

Dr. Magai István, www.magai.eu
(2017. augusztus)

BEVEZETÉS

Olyan felismeréseket és összefüggéseket kívánok közreadni, amelyek számomra is sokáig rejtve voltak. Gépészmérnöki tanulmányaim, és a több évtizedes kutatási-fejlesztési tevékenységem során sem találkoztam velük sem a magyar, sem a nemzetközi szakirodalomban. Meggyőződésem, hogy nem szakértői ismeret szülte a felismeréseimet, hanem a Teremtő gondolatai fogalmazódtak meg a logikus gondolkodás eszközeit felhasználva. Úgy is mondhatnánk, hogy az ölembe pottyant egy különös ajándék. Ami ezután következett, az átformálta a hőtannal kapcsolatos gondolkodásomat, tudásomat...

Az elmúlt 3 hónap során húsz országból több, mint 100 fizikus, tudós, kutató véleményét kértem az energia átalakítási elméletemmel kapcsolatban. A közel 30 válaszból a legtipikusabb reakció az volt, hogy a papír mindent elvisel, de a gyakorlat fogja eldönteni, hogy jól gondolom-e. Nem hibáztatok senkit, hogy nem vette a fáradságot, vagy a bátorságot, hogy az elméletemet ízekre szedje, mert egy ilyen kérdés vizsgálata több szakterületet érint: termodinamika, molekuláris fizika/kémia, áramlástan, erőgépek működése... Voltak olyanok is, akik véleményükért jelentős szakértői díjat előre kértek volna. Volt üzletember aki azt nehezményezte, hogy „túl nagy zajt csapok” a nyilvánossággal, és azt ők nem szeretik. Értsd: nem lehet gyorsan és csendben zsebre vágni. Jegyzetemmel ezeken a buktatókon túllépve szeretném az eddigi eredményeket széles körben megosztani és nem utolsó sorban együtt gondolkodó (munka)társakat találni.

Az elmúlt 160 év során kialakult eljárások, folyamatok, tételek, axiómák képezik az egyetemek (hő-)erőgépész alapképzésének gerincét. A mester- és posztgraduális képzésben már gyakran elmagyarázzák, hogy a korábban tanultaknak hol vannak a korlátai, hol adnak pontatlan, vagy hibás eredményt. Hol nem „konzisztens” a tudás. A mérnöki gyakorlatot átszövik a „történelmi megállapodások”, amikor elismert szakemberek rögzítették, hogy mit értenek hőmérsékleten, hőenergián, egyáltalán energián, és munkavégzésen, állapotjelzőkön, fázistéren, fékezett jellemzőkön... Az általam ismert CFD programok is a klasszikus elméleti alapokat kínálják a felhasználónak könnyen kezelhető formában. Az alábbiakban néhány, a gyakorlatban elfogadott, de számomra problémássá vált „történelmi megállapodást” veszek sorra.

Várom minden észrevételt, kérdést, bírálatot az istvan.magai@gmail.com e-mail címen.

(A hőtán egy aranybánya - ha a vitás kérdéseket keressük!)

PROBLÉMÁS TÖRTÉNELMI MEGÁLLAPODÁSOK

- Hő, vagy hőenergia meghatározása a környezetéhez viszonyított kölcsönhatásból ered. (Clausius: *die bewegende Kraft der Wärme – a hő mozgató ereje*)¹ Amikor egy határoló falon át közölt, vagy elvont energia nagyságát akarjuk meghatározni, akkor felhasználjuk az érintett tömegek anyagi jellemzőjét: a fajhőt, amely empirikus érték, és összehasonlítjuk a környezete nyugalmi állapotával, amelyet a hőmérséklettel jellemzünk. Ez a definíció kielégíti ugyan a gyakorlati igényeket a nyugvó rendszerekben, de logikailag sem felel meg például az áramló közegek, főként áramló gázok esetében. Itt definiálunk ugyan statikus, dinamikus, megállítási állapotokat, de a számítások során empirikus adatok szükségesek a rések betöltéséhez. (Rayleigh flow, Fanno flow...)²
- A szakirodalom többsége szerint nincs jelentősége a termikus folyamatok sebességének, csupán annak megtörténte számít. Ismert, hogy a gázmolekulák abszolút hőmérséklete arányos a molekulák mozgási energiájával, amely az entrópia csökkenés hatására csökken ugyan, de az már nem köztudott, hogy a molekulák közti átlagos ütközési távolság csökkenése miatt nem csak a vizsgált felülethez ütköző molekulák száma (sűrűsége) emelkedik, hanem az ütközések időben is gyakrabban következnek be, amely szintén a nyomásnövekedés irányába hat. Ennek a molekuláris szintű nyomás-periódusidő függésnek nem találtam nyomát az áramló gázok hőleadásának leírásaiban. Mint jelenséget, számos szakirodalom leírja, hogy a csőben, szubszonikusan áramló gáz hűlése (entrópia csökkenés) során megnő mind a statikus-, mind a megállítási-, vagy össznyomás, de általában hozzáteszik, hogy ennek a gyakorlatban nincs jelentősége, mert más tendenciák elfedik. Alkalmazásokat számítani empirikus összefüggések, táblázatok, vagy numerikus integrálás(Shapiro)³ segítségével szokás, miután felbecsültük a hatások nagyságrendjét, de ekkor is csak közelítésről lehet szó.
- A termodinamika második főtétele bizonyos folyamatok lehetetlenségét mondja ki adott körülmények között. Az általam ismert, közel 20 különböző megfogalmazás abból indul ki, hogy „minden spontán folyamat csak egyetlen irányban mehet végbe,” vagyis a folyamat az „egyensúlyi állapot felé törekszik”. Clausius megfogalmazása szerint „*nem lehetséges olyan körfolyamat, amely során hidegebb testről hő önként menne át melegebb testre*”. Ostwald szerint: „*nem készíthető olyan periodikusan dolgozó gép, amely munkát tudna végezni kizárólag környezete termikus energiájának rovására*”. Farkas Gyula szerint: „*egyetlen termodinamikai rendszer sem juttatható adiabatikusan olyan állapotba, amelybe pusztán hőmérsékletének változtatásával átvihető*”.⁴ Zárt rendszerben lezajló spontán folyamatok esetén – amelyek csak elméletben lehetségesek – mindegyik megfogalmazás értelmezhető, de a gyakorlatban jelentős érvényességi problémákkal szembesülünk. Gázok esetén maga a

1Rudolf Clausius (1850), *Annalen der Physik* 79. 368-524p.

2J.R.Palmer, K. W. Ramsden and E.M. Goodger 1987. *Compressible Flow Tables for Engineers* pp45-64.

3Www.physics.umd.edu/hep/drew/IntegralTable.pdf

4Bihari Péter, *BMGE Műszaki termodinamika* 2001. 45.p

hőközlés, vagy hőátadás fogalma sem szűkíthető le egy darab „energia átadó” folyamatra. Hőátadáson a hővezetést (kondukción), a hőáramlást (konvekción) és a hőszugárzást (radiáción) értjük. Gázok esetében mindhárom hőátadással számolnunk kell. Hőszugárzás – a Planck görbék⁵ szerint – a valóságban mindig jelen van, és a „hidegebb” anyag is sugároz energiát a „melegebb” anyag felé, és viszont. Az eredményt az elektromágneses hullámok energia tartalma és a két anyag emissziós és abszorpciós tulajdonsága adja. (transzmissziót elhanyagolva) Nem tapasztaltunk ugyan, de nem zárható ki olyan teoretikus eset, amikor a hő hidegebb testről spontán megy melegebbre oly módon, hogy az adott hullámhosszokon eltérő emissziós/abszorpciós tényezők és körülmények miatt több energiát sugároz le a hidegebb test a melegebb felé, mint a meleg a hidegebb felé, aminek hőmérséklet különbség növekedés lehet a következménye. Ez elvi ellentéte a kiegyenlítődési alapelvnek. Áramló gázok esetén még a statikus és megállítási állapotjelzők eltérése is bonyolítja a számításokat, de ennek részleteire később térünk ki. Számos esetben próbálták alkalmazni a termodinamika második főtételét nyitott és szabályozott áramló rendszerekre is (például gázturbina, tornádó és más meteorológiai jelenség leírása, örvénykamra, gázcentrifuga, Maxwell paradoxona...), de az eredmény magáért beszél. Nem tudok olyan esetről, ahol az elmélet hiányosságait, vagy hibáit ne kellett volna korrigálni a tapasztalati tényezőkkel. A turbinák számításainál is ez a helyzet. (Maxwell paradoxonát(1867)⁶ Szilárd Leó, Charles H., Seth Lloyd⁷ és mások úgy próbálták feloldani a XX. században, hogy bevezették a „memória” fogalmát és szerepét, és annak entrópiát növelő hatásával teljesülni látták a termodinamika második főtételét. Szerintem ez jó példa a második főtétel hibás alkalmazására, mert egyrészt a paradoxonban nem szerepelt „memória”, másrészt a második főtétel magára hagyott rendszerre, spontán folyamatra vonatkozik. Maxwell dobozaiban sok energia forrás, azaz molekula mozgott egymástól függetlenül. Kifelé nem történt munkavégzés, és ráadásul a „kis lény” általi szétválasztás is szabályozott és nem spontán volt. Az eredeti Maxwell paradoxonról szólva, ha nem is megvalósítható a jelen gyakorlatban, de a molekulák hőmozgásának törvényszerűségei és a hagyományos hőenergia értelmezése közt feszülő ellentmondásra rávilágít.)

ETD SZÁMÍTÁSA:

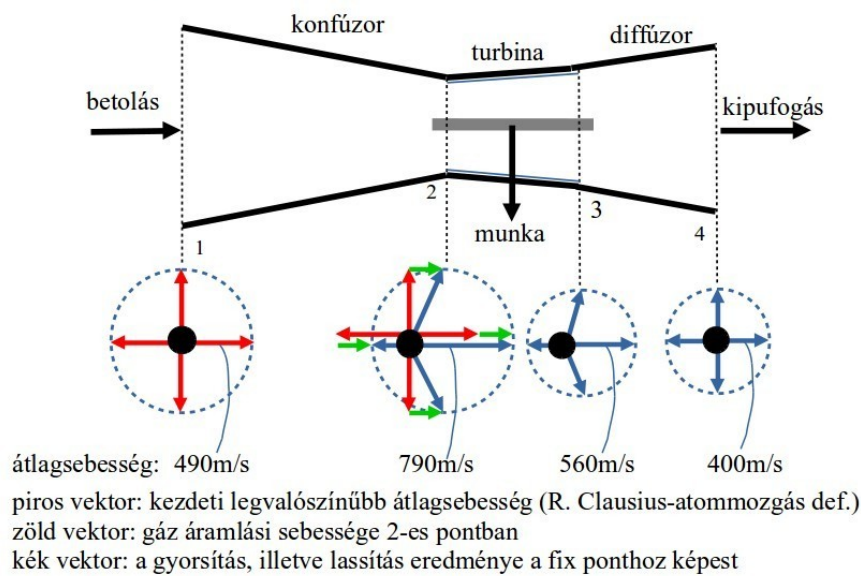
Az **Energia átalakító** nyitott és szabályozott körfolyamatot valósít meg, amely során a környezeti levegő molekulák kinetikus energiáját - **más külső energia forrás nélkül** - alakítjuk hasznosítható mechanikai munkává. A vázlat az 1. ábrán látható. A környezetben lévő levegő molekulák kinetikus energiája az ütközések révén a konfuzorban (szűkülő áramcső) gyorsítva mozgatja a molekulákat, mivel ott „ütközéshiányos” körülményeket (nyomáskülönbség) biztosítunk. Indításkor külső hajtással hozzuk létre a nyomáskülönbséget, majd az üzemi állapotot elérve azt a folyamat maga tartja fenn. A felgyorsult gázmolekulák a turbinában munkát végeznek az elmozduló lapátokon, miközben lassulva csökken a mozgási energiájuk. A turbina megfelelő kialakításával érjük el, hogy a kiömlés torlónyomása meghaladja a beömlés torlónyomását.

⁵Wikipedia.org/wiki/Feketetest-sugárzás

⁶Wikipedia.org/wiki/Maxwell-démon

⁷hu.wikipedia.org/wiki/Maxwell-démon

A belépő molekulák mozgási energiájának, valamint a távozó molekulák csökkent mozgási energiájának különbsége adja a turbina tengelyén kivett mechanikai munkát.



Az 1. ábrán a v sugarú sebességgömböt síkban, körként ábrázoljuk. Betolásnál (1-es pont) a 273 K hőmérsékletű levegő molekulái átlagos sebessége 490 m/s. A lehűlt levegő molekulái a 4-es pontban 400 m/s átlagsebességgel végeznek hőmozgást. A „betolás” a környezet által, végzett térfogati munkát jelenti. Kipufogási térfogati munkát a berendezés végez

1. ábra

a környezet felé csökkent hőmérséklet és térfogatáram mellett. A 2-es és 3-as pontban a sebesség vektor kör közepéhez képest el van tolódva a molekula (fekete korong) az áramlás irányával ellentétesen, az áramlási sebesség (zöld nyíl) nagyságával. (A molekulák térbeli kiterjedését, perdületét elhanyagoljuk. A torló- és az össznyomáson ugyanazt a mennyiséget értjük.) Számos publikáció szerint a hangsebességnél lassabban áramló gáz entrópia csökkenését (hűtését) statikus- és össznyomás növekedés kíséri, ezért az energia átalakítónk esetében létrejövő entrópia csökkenés hatására is várható a torlónyomás növekedése.^{8 9} A turbinából kilépő, csökkent entrópiájú gáz nagyobb torlónyomással rendelkezik, mint a belépő, ezért **a körfolyamat megvalósíthatósága logikailag bizonyítottnak tekinthető**. Az alábbi példával igazoljuk, hogy a turbinával csökkentett entrópia hatása legalább olyan kedvező a nyomásnövelés szempontjából, mint az ismert hőcserés hőelvonás.

Részletes leírás:

Hőszigetelt, veszteségmentes, hangsebesség alatti áramlást feltételezve a fúvókából / konfúzorból történő kiáramlás v_2 sebessége a Bernoulli-egyenlet alapján a p_1 belépő össznyomás, p_{s2} statikus nyomás és T_1 összhőmérséklet esetén:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2\gamma}{\gamma-1} RT_1 \left[1 - \left(\frac{p_{s2}}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \quad (1.1)$$

ahol v_1 = belépő sebesség tart a nullához, ezért elhanyagoljuk, $\gamma = C_p/C_v = 1,4$ adiabatikus kitevő, $R = C_p - C_v = 287 \text{ (J/kgK)}$ gázállandó és T_1 = belépő összhőmérséklet (K).
 A fúvókából kilépő levegő statikus hőmérséklete: T_{s2}

8 P. Balachandran (2010) Gas Dynamics for Engineers, 144p. Table 4.1

9 J. M. Powers (2005) Lecture Notes On Gas Dynamics, University Of Notre Dame 116p.

$$T_{s2} = T_1 \left(\frac{p_{s2}}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (1.2)$$

A fúvókát követő akciós kivitelű, célszerűen 50%-os hatásfokú turbinával a levegősugar mozgási energiájának felét munkává alakítva kivezetjük a tengelyen. A munkavégzés feltétele az, hogy az erőhatás irányában történjen elmozdulás, ezért azok a molekulák adnak át energiát (impulzust) a lapátnak, amelyek a mozgás (forgás) irányában ütköznek. Ebből következik, hogy a molekulák lassítása a lapát mozgásának irányában történik.

A turbinából kilépő levegő v_3 sebessége az 50 %-osra választott kinetikus energia hasznosításból adódik:

$$v_3 = v_2 / \sqrt{2} \quad (1.3)$$

Az áramló közegből, a turbinával kivett energia a gáz entrópiáját csökkentette, ezért a molekulák átlagos hőmozgási sebessége, ezzel mozgási energiája csökkent. Ezt mutatja az 1. ábrán a sebességvektorok végpontját szemléltető szaggatott vonalú körök sugarának csökkenése. Ezzel együtt **a lassult molekulák kisebb távolságra követik egymást a turbinából kilépve, ezért azok kisebb energiájú, de egységnyi felületre számolva több ütközéssel hozzák létre a statikus nyomást. A molekulák távolságának csökkenése miatt az adott sebességgel gyakrabban történik ütközés, amely szintén nyomásnövelő hatású.**

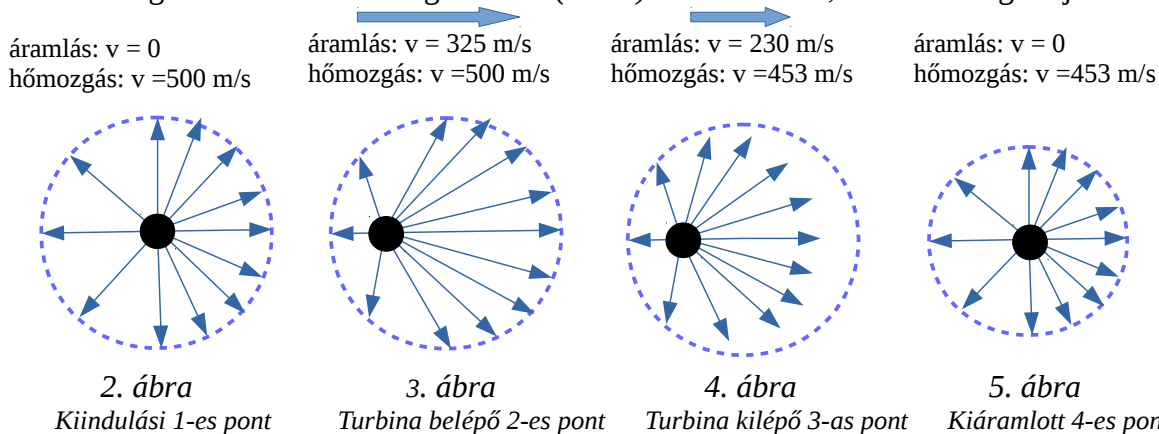
A molekulák kisebb térbe kényszerítéséhez nincs szükség külső kompressziós munkára, vagy hűtésre, mert azt a környezet felé (turbina lapáton) történt munkavégzés eredményezi. Más szavakkal: A hőmozgásból adódó ütközések átlagos intenzitásának csökkenése miatt a környezetből érkező impulzusok hatására a molekulák „összeszorulnak, összehűlnek” egy kisebb térrészbe.

A hőcserélővel szemben a turbinában nem a hűtés / hideg felület, hanem a kitüntetett irányú lapátmozgás fékezi a molekulákat – a lapát hőmérsékletétől jellemzően függetlenül. A gáz entrópiájának csökkentéséhez nincs szükség „hidegebb” felületre, mert egy, a gáznál melegebb turbina lapát is képes energiát kivenni az áramló gázból, ezért az energia átalakító erőgépünk nem tekinthető hőerőgépnak.

Az energia átalakító: erőgép, amely a környezet felé létrehozott beáramlási és kiáramlási munkák és energia állapotok közötti különbségből mechanikai munka előállítására alkalmas.

Minél több munkát veszünk le a turbina tengelyén, annál hidegebb lesz a diffúzorból kiáramló gáz / levegő. A k_B Boltzmann-állandó alapján felírt: $pV = N k_B T$ egyenlettel értelmezzük a kapcsolatot a makroszkopikus és a molekuláris szintű folyamatok között, ahol a nyomás és a térfogat szorzata egyenlő a Boltzmann-állandó és az abszolút hőmérséklet szorzatával az N db gázmolekulára. A levegő / gáz összhőmérsékleteinek meghatározása a 2 - 5 ábrák alapján történik.

Az 500 m/s átlagos molekula sebesség a 293 K (20 °C) hőmérsékletű, 1 baros levegőre jellemző:



A 2. ábrán az 1-es pontban belépő, elhanyagolható áramlási sebességű, 500 m/s átlagos hőmozgási sebességű, átlagos levegőmolekula látható. A nyilak a sebességvektorokat szemléltetik véletlenszerű eloszlásban. A 3. ábrán a 2-es ponton a turbinába lépő molekula látható, amely előre maximum $500+325=825$ m/s sebességgel, hátra $500-325=175$ m/s sebességgel végez mozgást a fix megfigyelő ponthoz képest. A 4. ábrán a turbinából kilépő levegőmolekula látható. Az átlagos molekula hátrafelé változatlanul (turbina nem hat rá) 175 m/s sebességgel, előre $825-(325-230)=730$ m/s sebességgel mozog legfeljebb. A nyilak végei egy új vektor-kört jelölnek ki $(730+175)/2=453$ m/s sugárral. Az 5. ábra a lelassult átlagos molekulát ábrázolja, amely 453 m/s átlagos sebességgel végez hőmozgást. A lassítás, vagyis a mozgási energia csökkenés a turbinalapát elmozdulása irányú, de a hatása idővel kiterjed térben a környező molekulákra, ahol az egyenetlenség - elegendő számú ütközés után - térben kiegyenlítődik.

Mivel molekuláris szinten igaz, hogy $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}k_B T$, ahol m a molekula tömege, v az átlagsebessége, k_B a Boltzmann állandó és T az abszolút hőmérséklet, ezért kimondhatjuk, hogy a (kinetikus) hőmérséklet arányos a molekulák átlagos mozgási energiájával, vagyis a sebességük négyzetével. Bevezetjük a $\beta = v_3^2 / v_2^2$ mozgási energia arányt, amely példánkban $453^2 / 500^2 = 0,82$.

A 2-4 ábrákon láttuk, hogy a sebesség vektorok átlagos hossza, és ezzel a síkban ábrázolt vektor körök sugara $453/500$ arányban csökkent. Ismert, hogy az adott statikus hőmérsékleten és nyomáson a molekulák átlagos ütközési távolsága az alábbi összefüggéssel számolható.^{10 11 12} Az ütközések nélkül megtett l közepes szabad úthossz:

$$l = \frac{k_B T}{\sqrt{2} \cdot 4 p \sigma} = \frac{\lambda(T)}{p} \quad (1.4)$$

ahol p a jellemző statikus nyomás, T a statikus hőmérséklet σ a molekulák keresztmetszete és $\lambda(T)$ a hőmérséklettől függő anyagi jellemző, amely a hőmérséklet csökkenésével arányosan csökken. A fenti két szakirodalom összefüggései alapján 20 °C hőmérsékletű levegőben a közepes szabad úthossz közelítően $6,6 \cdot 10^{-5}$ mm, illetve $6 \cdot 10^{-5}$ mm 100 kPa nyomáson. A molekulák 63 %-a ezen a távolságon belül, 36 %-a ezen távolság ötszörösén belül ütközik. A két eredmény eltérése valószínűleg a statisztikai számítási módszerek különbözőségéből származik. Számunkra ez nem lényeges, mivel csak a változók függőségét és nem a függvény értékeket használjuk fel. Az (1.4) összefüggésből kapjuk, hogy a közepes szabad úthossz változása egyenesen arányos a hőmérséklet változással. Ez a változás a molekulák mozgási energiája változásának függvénye, amire korábban bevezettük a $\beta = v_3^2 / v_2^2$ mozgási energia arányt. Mivel a közepes szabad úthossz csökkenési aránya egyenlő a hőmérséklet csökkenése arányával, amely pedig egyenlő a β -val, ezért a térfogat változása arányos a β^3 értékkel. A sűrűség változása fordítottan arányos a térfogat változással:

$$\frac{\rho_3}{\rho_2} = \beta^{-3} = 1,814 \quad (1.5)$$

Látható, hogy a turbinában áramló levegő sűrűsége növekedett a hőmérséklet csökkenése, vagyis az entrópia csökkenése következtében.

Mivel a molekulák ütközési távolsága (szabad útja) $T_3/T_2 = v_3^2 / v_2^2 = \beta$ arányban csökkent, ezért β^{-2} szorosára nőtt a nyomott felületnek / falnak ütköző, és a statikus nyomást létrehozó molekulák sűrűsége és $\beta^{-1/2}$ -szer gyakrabban ütköznek a molekulák (az adott falnak) az adott sebességen a csökkent „ l ” szabad ütközési távolság miatt. Ezen hatások eredője a statikus nyomás növekedését

10 Mean Free Path, Molecular Collisions, Hyperphysics.phy-astr.gsu.edu. Retrieved 2011-11-08.

11 Bohátka S. és Langer G. (2012) Vákuumtechnika, atomki.hu A-M1 1-2-3..pdf 15.p

12 Dr.Nagy K. (1990/2011) Termodinamika és statisztikus mechanika, Tankönyvkiadó, www.tankonyvtar.hu, ch02s03 és ch02s06

okozza. A sebesség változásától függő hatásokat összeszorozva a p_{s2} statikus nyomással kapjuk a p_{s3} nyomást:

$$p_{s3} = \beta \beta^{-2} \beta^{-1/2} p_{s2} = \beta^{-3/2} p_{s2} = 1,345 p_{s2} \quad (1.6)$$

A T_{s3} statikus hőmérséklet kiszámítása a β arány alapján:

$$T_{s3} = T_{s2} \beta \quad (1.7)$$

A $T_4 = T_3$ összhőmérsékletek összefüggése alapján írhatjuk:

$$T_4 = T_{s3} \left(\frac{p_4}{p_{s3}} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (1.8)$$

A körfolyamat záródását az (1.1) egyenlettel ellenőrizhetjük. Behelyettesítve a p_4 környezeti nyomást, a p_{s3} statikus nyomást és a T_4 hőmérsékletet, megkapjuk azt a fúvóka sebességet, amely fordított áramlásnál létrejönne. Ha ez a v_{3x} sebesség egyenlő, vagy kisebb mint az (1.1) és (1.2) összefüggésekkel kapott v_3 , akkor a maradék dinamikus nyomás elegendő a körfolyamat zárásához:

$$v_{3x} = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} RT_4 \left[1 - \left(\frac{p_{s3}}{p_4} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} \quad (1.9)$$

Másrészt, ha a v_3 sebesség mellett a p_4 torlónyomás / össznyomás értéke meghaladja a p_1 nyomást, akkor a körfolyamatban gyorsul az áramlás mindaddig, amíg a 2-es pontban a levegő sebessége el nem éri a lokális hangsebességet. A folyamat csak akkor tartható fenn, ha a turbinát fékezzük.

Összefoglalva: a környezet felé megvalósuló energiaátadó folyamatok: beömlés, kiömlés és mechanikai munka kivét. Az energia megmaradási elv alapján az energia mérlegben a **bemenő oldalon** a környezeti, adott hőmérsékletű levegő feltöltési munkája, valamint a lehűlés miatt a levegőből „kivett hőenergia” ($q = C_p \Delta T$) összege szerepel. A **mérleg másik, kimenő oldalán** a kitolási / kipufogási térfogati munka, valamint a turbinán kivett munka összege szerepel.

Az idő, és $\beta(v,t)$ függvényei, csak a molekuláris szintű kinetika eszközeivel kezelhetők, ezért térünk el a szokásos entalpia-alapú termodinamikai eljárásoktól, módszerektől: például a (statikus) nyomást is időfüggvénynek kell tekintenünk, mert a nagyságát több időfüggvény is befolyásolja.

A kitolás / kipufogás a 4-es pontban az (1.1) egyenlettel számolható. A körfolyamat bezárásának feltétele, hogy a turbinából kiáramló levegő/gáz torló nyomása p_4 érje el, vagy haladja meg a környezeti p_1 nyomást. A diffúzorban a torló nyomás nem változik: $p_4 = p_3$.

Reális gázok és körülmények (rés- és hőveszteség, sűrűdés) esetén a turbinán kivett munka maximum 50 %-át fel kell használni a körfolyamat fenntartására.

A berendezést zárt térbe helyezve 1 bartól eltérő, célszerűen 10-50 bar statikus nyomással is lehet működtetni. A nagyobb gázsűrűség növeli az adott méret névleges teljesítményét. Ebben az esetben a tartályba zárt sűrített gáz hőveszteségének pótlásáról folyamatosan gondoskodni kell hőcserélő, vagy más hevítés útján. Hőenergia pótlása nélkül a gáz kondenzációja következhet be.

Szám példa az Energia átalakító működésére:

Munkaközeg: $T_1 = 293 \text{ K}$ (20°C) hőmérsékletű, 1 bar nyomású száraz, ideális levegő ($\gamma = 1,4$).

Hőszigetelt, veszteségmentes folyamatokat alkalmazva az (1.1) egyenlet szerint:

$$v_2 = \sqrt{0 + \frac{2,8}{1,4-1} 287 * 293 \left[1 - \left(\frac{0,5}{1,0} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right]} = 325 \text{ m/s}$$

A turbina beömlő statikus hőmérséklete a 2-es ponton az (1.2) egyenlet szerint:

$$T_{s2} = 293 \left(\frac{0,5}{1,0} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 240 \text{ K } (-33 \text{ °C})$$

A turbinából kilépő gázsugár sebessége a 3-as ponton az (1.3) egyenlet szerint:

$$v_3 = 325 / \sqrt{2} = 230 \text{ m/s}$$

A p_{s3} statikus nyomás a 3-as pontban az (1.6) egyenlet szerint:

$$P_{s3} = \beta^{-3/2} p_{s2} = 1,347 * 0,5 = 0,675 \text{ bar}$$

A T_{s3} statikus hőmérséklet kiszámítása az (1.7) egyenlet alapján:

$$T_{s3} = \beta T_{s2} = 0,82 * 240 = 197 \text{ K } (-76 \text{ °C})$$

A diffúzorból 1 bar környezeti nyomásra kilépő levegő hőmérséklete a 4-es ponton az (1.8) egyenlet szerint:

$$T_4 = 197 \left(\frac{1,0}{0,675} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 220 \text{ K } (-53 \text{ °C})$$

A fúvókában történő gyorsulás – ideális esetben - reverzibilis átalakulás, ezért a lassulásra is alkalmazzuk az (1.1) összefüggést megfelelő behelyettesítésekkel.

A v_{3x} ellenőrző sebesség (1.9) egyenlet szerint:

$$\sqrt{\frac{2,8}{1,4-1} 287 * 220 \left[1 - \left(\frac{0,675}{1,0} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} \right]} = 217$$

Ez azt jelenti, hogy 217 m/s ellenőrző sebesség éppen elég a kiömléshez. Az (1.1) és (1.2) szerint számított 230 m/s nagyobb, ezért a gázáram torló nyomása meghaladja a szükségességet.

Ellenőrző nyomás számítása:

A számolt $v_3 = 230 \text{ m/s}$ sebességgel 0,05 bar dinamikus nyomástöbblet áll rendelkezésre.

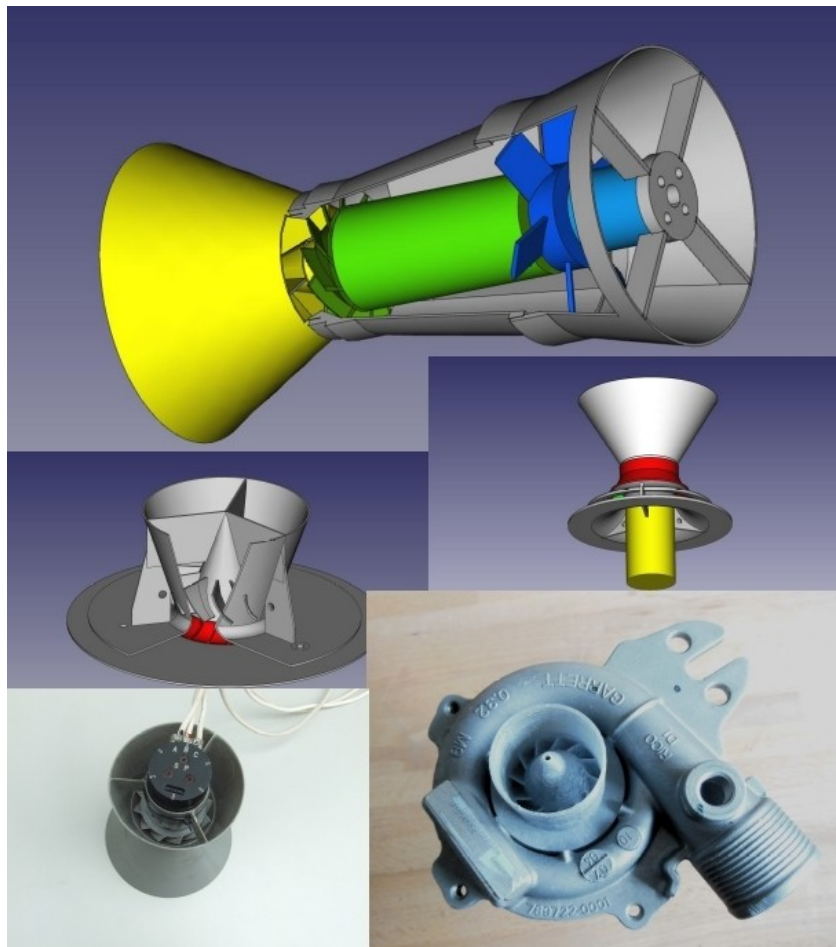
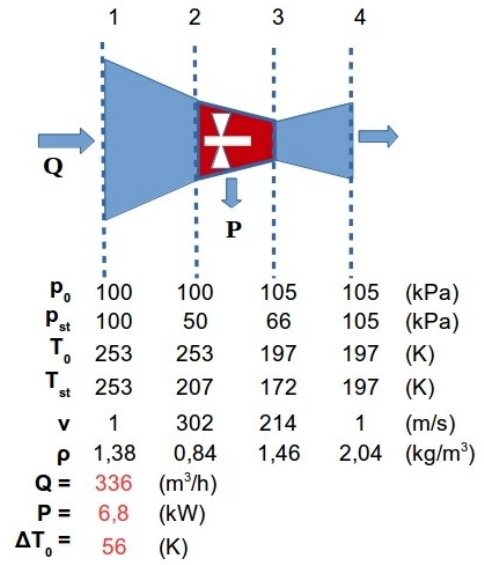
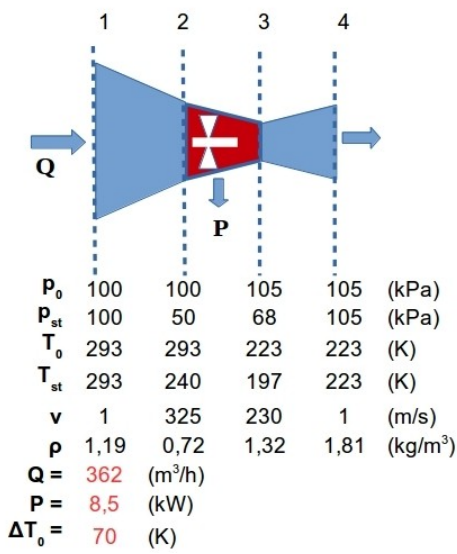
Ez a dinamikus nyomás többlet $p_4 = 1,05 \text{ bar}$ torló nyomást eredményez, amely elegendő a kipufogáshoz a $p_1 = 1,0 \text{ bar}$ nyomású környezeti térbe.

A turbinából kilépő levegő torló nyomása elegendő, hogy a körfolyamat záródjon.

Ideális mintaszámítások 20 °C és -20 °C bemenő léghőmérsékletre:

$R = 287 \text{ (J/kgK)}$
 $\gamma = C_p/C_v = 1,4$
 $C_p = 1000 \text{ (J/kgK)}$

$R = 287 \text{ (J/kgK)}$
 $\gamma = C_p/C_v = 1,4$
 $C_p = 1000 \text{ (J/kgK)}$



Gyakorlatban is próbáltam bizonyítani az elméleteim megalapozottságát, de eddig a legsikeresebb turbinám 260 000 1/min fordulatszám fölé túlpörögve széttört a szabályozás kezdetleges volta miatt. Az alábbi képen az elmúlt másfél év során felhasznált tesztberendezések épen maradt példányai láthatók:



A fenti tesztpéldányok nagy része a hagyományos kompresszor-turbina tervezési elvek alapján készült, és adott rossz eredményt. A 2017. májusa óta, a fenti számítás alapján készített 8 darab esetben volt kimutatható eredmény, de az indítás-fékezés hajtása és a légszállítás összehangolása még nem sikerült. (Közös munkapontokat kell kialakítani a fúvókánál, impeller belépő élénél, lapátjánál, kilépő élénél, a diffúzornál és mindezt a motor/generátor teljesítmény görbéjéhez kell hangolni.)

Ez a fejlesztés már meghaladja a jelenlegi anyagi kereteimet, ezért keresek partnert a továbblépéshez.

Kapcsolat: Dr. Magai István, feltaláló, jogtulajdonos: e-mail: istvan@magai.eu mobil: 06 20 949 1757.

VÉLEMÉNYEK, KÉRDÉSEK:

FIZIKÁBAN JÁRTAS OLVASÓ LEVELE feketével szedve. Pirossal a válaszok olvashatók.

„Átolvastam az anyagot, de sajnos nem tudtam mindenhol teljesen megérteni a leírást.

Előrebocsátva, hogy sosem foglalkoztam termodinamikával, az alábbi helyeken látok potenciális problémát a leírásban:

1. Az átalakító turbináját a beindításkor külső hajtás hozza működésbe, és egyfajta ventilátorként működik. Mi történik akkor, amikor már nem a külső hajtás forgatja a turbinát, hanem annak "önfenntartóan" kell forognia? Mi kompenzálja a lapátok jelentette légellenállást? Ehhez a turbina előtt nagyobb nyomás kell, mint a turbina után (vagy a leírásban leírt jelentős hőmérsékletcsökkenés, de valaminek fenn kell tartania az áramlást).”

Indításkor a generátor indítómotorként is indítható, mint az autók, illetve sűrített levegővel is felpörgethető a turbina. Ideális esetben az áramló gáz entrópia csökkentése (hűtéssel, vagy turbinával fékezve a molekulákat) a statikus és a megállítási nyomás növekedését okozza. Ebben az (ideális) esetben nem kellene a veszteségekkel foglalkozni. Mivel ideális körülményeket nem tudunk biztosítani, ezért az áramlási és súrlódási veszteségeket pótolni kell a körfolyamat fenntartásához.

A szakirodalom és a személyes mérések szerint is a generátor vesztesége a fordulatszám második hatványával arányos. A forgó áramlástanai gépek (turbina, ventilátor, propeller és más impellerek) esetén az optimális fordulatszám alatt (és felett) nem tervezett örvénylések, visszaáramlások jönnek létre, amely jelentősen fordulatszám függőek. Fentiek miatt a tervezett rotor fordulatszám 50%-a körül kezdenek a tervezett folyamatok kialakulni. Erre kell felpörgetni a turbinát külső hajtással.

Az ETD turbinája esetén is ekkor kezd a turbina, és a vele egybe tervezett, illetve külön hajtással rendelkező fúvó egység működni az elvárt hatásokkal. A veszteségek a fordulatszám négyzetével arányosan növekednek, miközben a turbina teljesítménye az üzemi tartományban közel a fordulatszám harmadik hatványával arányosan növekszik. (A légáram mozgási energiája: $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$, ahol m is a sebesség függvénye) A két görbe metszésekor alakul ki a billenési pont, amikortól a folyamat pozitív hajtást képes szolgáltatni. A labor mérések szerint a szűkülő és bővülő keresztmetszetben a lokális hangsebesség megközelítéséhez a ki- és a bemenet között 0,13 bar nyomáskülönbségre volt szükség. (Beáramlás abszolút 1 bárról, majd a torokban 295 m/s légsebesség 0,58 bar statikus nyomás mellett, és a diffúzor végénél $1 - 0,13 = 0,87$ bar abszolút nyomásra volt szükség.) Ezek az értékek az ismert szakirodalommal is alátámaszthatók. A lapátok légellenállásának egy része benne van, de egy része még hozzá fog adódni. Ezt a többletet a turbinák jellemző 80% feletti hatásfokából kiindulva esetünkben 0,04 bárra becsülöm.

Ezt a 0,17 bár nyomáskülönbséget a turbina kereket követő, vagy azzal egybeépített fúvó egység biztosítja. A fúvó teljesítmény igénye az entrópia csökkenéstől lehűlt, és közel kétszeresre sűrűsödött levegő megállítási nyomásának növeléséhez nem éri el a turbinán kivett teljesítményt. A fúvóval biztosítandó veszteségi nyomásigényt csökkenti 0,05 bárral az a jelenség, hogy az áramló

gázban az entrópia csökkenéshez statikus és megállítási, vagy össznyomás növekedés társul. Így végül 0,12 bar nyomásesést kell pótolni a fúvóval, miközben a turbina a fúvókán eső 0,5 bar statikus nyomású közeg mozgási energiájának közel felét hajtásra hasznosította.
(SZÁMÍTÁSOKAT MELLÉKELM IGÉNY ESETÉN)

2. „Ha a ventilátor helyett egy statikus hőcserélőt teszünk a rendszerbe (amely kialakítása révén ugyanolyan nyomásviszonyokat eredményez, mint a ventilátor), ami ugyanúgy 50%-os energiakivétellel működik, akkor annak - ha nem vezetjük el az energiát - izzásig kellene hevülnie a folyamatos energiátöbblet miatt. Ennek külső energiabevitel nélkül elég kicsi a valószínűsége, különösen egy zárt rendszerben.”

Az entrópia csökkentés (turbina és hűtés is) a statikus és megállítási hőmérséklet csökkenésével jár, tehát felmelegedési veszély nincs.

Ha nem vezetjük el az energiát, akkor nincs fékezett turbina, nincs fékezett áramlás és nincs entrópia csökkenés. A folyamat a veszteségek miatt leáll. Az ETD folyamatos energia (hajtás) kivétel esetén tud üzemben maradni.

A rendszer nem zárt, hanem nyitott, és ráadásul szabályozott. Ez a két jellemző szükséges például egy hűtőgépnél is, hogy a hőt a hidegebb (hűtött) térből a melegebb térbe juttathassuk - külső hatás segítségével. Ezen már senki sem kéri számon a magára hagyott rendszer szabad hőáramlását. (termodinamika II. főtétel) Esetünkben a külső hatás a molekulák mozgási energiája amivel egymást belökdösik a fúvókába - egyéb külső munkavégzés nélkül is. Külső hatás a turbinával való szabályozott fékezés is. Nem komprimálunk, mint a gázturbinában szokás. Azt is mondhatjuk, hogy a környezetben hőmozgást végző molekulák mozgási energiája gyorsítja fel a fúvókában áramló molekulákat. A molekulák mozgási energiáját itt nem hidegebb felülettel hővezetéssel vesszük ki, mint egy hőerőgéppel szokás, hanem az akár "melegebb" turbinalapát fékezésével.

3. „Szerintem hibás a $p_3=p_4$ feltételezés. Egy táguló csőben áramló levegő nyomása a tágulás felé haladva csökken. Ha mégsem változik, akkor a hőmérséklete emelkedik, amihez viszont energiát kell befektetni.”

A $p_3=p_4$ egyenlőség a megállítási, vagy össznyomásra vonatkozik... Ez állandó a fúvókában és diffúzorban, mivel adiabatikus és izentropikus folyamatról van szó. (szubszonikus esetről beszélünk) A statikus nyomásra természetesen nem igaz az egyenlőség ugyanúgy, mint a dinamikus nyomásra sem.

4. „Ha feltételezzük, hogy a rendszer működik, és zárt térben üzemeltetjük, akkor a kilépő hidegebb levegő hőt von el a környezetből, tehát a bemeneti levegő hőmérséklete folyamatosan csökkenni fog. Ez nem mehet a végtelenségig, mert a levegő egyszer eléri az abszolút nulla fokot.”

Teljesen korrekt megjegyzés. Már előbb gond lesz, mert a gázok kondenzálódnak már korábban. Az ETD teljesítménye függ a beáramló levegő hőfokától. Példaként említettem, hogy ugyanaz a

berendezés 20 C fokos levegőt 61 fokkal -41 C fokra hűti, miközben 16 kW elméleti, 8 kW várható teljesítményt szolgáltat.

Ha -30 C fokos levegőt használunk, akkor csak 46 C fokot tud hűteni, amely -76 C fok kiömlést jelent 12 kW elméleti, 6 kW várható teljesítmény mellett. (Ez a kondenzációs statikus hőmérséklet -93C fok határán van.) Ilyen esetben "rontani" kell a hőkivét nagyságán.

Ha 150 C fokos levegőt használunk, akkor 105 fok esés mellett 45 C fok kiáramlás mellett 28/14 kW-ra számíthatunk egy fokozatban ugyanannál a berendezésnél.

A kulcsa az ETD-nek abban van, hogy a klasszikus termodinamika nem tudott mit kezdeni azzal a ténnyel, hogy a molekulák mozgási energiájának csökkenése arányos ugyan a hőmérséklet változásával, de kisebb térbe is "hűlve" az adott nyomáson bizonyos esetekben a megállítási nyomás emelkedik. Ennek nagyon egyszerű a magyarázata: Az entalpia alapú számításoknál nem játszik szerepet az idő függvény. A valóságban pedig a lecsökkent molekuláris mozgási energiához (hőmérséklet csökkenés) társult sűrűség növekedés mellett a vizsgált térelemben áramló molekulák kisebb átlagos ütközési távolsága miatt az adott sebesség mellett gyakrabban jönnek létre ütközések, amely többlet nyomás növekedést okoz a vizsgált térben. Ezt leírva még nem láttam sehol, pedig az energia megmaradási elvet ez elégíti ki, ha helyesen alkalmazzuk. Mindenki tudja, hogy az entalpia alapú számolás csak közelítésre alkalmas empirikus módszer. (Nem véletlen, hogy a leginkább alkalmazott Rayleigh és Fanno flow módszer is erős korrekcióval használható.) Ezzel szemben én a mozgási energia megmaradására alapozom a számításaimat. (Ha nem lenne igazam, akkor nem létezhetne a ma ismert univerzum.)

TERMÉSZETTUDOMÁNYOKBAN JÁRTAS OLVASÓ levele feketével szedve. Pirossal a válaszok olvashatók.

„...A megküldött anyagról szakértői véleményt nem kívánok adni. Ahhoz, hogy bárki egy ilyen projektet finanszírozzon, szakértői vélemény szükséges, amelyet legvalószínűbb, hogy a Budapesti Műszaki Egyetemen tudnak hitelesen elkészíteni. Kétlem, hogy az SZTNH rendelkezne olyan szakértelemmel, amely alapján vélemény tudna mondani, és tudomásom szerint nincs is jogi felhatalmazása arra, hogy befektetői döntéshez véleményt adjon. Semmilyen más utat nem látok, mint a hiteles szakértői vélemény alapján fordulni a finanszírozóhoz. A megküldött leírás rövid áttekintése alapján egyébként a „találmány” a fizika törvényeinek ellentmondó „örökmozgó felfedezésének tűnik, hiszen a nyugvó levegőből külső behatás nélkül állít elő elektromos energiát. Az sem világos, hogy milyen számítások validálásáról van szó, mert az energia-megmaradás törvénye látszik sérülni. De hangsúlyozom, hogy a „találmányt” hiteles szakértővel kell megvizsgálni.

Tisztelettel kérem, hogy ilyen konkrét kérésekkel szakértőket keressen meg.

Üdvözlí

.....”

Köszönöm ... küldött válaszát. Természetesen tiszteletben tartom a szakértővel kapcsolatos kérését, de nem tudom, merre induljak. (Tudomásom szerint a BME-n szeptemberben arról tanácskoztak

szakemberek, hogy vajon melyik tanszékhez is tartozik (EGR, áramlástan, molekuláris fizika/kémia). Szakvéleményt nem kaptunk. A validálását milliókért lehetne megrendelni.)

Az említett energiamegmaradási elveket is tiszteletben tartván, fel kell, hogy hívjam szíves figyelmét arra a tényre, hogy az általam is meghivatkozott mértékadó szakirodalomban elfogadott levezetések, definíciókat használok, és szó sincs "örökmozgózásról".

Sosem állítottam, hogy a nyugvó levegőből külső hatás nélkül elektromos energiát lehet előállítani. Az általam ismert legalább 20 változata a termodinamika II. főtételének is "magára hagyott rendszerből" indul ki, ahol az "önként" kifejezés kulcsfontosságú. A valóságos rendszerek nem ilyenek. A hűtőgép is "hőenergiát szállít" a hidegebb térből a melegebbe - természetesen külső hatásra. Azt is mondhatjuk, hogy nem egyetlen hő-, vagy energia tartályról van szó. Hozzáadott energia tartály, vagy forrás lehet a mechanikai munka, valamilyen erőter/potenciáltér, vegyi energia, külső hőközlés (konvekció, kondukción, radiáció)...

Nyitott, szabályozott, ráadásul áramló közeget tartalmazó rendszerre - mint az ETD is - nem alkalmazható olyan definíció, amely eleve feltételezi a magára hagyott állapotot, ahol természetes a kiegyenlítődés, és kizárja a külső hatást. A termodinamika II. főtételét nem véletlenül csiszolták, variálták Clausius óta olyan sokan, mert egyik korábbi változatot sem találták kielégítőnek az adott esetben. A molekuláris hőtán, amelyet inkább nevezhetnénk energiatannak, már lehetőséget biztosít arra, hogy a korábban elnagyolt jelenségeket vizsgáljuk. Áramló közeg, főleg gáz statikus és dinamikus jellemzőinek meghatározása ma sem megoldott. Közelítésekre, empirikus táblázatokra van szükség. (Rayleigh flow, Fanno flow)

Ismert tények, amelyekből kiindultam:

A "nyugvó levegő" molekulái szobahőmérsékleten átlagosan 500 m/s sebességű hőmozgást végeznek, vagyis mozgási energiával rendelkeznek. Ez a mozgási energia arányos az abszolút hőmérséklettel, és reverzibilis folyamattal változtatható.

Áramló gáz statikus- és össznyomása megnő, ha az entrópiája csökken (pl.hűtés)

A csökkenő entrópia a molekulák mozgási energiájának, vagyis hőmozgási sebességének csökkenésével is jár. A sebesség csökkenése mellett a molekulák ütközési távolsága is csökken. A csökkent ütközési távolság azt is eredményezi, hogy az adott sebességgel haladó molekulák gyakrabban ütköznek. (Ezt az ütközési frekvencia növekedést a klasszikus termodinamika nem tudta kezelni, ezért csak elhanyagolt jelenségként említi a nyomásnövekedést.)

A turbina is a munkagáz entrópiáját csökkenti.

Ezen fenti tények, jelenségek és információk alapján állíthatjuk, hogy az ETD megvalósítható elméletben és gyakorlatban egyaránt - a jelenlegi tudásunk szerint.

Részletesebben, számításokkal alátámasztva is kifejtem állásponatomat a mellékelt jegyzet1-1.pdf fileban.

Kérem, mérlegelje levelem érveit, és, mint országunk vezető természettudományos személyisége, segítsen abban, hogy tézisem megfelelő szakértői szintre eljuthasson!