

**PIKC**

**Kuldīgas Tehnoloģiju un tūrisma  
tehnikums**

**skolotājs Ivars Asnis**

## **Dzirksteļaizdedzes ,4 taktu, motora darba cikli**

**Metodiskais materiāls pielietojams  
teorētiskajās stundās mācību priekšmetos  
AUTOMOBILŪ UZBŪVE , Kvalifikācijas praksē  
un pielietojams kā skaidrojošs papildus  
materiāls mācību priekšmetā FIZIKA,  
nodrošinot stappriekšmetu saikni nodaļā  
Siltumtehnika, kā arī nozīmīgs izglītojošs  
materiāls Autoelektriķu specialitātē, kur  
motora darbības pamatu izvērsts  
skaidrojums ar formulām un teorētisku  
pamatojumu ir nozīmīgs**

**Publicēts 27.09.2017.**

## Dzinēju vispārējais iedalījums.

1. **Pēc veida, kādā siltumenerģija pārveidojas mehāniskajā enerģijā.**
  - 1) Iekšdedzes
  - 2) Ārdedzes (gāzturbīna, tvaika un stirlinga dzinējs)
2. **Pēc degmaisījuma sagatavošanas paņēmiena**
  - 1) Karburatordzinēji un dzinēji ar degvielas izsmidzināšanu ieplūdes kolektorā vai dzinēji ar iekšējo iesmidzināšanu tieši cilindros.
3. **Pēc darbmaisījuma aizdedzināšanas paņēmiena**
  - 1) Ar elektrodzirksteli
  - 2) Kompresijas aizdedze
  - 3) Kvēlaizdedze no sakarsēta ķermeņa
  - 4) Liesmkameras dzinēji (priekškamera)
4. **Pēc darbības cikla**
  - 1) 4 – taktu dzinēji
  - 2) 2 – taktu dzinēji
5. **Pēc jaudas regulēšanas paņēmiena**
  - 1) Kvantitatīvā regulēšana – nemaina gaisa daudzumu, bet maina degvielas daudzumu
  - 2) Kvalitatīvā regulēšana. Degvielas daudzums paliek nemainīgs, bet maina gaisa daudzumu.
  - 3) Kombinētā regulēšana. Maina gan gaisa, gan degvielas daudzumu.
6. **Pēc darba elementu konstrukcijas**
  - 1) Virzuļmotori
  - 2) Rotormotori (vankeļa dzinējs)
  - 3) Gāzturbīnas
7. **Pēc dzesēšanas veida**

Šķidrumsdzese  
Gaisa dzese  
Keramiskiem dzinējiem vispār dzesēšana nav nepieciešama

## Vispārīgie jēdzieni.

1. Virzuļa stāvoklis, kad tas atrodas vistālāk no kloķvārpstas, tiek nosaukts par augšējo maiņas punktu **AMP**.
2. Kad virzulis atrodas vistuvāk kloķvārpstai, sauc par apakšējo maiņas punktu **ZMP**.
3. Attālumu no vienas maiņas punkta līdz otram, sauc par virzuļa gājienu.
4. Telpu virs virzuļa, kad tas atrodas **AMP**, sauc par degkameru.
5. Tilpumu, kas veidojas cilindrā starp augšējo maiņas punktu un **ZMP**, sauc par cilindra darba tilpumu un apzīmē ar  $V_h$ , un izsaka  $m^3$  vai litros, aprēķinot pēc formulas

$$V_h = \frac{\pi d^2}{4} S$$

S – virzuļa gājiens

D – cilindra caurmērs

6. Visa motora cilindru kopējo darba tilpumu izteiktu litros, sauc par motora litrāžu un nosaka

$$V_l = \frac{\pi d^2 * S * i}{4 * 100} = (l)$$

i – cilindru skaits

S un d – pārveidots centimetros

7. Cilindra kompresijas kameras tilpuma un darba tilpuma summu sauc par cilindra pilnu tilpumu

$$V_a = V_c + V_h$$

8. Cilindra pilna tilpuma attiecību pret kompresijas kameras tilpumu, sauc par kompresijas pakāpi (saspiešanas pakāpe)

$$E = \frac{V_a}{V_c}$$

Kompresijas pakāpe rāda, cik reizes samazinās cilindrā ievadītā gaisa vai degmaisījuma tilpums, vizulim pārvietojoties no **ZMP uz AMP**.

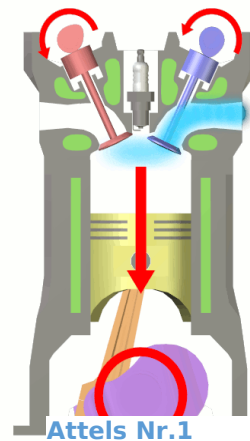
**Jebkura virzuļa motora darba laikā cilindrā notiek sekojoši procesi:**

- 1) Degmaisījuma ieplūde
- 2) Degmaisījuma saspiešana
- 3) Degmaisījuma sadegšana
- 4) Gāzu izplešanās un izplūde

Šo procesu norisi stingri noteiktā secībā sauc par motora darba ciklu. Darba cikla daļu, kas notiek virzuļa gājiena laikā, sauc par takti.

## 1.Takts(ieplūdes takts).

Virzulim pārvietojoties no **AMP uz ZMP**(Skat. Att. Nr.1.), telpā virs virzuļa rodas retinājums. Gāzu sadales mehānisms atver vārstu vai vārstus un zem atmosfēras spiediena vai zem mākslīgi radīta spiediena, ieplūst degmaisījums. Bez pūtes (bez mākslīgi radīta spiediena) gadījumā, spiediens ieplūdes beigās ir 0,7 – 0,9 Bāri jeb 0,07 – 0,09 MPa.



**Sadalot precīzāk:**

- 4 – taktu bezpūtes benzīna dzinējiem  
**0,080 – 0,099 MPa**
- 4 – taktu dīzeļdzinējiem bez pūtes

**0,082 – 0,096 MPa**

- Benzīna dzinēji ar pūti  
0,15 – 0,25 MPa, bet vidējā vērtība 0,10 – 0,15 MPa
- Dīzeļdzinēji ar pūti  
0,10 - 0,18 MPa

**No ieplūdes procesa norises ir galvenokārt atkarīgi dzinēja rādītāji. Cilindra pildījumu raksturo ar pildījuma koeficientu.**

$\phi V$

Par pildījuma koeficientu sauc cilindrā faktiski ieplūstošā degmaisījuma avai gaisa (dīzeļdzinēja) svara attiecību, kāds būtu degmaisījumam vai gaisam, ja tas piepildītu cilindru pie apkārtējā gaisa  $t^\circ$  un spiediena.

**Formula:**

$$\phi V = \frac{G_d}{G_t}$$

$G_d$  – svaiga degmaisījuma vai gaisa svars

$G_t$  – teorētiski iespējamais degmaisījuma vai gaisa svars

**Pildījuma koeficients dzinējiem bez pūtes ir vienmēr mazāks par 1, jo degmaisījuma ieplūdi cilindrā kavē hidrauliskā pretestība. Šī pretestība ir atkarīga no sekojošiem faktoriem:**

- Gaisa tīrītāja tips un aizsērējuma pakāpes
- Degmaisījuma veidošanas sistēmas caurlaides spēkas
- Ieplūdes kanāla šķērsriezuma lauku garums, līkumu skaits un virsmas gludums.
- Degmaisījuma un gaisa  $t^\circ$ , karburatora trūkums ir obligāta gaisa un degvielas sildīšana, lai veidotos degmaisījums. Šo īpašību var izjust braucot naktī, vai pēc lietus.
- Pildījuma koeficientu ietekmē cilindrā palikušo gāzu daudzums.
- Kloķvārpstas griešanās ātrums – tam pieaugot, pildījums samazinās
- Degkameras forma, ievērojami sekmē darba maisījuma efektīgu samaisīšanos. Katrs auto ražotājs veic šajā jomā pētījumus un atsevišķiem ražotājiem ir ievērojami panākumi šajā jomā.

**Lūk daži no risinājumiem darba maisījuma efektīgai sagatavošanai:**

a – virpuļa jeb rotējošas plūsmas veidošanās, pateicoties īpašam ieplūdes vārsta novietojumam attiecībā pret ieplūdes kanālu gan vertikālā, gan horizontālā plaknē.

b – kanālā, kurā atrodas vārsts, ir izveidota viļņveida konfigurācijas degmaisījuma savirpuļošanās zona

(a un b) Šie pasākumi ne tikai uzlabo degmaisījuma sajaukšanas procesu, bet intensīvi dzesē vārstus.

- **Virzuļa grupas tehniskais stāvoklis**

Pie lieliem izdilumiem, virzulim tuvojoties maiņas punktiem (arī augšā) un mainot kustības virzienu, notiek intensīva virsmu dilšana, kas ietekmē ne tikai pildījumu, bet arī palielina eļļas patēriņu un bojā gredzenus.

**Pildījuma koeficientu vidējās vērtības dzinējiem bez pūtes :**

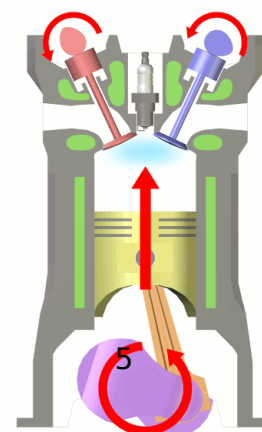
4 – taktu dzinēju **0,6...0,85**

2 – taktu dzinēju 0,5...0,7

Dīzeļdzinēju **0,75...0,9**

## 2.Takts(saspiešanas takts).

**Pārvietojoties no ZMP uz AMP, pašā sākumā ieplūdes vārsts vēl ir atvērts un degmaisījums vai gaiss turpina ieplūst**(Skat. Att. Nr.2.) neskatoties uz spiediena pieaugumu. Tas notiek ieplūstošās masas inerces dēļ. Modernos dzinējos vārsts aizveras tikai tad (pēc teorētiskiem aprēķiniem), kad spiediens vairs nepieaug. Jo lielāki ir dzinēja apgriezieni un plašāk atvērta drosele, jo vēlāk jāaizveras ieplūdes vārstam. (Tādēļ ātru apgriezienu dzinēji uz maziem apgriezieniem attīsta niecīgu jaudu).



Attēls Nr.2

Autorūpniecības praksē izvēlas kompromisa variantus. (Izvēlas vidējās gāzes sadales fāzes vērtības), bet jaunākos modeļos iet divus ceļus

- 1) Maina gāzes sadales fāzes, atkarībā no apgriezieniem
- 2) Maina ieplūdes kanālu garumu
- 3) Palielina maza diametra ieplūdes vārstu skaitu, piem: Honda, Nissan uzstāda 3- 4 ieplūdes vārstus, kuri ar aizvēršanos aizkavējas vismazāk.

Kad vārsti aizveras, sākas saspiešana, parasti sasniedzot vērtību

$$E = 8 - \frac{12kg}{cm^2} \text{ (Bāri)}$$

$$0,8 - 1,2 \text{ MPa}$$

Temperatūrai sasniedzot +300...400 °C.

Kad virzulis atrodas 5 - 30° kloķvārpstas pagriezienā leņķa tuvumā AMP (īsi pirms AMP) degmaisījumu ar dzirksteli aizdedzina. Tajā brīdī notiek neliela degšanas aizture, ko sauc par liesmas frontes formēšanas laiku.

Par cik degšana ir ļoti sarežģīta ķīmiska reakcija, kura vēl šobrīd nav pilnībā izpētīta, tad degmaisījuma aizdegšanās aizkavēšanās ir atkarīga no t° samaisīšanas, jeb turbolences pakāpes un saspiešanas spiediena. Vidēji pieaugot apgriezieniem, aizdedzes apsteidze ir 25 - 30° pēc kloķvārpstas pagrieziņa leņķa, bet strauji atverot droseli, tai jāsamazinās līdz 8 - 10°. Precīzi to regulēt spēj tikai elektronika.

Degmaisījuma kustība cilindrā, modernas degkamberas gadījumā, kad virzulis tuvojas AMP

Spēki, kas darbojas uz virzuli, kad tas tuvojas AMP

$M_1$  – griezes moments no pirksta berzes virzuļa pielējumos klanim pagriežoties

P – saspiežamās gāzes spiediens visā virzuļa virsmā „labvēlīgāks” tad, ja virzuļa virsma plakana, bet modernos automobiļos tas tā nav

$M_2$  – kompensējošais moments virzuļa pirksta novietojuma dēļ (novirzīts no simetrijas ass vidēji pa 1-2mm)

Nozīmīgs faktors dzinēja darbības efektivitātē ir virzuļu gredzenu augstums, jo tas augstāks (gredzens biezāks), jo nelabvēlīgāki spēki, kas uz to iedarbojas, ir lielāki, tādēļ cenšas samazināt kompresijas gredzenu skaitu un to izmērus, kas ir viens no grūtākiem virzieniem dzinēja darbības uzlabošanā.

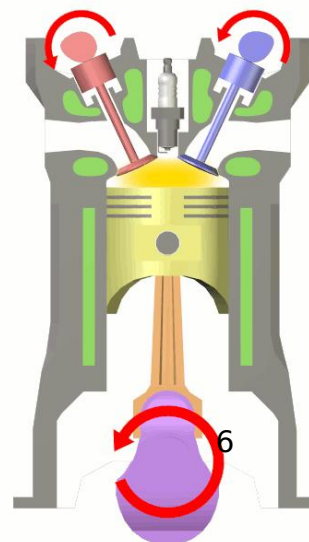
### 3. Takts (Darba takts).

Darba takts laikā degviela jau sākusi degt un tā sasniedz savu kulmināciju.

Temperatūru 2500° un spiedienu 3...6 Mpa (Skat. Att.Nr.3.)

Sadegšanas ātrums un efektivitāte ir cieši saistīta ar degkamberas formu, virzuļa galvas formu, degmaisījuma sadegšanas frontes pārvietojuma virzienu, degmaisījuma sastāvu un tā sagatavošanas paņēmieni-ārpuskamberas, vai degkamerā, kā arī no reakcijai atvēlētā laika (cik ātri griežas kloķvārpsta)

Sevišķa nozīme ir gaisa pāruma koeficientam, ko apzīmē ar  $\alpha$ , kurš norāda uz cilindrā faktiski ievadītā gaisa daudzumu pret teorētiski nepieciešamo.



Ja  $\alpha = 1$  – to sauc par **normālu** degmaisījumu

Ja  $\alpha < 1$  - tas nozīmē gaisa trūkumu, un veidojas **trekns** degmaisījums

Ja  $\alpha > 1$  – ir gaisa pārpalikums un veidojas **liess** degmaisījums

Attēls Nr. 3.

Automobiļiem  $\alpha$  vērtība svārstās no 0,7 līdz 1,5. Ja  $\alpha$  vērtība ir 0,85-0,90, tad sadegšana notiek ar vislielāko ātrumu. Parasti vidējais degšanas ātrums ir 20 – 40m/sek., pie detonācijas 1000-2000m/sek.

**Siltuma plūsma no karstās gāzes uz virzuli.:**

$Q_1$  - siltuma plūsma no virzuļa caur augšējo gredzenu uz cilindru 50 – 60% Q

$Q_2$  - siltuma plūsma no virzuļa caur vidējo gredzenu 15 – 20% no Q

$Q_3$  - siltuma plūsma no virzuļa vadotnes 10 – 15%

$Q_4$  un  $Q_5$  - ir siltums, kas izplūst karterī 10 – 20% Q, kurš uzskatāms par normu.

Tiklīdz virzuļa grupas nodilums pieaug, siltuma daudzums, kurš aizplūst uz karteri, palielinās, kā rezultātā eļļa oksidējas un lēnām iziet no ierindas. Siltuma aizvadīšana ir viens no svarīgākiem un sarežģītākiem procesiem.

Alumīnija sakausējuma detaļas **nedrīkst** sakarst virs **350°C**.

**Pret detonāciju dažādas firmas cīnās dažādi :**

- 1) Aizdedzes apstiedzes lenķa maina katram cilindram individuāli, noņemot parametrus no pretdetonācijas devēja
- 2) Tiristoru aizdedzes – dod nepārtrauktu dzirksteļu kūli ar noteiktu frekvenci
- 3) Divas sveces uz cilindru, piemēram, Toyota, Nissan un Alfa Romeo
- 4) Samazinot dzesēšanas vides sienīņu biezumu (bet tas padara motora konstrukciju mazāk izturīgu)
- 5) Palielinot dzesētājšķidruma kustības ātrumu vai dzesētājsistēmas radiatora izmērus un dzeses laukumu
- 6) Samazinot dzesēšanas sistēmas  $t^{\circ}$  optimālā 90-95Celsija grādu līdz 80-85 C

Ja sadegšanas ātrums pārsniedz m/s, ja galvai un virzulim daudz uzdegumu, vai arī pārāk „karsta” aizdedzes svece, iespējama kvēlaizdedze.

Kvēlaizdedzes gadījumā sveces un galvas, un virzuļu piedegumu virsmas sakarst virs apmēram **700°**.

**Lai novērstu kvēlaizdedzi, pieņem sekojošus risinājumus:**

- 1) Samazina aizdedzes sveču diametru
- 2) Noslēdz degvielas padevi dzinēju apstādinot
- 3) Pulē iekšējās virsmas virzulim un galvai

Virzulim tuvojoties **ZMP**, spiediens krīt līdz **0,3 - 6 MPa** un  $t^{\circ}$  samazinās

līdz **1000 - 1300°C**, dīzeļdzinējs **800-900°C**.

Zīm.Nr.9 Gredzenu darbs nolietotā dzinējā

**Virzulim mainot savu kustības virzienu, notiek nevienmērīga izdiluma veidošanās un nodiluma vietas veidojas sekojošs**

- a) Virsma, kura dilst pie lielām slodzēm un mazu kloķvārpstas griešanās ātrumu
- b) Papildus nodilums pie lielas kloķvārpstas griešanās ātruma un mazas slodzes

## 4.Takts(Izplūdes takts)

Virzulis pārvietojas no **ZMP uz AMP** un gāzes izplūst ar **0,1 - 2 MPa** spiedienu. (Skat.Att.Nr.4) Izplūdes vārsta galva sakarst līdz **660- 700 °C** temperatūrai, kā rezultātā vārsts ir intensīvi jādzesē. Siltuma ietekmē tāda svarīga vieta kā vārsta kāts, palielina savu diametru no **0,02 - 0,03 mm**.

**Temperatūra un siltuma plūsmas, kuras iedarbojas uz vārsta kātu un galvu.**

$Q_1$  - siltums no sadegušām gāzēm cilindrā

$Q_2$  - siltums, kurš tiek novadīts caur vārstsēžu **70 - 80 %**

$Q_3$  - siltums, kurš novadās **no vārsta kāta** uz **vadīklu** **10 - 15%**

$Q_4$  - siltums, kas aizvadās ar izplūstošām gāzēm

Palikušo gāzu daudzumu raksturo palikušo koeficients  $Y$ .

**Par palikušo gāzes koeficientu sauc palikušo gāzu svaru attiecību ( $G_o$ ) pret svaiga degmaisījuma svaru  $G_d$**

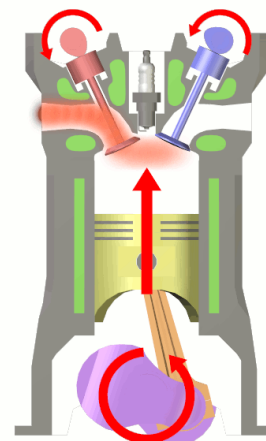
$$Y = \frac{G_o}{G_d} \text{ un tas ir}$$

**4 - taktu benzīna dzinējiem - 0,06..0,16**

**4 - taktu Dīzeļdzinējiem - 0,03 - 0,06**

Šis koeficients būtiski nosaka dzinēja darbības efektivitāti, un to ietekmē sekojoši faktori:

- 1) Izplūdes kanālu šķērsriezuma laukums un trokšņu slāpētāja hidrauliskā pretestība
- 2) Dzinēja kloķvārpstas palikušo gāzu koeficients aug
- 3) Degkammeras konstrukcija un vārstu novietojums - tādēļ modernos automobiļos ir 2 izplūdes vārsti, parasti lenķī pret virzuļa simetrijas asi
- 4) Gāzu sadales fāzes - cenšas paildināt vārstu vaļā stāvēšanas laiku, kas pasliktina dzinēja darbību pie zemiem apgriezieniem
- 5) Palielina kompresijas pakāpi - tai pieaugot, koeficients samazinās, jo samazinās degkammeras tilpums
- 6) Palielinot svaigā degmaisījuma daudzumu un spiedienu cilindrā, it īpaši pūtes gadījumā, paliekošo gāzu daudzums samazinās



Attēls Nr.4

## Motora siltuma bilance

Nosaukums	Benzīna dzinējs %	Dīzeļdzinējs%
-----------	----------------------	---------------



$Q_1$	Motorā sadedzinātais siltuma daudzums	100	100
$Q_2$	Pārvēršas lietderīgā darbā	20-35	32-38
$Q_{dz}$	Dzesēšanas sistēmas zudumi	20-35	20-32
$Q_g$	Aizvada ar izplūstošām gāzēm	30-40	25-30
$Q_m$	Zudumi, kas saistās ar berzi pārvados un palīgagregātu piedziņu	15-15	15-20

### Izmantotie avoti

1.Mācību centrs „RIMAN,, , AUTOMOBILU UZBŪVE, Rīga, 2008., 205 lpp.

2.Latvijas Lauksaimniecības Universitāte, Miķelsons Z., PīrsV. SPĒKRATU KONSTRUKCIJAS, Jelgava, 2008., 199 lpp.

3. Basshuysen Richard, Schafer Fred- Handbuch Verbrennungsmotor, ATZ-MTZ Fachbuch 2008.

4. Grunden Dusan, Auto und Umwelt, ATZ-MTZ Fachbuch 2008.

5. Jack Erjavec, AUTOMATIVE TECNOLOGY, A systems approach DELMAR Cengage Learning, USA, 2010.

6. James D. Halderman , AUTOMOTIVE TECNOLOGY, Principles, Diagnosis, and Service, PEARSON Pretice Hall, USA, 2009.

Diesel Engine Management Systems.

Including Pin Data For vehicles introduced between 1996-2008.

/ volume 5./

14. Heinz Heisler

Advanced engine technology Head of Transport Studies, The College of West London, Willested centre

London, ELSEVIER Butterworth Heinemann 2008.

15. Jack Erjavec

AUTOMATIVE TECNOLOGY

A systems approach

DELMAR Cengage Learning, USA, 2010.

16. James D. Halderman

AUTOMOTIVE TECNOLOGY

Principles, Diagnosis, and Service

PEARSON Prentice Hall, USA, 2009.

17. Robert Bosch GmbH

Safety, Comfort and Convenience Systems

John Wiley & Sons LTD, 2006.

18. Interneta saites:

<http://www.carsoft.ru/index.html>

<http://ene.auto.vl.ru/>

Programmu sastādījis skolotājs

Ivars Asnis