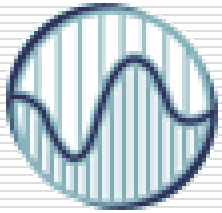


Висока школа електротехнике и
рачунарства струковних студија

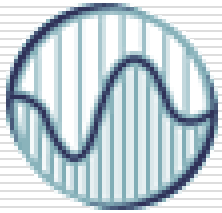
СИСТЕМИ ПАЉЕЊА И УБРИЗГАВАЊА У БЕНЗИНСКИМ МОТОРИМА

- Принцип рада, захтеви, карактеристике
- Горива
- Сагоревање



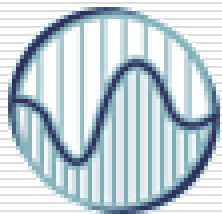
УВОД

- 1860 год. Леонар конструише први клипни мотор са унутрашњим сагоревањем који је усисавао гасну смешу коју је палио варницом на пола хода клипа од од СМТ након чега је вршена експанзија и издувавање. Мотор је радио без претходног сабијања тако да је степен корисности био минималан због чега овакав мотор није могао конкурисати парној машини.
- 1862 год. Бо д`Роша је дефинисао теоријски процес четворотактног мотора и показао, да ради побољшања ефикасности, мотор мора извршити сабијање смеше пре сагоревања.



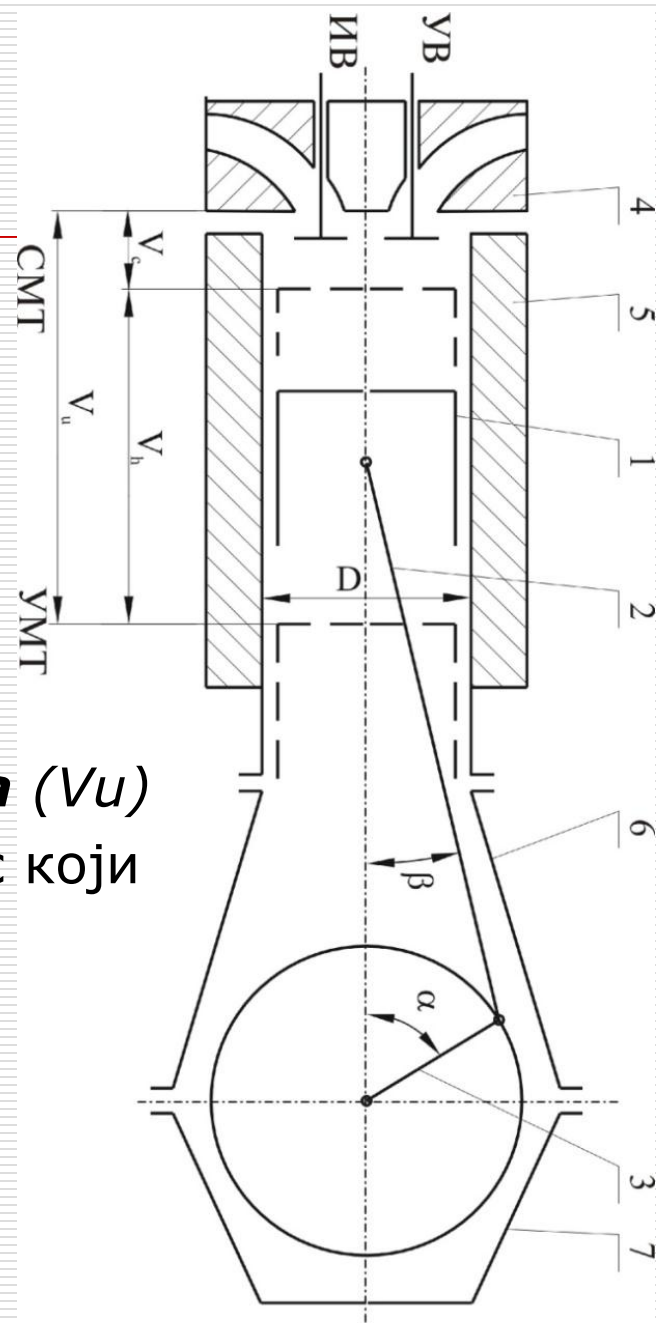
УВОД

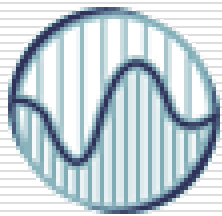
- 1876 год. Ото Николаус реализује први гасни клипни мотор који је радио по четворотактном принципу, са сабијањем гасне смеше и упаљењем помоћу електричне варнице, тако да је поседовао релативно повољан степен корисности. Такав мотор наставио је да се усавршава све до данашњих дана.
- 1882 год. Клерк је реализовао гасни мотор који је радио у два такта.
- 1886 год. Даимлер и Бенз су искористили клипни мотор за покретање путничког аутомобила, након чега је уследио брз развој мотора.



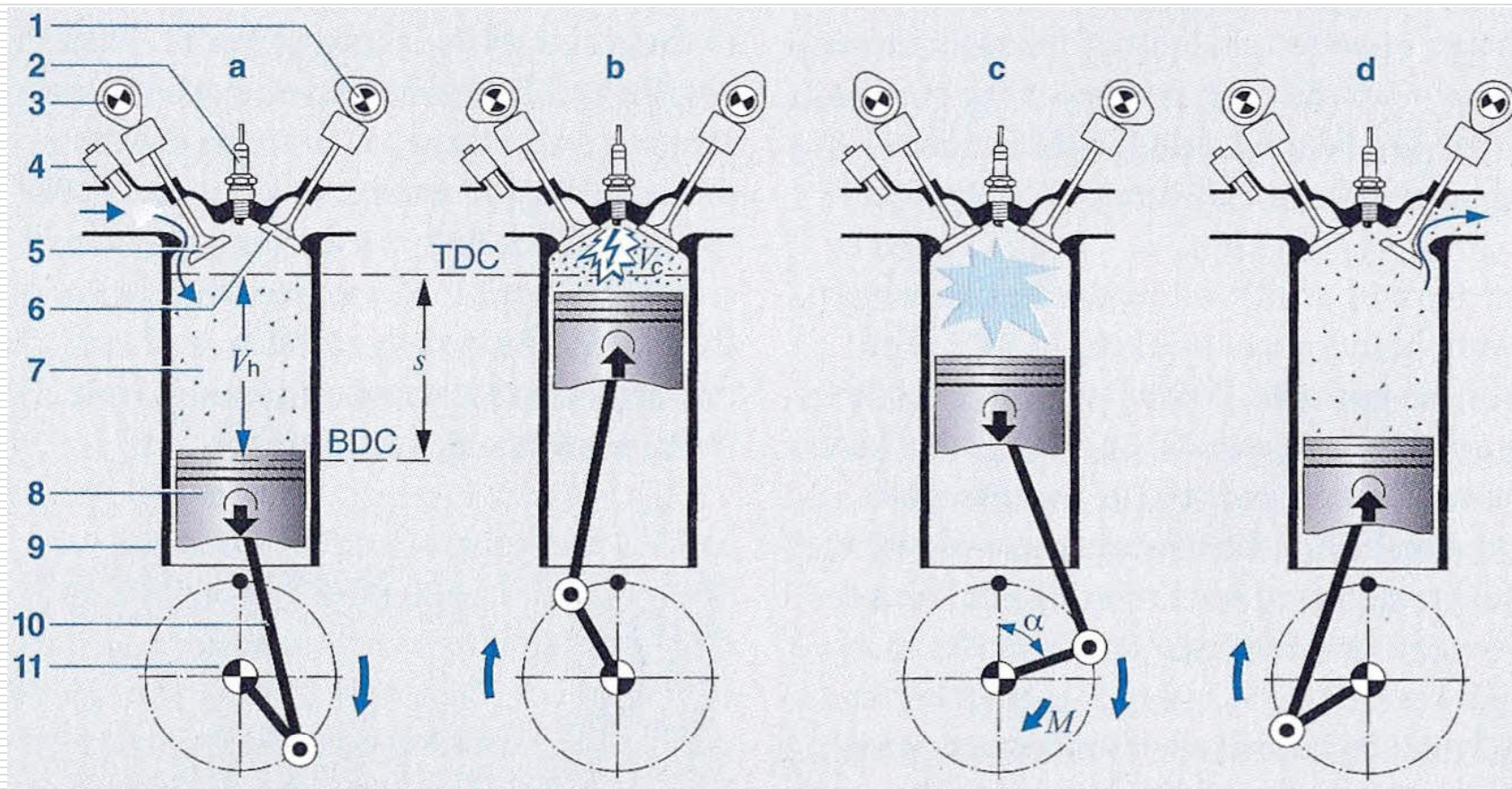
ПРИНЦИП РАДА

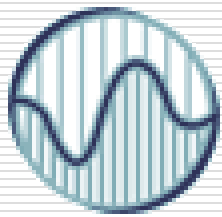
- ❑ **Спољна мртва тачка (CMT)**
- ❑ **Унутрашња мртва тачка (УМТ)**
- ❑ **Такт**
- ❑ **Ход клипа (S)**
- ❑ **Радна запремина (V_h)**
- ❑ **Компресиона запремина (V_c)**
- ❑ **Укупна запремина радног простора (V_u)**
- ❑ **Степен компресије ($\varepsilon=7-13$)** је однос који показује колико је пута већа укупна запремина од компресионе запремине
- ❑ **Коефицијент пуњења (η_v)**



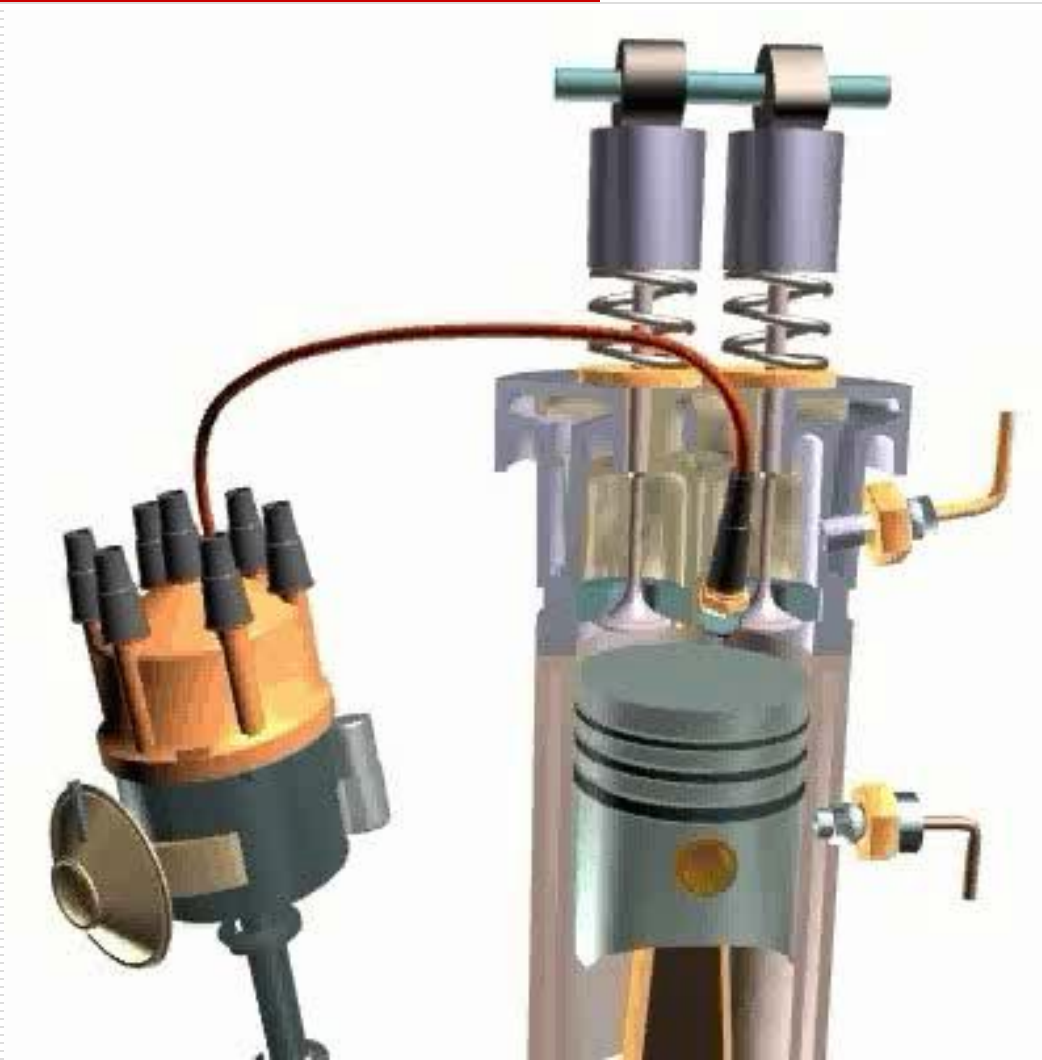


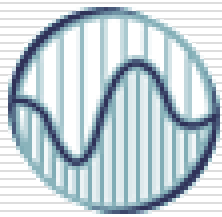
ПРИНЦИП РАДА



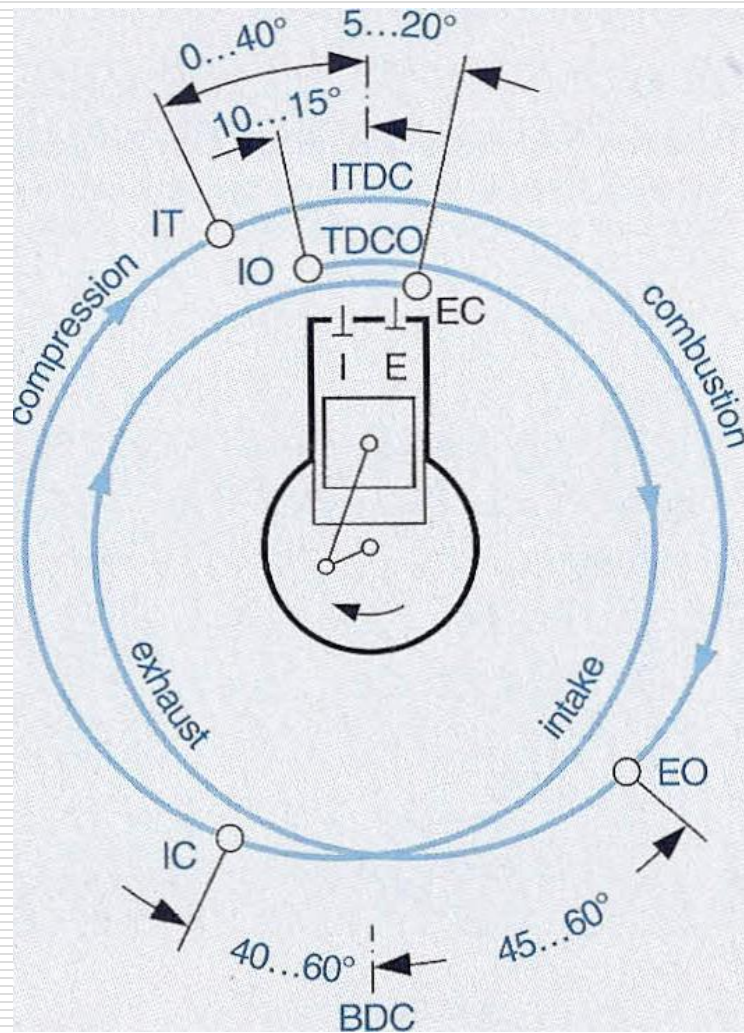


ПРИНЦИП РАДА

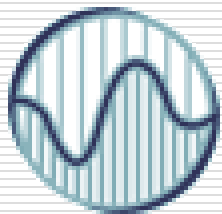




ШЕМА РАЗВОДА



I	Intake valve
IO	Intake valve opens
IC	Intake valve closes
E	Exhaust valve
EO	Exhaust valve opens
EC	Exhaust valve closes
TDC	Top Dead Center
TDCO	Overlap at TDC
ITDC	Ignition at TDC
BDC	Bottom Dead Center
IT	Ignition point

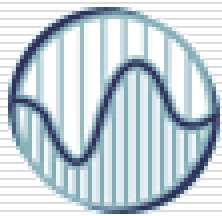


ГОРИВА

Под горивима се подразумевају материје које сагоревањем у цилиндарском простору мотора ослобађају топлоту која омогућава рад мотора СУС.

Горива за моторе СУС садрже велики број органских једињења, која се могу поделити у три групе:

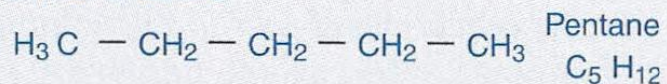
- угљоводоници,
- органска једињења са кисеоником, сумпором и азотом (OSN) и
- адитиви.



ГОРИВА

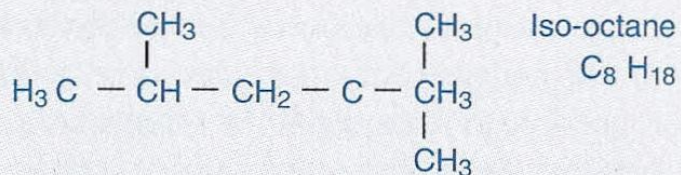
Standard paraffins:

Linear structure



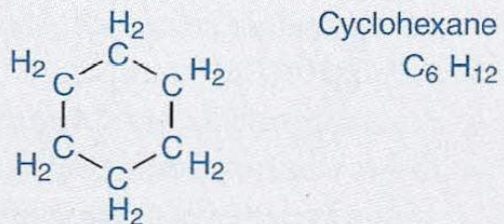
Iso paraffins:

Branched structure



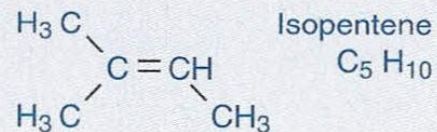
Naphthenes:

Basic ring structure



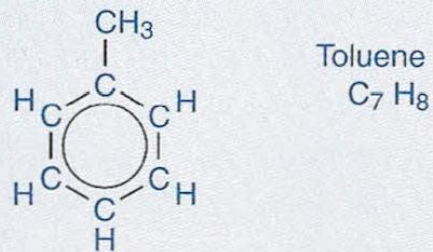
Olefins:

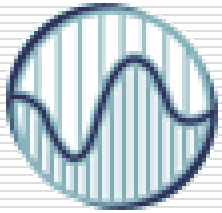
Linear or branched structure
with double bond



Aromatics:

Basic ring structure with
benzene ring



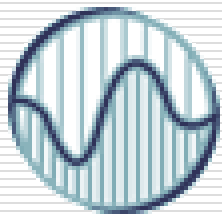


ГОРИВА

Течна горива

Предности течних нафтних горива су:

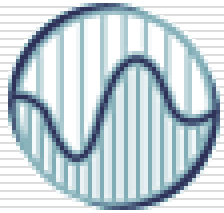
- релативно добре енергетске карактеристике,
- једноставна манипулација ,
- разграната дистрибутивна мрежа и
- велико искуство у конструисању мотора са погоном на течна нафтна горива.



ОПШТЕ О ГОРИВИМА

Основни захтеви за горива:

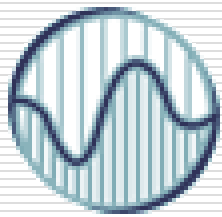
- да има висока енергетска својства,
- да се лако меша са ваздухом при свим радним условима мотора,
- да има велику брзину сагоревања,
- да сагорева без талоба, пепела и остатка,
- да је хемијски стабилно,
- да не изазива корозију,
- да се лако складишти,
- да се њиме лако манипулише и
- да при сагоревању не ствара токсичне продукте.



ОПШТЕ О ГОРИВИМА

Продукти потпуног сагоревања горива:

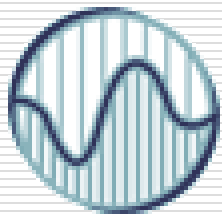
ТОПЛОТА+ВОДЕНА ПАРА+УГЉЕН ДИОКСИД



ОПШТЕ О ГОРИВИМА

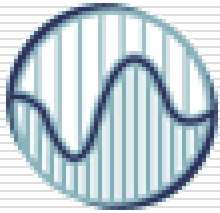
Продукти непотпуног сагоревања горива:

- угљен моноксид, CO , доводи до опасног тровања,
- несагорели угљоводоници, HC , делују канцерогено и иритирају слузокоже дисајних органа и очију,
- азотови оксиди, NO_x , веома токсични и утичу на стварање киселих киша,
- емисија честица чађи и дима, карактеристично за дизел моторе,
- оловни оксиди, веома токсични, карактеристично за ото моторе (**не више**).



ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕНЗИНА

- густина горива [око 720-750 kg/m³](на 15 °C),
- доња топлотна моћ горива, [44 MJ/kg]
- стехиометријска количина ваздуха,
- границе упаљивости,
- вискозност [mm²/s](на 20/40 °C),
- температура паљења,
- температура самопаљења 850–900 K,
- отпорност на детонацију – октански број,
- крива дестилације или крива испаравања,
- садржај сумпора, мање од 10 mg/kg



ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕНЗИНА

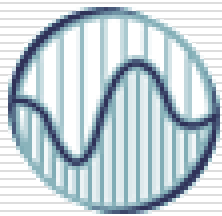
Стехиометријаска количина ваздуха, L_{min}

је минимална теоријска количина ваздуха неопходна за потпуно сагоревање 1 kg горива.

- За метан 15,3
- За бензин 14,7 – 14,9
- За алкоhole 7 – 10
- За гасна горива 15,2 – 15,3

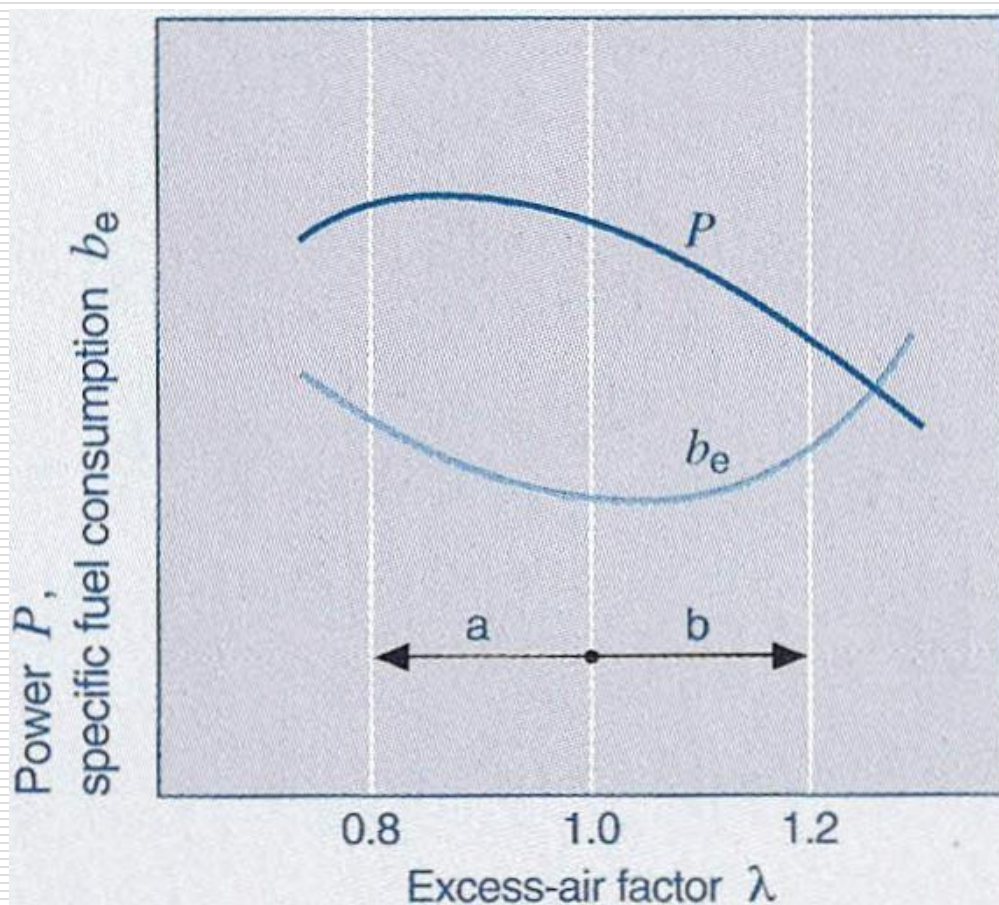
Коефицијент вишка ваздуха λ : $\lambda = L_{stv}/L_{min}$

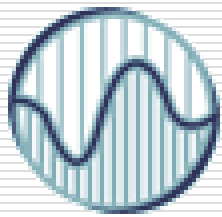
- $\lambda > \mathbf{1}$ - сиромашна смеша
- $\lambda = \mathbf{1}$ - стехиометријска смеша
- $\lambda < \mathbf{1}$ - богата смеша



ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕНЗИНА

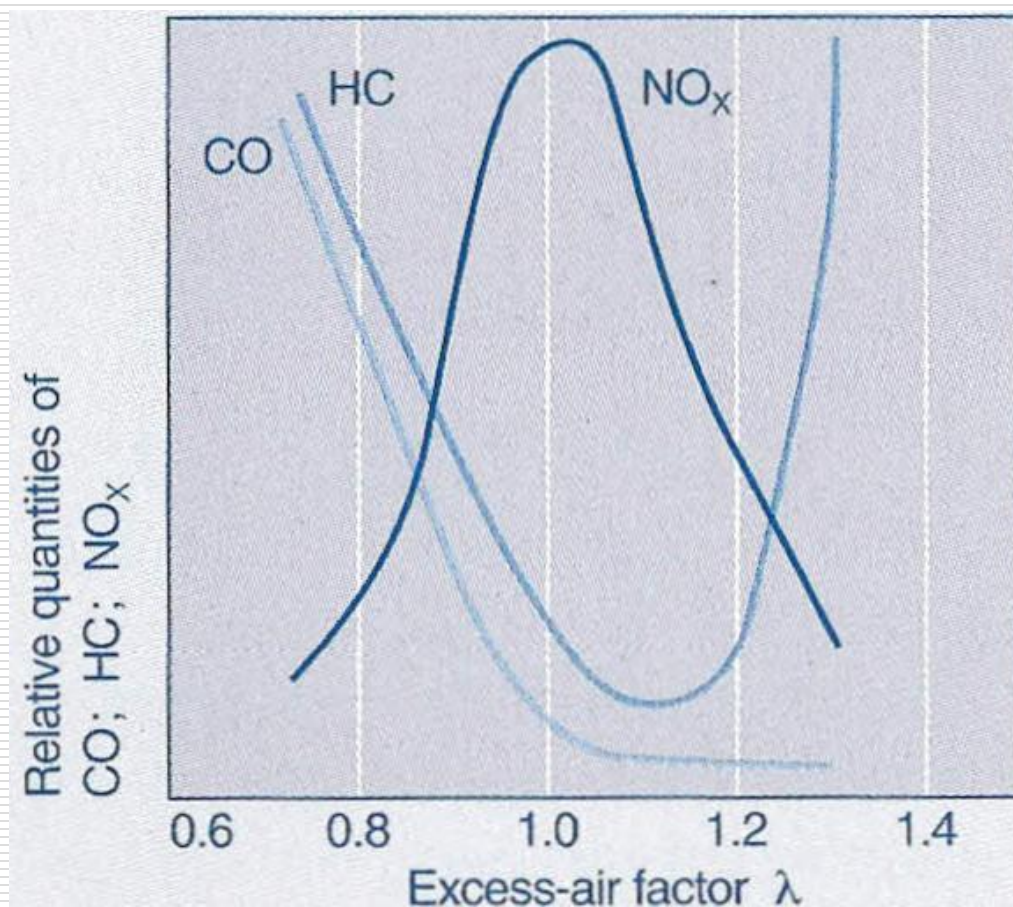
Утицај коефицијента вишка ваздуха на снагу мотора и
специфичну потрошњу горива

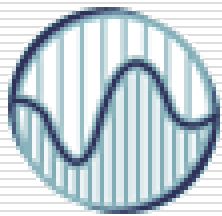




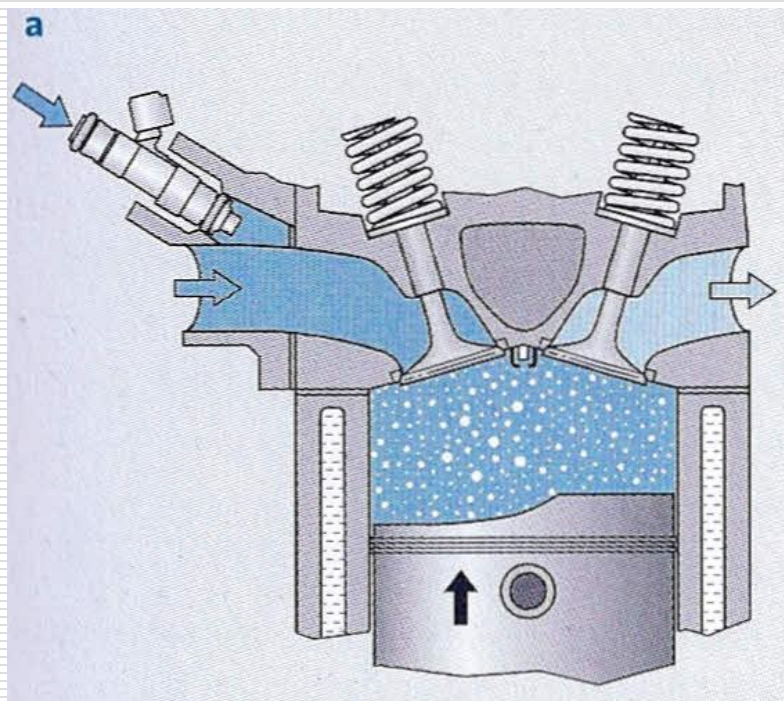
ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕНЗИНА

Утицај коефицијента вишка ваздуха на емисију издувних гасова

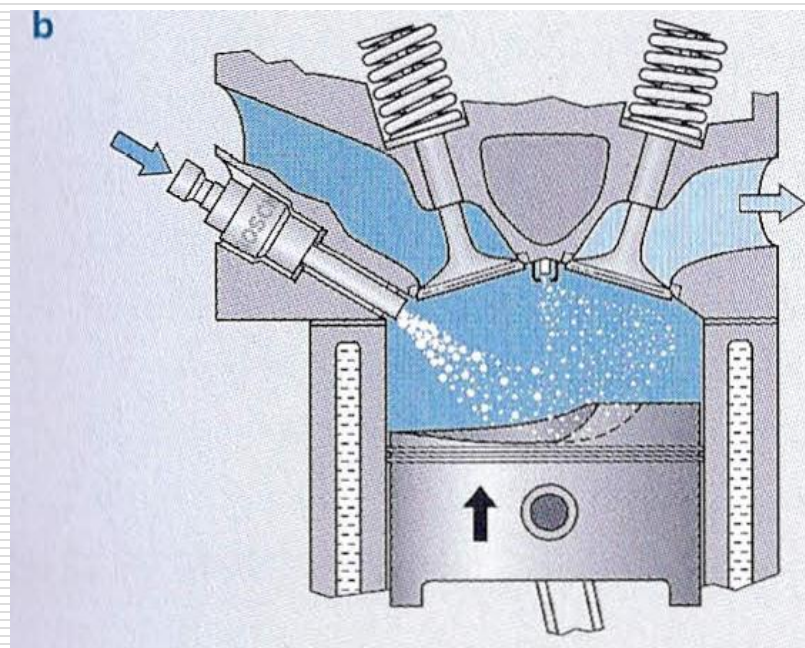




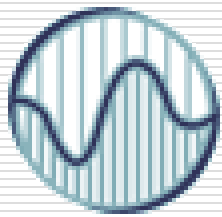
ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕНЗИНА



хомогена смеша



слојевито пуњење $\lambda \approx 10$



ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕНЗИНА

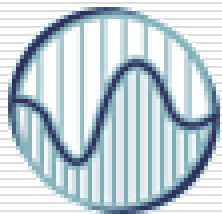
На неким режимима рада мотора: - при коришћењу неодговарајућег бензина, услед лоше конструкције коморе за сагоревање, лошег одржавања мотора, отежаних услова експлоатације може доћи до ненормалног сагоревања-детонативног сагоревања. Ова појава се објашњава појавом самопаљења дела смеше горива и ваздуха па долази до појаве више паљења чиме се образује ударни талас. Спољашњи показатељи детонативног сагоревања су метални звук, дим у издувним гасовима и прегревање мотора. Отпрност према детонативном сагоревању дефинише се преко **ОКТАНСКОГ БРОЈА** који је бројно једнак процентуалном садржају изооктана у смеси са нормалног-хептана, која у прописаним условима испитивања на стандардном мотору антидетонативно сагорева исто као и испитивани бензин.

истраживачки октански број IOB

моторски октански број MOV

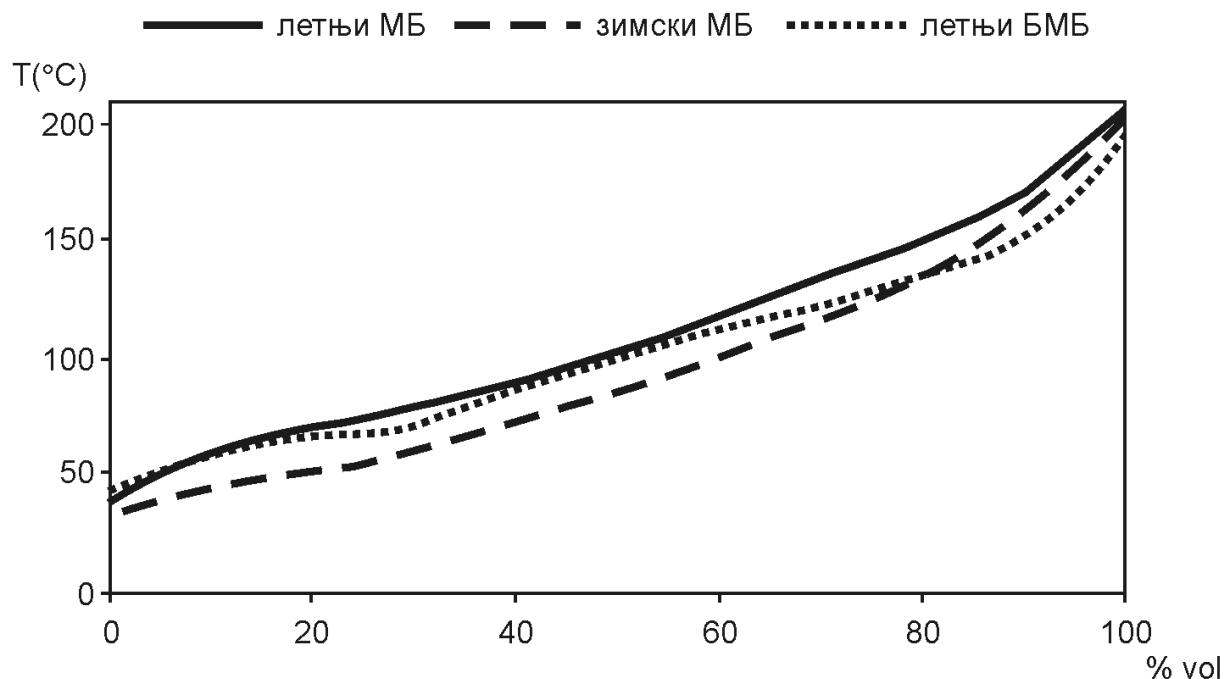
путни октански број POB

Додавање етра 3-15% и
Алкохола – етанола. Европа
5%, САД 10%, Бразил до 26%



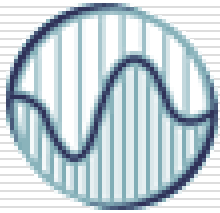
ФИЗИЧКО - ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕНЗИНА

Крива дестилације или крива испаравања



Температура на којој испари:

- 10% значајна за хладан старт
- 50% значајна за период загревања мотора
- 90% указује на присуство тежих фракција



ГОРИВА

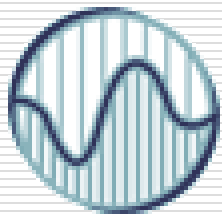
Гасна горива

Предности гасних горива су:

- брзо и лако се мешају са ваздухом , па једноставно образују смешу потребних карактеристика
- квалитетно сагоревају и при врло ниским температурама
- сагоревају без дима, остатака и талога
- продукти сагоревања имају повољен састав , чак и у погледу емисије CO₂
- лако образују хомогену смешу
- поседују високу отпорност на детонацију.

Гасна горива се деле на:

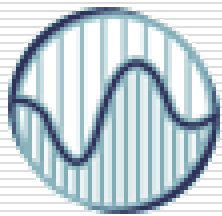
- елементарна (водоник)
- смеше више гасовитих компоненти (пропан-бутан) течни нафтни гас (ТНГ)
- компримовани природни гас (КПГ)



ГОРИВА

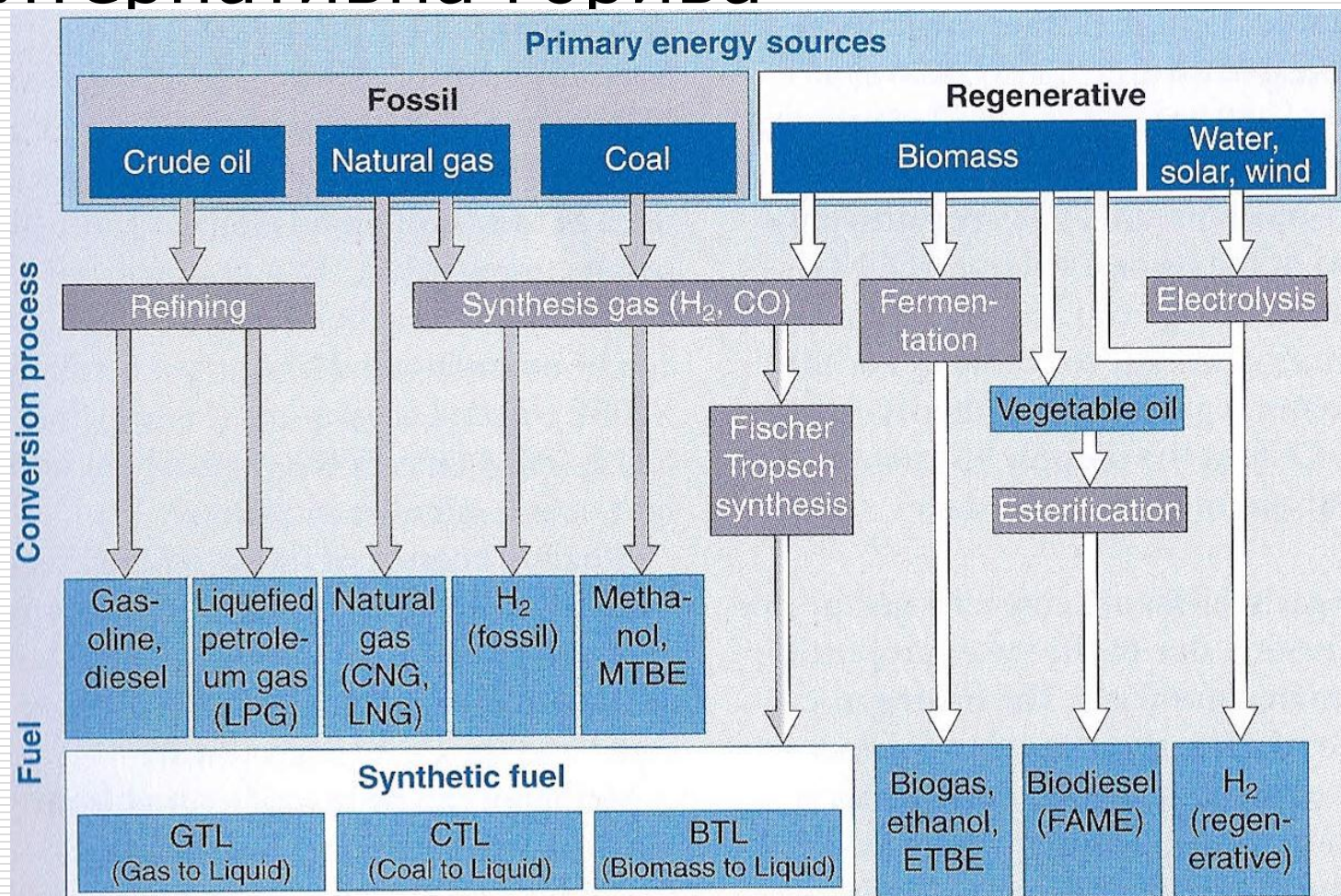
Адитиви

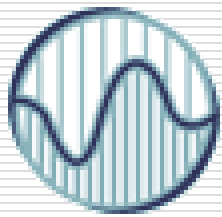
- Детерџенти
- Корозиони инхибитори
- Оксидациони стабилизатори



ГОРИВА

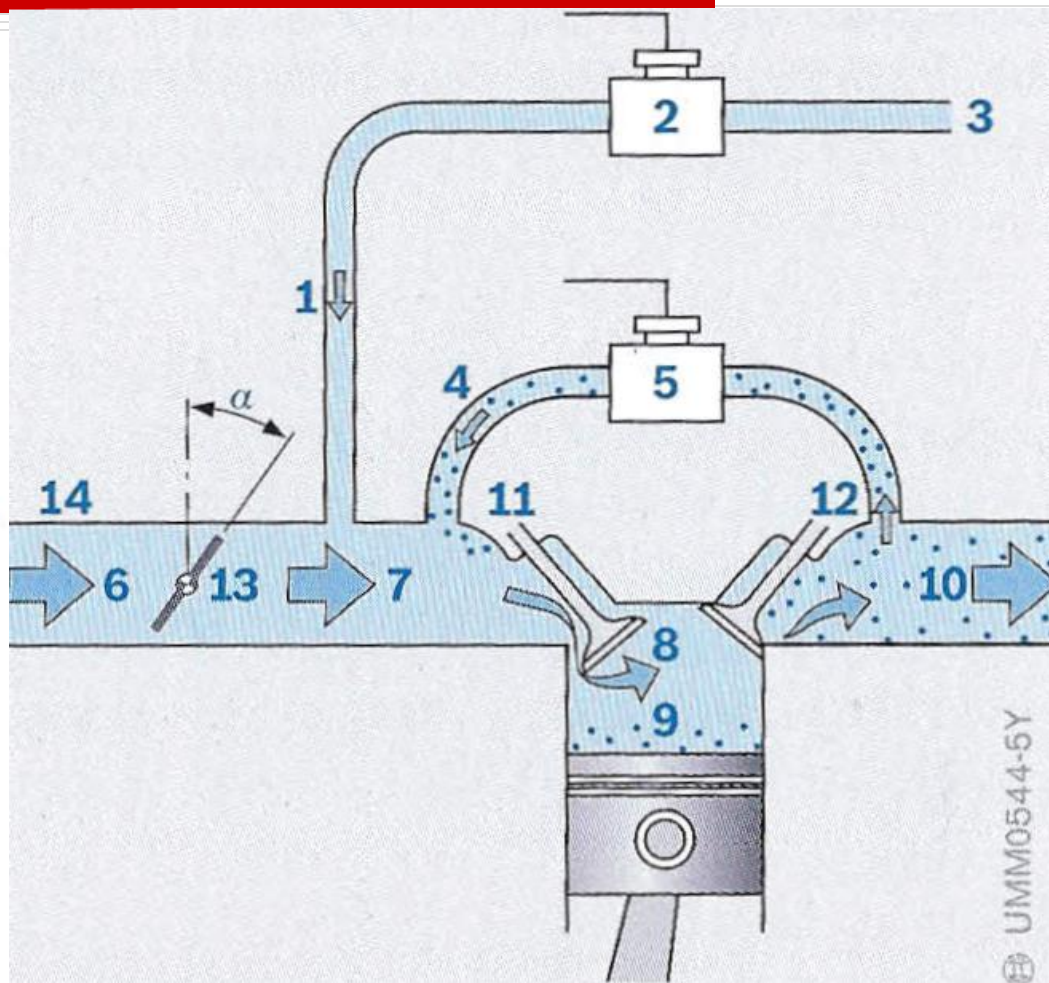
Алтернативна горива





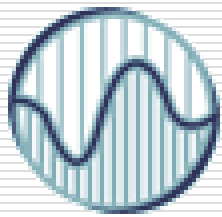
ПУЊЕЊЕ ЦИЛИНДРА

- 1 Air and fuel vapor (from evaporative-emissions control system)
- 2 Canister-purge valve with variable valve-opening cross-section
- 3 Connection to evaporative-emissions control system
- 4 Returned exhaust gas
- 5 Exhaust-Gas Recirculation valve (EGR valve) with variable valve-opening cross-section

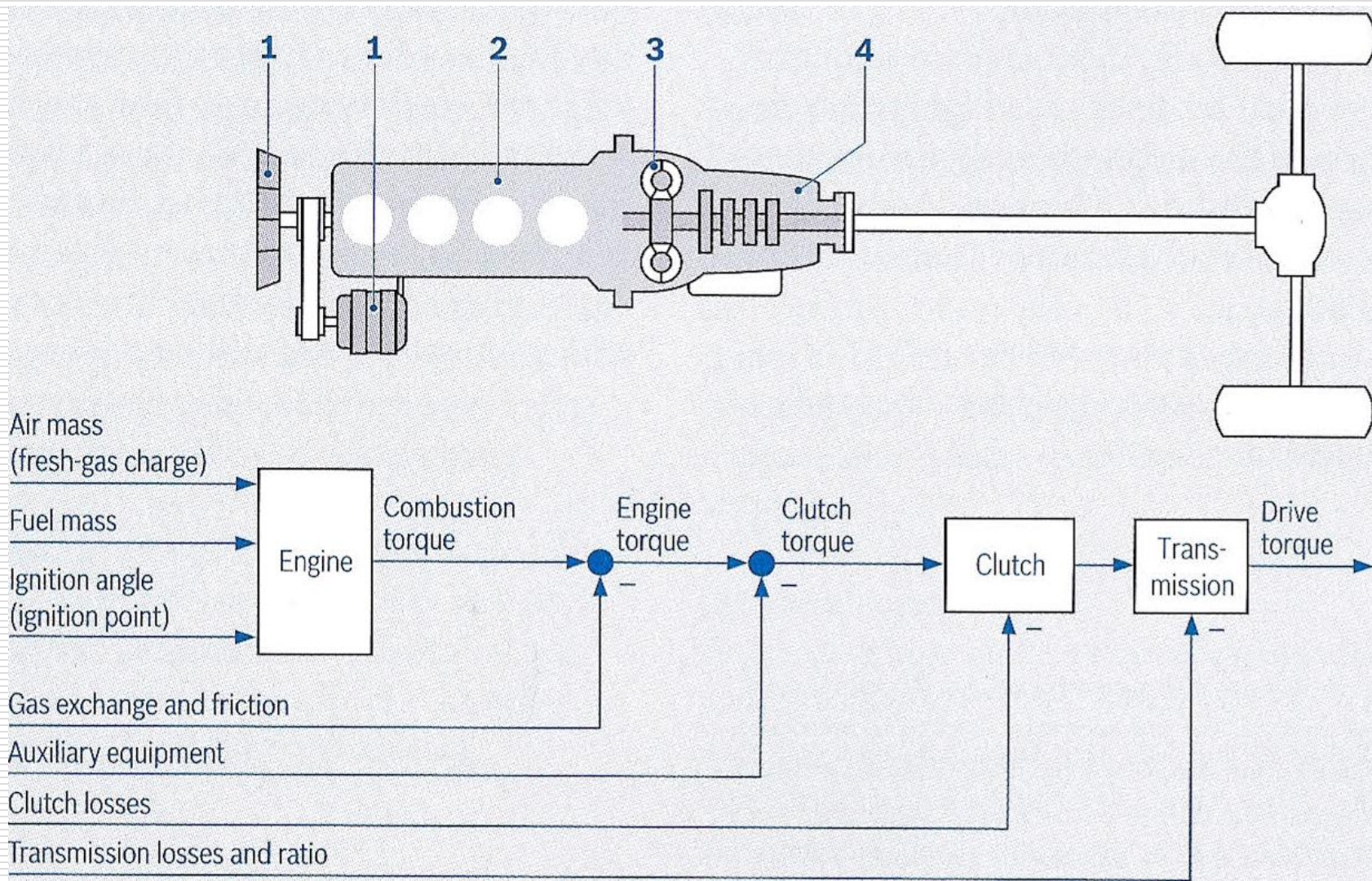


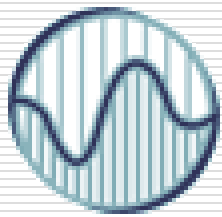
- 6 Air-mass flow (ambient pressure p_a)
- 7 Air-mass flow (manifold pressure p_m)
- 8 Fresh-gas charge (combustion-chamber pressure p_c)
- 9 Residual-gas charge (combustion-chamber pressure p_c)
- 10 Exhaust gas (exhaust-gas back pressure p_e)
- 11 Intake valve
- 12 Exhaust valve
- 13 Throttle valve
- 14 Intake manifold
- Throttle-valve angle

© UMM0544-5Y

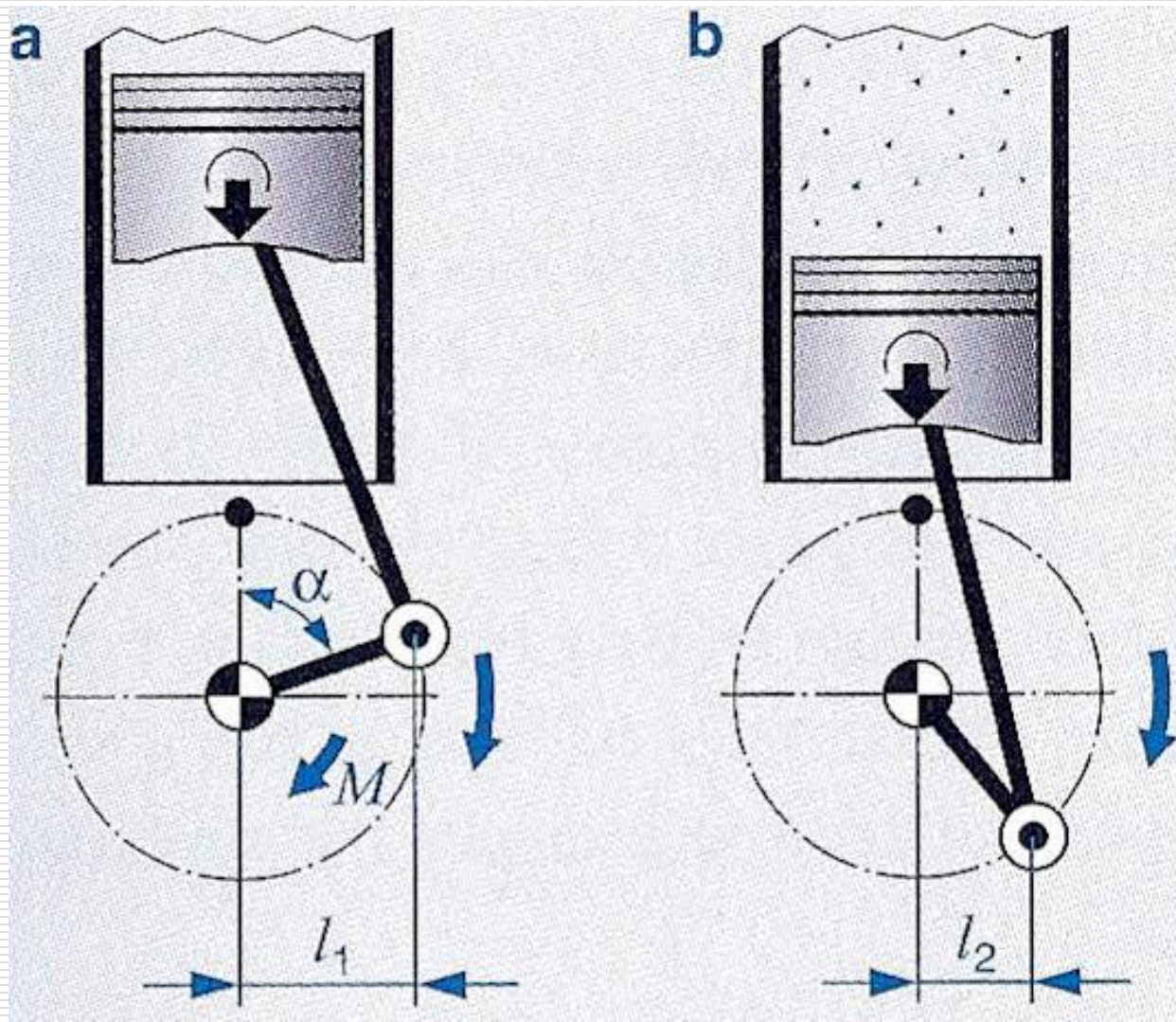


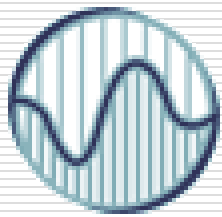
ОБРТНИ МОМЕНТ И СНАГА



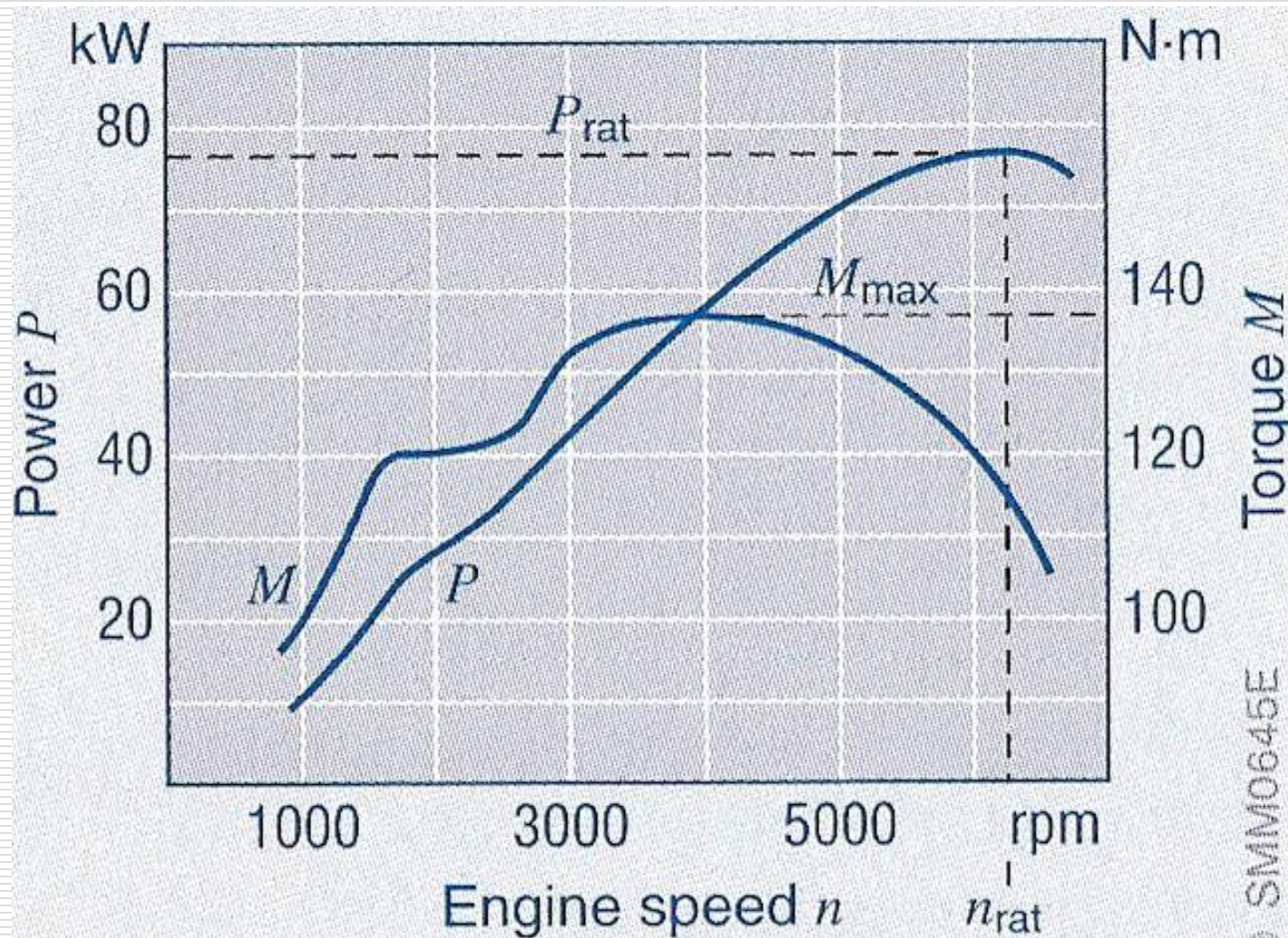


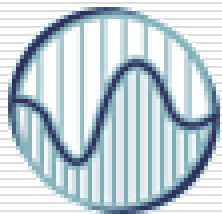
ОБРТНИ МОМЕНТ И СНАГА



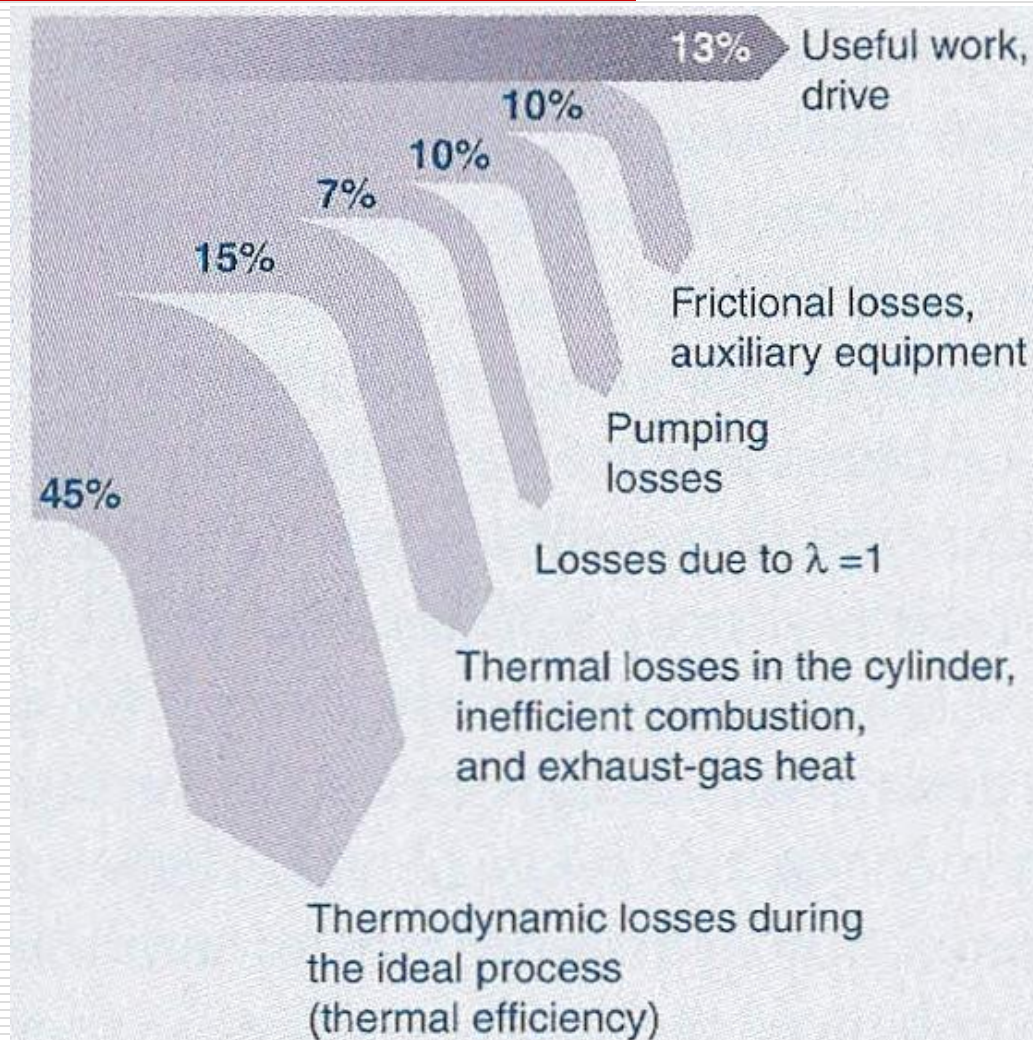


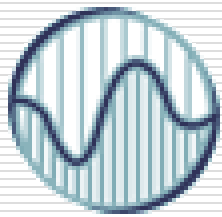
ОБРТНИ МОМЕНТ И СНАГА



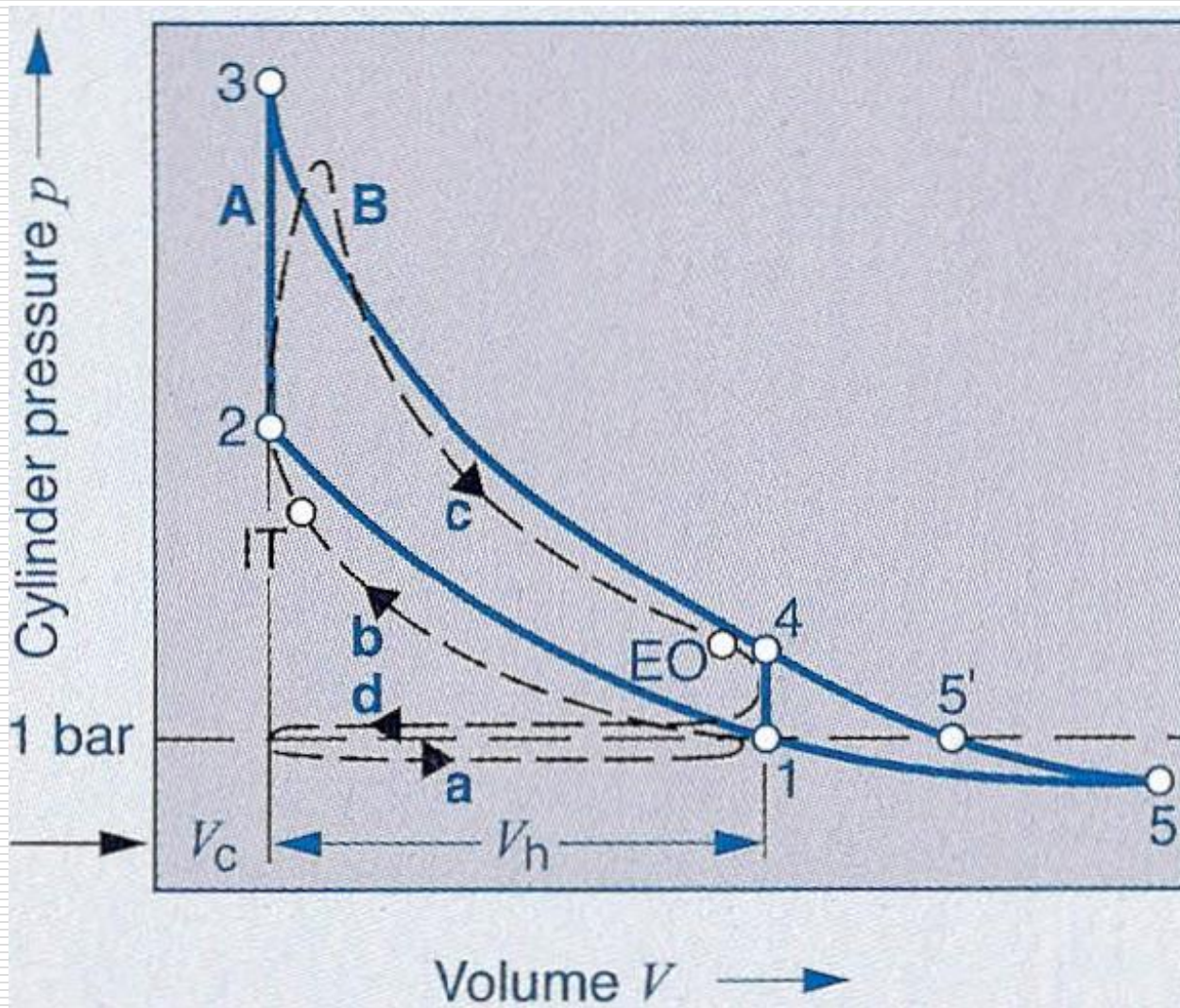


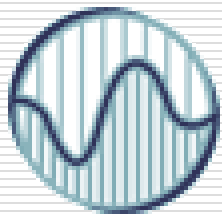
ЭФИКАСНОСТ МОТОРА



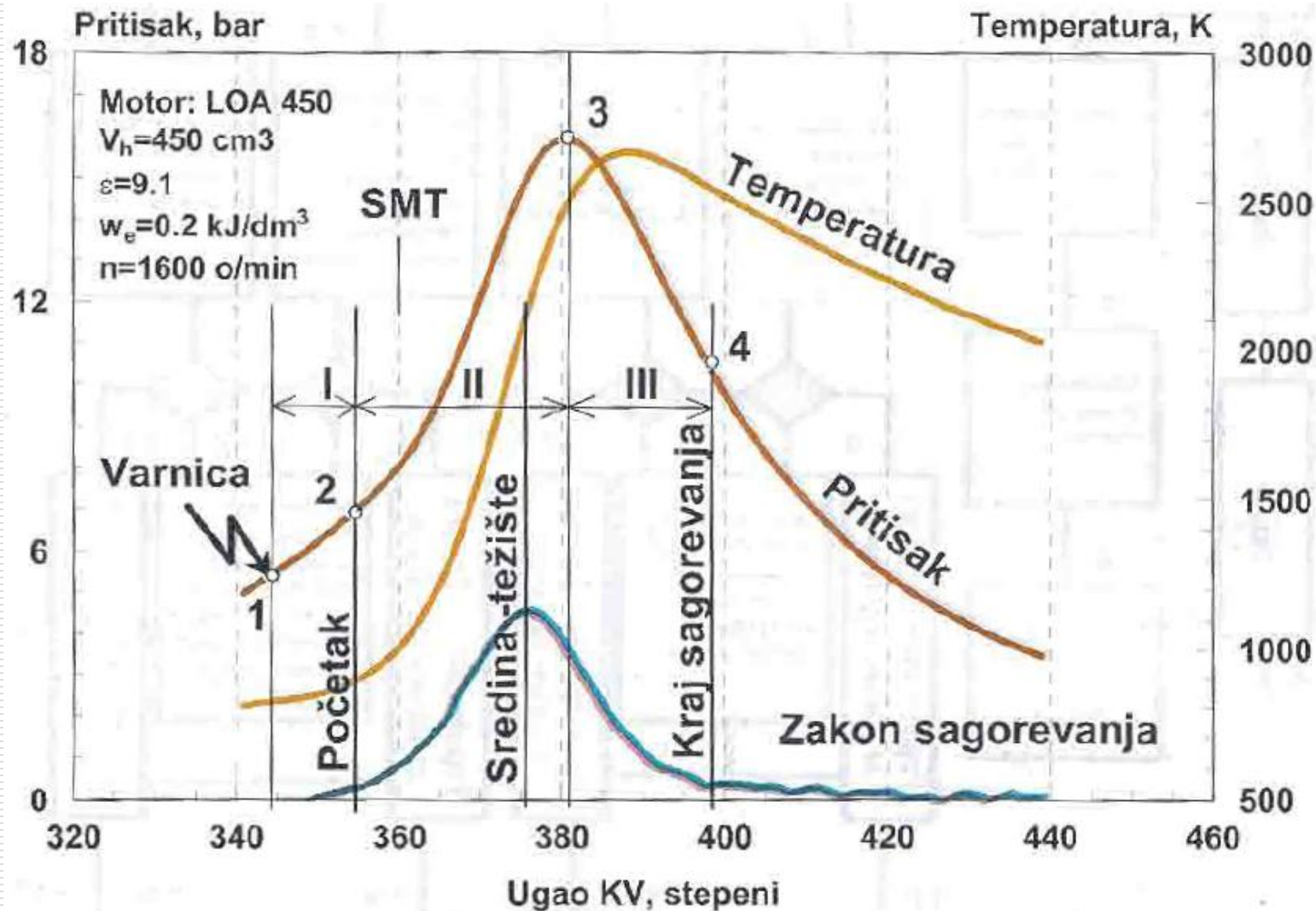


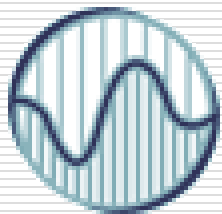
ЭФИКАСНОСТ МОТОРА





НОРМАЛНО САГОРЕВАЊЕ -ИНДИКАТОРСКИ ДИЈАГРАМ-



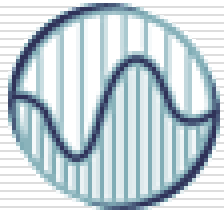


НОРМАЛНО САГОРЕВАЊЕ

I – фаза, индукционо, притајено сагоревање; извршена је припрема, испаравање и хомогенизација. Активни центри спремни за хемијске реакције. Пламен се понаша као покретни извор активних центара.

Основни утицајни фактори на прву фазу:

- ❑ Врста и природа горива
- ❑ Температурски коефицијент горива (веза између температуре и степена убрзања оксидационих процеса)
- ❑ Састав смеше, температура, притисак, струјни услови у комори

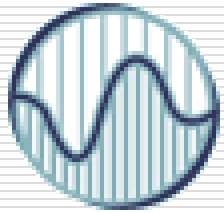


НОРМАЛНО САГОРЕВАЊЕ

II – фаза, интензивно сагоревање – период простирања пламена; Ланчане реакције се одовијају брже, жариште стабилно. Пораст притиска мора бити до $0,3 \text{ MPa/}^\circ\text{KV}$

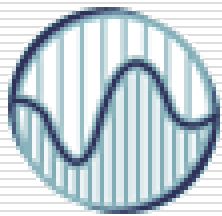
Брзина пламена може се вишеструко повећати разуђеним пламеном и организованим усмеравањем смеше према пламену – турбулентно сагоревање.

Неконтролисано струјање гаси пламен!

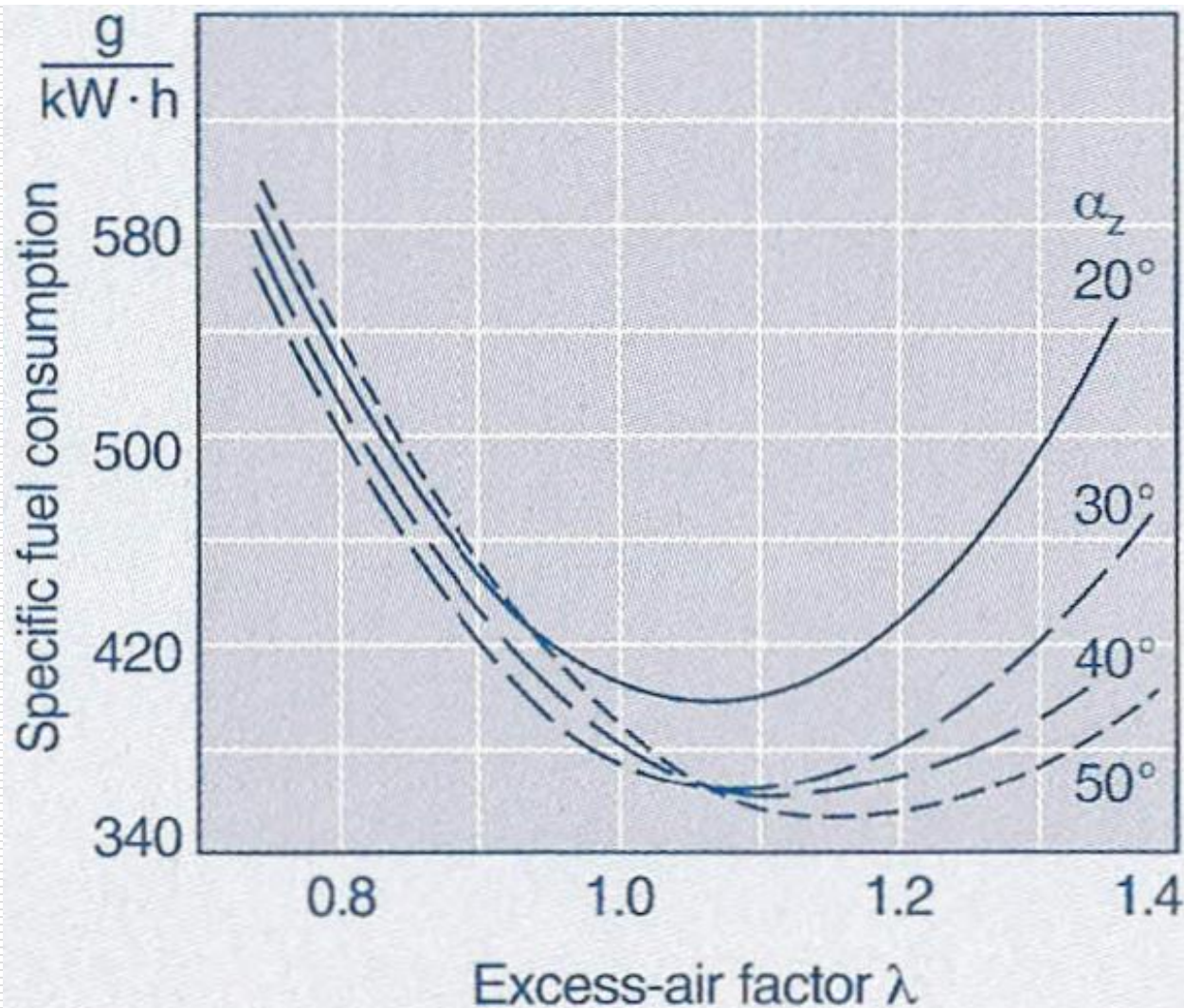


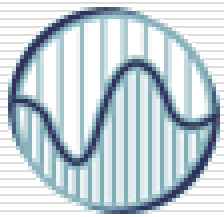
НОРМАЛНО САГОРЕВАЊЕ

III – фаза, догоревање. Ширење почиње са тачком максималног притиска. Сагоревање завршава на почетку такта ширења са достизањем максималне температуре.

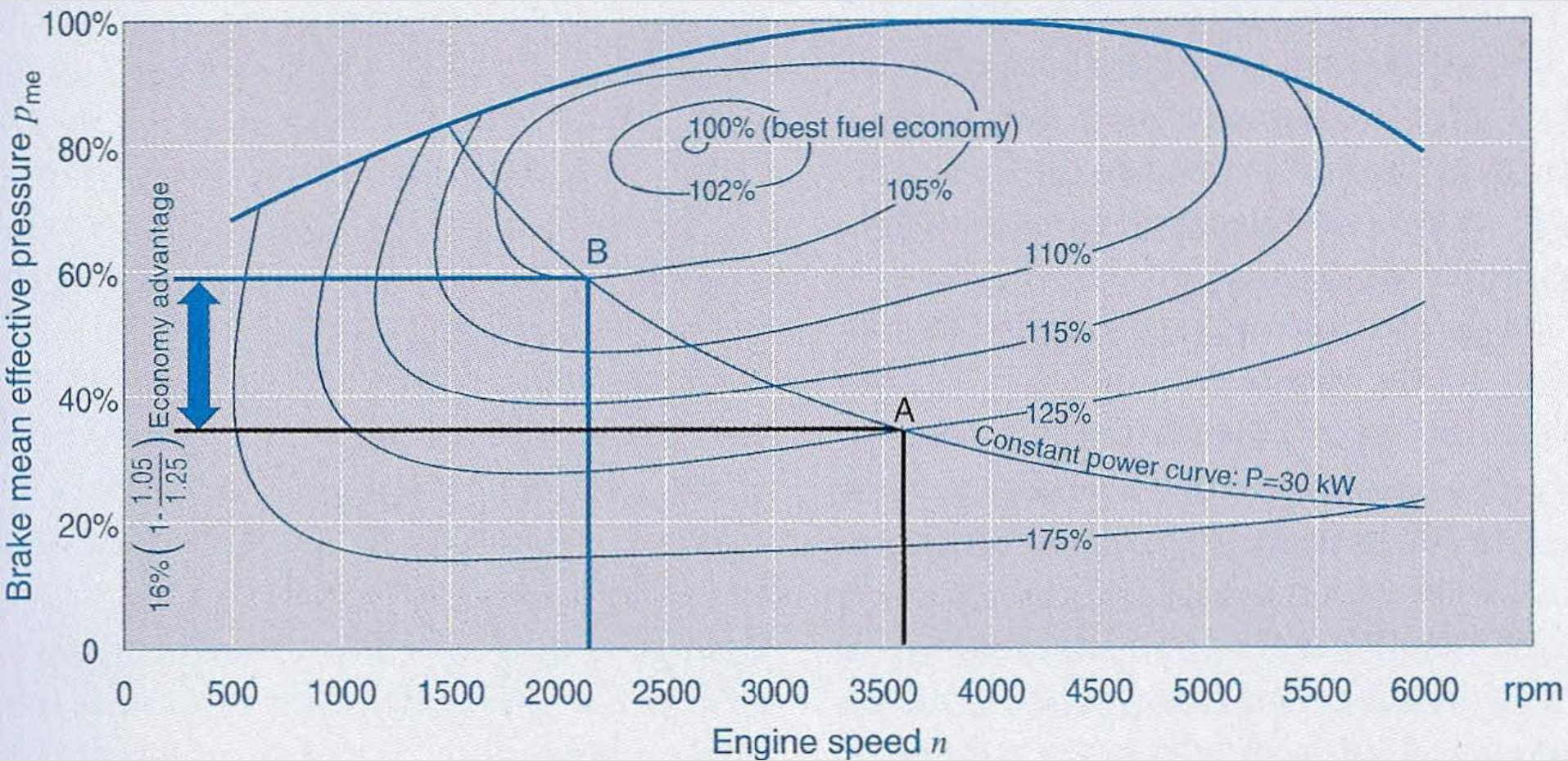


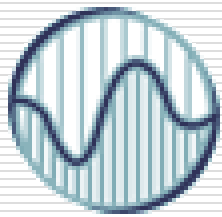
СПЕЦИФИЧНА ПОТРОШЊА ГОРИВА



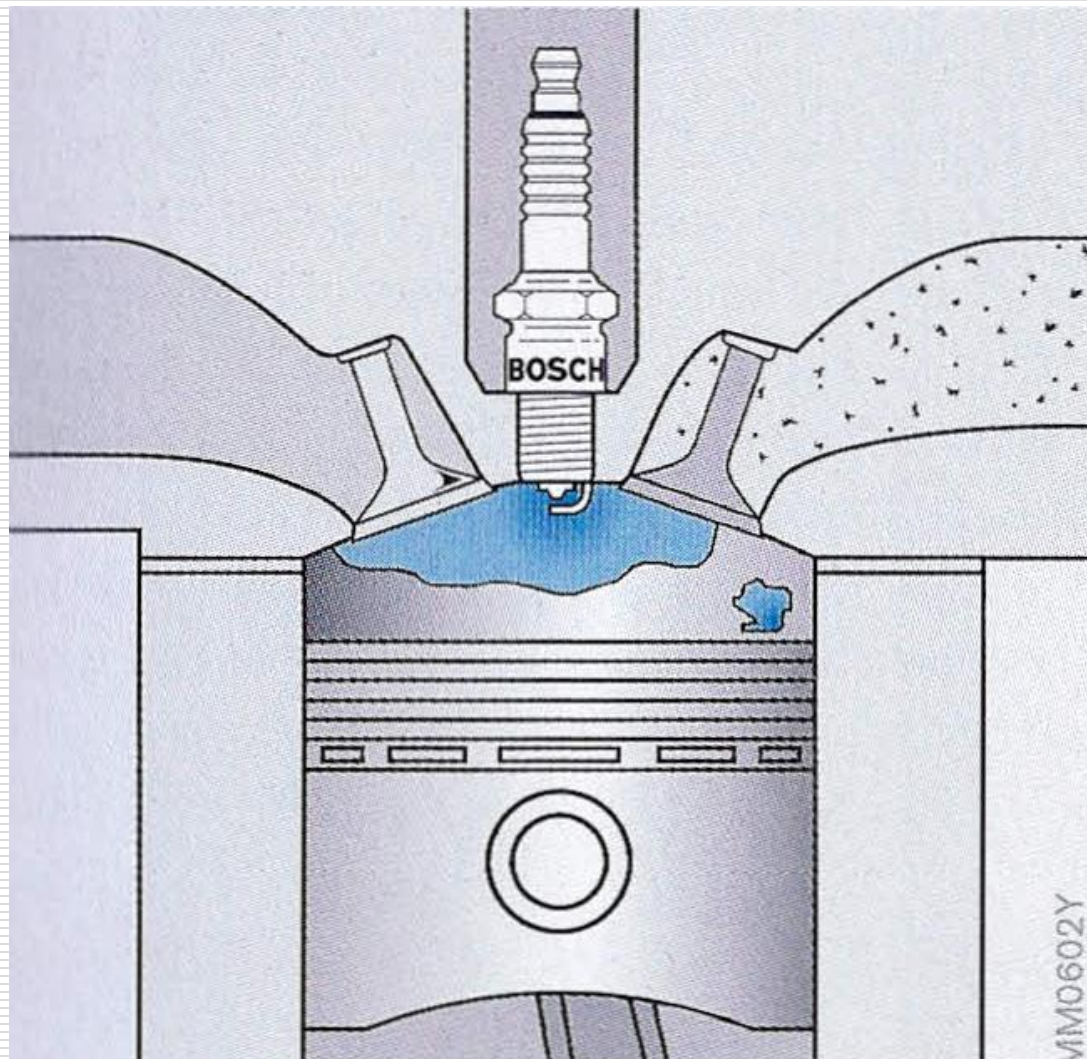


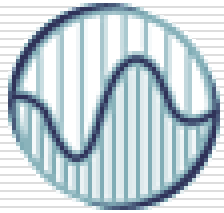
СПЕЦИФИЧНА ПОТРОШЊА ГОРИВА





УДАРНО САГОРЕВАЊЕ

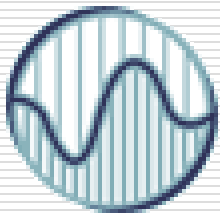




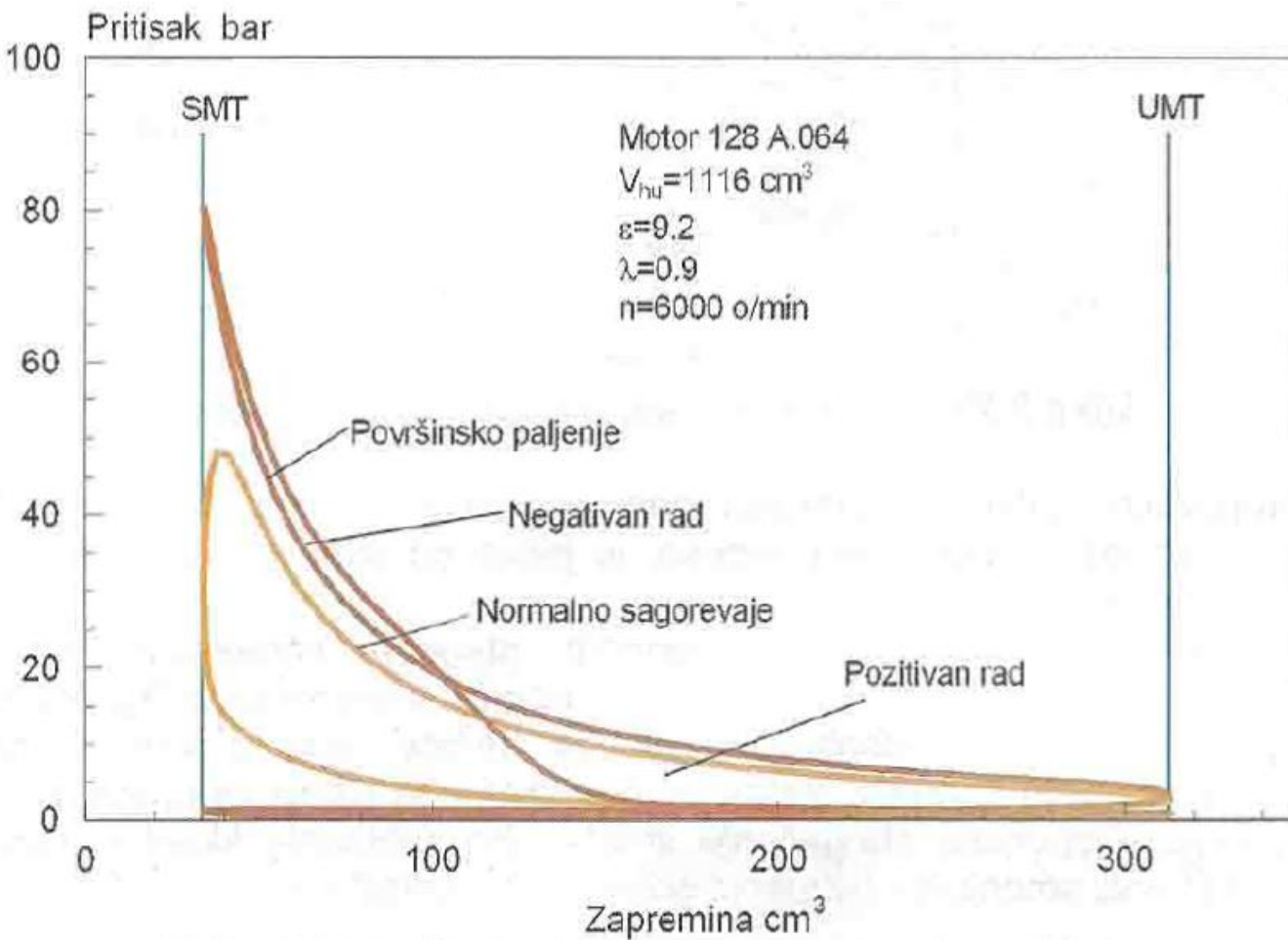
НЕНОРМАЛНО САГОРЕВАЊЕ

Карактеристике:

- Велике брзине сагоревање, максимална брзина већа од 200 m/s
- Температура има испрекидан ток
- Бука фреквенције 5-10 kHz
- Ненормални пораст притиска код површинског паљења – тестерасти облик код детонације
- Промењен састав издувних гасова



Индикаторски дијаграм површинског паљења

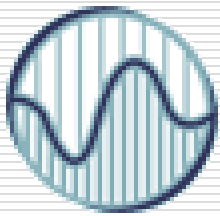


Неодговарајућа или стара свећица, топла места у комори, талози.

Упаљење на једном или више места пре или после свећице.

Шпиц притиска близу СМТ. Наредни циклуси се повлаче према СМТ.

Покушај промене обртаја КВ услед негативног рада!



Индикаторски дијаграм површинског паљења

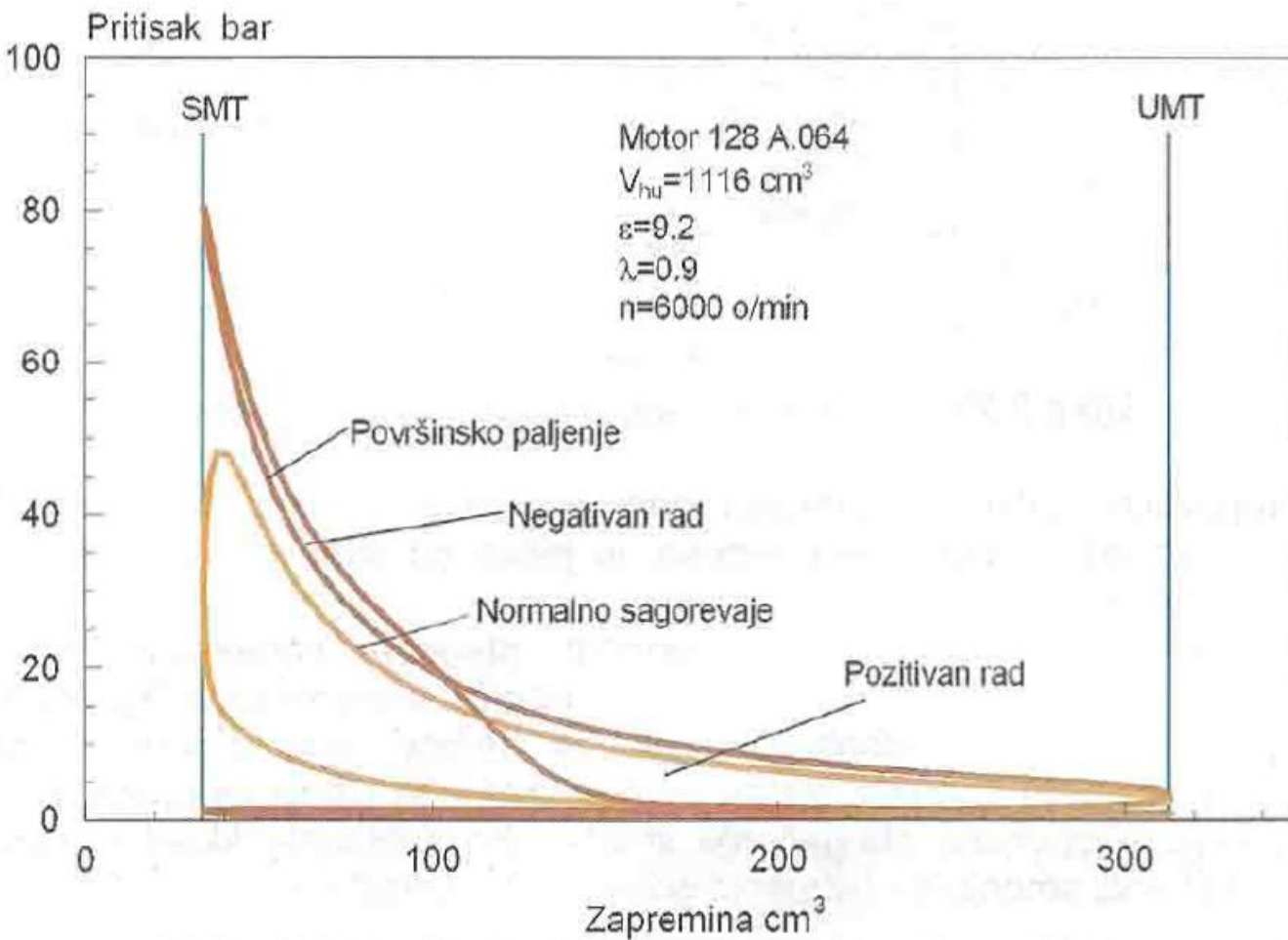
Градијент промене притиска је нормално 2-3 bar-a по углу KB, а код ПП 10 bar-a!

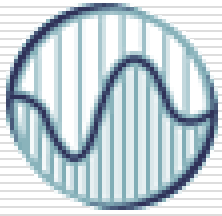
Неодговарајућа или стара свећица, топла места у комори, талози.

Упаљење на једном или више места пре или после свећице.

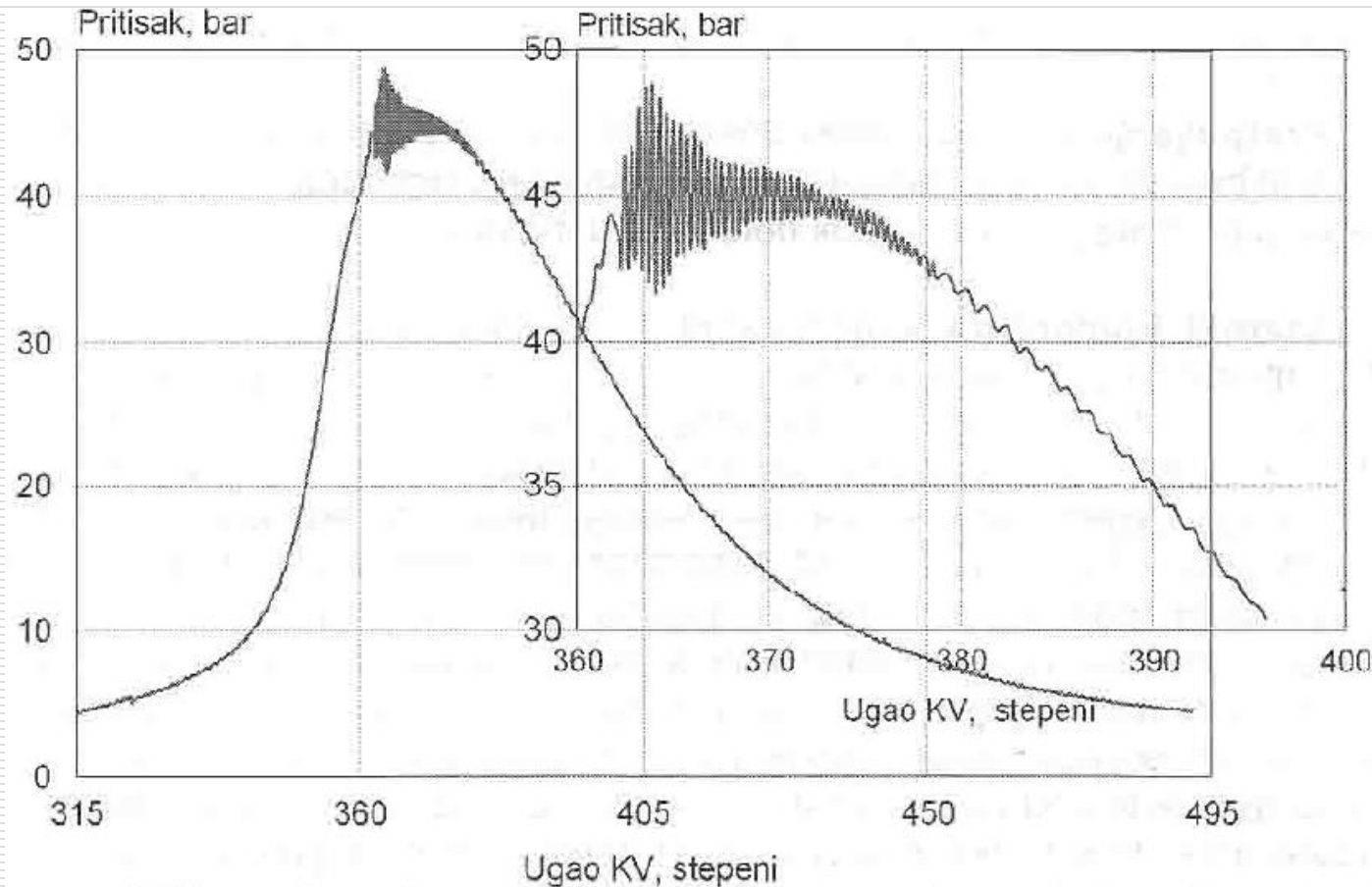
Пик притиска близу СМТ. Наредни циклуси се повлаче пре СМТ.

Покушај промене обртаја KB услед негативног рада!

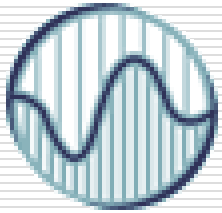




Индикаторски дијаграм сагоревања са детонацијом



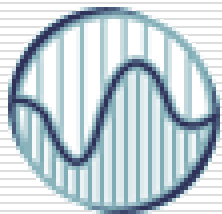
После паљења свећице, при крају сагоревања долази до наглог упаљења преостале количине горива.



УДАРНО САГОРЕВАЊЕ

Фактори који утичу на ударно сагоревање:

- Велики угао предпаљења
- Велика густина пуњења
- Октански број горива
- Висок степен компресије
- Хлађење
- Геометрија коморе за сагоревање



УДАРНО САГОРЕВАЊЕ

Мере за избегавање конзистентног ударног сагоревања:

- Сензор/и – подешавање угла предпаљења-избегавање ударног сагоревања – смањење потрошње горива, повећавање обртног момента и снаге мотора, рад са горивима различитог октанског броја, спречавње оштећења мотора!