

## 1. Belső égésű dugattyús motorok elvi felépítése

Az elvi működést ismertnek tételezzük fel, a jellegzetesebb karakterisztikákat mégis röviden ismertetjük.

A *belső karakterisztikák* közül a legfontosabb, az indikátordiagram a hengerben lefolyó nyomásváltozást mutatja a főtengely-elfordulás (7. ábra) vagy a dugattyúút, illetve a (relatív) térfogatváltozás függvényében (8. ábra).

A 9. ábrán a négy fő motortípus indikátordiagramját láthatjuk, az összehasonlítás végett azonos méretű és léptékű diagramon.

A legfontosabb *külső karakterisztikák* a következők:

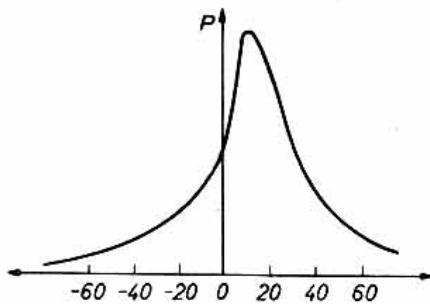
$P=f(n)$  — teljesítmény a fordulatszám függvényében

$M=f(n)$  — nyomaték a fordulatszám függvényében

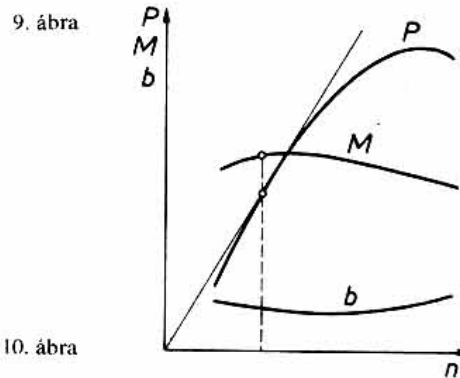
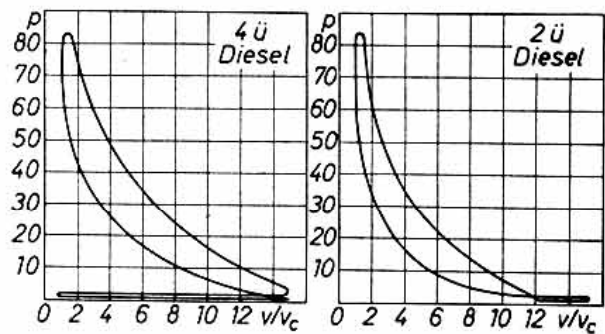
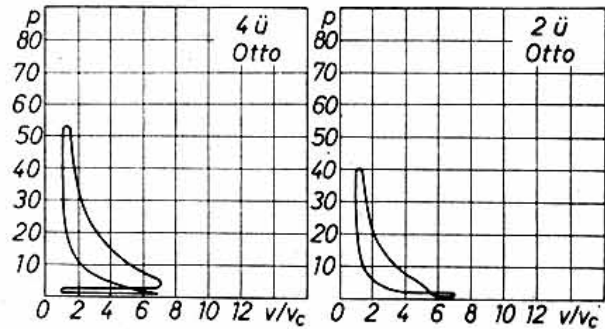
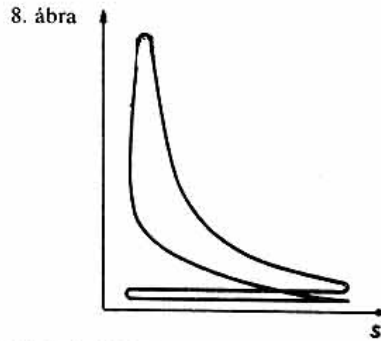
$b=f(n)$  — fajlagos fogyasztás a fordulatszám függvényében.

Ezek a görbék a 10. ábrán láthatók.

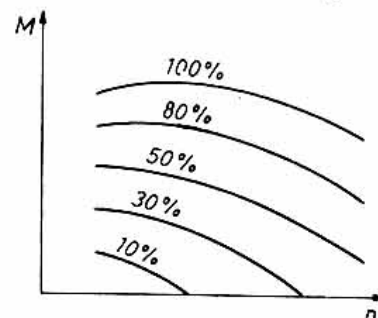
Mindhárom karakterisztika a teljes töltéshez tartozik, azaz a gázpedál teljes benyomásához. Részterheléskor a görbék természetesen módosulnak, a 11. ábra például a nyomatéki karakterisztikát mutatja különböző gázpedálállásoknál.



7. ábra



9. ábra



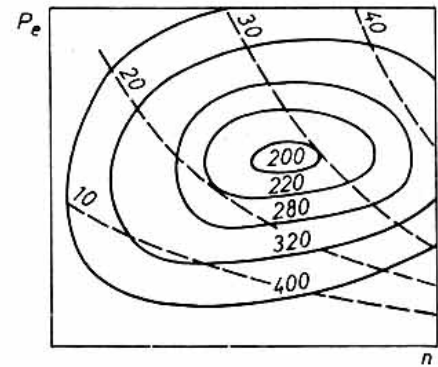
11. ábra

A fajlagos fogyasztás részterheléskor már nem ábrázolható egyetlen görbével. A 12. ábra ún. kagylódiagramot mutat, ahol az azonos fajlagos fogyasztási területek vannak feltüntetve a  $p_e$  mezőben. A szaggatott vonal a hozzá tartozó teljesítményeket mutatja.

A gázmotorok legelterjedtebb típusa az olyan dugattyús motor, amelyben a dugattyú lineáris alternáló mozgást végez, s ezt a mozgást forgattyús mechanizmus alakítja át forgássá. A szerkezetnek biztosítania kell még a tüzelőanyagnak és a levegőnek a bejutását a hengerbe, majd a felhasznált égésterméknek, a kipufogó gáznak a kivezetését. A motor működésének alapelveit (Otto-, Diesel-körfolyamat, kétütemű, négyütemű rendszerek) a korábbi tanulmányokból ismertnek tételezve fel, rajzban bemutatjuk a dugattyús motorok szerkezeti felépítésének alapvető típusait (13. ábra). A 14. és 15. ábrán néhány különleges típus látható. Az utóbbinál külön gond a forgattyús tengelyek összekapcsolása (16. ábra). Természetesen nem mindegyik típus alkalmas egyformán az Otto- és a Diesel-körfolyamathoz, kétütemű vagy négyütemű működésre. (Állapítsa meg, melyik típus mire alkalmas!)

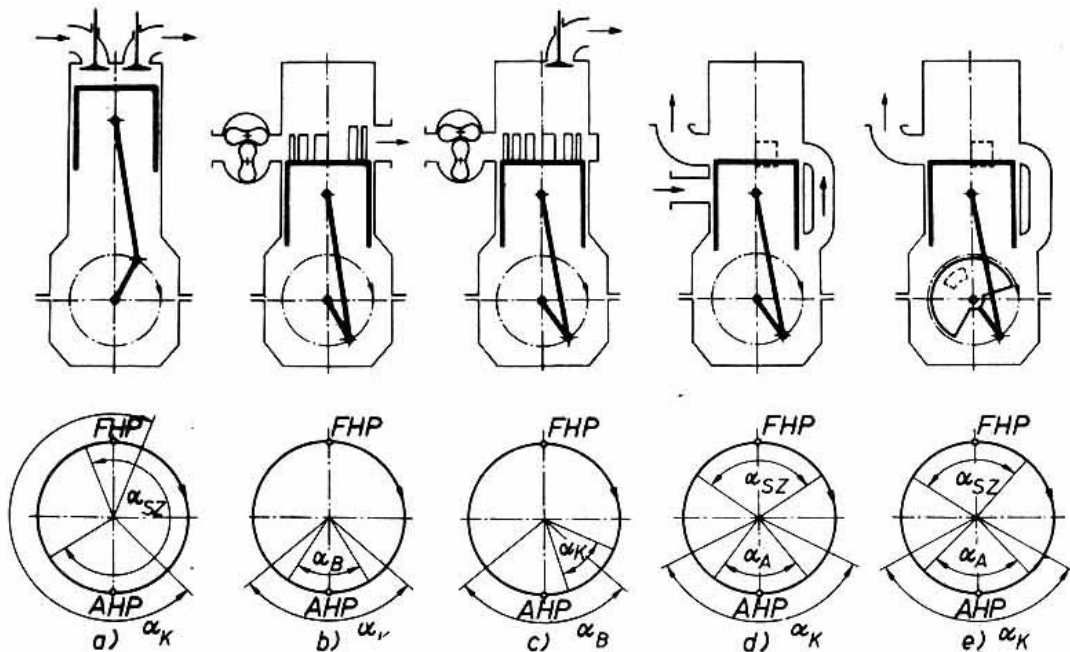
Az égéstér kialakítása alapvetően attól függ, hogy Otto- vagy dízelmotorról van-e szó.

12. ábra

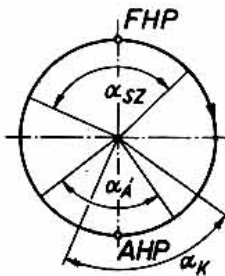
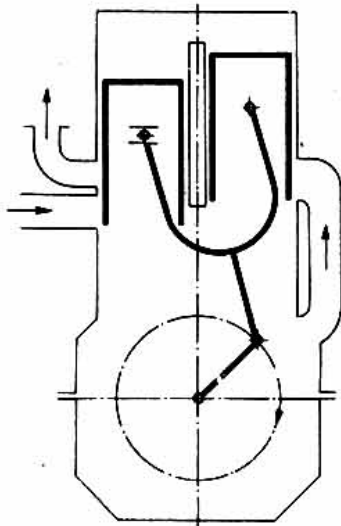


Otto-motorok égésterénél a legfontosabb követelmény:

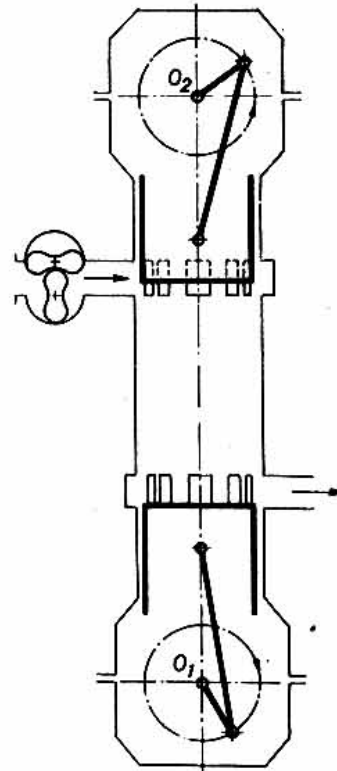
- a lángutak hossza rövid és egyenletes legyen;
- legyen örvénylés (az égés gyorsítása és a forró pontok hűtése végett);
- az égéstér felülete térfogatához képest minél kisebb legyen (hővesztesség csökkentése);
- bő keresztmetszetű belépő- és kilépőnyílások.



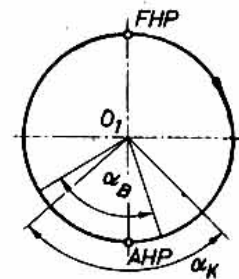
13. ábra



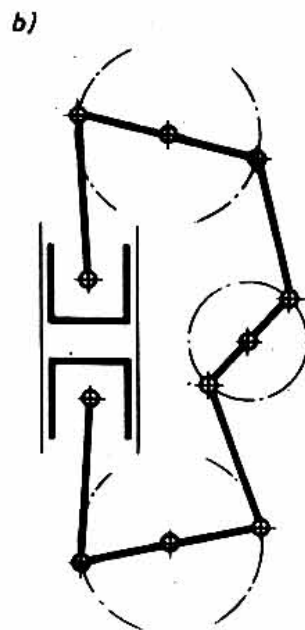
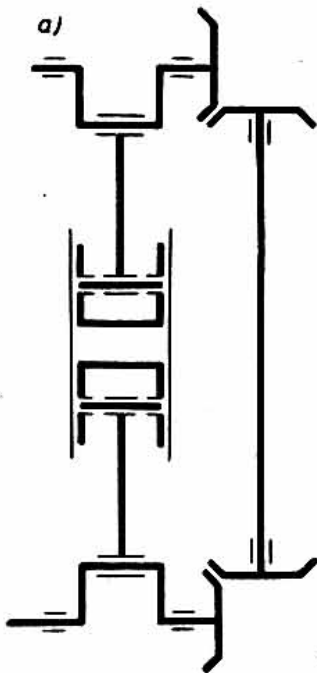
14. ábra



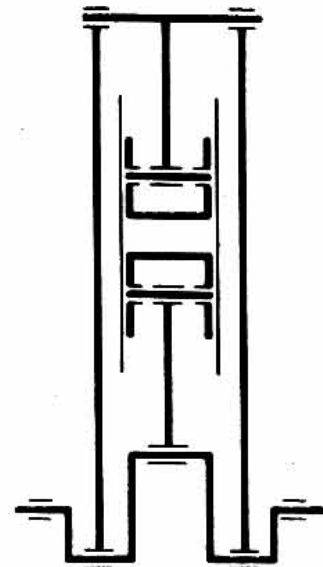
15. ábra



16. ábra



c)



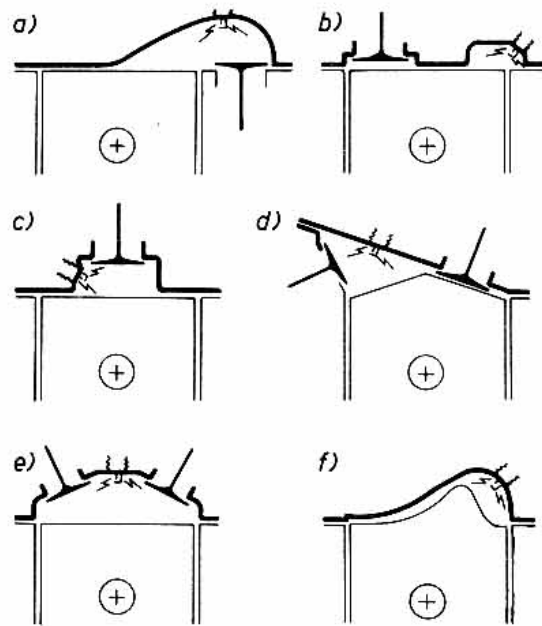
A 17. ábrán bemutatott néhány égéstér közül a leg-  
régebbi a Ricardo-égéstér (17a), amely a fenti követel-  
ményeket általában nem elégíti ki. A *b* típus (pl.  
Mercedes) előnye, hogy az égéstér erősen ugyan, de  
egyenletesen hűtött. A *d* típusban a beömlő friss keve-  
rék a kipufogószelepet jól hűti. Az *e* típus közelíti meg  
legjobban a gömb alakot. Az *f* típus részvezérléshez  
használatos, ahol a dugattyú taraja az áramlás irányítá-  
sára szolgál.

A dízelmotor égéstere osztatlan és osztott kivitelben  
készül. Az utóbbi esetben a befecskendezés lehet köz-  
vetlen, de általában közvetett.

A 18. ábra osztatlan égéstereket mutat. A sűrítési  
viszony 14—18. A keverékképzést elősegíti, ha a tüzelő-  
anyagot több sugárban és finoman porlasztjuk be, a  
levegőt pedig örvénylésre kényszerítjük. Az örvénylés  
lehet hosszirányú (a henger hossz tengelye körül spirál  
alakban) és keresztirányú (sugárirányú). Az előbbit a  
szívócsatorna irányával (érintőleges belépés) vagy a sze-  
lep ernyőzésével (lásd ott!), az utóbbit a dugattyútető  
alkalmas kiképzésével lehet előidézni.

Az osztott égéstérre a 19. ábra mutat néhány példát.  
A felső sorban az ún. előkamrás típusok láthatók. Az  
előkamra térfogata a főégéstér 25—40%-át teszi ki.  
A befecskendezés az előkamrába történik.

A befecskendezett tüzelőanyag meggyullad, a hő-  
mérséklet rohamosan emelkedik. A kialakuló nagy nyo-  
más az előkamrából nagy sebességgel kipurol a gázt,  
amely sok elégtelen tüzelőanyagot tartalmaz. Ennek a  
keveréknek a hőmérséklete igen magas, s amint a fő-  
égéstérbe átlép, és ott friss levegővel találkozik, folya-  
matosan el is ég. Az átáramlás sebességét az átömlési  
keresztmetszettel tudjuk befolyásolni. A nagyobb se-  
besség jobb keveredést, s a tüzelőanyag-szemcsék to-  
vábbi szétporlasztását eredményezi. Ez utóbbi követ-  
keztében a befecskendezésnek nem kell olyan finomnak  
lennie, mint a közvetlen befecskendezéskor, egylyukú  
porlasztó is megfelel, ami sokkal kevésbé kényes, mint  
a több — apró — lyukú. Ugyanakkor a gáznak ide-oda  
való áramlása a nagy keresztmetszet-változások miatt  
egyrészt jelentős belső súrlódással jár, másrészt az  
égést elnyújtja. Az előbbin úgy lehet segíteni, hogy az  
égéskamra nyílásait különös gonddal alakítjuk ki:  
egyik irányba — amikor a dugattyú friss levegőt pré-  
sel be az előkamrába viszonylag lassan — kicsi legyen  
a légellenállás, a másik irányba — amikor azt akarjuk,  
hogy a keverék szabályozott sebességgel áramoljon ki  
— nagyobb legyen. Az égés elhúzódását meg lehet  
előzni, ha a befecskendezést korábban kezdjük, de  
csak akkora dózissal, ami a gyújtáshoz éppen elegendő.  
Amikor a főadag befecskendezése megkezdődik, az  
előkamrában uralkodó hőmérséklet már elegendő a

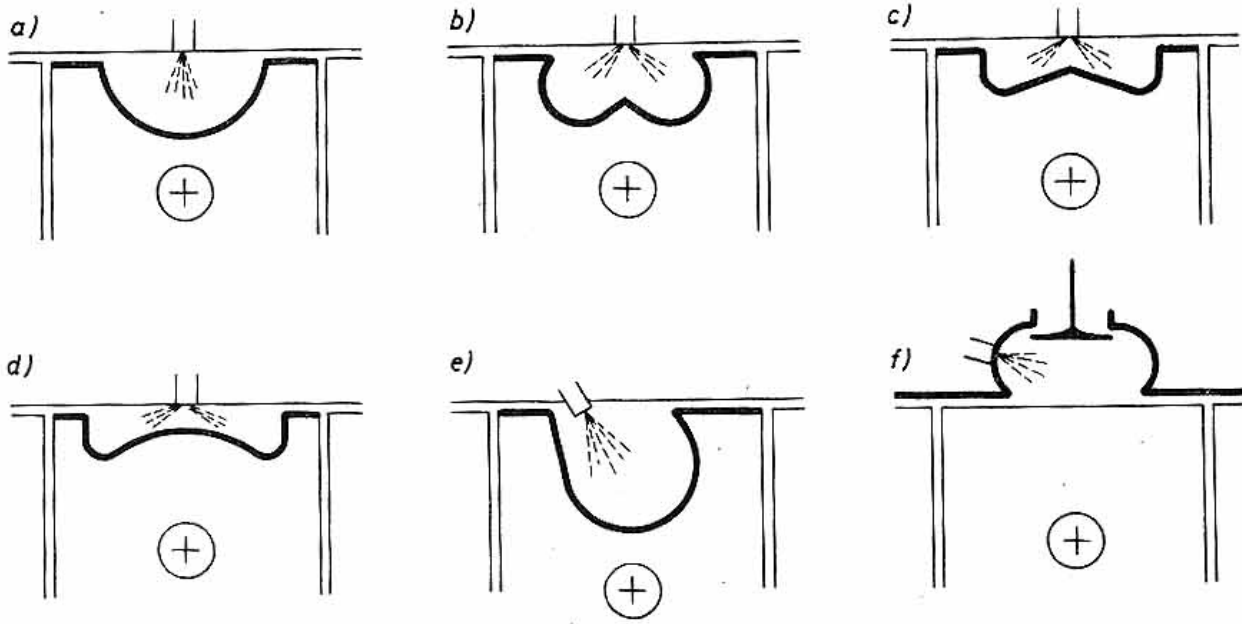


17. ábra

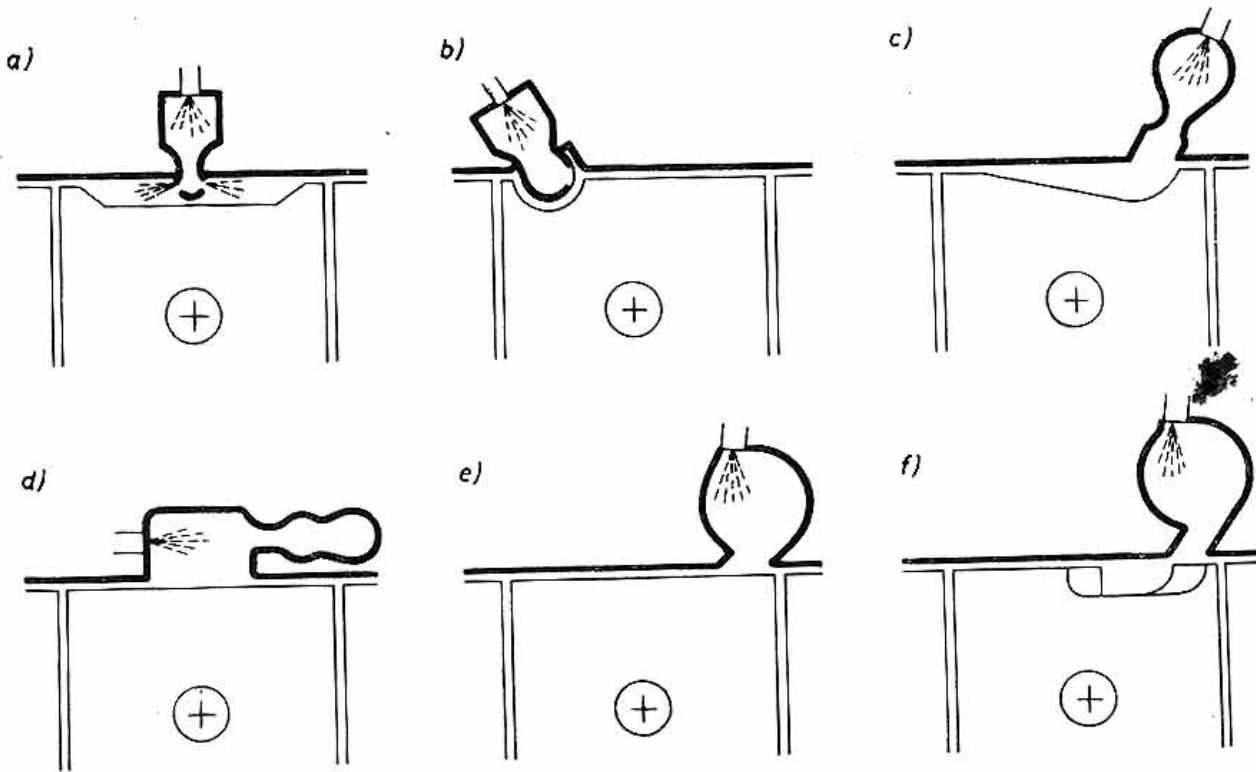
gyors gyulladáshoz. Ezt a kétlépcsős befecskendezést  
többféleképpen meg lehet valósítani, legegyszerűbben  
csapos porlasztó fűvókával (lásd ott).

Az előkamra különleges válfaja a ún. örvénykamra  
(19ef ábra), ahol az átömlési csatorna érintőlegesen  
csatlakozik az előkamrához. A dugattyú által bepréselt  
levegő a kamrában örvényelni kezd, ami elősegíti a  
keverékképzést, emiatt a szűkítésnek nem kell olyan  
mértékűnek lennie, mint a hagyományos előkamrák-  
nál. A befecskendezés iránya nem közömbös. Az ör-  
vénylő levegővel szembe vagy rá keresztbe történő be-  
fecskendezéskor az effektív középnyomás és a fajlagos  
tüzelőanyag-fogyasztás kedvezőtlenebb, a gyújtás vi-  
szont kedvezőbb, a motor könnyebben indul, légyab-  
ban jár, mint akkor, ha a befecskendezés az örvénylés  
irányával megegyező. Speciális fűvókával (pl. Pinte-  
aux, lásd ott!) két sugarat lehet előállítani: egy kiseb-  
bet az örvénylésre merőlegesen, egy nagyobbat az ör-  
vénylés irányába. (Kisebb fordulatszámnál a gyújtó-  
sugár a másikhoz képest viszonylag megnő!)

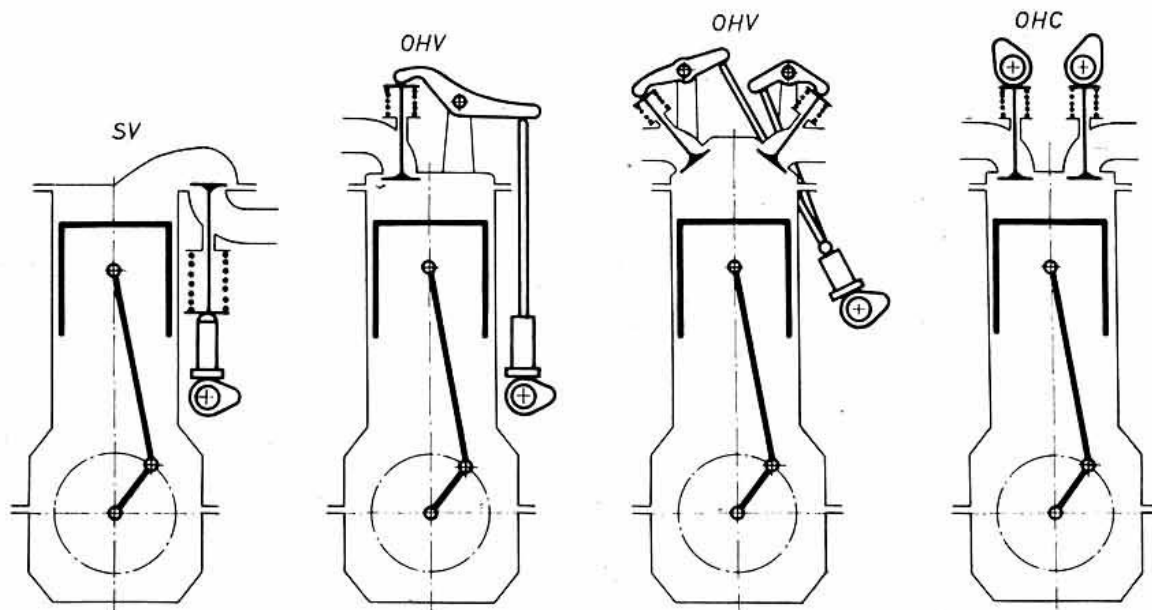
Osztott égéstér és közvetlen befecskendezés látható  
a 19d ábrán. Az ún. légkamra térfogata a főégéstér  
5—20%-a. A légkamra az égésfolyamat második felé-  
ben jut szerephez: amíg a sűrítés, majd a befecskende-  
zés tart, addig tiszta levegő préselődik a légkamrába.  
Az expanzió megkezdése után ez a levegő kiáramlik,  
s elősegíti az égés befejezését.



18. ábra



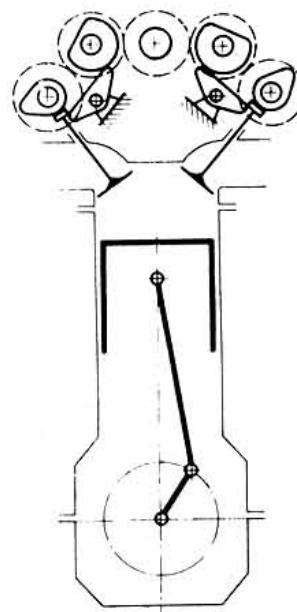
19. ábra



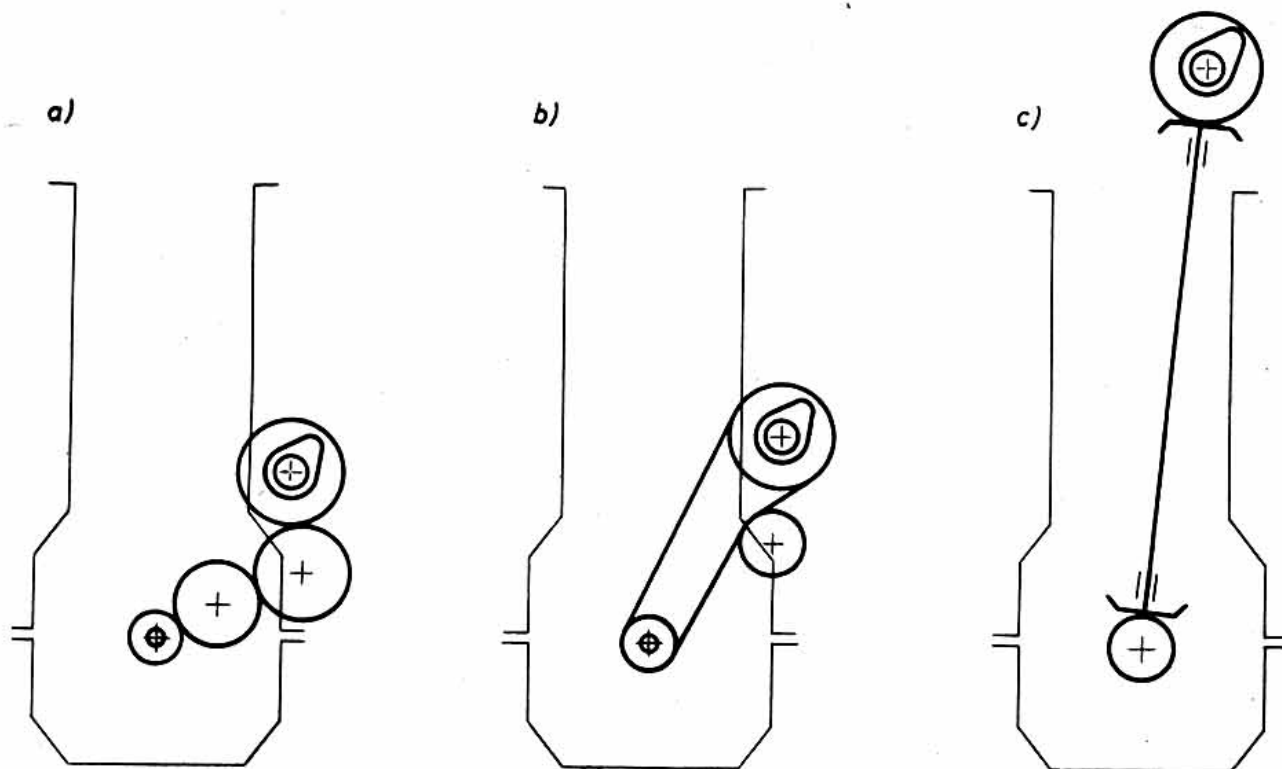
20. ábra

Az égésteret időnként meg kell nyitni, a levegő vagy keverék beengedése, illetve az égéstermékek kiengedése céljából. Erre általában szelepeket, ritkábban tolattyúkat alkalmaznak. Az utóbbi esetben a tolattyú szerepét legtöbbször maga a dugattyú tölti be: az ún. részvezérlés esetén a dugattyú palástja nyitja és zárja a be- és a kiömlőnyílásokat. Természetesen előfordul, hogy tolattyúként külön szerkezet szolgál, például forgótárcsa. Találkozhatunk a szelep- és a részvezérlés kombinációjával is.

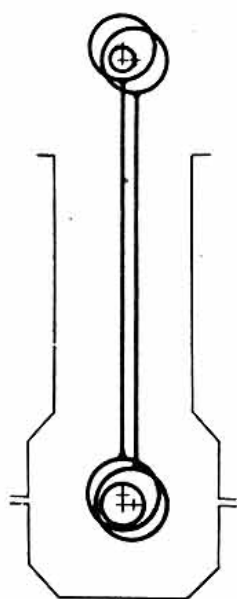
A szelepelrendezés alapvető jellegzetességét a szelepnek viszonylagos helyzete és a vezérlés módja adja (20. ábra). Régebben gyakori volt az oldalszelep alul elhelyezett bütyköstengelyes vezérléssel (SV: side valve). A korszerű motorok felül szelepeltek. A vezérlés itt is történhet alul (OHV: overhead valve), vagy felül elhelyezett (OHC: overhead camshaft) bütyköstengellyel. A felül szelepelten motoron a felül elhelyezett bütyköstengely természetesen nemcsak közvetlenül, hanem egy- vagy kétkarú emelőn keresztül is mozgathatja a szelepeket. A bütyköstengely általában rugóerő ellenében nyitja a szelepeket. Az igen nagy fordulatszámú versenymotorokon a szelepszárast sem lehet rugóra bízni, ilyenkor a zárást is kényszervezérléssel oldják meg (21. ábra).



21. ábra



22. ábra



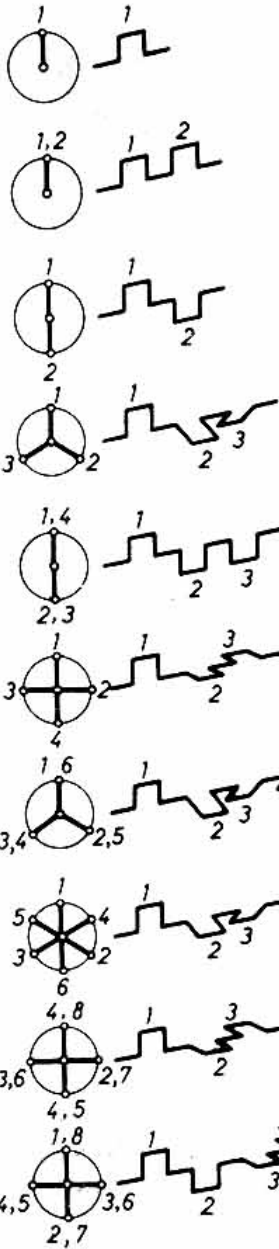
23. ábra

A bütökstengelyt a motorfőtengely hajtja. Alsó vezérlés esetén a főtengely és a bütökstengely között homlokfogaskerekek vannak (22a ábra), amelyek egyúttal a szükséges áttételt is nyújtják (*mikor és miért van szükség áttételre?*). Ha a távolság a két tengely között túl nagy, akkor lánchajtást (fogazott ékszíjhajtást) (22b ábra), vagy ún. királytengelyes hajtást (22c ábra) alkalmaznak. Ritkább megoldás a forgattyús mechanizmus elvén működő excentertárcsás hajtás, amiből — a folyamatos hajtás végett — két darabra van szükség (23. ábra).

A motor teljesítménynövelésének legtermészetesebb módja a hengerűrtartalom növelése vagy a hengerek számának a szaporítása. Az előbbi mód jobb fajlagos mutatókat eredményez a teljesítmény, a fogyasztás stb. vonatkozásában, az utóbbi viszont a tömegterhelés kiegyensúlyozottságát, a motor járásának egyenletességét stb. javítja.

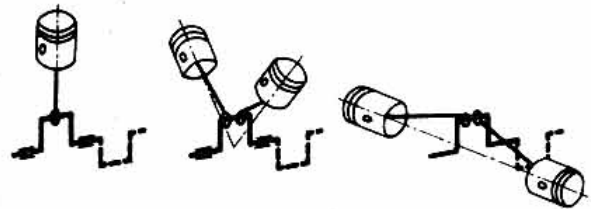
Gépjárműmotoroknál egyértelműen a második módszer választják. A hengerek számának szaporítása a forgattyústengely meghosszabbításával jár. (Repülőgépmotorokon sokáig elterjedt megoldás volt a rövid főtengelyű csillagmotor.)

Ha minden forgattyúhoz csak egy hajtókar csatlakozik, akkor a forgattyúk száma megegyezik a hengerek számával. A forgattyúk elrendezésére, ill. a

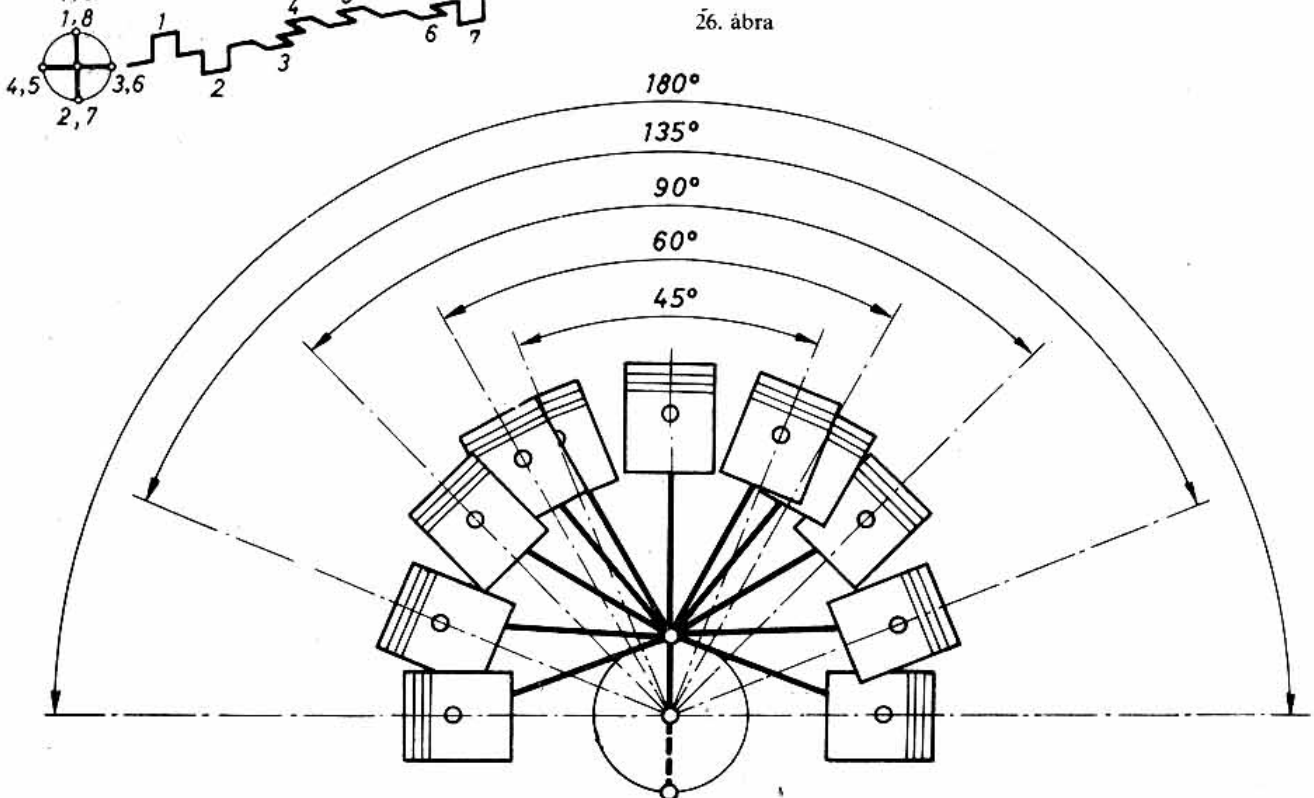


24. ábra

forgattyústengely kialakítására a 24. ábra mutat tíz példát. A páratlan számú hengerek esetét kivéve, mindig két-két hengerekhez két-két forgattyústengely-elrendezés látható. Ennek elbírálásához, hogy melyik elrendezés milyen esetben alkalmas, olyan problémákat kell tisztázni, mint a gyújtási sorrend, a tömegkiegyenlítés módja és mértéke, függően attól, hogy két- vagy négyütemű motorról van-e szó stb. (Ezekkel a kérdésekkel a Motortervezés és -vizsgálat c. tárgyban foglalkozunk.) A problémát szaporítja, ha a hengereket nem egy sorban helyezzük el, hanem két sorban, például minden második forgattyú tartozik az egyik sorhoz, vagy minden forgattyúhoz két hajtókar csatlakozik (25. ábra). A két hengerversor egymással szöglet zár be (V motor). A gyakorlatban előforduló szögállásokat a 26. ábra mutatja.



25. ábra

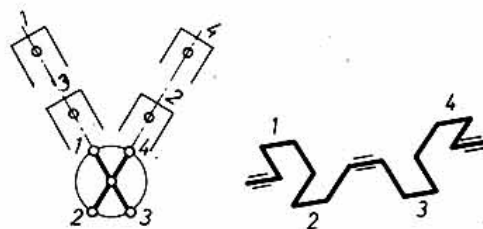


26. ábra

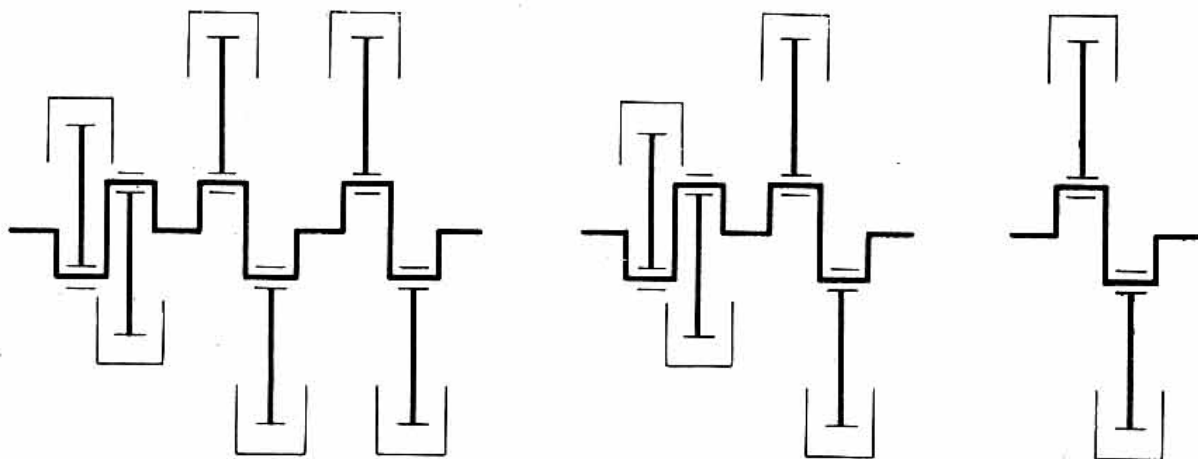


V-motor esetén olyan forgattyústengely kialakítása is előfordul (27. ábra), ami soros motorokon nem használható, s ezért a 24. ábrán nem is szerepelt. Mint látható, itt két-két szomszédos henger olyan közel kerülhet egymáshoz, hogy közöttük nem is kell fekvőcsapágy. Ugyanez a helyzet boxermotorokon is (28. ábra). Ugyancsak boxermotorokon fordul elő a villás hajtókar, ami jobb tömegkiegyensúlyozást eredményez (29. ábra).

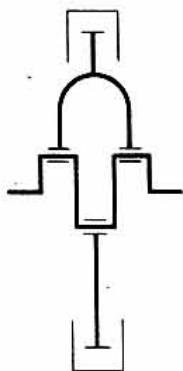
A tömegek kiegyensúlyozása egyébként — különösen kis hengerszám esetén — számottevő problémát jelenthet. A forgó tömegek a tömegekkel ellentétes oldalra helyezett ellensúlyokkal teljesen kiegyenlíthetők (30a ábra). Az ide-oda mozgó tömegek viszont egyszerű eszközökkel nem egyensúlyozhatók ki. Az ellensúly növelésével egy darabig javul a helyzet, de az



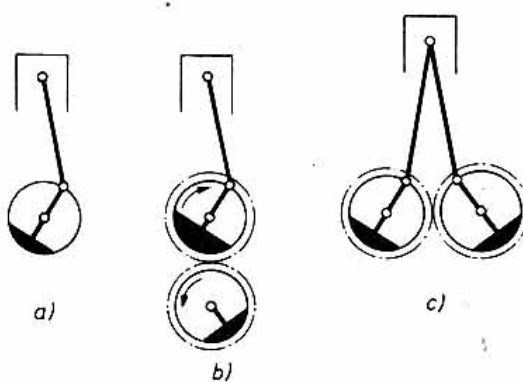
27. ábra



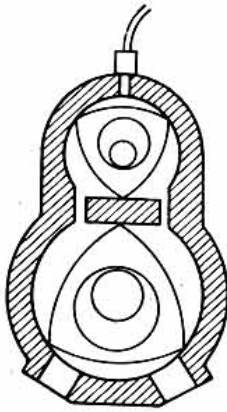
28. ábra



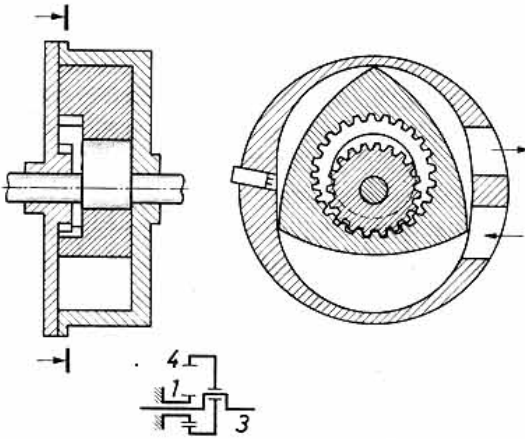
29. ábra



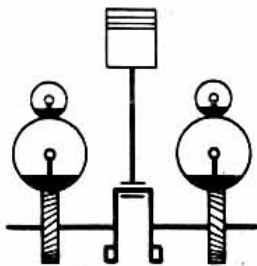
30. ábra



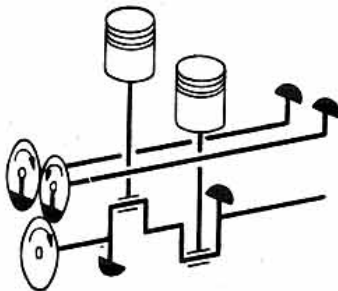
31. ábra



32. ábra



33. ábra



34. ábra

optimálisnál nagyobb ellensúly megint káros. Két ellensúllyal nemcsak a forgó tömegek, hanem az elsőrendű alternáló tömegek is kiegyensúlyozhatók (30b és c ábra), sőt a 31. ábrán látható komplikált megoldással még a másodrendűek is.

Többhengeres motorok tömegkiegyenlítése általában könnyebb, bár itt is szükség lehet külön ellensúlyrendszerre (32. ábra). Hathengeres vagy annál nagyobb motorokon, különösen V-motorokon a tömegkiegyenlítés nem szokott problémát okozni.

A feltalálók évtizedekig próbálkoztak olyan térfogatkiszorításos motor tervezésével, amelyben lineáris alternáló mozgás helyett körmozgás van, akár alternáló, akár folyamatos. A számtalan próbálkozás közül egyedül a Wankel-motor az, ami viszonylag elterjedt (33. ábra). Itt a dugattyú tulajdonképpen belső fogazású bolygókerék (fogaskoszorú). A koszorúkerék külső kerületét nem kör alakúra, hanem körívkből álló háromszög alakúra készítették, aminek az átmérője minden irányban ugyanakkora (mintha kör lenne). A forgattyúskart forgatva a fogaskoszorú (dugattyú) cikloisokat ír le. A dugattyú által „lesepert” terület közel piskóta alakú. Ezt a területet paláttal körülvéve kapjuk a munkahengert.

A Wankel-motor természetesen működhet Diesel-elven is, csak nagyobb sűrítési igényt kell kielégítenie. Ezt a két fokozatú Wankel-motorral sikerült elérni (Rolls-Royce, 34. ábra).