, mivel ekkor a dugattyú, részint a már kapott lendületénél, de még inkább a gőz utólagos kiterjedése miatt, még hátralevő útját amúgy is megteszi. Ezzel elkerülhetőek a dugattyúnak a henger felső és alsó falára gyakorolt ütődései, melyeket a folytonosan áramló gőz idézne elő. Az indikátorral a gőz megtakarítása egyenértékű volt a kondenzátor használatával.



Újításai eredményeként elérte, hogy gőzgépei könnyen kezelhetőek lettek és ötször kevesebb tüzelőanyagot használtak, mint Newcomen gépei.

Ma a munkavégzés, illetve az energiaváltozás gyorsaságára jellemző fizikai mennyiség, a teljesítmény mértékegysége a watt, jele W, ahogy azt minden villamos fogyasztón is láthatjuk. Watt első gépei vizet szivattyúztak. A megrendelő bányatulajdonosok azt kívánták, hogy a gőzgép annyit vizet szivattyúzzon fel egy nap alatt, mint egy vagy több, megadott számú ló. Ha annyi vizet szivattyúzott ki egy nap alatt, mint egy lóval hajtott járgányos vízemelő, akkor az a gép egy lóerős volt, teljesítménye 1 lóerő, röviden 1 LE. Watt később javasolta a lóerő pontosabb, a fentiektől kissé eltérő definícióját. Megfelelő átváltásokat alkalmazva az angol egységekből, egy lóerős az a gép, amely egy másodperc alatt emel fel 75 kg tömegű testet 1 m magasba. 1960-ban a 11. SI (System International nemzetközi mértékegységrendszer) konferencia a wattot a teljesítmény mértékegységévé tette. Például 1 W azt jelenti, hogy 1 s alatt 1 N erővel, 1 m úton hoz létre munkát, energiaváltozást egy gép.

Watt kellemes megjelenésű, szellemes férfi volt, kitűnően tudott elbeszélni, bár életében súlyos csapások érték. 1764-ben (más források szerint 1767.) vette el első feleségét, aki 1772-ben, ötödik gyermekük születésekor meghalt. Az öt gyermek közül csak egynek sikerült elérni a 30 éves kort, ő vitte tovább a vállalkozást Watt nyugállományba vonulása után. Második házasságából is két gyermeke született, mindkettőjük korán meghalt.

James Watt 1800-ban, 64 éves korában vonult nyugállományba, abban az évben az alapvető gőzkondenzációs szabadalma lejárt. A vállalkozást folytatták az alapítók fiai: Matthew Robinson Boulton és ifjabb James Watt. William Murdoch a társuk lett. Watt nyugdíjasként sem maradt tétlen, új találmányokkal kezdett foglalkozni. Feltalálta a távcsöves távolságmérés új módszerét, egy berendezést levelek másolására, amely abban állt, hogy mielőtt a speciális tinta megszáradt volna, hengeres nyomóval másolatot készített róla. További újításaival itt nem foglalkozunk.

Noha Watt nem járt eredeti értelemben egyetemre, mégis nagyszerű tudósok között élt akár Glasgowban, ahogy ezt már fentebb említettük. Birminghamben tagja a Lunar Society tudósokból, mérnökökből és ipari vállalkozókból álló, illetve a Rotterdami székhelyű Batavian Society for Experimental Philosophy amatőr tudósok társaságának. Ugyanakkor élénk levelezésben állt több nagy gondolkodóval is, ahogy azt az alábbi levélrészlet is bizonyítja. Ebben Watt Priestley angol fizikus és kémikus hidrogén égésével kapcsolatos tapasztalataira reagált 1783. április 26-án:

"Mik az ön kísérletének termékei? Víz, fény és hő. Nem vagyunk-e már most feljogosítva azt következtetni, hogy a víz nem egyéb, mint összetétele két gáznak, az oxigénnek és hidrogénnek, melyek rejtett melegüknek egy részétől megfosztattak; hogy az oxigén nem egyéb mint víz, mely hidrogénjétől meg van ugyan fosztva, de rejtett hővel és rejtett fénnel van összekötve? Ha a fény a hőnek csak módosulata, vagy csak bizonyos körülmény a hő föllépésénél, vagy a hidrogénnek egyik alkotó része, akkor az oxigén olyan víz, mely hidrogénjétől meg van fosztva és rejtett melege van."

Watt ezzel a ma is tényszerű leírással egyike lett azon első gondolkodóknak, akiknek sikerült a víz összetételének meghatározása. Tudományos és mérnöki munkáinak elismeréseként 1784-ben az edinburghi, 1785-ben pedig a londoni Royal Society (Királyi Társaság) is tagjává választotta.

1819. augusztus 19-én, 83 éves korában halt meg az akkori ipari világ fővárosában, Birminghamben.

Watt után

A kazánrobbanás veszélye és a tömítési nehézségek miatt Watt ellenezte a nagynyomású gőz használatát, minden gépe közel atmoszferikus, légköri nyomáson üzemelt. A technológia fejlődésével ezek a nehézségek megoldódtak, így a XIX. század első felében robbanásszerűen jönnek létre az újabb és újabb gőzgépalkalmazások. **Richárd Trevithick** – a gőzgépes közúti és vasúti közlekedés úttörője -- megépíti az első nagynyomású, működő gőzmozdonyt. **George Stephenson** megalkotja az akkori leggyorsabb gőzmozdonyt, a Rocket nevű lokomotívot. Az Amerikából Európába érkező **Robert Fulton** sikeresen hajókra adaptálja a gőzgépet. A fejlesztések sorát folytathatnák a huszadik század közepéig, amikor a belsőégésű, benzin és dízel üzemű motorok végleg kiszorítják a gőzmotorokat. A gőzgépekről mégsem mondhatunk le. Ma a villamos áram termelésének 95 százalékában akár a fosszilis anyagok elégetésével, akár a nukleáris energia felszabadításával vizet forralunk fel, és az így kapott nagynyomású gőzt engedjük rá a gőzgépekre, mai nevükön gőzturbinákra. A gőzturbinákkal összekapcsolt villamos generátorok a forgási energiából villamos energiát hoznak létre, amit mi az otthoni villamos berendezéseinkkel „fogyasztunk el”.

Irodalom:

Horváth Árpád Korok, gépek, feltalálók Gondolat Könyvkiadó Budapest 1966.

Az alábbi webcímek 2018. augusztusában elérhetőek voltak:

<http://leporollak.hu/tudomany/czogler/CZ26WATT.HTM>

https://en.wikipedia.org/wiki/Nathan_Read

https://www.gracesguide.co.uk/Edward_Bull

<https://www.britannica.com/biography/James-Watt>

<https://www.famousscientists.org/james-watt/>

<https://www.thefamouspeople.com/profiles/james-watt-5380.php>

https://en.wikipedia.org/wiki/Batavian_Society_for_Experimental_Philosophy

https://hu.wikipedia.org/wiki/James_Watt

https://hu.wikipedia.org/wiki/Centrifug%C3%A1l_regul%C3%A1tor

https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_steam_power

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Robert_Fulton\(feltal%C3%A1l%C3%B3\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Robert_Fulton(feltal%C3%A1l%C3%B3))

https://hu.wikipedia.org/wiki/Thomas_Savery

https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Savery

https://hu.wikipedia.org/wiki/Denis_Papin

https://hu.wikipedia.org/wiki/Christiaan_Huygens

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Arkhim%C3%A9d%C3%A9sz>

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Aeolipil>

<https://hu.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9rc%C3%B3>

<http://www.matud.iif.hu/2015/03/08.htm>

