

## 7 - МАЪРУЗА. ИЧКИ ЁНУВ ДВИГАТЕЛЛАРИ ЦИКЛАРИ

### Кўриладиган масалалар:

1. Асосий тушунчалар.
2. Ўзгармас ҳажмда иссиқлик келтирилиши билан борадиган цикл.
3. Ўзгармас босимда иссиқлик келтирилиши билан борадиган цикл.
4. Аралаш ёнув цикли.

### Таянч сўз ва иборалар.

*Ички ёнув двигатели, сиқилиш даражаси, босим ортиши даражаси, олдиндан кенгайиш даражаси, Отто цикли, Дизель цикли, Тринклер цикли, индикатор диаграммаси, термик фойдали иш коэффициенти, насос, форсунка.*

### 1. Асосий тушунчалар

Ички ёнув двигателлари шундай иссиқлик машинасики, унда ишчи жисмга иссиқлик келтирилиши двигателнинг ўзининг ичида ёқилғи ёқиш ҳисобига амалга оширилади.

Ўтган асрнинг 70-80 йилларигача механик иш олишнинг асосий манбаси буғ машиналари эди. Уларда буғ паст босим ва паст температурада фойдаланилар эди. Ёқилғини ёнишидан ҳосил бўладиган юқори температурали газлар ишчи жисм бўлган паст босимли буғ олиш учун аввал буғ қозонларига юборилади. Ёқилғини иссиқлигидан бундай фойдаланиш буғ-куч қурилмалари ф.и.к.ни кичик бўлишига олиб келади.

Олим ва ихтирочиларнинг изланишлари натижасида, ёқилғининг ёнишидан ҳосил бўладиган газлар бевосита машина поршенига таъсир этадиган янги типдаги двигатель яратилди.

Бундай ички ёнув двигатели яратиш мумкинлиги ғоясини биринчи бўлиб 1824 йилда Сади Карно эътироф этган.

1860 йилда француз механиги Лёнуар ишчи жисмни олдиндан сиқмасдан, ёритилган газда ишлайдиган ички ёнув двигатели яратди.

1862 йил француз инженери Бо-де-Роша Карно ғоясига мос келадиган двигатель яратади.

1877 йилда немис инженери Отто Бо-де-Роша таклиф қилган принципда бензин билан ишлайдиган двигатель яратди.

1897 йилда немис инженери Дизель керосинда, юқори босимда компрессордан цилиндрга ҳаво пуркалиб юқори сиқилда ишлайдиган двигатель яратди.

1904 йилда рус инженери Тринклер томонидан ёқилғи олдин ўзгармас ҳажмда, сўнгра ўзгармас босимда ёнадиган компрессорсиз двигатель яратилди. Ёқилғи аралаш ёнадиган бу типдаги двигатель ҳозирги пайтда барча мамлакатларда кенг қўлланиляпти.

Барча такомиллашган ички ёнув двигателлари 3-гуруҳга бўлинади:

1-ўзгармас ҳажмда ёқилғини тезда ёниши билан борадиган;

2-ўзгармас босимда ёқилғини аста секин-ёниши билан борадиган;

3-бир қисми ўзгармас ҳажмда, бир қисми ўзгармас босимда ёқилғини аралаш ёниши билан борадиган.

Идеал термодинамик ички ёнув двигателлари циклларини таҳлил қилишда келтирилган ва олинган иссиқлик миқдори, циклнинг характерли нуқталарида ишчи жисмнинг асосий термодинамик параметрлари, циклнинг термик ф.и.к. асосий характеристика (параметр)лар ёрдамида аниқланади.

Барча ички ёнув двигателлари циклари учун қуйидаги ўлчамсиз асосий характеристикалар ёки параметрлар ўринлидир:

Сиқилиш даражаси  $\varepsilon = V_1 / V_2$  ишчи жисм бошланғич солиштирма ҳажмини сиқилиш сўнгидаги солиштирма ҳажмига нисбати; босим ортиши даражаси  $\lambda = P_3 / P_2$  ўзгармас ҳажмда иссиқлик бериш жараёни охири ва бошидаги босимлар нисбати; олдиндан кенгайиш даражаси  $\rho = V_3 / V_2$  изобарик иссиқлик бериш жараёни охири ва бошидаги солиштирма ҳажмлар нисбати.

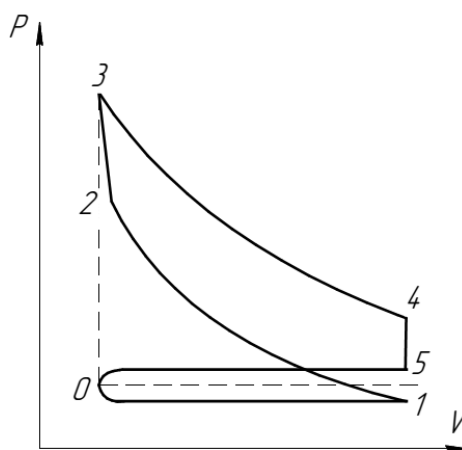
Поршенли ички ёнув двигателлари циклларининг учта асосий тури мавжуд: Отто цикли ( $V = \text{const}$  да ёниш); Дизель цикли ( $p = \text{const}$  да ёниш); Тринклер цикли ( $V = \text{const}$  ва сўнгра  $p = \text{const}$  да ёниш).

## **2. Ўзгармас ҳажмда иссиқлик келтирилиши билан борадиган цикл**

Реал поршенли двигателни ишлашини цикл давомида поршенни ҳолатига қараб цилиндрда босимни ўзгаришини кўрсатадиган диаграммада текшириш қулайроқ. Индикатор номли асбоб ёрдамида олинadиган бундай диаграммани индикатор диаграммаси дейилади.

7.1- расмда ўзгармас ҳажмда тез ёниш билан ишлайдиган двигателнинг индикатор диаграммаси берилган. Ёқилғи сифатида енгил ёқилғилар бензин, ёритғич газ, спирт ва бошқа шу каби ёқилғилар қўлланилади.

0-1 жараёнда поршень чапдан ўнгга ҳаракатланади ва сўриш клапани очилиб цилиндрга карбюраторда тайёрланган ёнувчи аралашма берилади. Поршень энг чекка ҳолатга борганидан сўнг сўриш клапани ёпилади ва поршень ўнгдан чапга ҳаракатлана бошлайди. Бунда ёнувчи аралашма цилиндрда сиқилади ва унинг босими ортади (1-2 жараён).



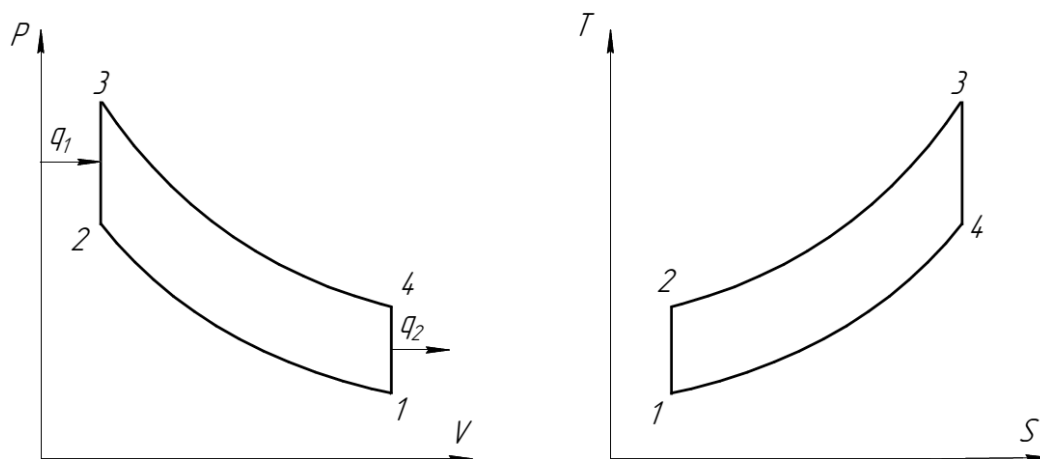
7.1- расм.

Аралашма босими цилиндрда нуқта 2-га мос бўладиган маълум катталиқка эришганидан сўнг электр учқуни ёрдамида ёндирилади. Аралашманинг ёниши амалда бир онда содир бўлади, поршень силжиб улгира олмайди ва шунинг учун ёниш жараёнини изохорик жараён деб ҳисоблаш мумкин (2-3 жараён). Аралашманинг ёниши натижасида ишчи жисм қизийди ва унинг босими нуқта 3-га мос келадиган катталиқка ортади. Бу босим таъсири остида поршень қайтадан ўнга ҳаракатланади, бунда у ташқи истеъмолчига бериладиган кенгайиш ишини бажаради (3-4 жараён). Поршень ўнг чекка ҳолатга етгандан сўнг чиқариш клапани очилади ва цилиндрдаги босим атмосфера босимидан бир оз юқорироқ бўлган қийматгача пасаяди (4-5 жараён). Поршень ўнг чекка ҳолатга етгандан сўнг чиқариш клапани очилади ва цилиндрдаги босим атмосфера босимидан бир оз юқорироқ бўлган қийматгача пасаяди (4-5 жараён) ; бунда газнинг бир қисми цилиндрдан чиқади. Сўнгра поршень қайтадан чапга ҳаракатланиб иш бажарган газларнинг қолган қисмини цилиндрдан атмосферага чиқариб юборади (5-0 жараён).

Отто цикли бўйича ишлайдиган двигатель цилиндридаги поршень бир цикл давомида тўртта юриш (такт) бажаради-сўриш, сиқиш, аралашма ёниб туганидан кейин кенгайиш, ёниш маҳсулотларини атмосферага чиқариш.

Таҳлил қилиш қулай бўлган идеаллаштирилган Отто циклини (7.2-расм). кўриб чиқамиз.

Ички ёнув двигателининг цикли берк цикл, циклининг ишчи жисми идеал газ, унинг миқдори двигателда ўзгармасдан қолади деб фараз қиламиз. У ҳолда ишчи жисмга иссиқлик  $q_1$  нинг келтирилиши эса ташқи қизиган манбадан изохорик жараён 2-3 да цилиндрнинг деворлари орқали бажарилади ва мос ишчи жисмдан совиқ манбага иссиқлик олиниши изохорик жараён 4-1 да амалга оширилади деб ҳисоблаш мумкин.



7.2- расм.

Отто цикли термик ф.и.к.нинг қийматини иссиқлик сиғими  $C_v$  ва адиабата кўрсаткичи  $K$  ўзгармас деб қабул қилиб, аниқлаймиз:

$$\eta_t = 1 - q_2 / q_1$$

Ишчи жисмга бериладиган иссиқлик миқдори:

$$q_1 = C_v (T_3 - T_2)$$

Ишчи жисмдан олинадиган иссиқлик миқдори:

$$q_2 = C_v (T_4 - T_1)$$

У ҳолда циклнинг термик ф.и.к:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_v (T_4 - T_1)}{C_v (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

$T_2, T_3, T_4$  - температураларни  $T_1$  орқали ифодалаймиз.

Отто циклининг термик ф.и.к. қиймати қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (7.1)$$

Отто цикли  $\eta_t$  нинг қиймати сиқиш даражаси  $\varepsilon$  ва адиабата кўрсаткичи  $K$  га боғлиқ.  $\varepsilon$  ва  $K$  нинг қиймати қанча катта бўлса  $\eta_t$  нинг қиймати ҳам шунча катта бўлади.

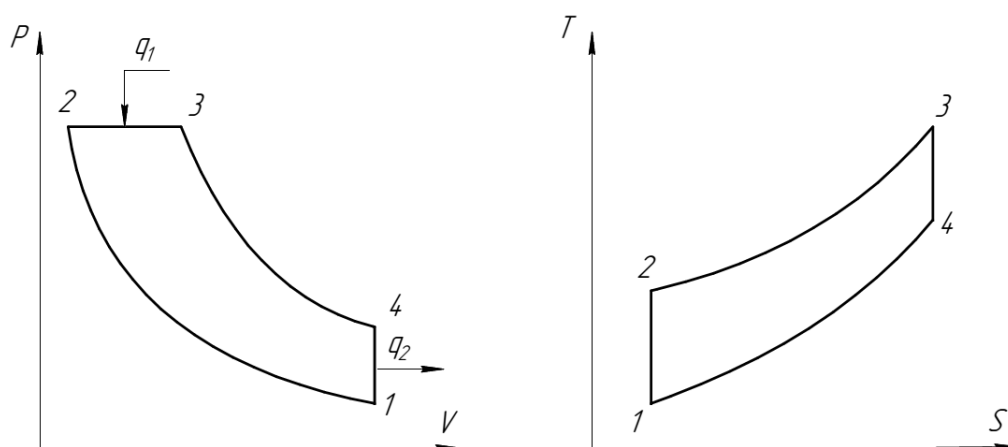
Шундай қилиб,  $\eta_t$  ни ошириш нуқтаи назаридан сиқиш даражасини қандай йўл билан бўлмасин ошириш фойдали. Лекин амалда  $\varepsilon$  нинг жуда юқори қийматигача эришилгандан сўнг, кўпинча поршень ҳали чап чекка ҳолатига келмасдан ёнувчи аралашма ўз-ўзидан алангаланиб кетади. Шунинг учун одатдаги карбюраторли двигателларда сиқиш даражаси 7-12 дан ортиқ бўлмайди.

Отто цикли бўйича ишлайдиган карбюраторли двигателлар техникада кенг тарқалган улар енгил машиналарда ва кўпчилик юк автомобилларида, самолётларда қўлланилади.

### 3. Ўзгармас босимда иссиқлик келтирилиши билан борадиган цикл

Агар ёнувчи аралашма ўрнига тоза ҳавони сиқиб, сўнгра эса сиқиш жараёни тугайдан кейин цилиндрга ёқилғи пуркалади, сиқиш даражасини ошириш мумкин. Дизель цикли айна шу принципга асосланган.

Таҳлил қилиш қулай бўлган идеаллаштирилган Дизель циклини (7.3 -расм) кўриб чиқамиз.



7.3- расм.

1-2 жараёнда двигатель цилиндрига сўрилган ҳаво  $P_2$  босимгача адиабатик сиқилади. Сўнгра ҳавонинг кенгайиш жараёни 2-3 бошланади ва форсунка орқали ёқилғи (керосин, соляр мойи) пуркалади. Сиқилган ҳавонинг юқори температураси ҳисобига ёқилғи алангланади ва ўзгармас босимда ёниб тугайди. Шунинг учун Дизель цикли ўзгармас босимда ёниб тугайдиган цикл деб аталади.

Ёқилғини цилиндрга киритиш жараёни тугайдан кейин ишчи жисм 3- 4 адиабата бўйича кенгайди. Нуқта 4 га мос бўлган ҳолатда цилиндрнинг чиқариш клапани очилади ва 4-1 изоҳора бўйича совиқ манбага иссиқлик  $q_2$  олиниши амалга оширилади.

Бу циклнинг термик ф.и.к. ни иссиқлик сифимлари  $C_p$  ва  $C_v$  ҳамда адиабата кўрсаткичи  $K$  ўзгармас деб қабул қилиб, ҳисоблаймиз:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

2-3 изобарик жараёнда ишчи жисмга бериладиган иссиқлик миқдори:

$$q_1 = C_p (T_3 - T_2)$$

4-1 изохорик жараёнда ишчи жисмдан олинадиган иссиқлик миқдори:

$$q_2 = C_g (T_4 - T_1)$$

бўлишини ҳисобга олиб:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_g (T_4 - T_1)}{C_p (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{K(T_3 - T_2)}$$

$T_2, T_3, T_4$  - температураларни  $T_1$  орқали ифодалаб, Дизель циклининг термик ф.и.к. қиймати қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади:

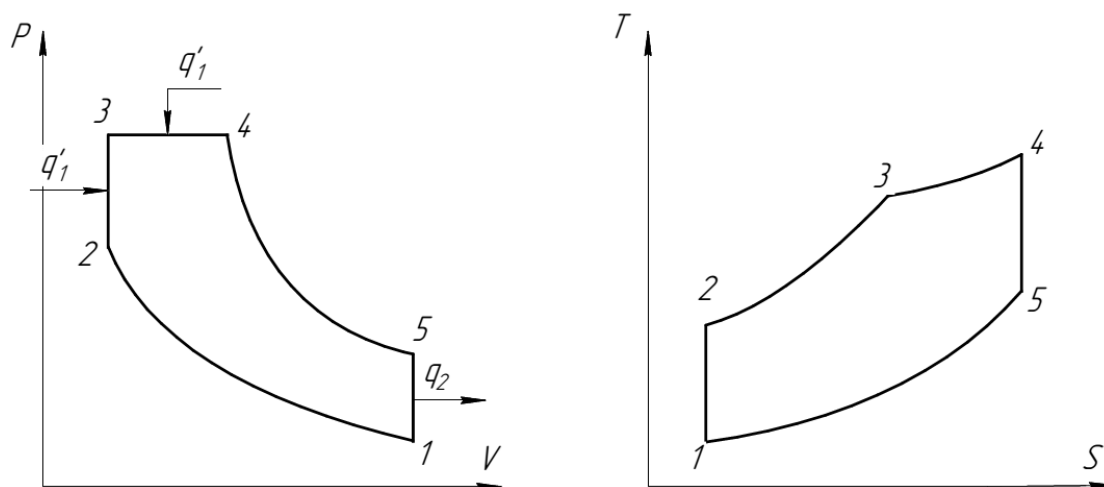
$$\eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{K \varepsilon^{k-1} (\rho - 1)} \quad (7.2)$$

Сиқиш даражаси  $\varepsilon$  қанчалик катта бўлса ва олдиндан кенгайиш даражаси  $\rho$  қанчалик кичик бўлса, Дизель циклининг ф.и.к. шунчалик юқори бўлади.

#### 4. Аралаш ёнув цикли

Ўзгармас босимда ёқилғини аста-секин ёниши билан ишлайдиган двигателларнинг бир-неча камчиликлари мавжуд. Шулардан бири ёқилғини узатишда компрессордан фойдаланилиши бўлиб, унинг ишлашига двигательнинг 6-10 % қуввати сарф бўлади ва насос, форсунка каби қурилмалар ишлатилади.

Рус инженери Г.В. Тринклер томонидан компрессорсиз ёқилғи механик пуркаладиган двигатель яратилди. Бундай двигатель циклининг  $P\mathcal{G}$  ва  $TS$  диаграммада тасвирланиши 7.4 -расмда кўрсатилган.



7.4 - расм.

Аралаш ёнув цикли термик ф.и.к.нинг катталигини аниқлаймиз. Умумий муносабат:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1' + q_1''}$$

да катталик  $q_2$  (5-1 изохора бўйича олинадиган иссиқлик):

$$q_2 = C_g (T_5 - T_1)$$

катталик  $q_1$  эса 2-3 изохорик жараёнда бериладиган иссиқлик ( $q_1'$ ) ва 3-4 изобарик жараёнда бериладиган иссиқлик ( $q_1''$ ) йиғиндисидан иборат.

$$q_1 = q_1'' + q_1'$$

бу ерда:  $q_1' = C_g (T_3 - T_2)$  ва  $q_1'' = C_p (T_4 - T_3)$

бўлишини ҳисобга олиб:

$$\eta_t = 1 - \frac{C_g (T_5 - T_1)}{C_g (T_3 - T_2) + C_p (T_4 - T_3)} = 1 - \frac{(T_5 - T_1)}{T_3 - T_2 + K (T_4 - T_3)}$$

га эга бўламиз.

$T_2, T_3, T_4$  ва  $T_5$  – температураларни  $T_1$ - орқали ифодалаймиз.

Аралаш ёнув цикли термик ф.и.к қиймати қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{\varepsilon^{k-1} [(\lambda - 1) + K \cdot \lambda (p - 1)]} \quad (7.3)$$

(8. 3) ифодага кўра циклининг ф.и.к.  $\varepsilon$  ва  $\lambda$  кўпайиши билан ортади ва  $\rho$  катталашганда камаяди.  $\rho = 1$  да (8. 3) тенглама Отто циклининг термик ф.и.к. учун (8. 1) тенгламага айланади,  $\lambda = 1$  да эса тенглама (8. 3) Дизель циклининг термик ф.и.к. учун (8. 2) тенгламага айланади.

Аралаш ёнув цикли термик ф.и.к.  $\eta_t$  нинг катталигини Отто ва Дизель цикллари термик ф.и.к.  $\eta_t$  ларининг катталигини таққослаш сиқиш даражаси  $\varepsilon$  қийматлари бир хил бўлганда:

$$\eta_{t \text{ дизель}} < \eta_{t \text{ арал.ёнув}} < \eta_{t \text{ Отто}}$$

бўлишини, циклининг энг юқори температураси ( $T_3$ ) бир хил бўлганда эса:

$$\eta_{t \text{ дизель}} > \eta_{t \text{ арал.ёнув}} > \eta_{t \text{ Отто}}$$

бўлишини кўрсатади.

### Мавзу юзасидан назорат саволлари:

1. Ички ёнув двигателлари.
2. Ички ёнув двигателлари цикларининг асосий параметрлари.
3. Отто цикли.
4. Дизель цикли.
5. Тринклер цикли.
6. И.Ё.Д. турлари.
7. И.Ё.Д. ф.и.к. ни таққослаш.
8. Двигательнинг индекатор диаграммаси.
9. Отто цикли ф.и.к. ни аниқлаш.
10. Дизель цикли ф.и.к. ни аниқлаш.