

М. С. ХОВАХ, Г. С. МАСЛОВ

АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛЛАРИ

*Ички ёнув двигателларининг назарияси,
ҳисобланиши ва конструкцияси*

РУСЧА ИККИНЧИ НАШРИДАН ТАРЖИМА

*РСФСР Автомобиль транспорти министрлиги
Ўқув юртлари бошқармаси автомобиль-йўллар техникуми
учун дарслик сифатида тавсия этган*

„ЎҚИТУВЧИ“ НАШРИЁТИ

Тошкент — 1977

Ушбу дарсликда техникавий термодинамика асослари, автомобилларнинг ички ёнув двигателларида содир бўладиган иш процессларининг назарияси ҳамда двигателнинг иш цикли, қуввати ва тежамлилигига таъсир қилувчи факторларнинг анализи берилган.

Китобда автомобилларнинг характеристикаси, учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ёнилги билан ҳавони аралаштириш процесси асослари ва дизелларда ёнилги бериш аппаратларининг ишлаши ҳамда аралашма ҳосил қилиш процесслари тўғрисида маълумотлар берилган.

Двигателларни синаш усуллари ва бу мақсадда қўлланиладиган асбоблар тўғрисида қисқача маълумотлар келтирилган.

Кривошип-шатунли механизмнинг кинематикаси ва динамикаси ҳамда автомобиль двигателлари (асосий деталлари, газ тақсимлаш, совитиш ва мойлаш системалари)нинг тузилиши кўриб чиқилган.

Дарслик автомобиль-йўллар техникумларининг „Автомобилларга техникавий хизмат кўрсатиш ва ремонт қилиш“ ихтисослиги ўқувчиларига мўлжалланган.

Сарвар Қодиров таржимаси.

© .Ўқитувчи, таржима, 1977

X $\frac{31302-\text{№ } 61}{353(06)-7/}$ 109 77

ДВИГАТЕЛЛАРНИНГ РИВОЖЛАНИШИ ҚИСҚАЧА ТАРИХИ

Автомобиль ва тракторлар, йўл қуриш машиналари ҳамда кўпгина транспорт воситаларида асосан поршенли ички ёнув двигателлари ишлатилади. Бундай двигателларнинг бошқа иссиқлик двигателларидан фарқи шундаки, ҳаво билан ёнилги аралашмасининг ёниш процесси ва иссиқлик энергиясининг механикавий ишга айланиши цилиндр ичида содир бўлади.

Ички ёнув двигателлари ўзининг ихчамлиги, ёнилгини кам сарфлаши, ишга чидамлиги ҳамда суяқ ва газ ҳолидаги ёнилгиларни ишлатиш мумкинлиги каби афзалликлари туфайли XIX асрнинг иккинчи ярми бошларидаёқ буғ машиналарининг ўрнига ишлатила бошлади.

Газ билан ишлайдиган дастлабки ички ёнув двигателлари Лёнуар (1860 й., Франция), Н. Отто ва Э. Лангеннинг (1867 й. Германия) икки тактли двигателлари ва Н. Оттонинг (1876 й.) тўрт тактли аралашмани олдиндан сиқиш двигателидан иборат эди.

XIX асрнинг охирига келиб саноатда нефтни қайта ишлаш катта йўлга қўйилиши натижасида иш аралашмаси учқун билан ёндириладиган карбюраторли, колоризаторли двигателлар ва ҳавони сиқишдан ўт оладиган двигателлар — дизеллар яратилди ҳамда ишлаб чиқарила бошланди.

Россияда учқун билан ёндириладиган биринчи ички ёнув двигатели 1889 йилда инженер И. С. Костовичнинг лойиҳаси билан қурилди. 1899 йилда Петербургдаги Э. Нобель заводиди (ҳозирги „Русский дизель“ заводиди) ҳавонинг сиқилишидан ўт оладиган тежамли двигателнинг саноат иусхаси ишлаб чиқилди. Бу двигатель немис инженери Р. Дизель (1897 й.) томонидан ясалган, керосин билан ишлайдиган двигателдан фарқли ўлароқ, қайта ишланмаган табиий нефть ва унинг таркибий қисмлари билан ишлай олар эди. Дизель деб аталган бу двигатель қисқа вақт ичида такомиллаштирилди ва стационар энергетик ускуналарда, кемаларда кўплаб ишлатила бошлади. Ҳозирги пайтда дизеллар тепловоз, трактор, йўл қуриш машиналари, ўрта ҳамда оғир юк автомобилларида ва бошқа транспорт воситаларида ишлатилмоқда.

Карбюраторли двигателлар автомобиль транспортида кўплаб ишлатилди. Улар барча енгил автомобилларга, енгил ва ўрта юк автомобилларига ўрнатилади.

Бизнинг мамлакатимизда Улуг Октябрь социалистик революциясидан сўнг, айниқса биринчи беш йиллик даврида, турли ишларга мўлжалланган ички ёнув двигателларини ишлаб чиқариш тезлик билан ривожланди. Карбюраторли двигателлар ва дизеллар узлуксиз такомиллашмоқда. Эскирган қонструкциялар ўрнига яхши, тежамли ва қувват бирлигига тўғри келадиган массаси оз пухта двигателлар ишлаб чиқарилмоқда.

Ички ёнув двигателларининг кенг кўламда ривожланishi уларнинг тажриба ва саноат нусхаларини яратиш иш процесслари назариясини тадқиқ этишга ва ишлаб чиқишга анча боғлиқ. 1906 йили Москва олий техника билим юртининг профессори В. И. Гринецкий двигателни иссиқлик жиҳатидан ҳисоблаш усулини биринчи бўлиб яратди. Бу усул кейинчалик СССР ФА нинг мухбир аъзоси Н. Р. Брилинг, проф. Е. К. Мазинг, акад. Б. С. Стечкин ва бошқалар томонидан ривожлантирилди, тўлдирилди.

Автомобиль транспорти энергетик ускуналарининг ривожланиши шуни кўрсатадики, ҳозирги вақтда ички ёнув двигатели асосий куч агрегати бўлиб, у янада ривожланиши мумкин.

ДВИГАТЕЛЛАР КЛАССИФИКАЦИЯСИ

Ички ёнув двигателларини ҳар хил белгиларига қараб классификациялаш мумкин¹.

1. Вазифасига кўра:

а) кичик ва ўртача қувватли электрик станцияларда, насосли ускуналарни ҳаракатлантиришда, қишлоқ хўжалигида ва ҳоказоларда ишлатиладиган стационар (жойидан қўзгатмай ишлатиладиган) двигателлар;

б) автомобиль, трактор, самолёт, қайиқ, локомотив ва бошқа транспорт воситаларига ўрнатилган транспорт двигателлари.

2. Ишлатиладиган ёнилғининг турига қараб:

а) енгил суюқ ёнилғи (бензин, бензол, керосин, лигроин ва спирт) билан ишлатиладиган;

б) оғир суюқ ёнилғи (мазут, соляр мойи, дизель ёнилғиси ва газойл) билан ишлатиладиган;

в) газ ҳолатидаги ёнилғи (генератор газлари, табиий ва бошқа газлар) билан ишлатиладиган;

г) аралаш ёнилғи билан ишлатиладиган двигателлар. Бундай двигателлар учун асосий ёнилғи газ ҳисобланади, лекин юргизиб юборишда суюқ ёнилғи ишлатилади;

д) ҳар хил ёнилғи (бензин, керосин, дизель ёнилғиси ва бошқалар) билан ишлайдиган кўп ёнилғили двигателлар.

3. Иссиқлик энергиясини механикавий энергияга айлантириш усули бўйича двигателлар қуйидаги турларга бўлинади:

¹Двигателларнинг бу турлари халқ хўжалигида кенг кўламда ишлатиладиган ички ёнув двигателларига мансубдир. Махсус (реактив, ракета ва бошқа) двигателлар бунда кўриб ўтилмайди.

а) поршенли двигателлар; буларда ёниш процесси ва иссиқлик энергиясининг механикавий ишга айланиши цилиндр ичида содир бўлади;

б) газ турбинали двигателлар — буларда ёниш процесси махсус ёниш камерасида содир бўлиб, иссиқлик энергияси газ турбинаси гилдирагининг куракчалари ёрдамида механикавий ишга айланади.

в) комбинацияланган двигателлар, буларда ёниш процесси поршенли двигателда содир бўлади, яъни газ ҳосил қилинади, иссиқлик энергияси эса қисман поршенли двигателнинг цилиндрида ва қисман газавий турбина гилдирагининг куракчалари воситасида механикавий ишга айланади (газ ҳосил қилувчи эркин поршенли двигателлар, турбина-поршенли двигателлар ва ҳоказолар).

4. Ёнувчи аралашма ҳосил қилиш бўйича поршенли двигателлар қуйидаги турларга бўлинади:

а) ёнувчи аралашма цилиндрдан ташқарида ҳосил қилинадиган двигатель барча карбюраторли ва газавий двигателлар ҳамда ёнилги киритиш труба-сига пуркаладиган двигателлар ана шу усулда ишлайди;

б) ёнувчи аралашма ичкарида ҳосил қилинадиган двигатель; бундай двигателда киритиш процессида цилиндрга фақат ҳаво киритилади, иш аралашмаси эса цилиндр ичида ҳосил бўлади; дизеллар, ёнилги цилиндрга пуркаладиган ва учқун билан ёндириладиган двигателлар ҳамда газ цилиндрга сиқиш процессининг бошланишида бериладиган газавий двигателлар ана шу усулда ишлайди.

5. Иш аралашмасини ёндириш усули бўйича двигателлар қуйидаги турларга бўлинади:

а) иш аралашмаси электр учқуни билан ёндириладиган двигателлар;

б) сиқиш натижасида ўт олдириладиган двигателлар (дизеллар);

в) форкамерали аланга билан ўт олдириладиган двигателлар; бундай двигателларда иш аралашмаси кичик ҳажмли махсус ёниш камерасида учқун ёрдамида ўт олдирилади, кейинчалик ёниш процесси асосий камерада содир бўлади;

г) газ ёнилги озгина дизель ёнилгисини пуркаб ёндириладиган двигатель. Дизель ёнилгиси сиқилиш натижасида ўт олади ва цилиндрда газ-суюқлик аралашмаси ёнади.

6. Поршенли двигателлар иш циклининг бажарилиш усулига қараб қуйидагича бўлади:

а) цилиндрга ташқаридан ҳаво босимсиз киритиладиган ва янги заряд (ҳаво) босим билан киритиладиган тўрт тактли двигателлар;

б) ҳаво цилиндрга босимсиз ва босим билан киритиладиган икки тактли двигателлар.

7. Нағрузка ўзгаргандаги сошлаш усулига қараб қуйидаги двигателлар бўлади:

а) ёнувчи аралашманинг сифати созланадиган двигателлар; бундай двигателда нағрузка ўзгариши билан цилиндрга кираётган ёнилгининг миқдорини озайтириб ёки кўпайтириб ёнувчи аралашманинг таркиби ўзгартирилади;

б) ёнувчи аралашманинг миқдори созланадиган двигателлар; нағрузка ўзгариши билан ёнувчи аралашманинг таркиби эмас, балки унинг миқдори ўзгаради;

в) нагрузкага қараб ёнувчи аралашманинг ҳам миқдори, ҳам таркиби ўзгарадиган двигателлар.

8. Тузилиши жиҳатидан двигателлар қуйидагича бўлади:

а) поршенли двигателлар; булар ўз навбатида қуйидагича бўлади: цилиндрларининг жойланишига қараб вертикал қаторли, горизонтал қаторли, V-симон, юлдуз, шаклли ва қарама-қарши ётувчи цилиндрлилар.

Поршенларининг жойланиши бўйича бир поршенли (ҳар цилиндрда бир поршень ва бир иш бўшлиғи бўлади); қарама-қарши ҳаракат қилувчи поршенли (иш бўшлиғи бир цилиндрда қарама-қарши томонларга ҳаракатланувчи икки поршень ўртасида жойлашган); икки томонлама ишлайдиган поршенли (поршеннинг икки тарафида ёниш камералари бўлади);

б) ротор-поршенли двигателлар; булар уч хил бўлади:

ротор (поршень) корпусда планетар ҳаракатда бўлади; ротор ҳаракатланганда у билан корпус деворлари орасида ўзгарувчан ҳажмли камералар ҳосил бўлади. Ана шу камераларда цикл (иш) бажарилади; бу схема кенг қўлланилади:

корпус планетар ҳаракат қилади, поршень эса қимирламайди.

Ротор ва корпус айланма ҳаракат қилади. Булар бир роторли двигатель дейилади.

9. Совитиш усули бўйича двигателлар қуйидагича бўлади:

а) суюқлик билан совутиладиган;

б) ҳаво билан совутиладиган.

Автомобилларга иш аралашмаси учқун билан ёндириладиган (карбюраторли, газавий, ёнилги пуркаладиган) ва сиқилишдан ўт оладиган (дизель) поршенли двигателлар ўрнатилади. Автомобилларнинг тажриба нусхаларида газ турбинали, шунингдек, ротор-поршенли двигателлар ишлатилади.

I б о б

ИДЕАЛ ГАЗЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ**1- §. УМУМИЙ МАЪЛУМОТ**

Углеводородлардан иборат ёнилғилар ҳаводаги кислород билан химиявий реакцияга кирганда иссиқлик ажралади. Бу усулда олинadиган иссиқлик энергияси қисман механикавий ишга айлантирилиши мумкин. Иссиқликнинг механикавий энергияга айланиш принципи иссиқлик двигателида қўлланилади. Поршенли ички ёнув двигателларида барча химиявий реакциялар ва газлар бажарадиган механикавий иш цилиндр ичида содир бўлади. Иссиқлик ташувчи газлар иш жисми деб аталади.

Иссиқлик энергиясининг механикавий ишга айланишида содир бўладиган ҳодисалар ва бу айланишлардан техникада фойдаланганда уларнинг қанчалик самарали эканлиги техникавий термодинамика фанида ўрганилади.

Техникавий термодинамика асослари маълум физика қонунларига асосланади.

Техникавий термодинамикада, ички ёнув двигателларида иссиқликдан самарали фойдаланишни тасвирловчи умумий қонунларни ўрганишда иш жисми сифатида идеал газлар қўлланилади. Идеал газ деганда молекулаларининг ўзаро тортишиш кучи ва геометрик ўлчами бўлмаган газ тушунилади. Бундай тушунча двигателларда қўлланиладиган иш газларининг хоссаларини ўрганишда катта хатоликларга олиб келмайди, чунки ёниш процессида ҳосил бўладиган босим ва температура натижасида реал газлар молекулаларининг ўзаро тортишиш кучи жуда ҳам кичик ва улар орасидаги масофа молекулалар ўлчамидан катта бўлади.

2- §. ИШ ЖИСМИНИНГ ҲОЛАТИНИ БЕЛГИЛОВЧИ ПАРАМЕТРЛАР

Иш жисмининг ҳолати ҳолат параметрлари деб аталувчи бирликлар билан аниқланади. Асосий ҳолат параметрлари температура, босим ва солиштирма ҳажм ёки зичликдан иборат. Бу ҳолат параметрлари ўзаро маълум боғланишда бўлади ва улардан фақат иккитаси мустақил бўлиши мумкин.

1. Температура

Температура жисмининг иссиқлик ҳолатини, унинг қизиганлик даражасини билдиради ва энг муҳим қийматлардан бири ҳисобланади. ГОСТ 8550-61 га биноан температурани Кельвин градусида ($T^{\circ}K$) ва Цельсий градусида ($t^{\circ}C$) ўлчаш мумкин.

Барча термодинамикавий ҳисоблашларда абсолют термодинамикавий температурадан фойдаланилади. Бу температура Цельсий градуслари билан ўлчанади.

Кельвин градуслари T (абсолют термодинамикавий температура) ва Цельсий градуслари билан ифодаланган температура орасидаги боғланиш қуйидаги формула билан ифодаланади.

$$T = t + 273^{\circ} K^* \quad (1)$$

Температура градусларга бўлинган симобли термометрлар ёки термопаралар ёрдамида ўлчанади. Температуранинг ўлчайдиган бошқа асбоблар ҳам бор.

2. Солиштирма ҳажм ва зичлик

Жисмининг масса бирлиги эгаллаган ҳажм солиштирма ҳажм деб аталади ва v билан белгиланади. Солиштирма ҳажм СИ системасида m^3/kg билан ўлчанади.

Ҳажм бирлигига тўғри келган масса зичлик дейилади ва ρ билан белгиланади. Яъни

$$\rho = 1/v, kg/m^3 \quad (2)$$

3. Босим

Иш гази ўрнида қабул қилинадиган идеал газ тартибсиз ҳаракатдаги жуда кўп молекулалардан иборат. Бундай ҳаракат натижасида газ ўзи жойлашган идишнинг деворларига босим кучи билан таъсир қилади. Молекулалар тартибсиз ҳара-

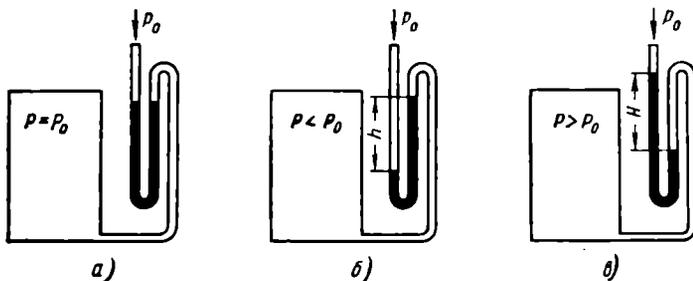
* Аниқ боғланиш $T = t + 273, 15^{\circ} K$ билан ифодаланади.

кат қилганликлари сабабли бир томонга йўналмасдан, уларнинг босим кучи идиш деворларига баравар таъсир этади.

Газнинг босими юза S бирлигига таъсир қилувчи куч F билан ўлчанади:

$$p = \frac{F}{S}, \quad \kappa \Gamma / \text{м}^2. \quad (3)$$

Кичик босимларни ўлчашда суюқлик тўлдирилган U -симон найчадан фойдаланилади. Найчанинг бир учи босими ўлчанадиган идишга уланади (1-расм).



1-расм. Идишдаги газнинг босими ва сийракланишини ўлчайдиган асбоблар

Агар идишдаги босим p атмосфера босими p_0^* га тенг бўлса, у ҳолда суюқлик найчанинг иккала тирсагида бир сатҳда бўлади (1-расм, а). Агар $p < p_0$ бўлса, чап тирсақдаги суюқлик сатҳи ўнг томондагига қараганда пастроқда жойлашади (1-расм, б). Улар орасидаги фарқ $p_{\text{абс}} = p_0 - h$ газнинг идиш деворларига абсолют босимини билдиради. h нинг қиймати вакуум ёки ҳавонинг сийраклашиши дейилади. Агар идишдаги газнинг босими атмосфера босимидан катта бўлса, найчанинг ўнг тирсагидаги суюқликнинг сатҳи чапдагига нисбатан пастроқ жойлашади. Идишдаги босим билан атмосфера босими орасидаги фарқ устуннинг баландлиги H (1-расм, в) билан ва газнинг абсолют босими $p_{\text{абс}} = p_0 + H$ билан аниқланади. Агар U -симон найчага суюқлик ўрнига симоб солинса, у ҳолда баландлиги H га тенг бўлган симоб устуни юза S га ўз оғирлигига тенг бўлган куч билан таъсир қилади. Демак,

$$p \cdot S = V \rho_{\text{сим}} g \quad (4)$$

бўлади, бу ерда: $\rho_{\text{сим}}$ — симобнинг зичлиги,
 V — симоб устунининг ҳажми.

* Атмосфера босими барометр ёрдамида ўлчанади. Шунинг учун атмосфера босими барометрик босим дейилади ва $p_{\text{бар}}$ билан белгиланади

Агар тенгламанинг чап ва ўнг қисмини S га бўлсак ва $\frac{V}{S} = H$ эканлигини ҳисобга олсак, у ҳолда:

$$p = H \rho_{\text{сим}} g h / m^2 \quad (5)$$

бўлади, бу ерда $\rho_{\text{сим}}$ — симобнинг зичлиги, $кг/м^3$.

СИ системасида босимнинг ўлчов бирлиги қилиб 1 н кучнинг 1 м^2 юзага тўғри келган босими ($\text{н}/\text{м}^2$) қабул қилинган. Бу ўлчов кичик бўлганлиги учун амалда 1 бар . ($1 \text{ бар} = 1 \cdot 10^5 \text{ н}/\text{м}^2 = 10 \text{ н}/\text{см}^2$) ёки унинг улуш бирликлари $\text{Мн}/\text{м}^2$ ($1 \text{ Мн}/\text{м}^2 = 1 \cdot 10^6 \text{ н}/\text{м}^2$) қабул қилинган.

МКГСС системасида босим $кг/м^2$ да ўлчанади.

Амалда 1 см^2 юзага тўғри келувчи босим, яъни $1 \text{ кг}/\text{см}^2 = 10^4 \text{ кг}/\text{м}^2$ қўлланилади. Ҳозирги даврда босимни ўлчаш учун ишлатиладиган манометр деб аталадиган асбоблар $кг/см^2$ да даражаланган. Манометрлар атмосфера босимидан юқори (ортиқча) босим $p_{\text{ман}}$ ни ўлчайди. Шунинг учун ҳисоблашда манометр билан ўлчанган босимга барометр бўйича аниқланган атмосфера босимини қўшиш керак.

Демак,

$$p_{\text{абс}} = p_0 + p_{\text{ман}} \quad (6)$$

Агар сийраклик манометр (вакуумметр) билан ўлчанган бўлса,

$$p_{\text{абс}} = p_0 - p_{\text{сийр}} \quad (7)$$

бўлади.

Техникавий ҳисобларда кўпинча p_0 ни $1 \text{ кг}/\text{см}^2$ га тенг деб олинади. Шунинг учун ортиқча босим манометр билан ўлчанганда абсолют босим

$$p_{\text{абс}} = p_{\text{ман}} + 1, \text{ кг}/\text{см}^2 \quad (8)$$

бўлади.

Қуйида асосий икки ўлчов бирликлари орасидаги боғланиш келтирилган. Булар кейинчалик тенгламаларни келгириб чиқаришда ва ҳисобларда қўлланилади:

$$1 \text{ бар} = 10 \text{ н}/\text{см}^2 = 10^5 \text{ н}/\text{м}^2 = 1,02 \text{ ат} = 750 \text{ мм сим. уст.} = 10200 \text{ мм сув. уст.}$$

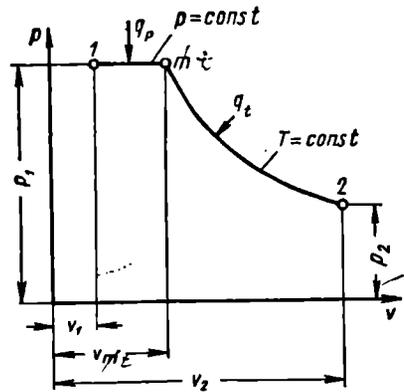
$$1 \text{ кг}/\text{см}^2 = 10^4 \text{ кг}/\text{м}^2 = 1 \text{ ат} = 0,981 \text{ бар} = 735,6 \text{ мм сим. уст.} = 10.000 \text{ мм сув. уст.}$$

Шундай қилиб, 2% ноаниқлик билан $1 \text{ бар} = 1 \text{ кг}/\text{см}^2$ деб олиш мумкин.

3-§. ИДЕАЛ ГАЗЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

Ординаталар ўқи бўйлаб босим p , абсциссалар ўқи бўйлаб эса газнинг солиштирма ҳажми бўлган координаталар системасида 1 кг массага эга бўлган газнинг кенгайиш процессини

текширамыз (2- расм). Газнинг 1 нўқтадаги бошланғич ҳолати T_1 , p_1 ва v_1 параметрлари билан белгиланади. Дастлаб, газга q_p миқдорда иссиқлик берилади, шунда газ p_1 босими ўзгармаган ҳолда m нўқтадаги параметрлар билан ифодаланади. m нўқтадаги газ ҳолатининг параметрлари $p_m = p_1$, v_m ва T_m бўлади. Сўнг-ра газга q_t миқдорда иссиқлик берилади. Шунда газ нўқта m дан нўқта 2 гача ўзгармас температурада кенгайди ва кенгайиш процессининг охирида газнинг параметрлари p_2 , $T_2 = T_m$ ва v_2 бўлади.



2- расм. Идеал газнинг кенгайиш процесслари

1 m процессини текширамыз. Гей-Люссак қонунига биноан барча идеал газлар ўзгармас босимда 1°C қиздирилганда 0°C даги ҳажмининг $\frac{1}{273}$ қисмига кенгайди.

Демак,

$$\frac{v_1}{v_m} = \frac{1 + \frac{1}{273} t_1}{1 + \frac{1}{273} t_m} = \frac{273 + t_1}{273 + t_m} = \frac{T_1}{T_m} \quad (9)$$

Тенгламадан кўришиб турибдики, газнинг ҳолати доимий босимда ўзгарганда газларнинг ҳажми температурага тўғри пропорционал ўзгаради.

Энди газнинг нўқта m дан нўқта 2 гача кенгайиш процессини кўриб чиқамиз. Бойл-Мариотт қонунига биноан ўзгармас температурада содир бўладиган процессда газнинг ҳажми босимга тескари пропорционал ўзгаради

$$\frac{v_2}{v_m} = \frac{p_m}{p_2} \quad (10)$$

Лекин, шартга биноан, $T_m = T_2$ ва $p_m = p_1$.

У ҳолда (9) ва (10) тенгламаларни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$v_m = v_1 \frac{T_2}{T_1} \quad \text{ва} \quad v_m = v_2 \frac{p_2}{p_1}$$

Демак,

$$v_1 \frac{T_2}{T_1} = v_2 \frac{p_2}{p_1}$$

ёки

$$\frac{v_1 p_1}{T_1} = \frac{v_2 p_2}{T_2} = R, \text{ нм' (кг. град.) ёки ж' (кг. град),} \quad (11)$$

бунда R — ҳар бир газ учун ўзгармас миқдор бўлиб, у газнинг ҳолатига боғлиқ эмас. У 1 кг газ учун газ доимийси дейилади ва нм (кг. град) ёки ж' (кг. град) ҳисобида ўлчанади.

(11) тенгламадан

$$pv = RT \quad (12)$$

келиб чиқади.

(12) тенглама газ ҳолатининг характеристик тенгламаси ёки Клапейрон тенгламаси дейилади.

Тенгламанинг ўнг ва чап қисмини газнинг массасини m да ифодаловчи G га кўпайтирсак, G кг газ учун тенглама (12) қуйидагича ёзилади.

$$pV = GRT, \quad (13)$$

бу ерда V — G кг газнинг ҳажми; $V = vG$.

Авогадро қонунига биноан турли газларнинг бир хил босим ва температурадаги бир хил ҳажмида молекулалар сони тенг бўлади.

Биз кўраётган газларнинг молекуляр массаларини μ_1 ва μ_2 , уларнинг массаларини эса G_1 ва G_2 деб белгиласак, юқоридаги Авогадро қонунига асосланган шартга биноан қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}. \quad (14)$$

(14) тенглама массалар нисбатининг молекуляр массалар нисбатига тенглигини кўрсатади.

Газнинг миқдорини килограмм-моль билан аниқлаш қулай бўлади. *Килограмм-моль* ёки киломоль (*кмоль*) газнинг молекуляр массасига сон жиҳатдан тенг бўлган килограммларда ифодаланган массасидир.

Молекуляр масса μ нинг солиштирма ҳажми v га кўпайтмаси мазкур *кмоль* газнинг ҳажмини белгилайди:

$$V_\mu = \mu v, \text{ м}^3/\text{кмоль}. \quad (15)$$

1 *кмоль* газнинг зичлиги, молекуляр массаси ва ҳажми орасидаги боғланиш қуйидагича аниқланади:

$$\rho = \frac{\mu}{\mu v} = \frac{\mu}{V_\mu}. \quad (16)$$

Демак

$$v = \frac{\mu v}{\mu} = \frac{V_\mu}{\mu}. \quad (17)$$

Агар газнинг солиштирма ҳажми ва молекуляр массаси маълум бўлса, (17) тенгламадан фойдаланиб, 1 кмоль газнинг ҳажмини топиш мумкин.

Нормал физикавий ҳолатдаги ($p = 1,013 \text{ бар} = 1,033 \text{ кг/см}^2$ ва $t = 0^\circ\text{C}$) 1 кмоль газнинг ҳажми V_μ ни ҳисоблаймиз. Ми-сол учун кислород O_2 ни кўриб чиқамиз. Кислороднинг молекуляр массаси $\mu_{O_2} = 32$, солиштирма ҳажми нормал шароитда ($t = 0^\circ\text{C}$ ва $p = 1,013 \text{ бар}$) $v_{O_2} = 0.7 \text{ м}^3/\text{кг}$. У ҳолда (17) тенгламага асосан:

$$V_\mu = \mu v = 32 \cdot 0,7 = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}^*$$

бўлади.

Авогадро қонунига кўра, турли газларнинг массалари бир хил босим ва температурада бир хил ҳажмини эгаллайди. Демак, $t = 0^\circ\text{C}$ ва $p = 1,013 \text{ бар}$ бўлганда ҳар қандай 1 кмоль идеал газнинг ҳажми $V_\mu = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ бўлади. Босим $p = 0,981 \text{ бар} = 1,0 \text{ кг/см}^2$ ва температура $t = 15^\circ\text{C}$ бўлганда ҳар қандай газ учун $V_\mu = 24,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ бўлади. Бу қиймат техникавий ҳисоблашларда кенг қўлланилади.

(12) тенгламанинг чап ва ўнг қисмини молекуляр массага кўпайтирамиз, у ҳолда

$$p v \mu = \mu R T \quad (18)$$

бўлади.

Агар $T = 273^\circ\text{K}$, $p = 101\,300 \text{ н/м}^2 = 1,013 \text{ бар}$ ва $V_\mu = 22,4146 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ бўлса, (18) тенгламадан қуйидаги келиб чиқади:

$$R = \frac{101\,300 \cdot 22,4146}{273 \mu} = \frac{8314}{\mu}. \quad (19)$$

Эски бирликларда

$$R = \frac{1,033 \cdot 10^4 \cdot 22,4146}{273 \mu} = \frac{848}{\mu}.$$

Агар газнинг молекуляр массаси маълум бўлса (19), тенгламадан газ доимийсининг қийматини топиш мумкин.

(19) формуладан

$$\mu R = R_\mu = 8314 \text{ ж}/(\text{кмоль} \cdot \text{град}) \quad (20)$$

ёки

$$R_\mu = 848 \text{ кг} \cdot \text{м}/(\text{кмоль} \cdot \text{град}).$$

Демак, газ доимийси R_μ ҳар қандай 1 кмоль газ учун ўзгармас миқдор бўлиб, универсал газ доимийси дейилади.

* Аниқроғи $V_\mu = 22,4146 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

μR нинг қийматини (18) тенгламага қўйиб, 1 кмоль газ учун характеристик тенгламани ҳосил қиламиз:

$$p\mu v = pV_\mu = \mu RT = 8314 T. \quad (21)$$

Эски бирликларда $pV_\mu = 848 T$.

1- мисол. Ҳаракатчан поршенли цилиндр ичида $t = 15^\circ\text{C}$ ўзгармас температурада $0,01 \text{ м}^3$ газ сиқилади. Сиқилиш бошида ҳавонинг босими $p_1 = 1 \text{ бар}$, охирида эса $p_2 = 5 \text{ бар}$.

Газнинг сиқилиш охиридаги ҳажми топилсин.
Бойл-Мариотт қонунига кўра (10) тенгламадан:

$$V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2} = 0,01 \cdot \frac{1}{5} = 0,002 \text{ м}^3.$$

2- мисол. Куйидагилар, яъни босим $p = 1 \text{ бар} = 10^5 \text{ н/м}^2 = 1,02 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^2$, температура $t = 15^\circ\text{C}$ ва кислороднинг солиштирма ҳажми $v = 0,749 \text{ м}^3 \text{ сек/кг}$ маълум; кислороднинг газ доимийси топилсин.

(12) характеристик тенгламага биноан:

$$R = \frac{pv}{T} = \frac{10^5 \cdot 0,749}{273 + 15} = 260 \text{ ж/(кг. град)}.$$

Эски бирликларда

$$R = \frac{1,02 \cdot 10^4 \cdot 0,749}{288} = 26,5 \text{ кг. м/(кг. град)}.$$

3- мисол. Ҳавонинг зичлиги топилсин ($p = 20 \text{ бар}$, температура $t = 300^\circ\text{C}$, ҳавонинг молекуляр массаси $\mu_x = 28,97$).

(2) ва (11) тенгламалардан:

$$\frac{p_x}{\rho_x T_x} = \frac{p}{\rho T}$$

к - ҳ

бундан

$$\rho = \rho_x \frac{p}{p_x} \frac{T_x}{T}$$

(16) тенгламадан

$$\rho_x = \frac{\mu}{V_\mu};$$

$\rho_x = 1,013 \text{ бар}$ ва $t_x = 0^\circ\text{C}$ бўлганда $V_\mu = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ бўлади. Бу ҳолда ҳар қандай газ учун

$$\rho = \frac{\mu}{22,4} \cdot \frac{p}{1,013} \cdot \frac{273}{T} = 12,03 \frac{\mu}{T} \text{ кг/м}^3.$$

Агар босим бар ҳисобида берилган бўлса, бу тенгламани ҳар қандай газ учун татбиқ этиш мумкин.

Бизнинг мисол учун:

$$\rho_x = 12,03 \frac{28,97 \cdot 20}{573} = 12,164 \text{ кг/м}^3.$$

4- мисол. Ҳажми $V = 1,2 \text{ м}^3$ ли баллондаги $t = 30^\circ\text{C}$ температурали ҳаво ташқарига чиқарилмоқда.

Клапани очишга қадар баллондаги ҳавонинг босими $p = 95 \text{ бар} = 9,5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 = 97 \text{ кг/см}^2$ эди. Клапан ёпилгандан сўнг босим $p_2 = 43 \text{ бар} = 43 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 = 44 \text{ кг/см}^2$ бўлиб қолди. Ҳаво чиқаётганда унинг температураси ўзгармай қолди. Ҳавонинг молекуляр массаси $\mu_x = 28,97$.

Баллондан чиқиб кетган ҳавонинг миқдори топилсин.
 (13) характеристик тенгламадан фойдаланиб қуйидагини ёзиш мумкин:
 баллондан ҳаво чиқишдан олдин

$$p_1 V = G_1 R T;$$

чиққандан сўнг

$$p_2 V = G_2 R T,$$

бунда R — ҳавонинг газ доимийси;

G_1 ва G_2 — ҳавонинг баллондан чиқишдан олдинги ва чиққандан кейинги массаси;

Чиқиб кетган ҳавонинг миқдори:

$$G = G_1 - G_2 = \frac{V}{RT} (p_1 - p_2).$$

(19) тенгламадан ҳавонинг газ доимийси аниқланади:

$$R = \frac{8314}{28,97} = 287 \text{ ж} / (\text{кг} \cdot \text{град}).$$

Шундай қилиб

$$G = \frac{1,2(95 - 43) \cdot 10^5}{287(273 + 30)} = 72 \text{ кг}.$$

Ҳисоб эски бирликларда олиб борилганда (босим $\text{кг}/\text{м}^2$ ҳисобида бўлганда):

$$R = 29,27 \text{ кг} \cdot \text{м} / (\text{кг} \cdot \text{град}) ;$$

$$G = \frac{1,2(97 - 44) \cdot 10^4}{29,27 \cdot 303} = 72 \text{ кг} .$$

4-§. ИДЕАЛ ГАЗЛАР АРАЛАШМАСИ

Ички ёнув двигателларида ёнилғи билан ҳаво кислородининг химиявий реакцияси натижасида ёниш маҳсулотлари ҳосил бўлади. Бу маҳсулотлар газлар (карбонат ангидрид, исгази, сув буғи, водород, кислород, азот ва бошқалар) аралашмасидан иборат. Двигателдаги айрим процессларни ва унинг кўрсаткичларини ўрганаётганда газлар аралашмасининг таркибини ва ҳар қайси газнинг миқдорини билиш зарур бўлади.

Газлар аралашмаси қуйидагиларга асосланиб ҳисобланади. Ҳар бир газ берилган барча ҳажмни эгаллайди ва аралашма таркибида „парциал“ босим деб аталувчи ўз босими p_i га эга бўлади. Аралашманинг босими барча парциал босимларнинг йиғиндисига тенг (Дальтон қонуни).

Газлар аралашмаси масса ва ҳажм бирликларида берилди.

1. Газлар аралашмаси компонентларининг миқдорини масса бирликларида аниқлаш

Газлар аралашмасини ташкил этувчи барча компонентлар массаларининг йиғиндиси аралашма массасига тенг:

$$\sum_{i=1}^{i=n} G_i = G_1 + G_2 + \dots + G_n = G_{ар} \text{ кг} \quad (22)$$

Ҳар бир газнинг массавий улуши қуйидагича топилади:

$$g_i = \frac{G_i}{G_{ap}}, \quad (23)$$

G_i — мазкур газ компонентининг массаси, кг.

Газларнинг барча массавий улушларининг йиғиндиси 1 га тенг:

$$\sum_{i=1}^{i=n} q_i = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} G_i}{G_{ap}} = 1. \quad (24)$$

2. Газлар аралашмаси компонентларининг миқдорини ҳажм бирлигида аниқлаш

Аралашмада парциал босим p_i остидаги газга T_{ap} температурада аралашма босими p_{ap} таъсир этса, у аралашманинг барча ҳажми V_{ap} ни эмас, балки унинг бир қисми V_i ни эгаллайди. Бу ҳажм V_i *парциал ҳажм* дейилади.

Парциал ҳажмлар йиғиндиси аралашма ҳажмига тенг:

$$\sum_{i=1}^{i=n} V_i = V_{ap}. \quad (25)$$

Газнинг ҳажмий улуши қуйидагича топилади:

$$r_i = \frac{V_i}{V_{ap}} \quad (26)$$

ва

$$\sum_{i=1}^{i=n} r_i = r_1 + r_2 + \dots + r_n = 1 \quad (27)$$

Газ компонентининг ўзгармас температурада V_i ҳажмгача сиқилишини кўрган эдик. Шунинг учун ҳар қандай i компонент учун (10) тенгламани татбиқ этиш мумкин:

$$\frac{p_i}{p_{ap}} = \frac{V_i}{V_{ap}},$$

бундан ҳар бир газнинг парциал босими:

$$p_i = \frac{V_i}{V_{ap}} p_{ap} = r_i p_{ap}. \quad (28)$$

Агар газ таркиби ҳажм бирлигидэ эмас, балки M_i кмольда берилган бўлса, у ҳолда аралашмадаги ҳар бир газнинг нисбий улуши m_i сон жиҳатдан ҳажмий улуши r_i га тенг бўлади, бинобарин:

$$m_i = \frac{M_i}{M_{ap}} = r_i,$$

бу ерда: M_{ap} — газлар аралашмасининг ҳажми, кмоль

Агар аралашманинг массавий улуши маълум бўлса, унинг ҳажмий таркибини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$r_i = \frac{M_i}{M_{\text{ар}}} = \frac{\frac{g_i}{\nu_i}}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{g_i}{\nu_i}}$$

3. Аралашманинг ўртача (туюлма) молекуляр массасини аниқлаш

Газлар аралашмасини ҳисоблашда аралашманинг ўртача молекуляр массаси $\mu_{\text{ар}}$ ни билдирувчи катталикдан фойдаланиш маъқул бўлади. Аслида газлар аралашмаси ҳар хил газлардан иборат бўлгани учун бу тушунча шартлидир. Бунда кўрилатган газ бир жинсли молекулалардан иборат ва унинг массаси аралашма массасига, *кмоллар* сони эса $M_{\text{ар}}$ га тенг деб қабул қилинади.

Бундай газ учун газлар аралашмасининг умумий массаси:

$$G_{\text{ар}} = M_{\text{ар}} \mu_{\text{ар}}, \quad (31)$$

бундан

$$\mu_{\text{ар}} = \frac{G_{\text{ар}}}{M_{\text{ар}}} \quad (32)$$

Агар аралашма ҳажмий улушларда берилган бўлса, у ҳолда

$$G_{\text{ар}} = G_1 + G_2 + \dots + G_n,$$

$$G_1 = \nu_1 M_1; \quad G_2 = \nu_2 M_2; \quad \dots; \quad G_n = \nu_n M_n,$$

бўлгани учун (29) ва (32) ифодалардан:

$$\mu_{\text{ар}} = \nu_1 r_1 + \nu_2 r_2 + \dots + \nu_n r_n$$

ёки

$$\mu_{\text{ар}} = \sum_{i=1}^{i=n} \nu_i r_i \quad (33)$$

Агар аралашма массавий улушларда берилган бўлса,

$$\mu_{\text{ар}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{g_i}{\nu_i}} \quad (34)$$

бўлади.

4. Аралашманинг газ доимийсини аниқлаш

Агар аралашма таркибидаги ҳар қайси газнинг массавий улуши маълум бўлса, G кг газ учун характеристик тенглама-

дан фойдаланиб, аралашманинг газ доимийсини аниқлаш мумкин:

$$R_{ар} = \sum_{i=1}^{i=n} g_i R_i. \quad (35)$$

Агар аралашма ҳажмий улушларда берилган бўлса, у ҳолда газ доимийси (20) ва (33) формулалар орқали қуйидагича ифодланади:

$$R_{ар} = \frac{8314}{\mu_{ар}} = \frac{814}{\sum_{i=1}^{i=n} \mu_i r_i}. \quad (36)$$

5- мисол. Қуруқ ҳавонинг молекуляр массаси ва унинг газ доимийси топилсин. Ҳаводаги кислород ва азотнинг массавий улушлари $g_{O_2} = 0,232$ ва $g_{N_2} = 0,768$. Ҳаводаги кислород ва азотнинг ҳажмий улушлари ҳам топилсин.

(34) формулага биноан:

$$\mu_x = \frac{1}{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}} = \frac{1}{\frac{0,232}{32} + \frac{0,768}{28}}$$

(36) ифодага кўра:

$$R_x = \frac{8314}{\mu_x} = \frac{8314}{28,97} = 287 \text{ ж}/(\text{кг. град})$$

(30) формулага биноан:

$$r_{O_2} = \frac{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}}}{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}} = \frac{\frac{0,232}{32}}{\frac{0,232}{32} + \frac{0,768}{28}} = 0,209$$

$$r_{N_2} = \frac{\frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}}{\frac{g_{O_2}}{\mu_{O_2}} + \frac{g_{N_2}}{\mu_{N_2}}} = \frac{\frac{0,768}{28}}{\frac{0,232}{32} + \frac{0,768}{28}} = 0,791$$

Буни (27) тенглама бўйича текшираимиз:

$$r_{O_2} + r_{N_2} = 0,209 + 0,791 = 1.$$

6- мисол. 1 кг суяқ ёниғининг ёнишидан ҳосил бўлган маҳсулотларнинг массавий ва ҳажмий таркиблари қуйидагича:

$$G_{CO_2} = 2,182 \text{ кг}; \quad M_{CO_2} = 0,0495 \text{ кмоль}; \quad G_{CO} = 0,6 \text{ кг};$$

$$M_{CO} = 0,0214 \text{ кмоль}; \quad C_{H_2O} = 1,305 \text{ кг}; \quad M_{H_2O} = 0,0725 \text{ кмоль};$$

$$G_{N_2} = 10,333 \text{ кг}; \quad M_{N_2} = 0,366 \text{ кмоль}; \quad G_{ар} = 14,41 \text{ кг};$$

$$M_{ар} = 0,5124 \text{ кмоль}.$$

Аралашма таркибидаги ҳар бир газнинг массавий ва ҳажмий улушлари, аралашманинг газ доимийси ва туюлма молекуляр массаси топилсин.

(23) формулага биноан ҳар бир газнинг массавий улушини топамиз:

$$g_{\text{CO}_2} = \frac{2,182}{14,42} = 0,151; \quad g_{\text{CO}} = \frac{0,6}{14,42} = 0,0415;$$

$$g_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1,305}{14,42} = 0,0905; \quad g_{\text{N}_2} = \frac{10,333}{14,42} = 0,716.$$

Текшириш:

$$g_{\text{CO}_2} + g_{\text{CO}} + g_{\text{H}_2\text{O}} + g_{\text{N}_2} = 0,151 + 0,0415 + 0,0905 + 0,716 = 0,999 \approx 1,0.$$

(30) тенгламага биноан ҳар бир газнинг ҳажмий улушини топамиз:

$$r_{\text{CO}_2} = \frac{0,0495}{0,5124} = 0,0966; \quad r_{\text{CO}} = \frac{0,0214}{0,5124} = 0,0417;$$

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,0725}{0,5124} = 0,1415; \quad r_{\text{N}_2} = \frac{0,366}{0,5124} = 0,72.$$

Текшириш:

$$0,0966 + 0,0417 + 0,1415 + 0,72 = 0,9998 \approx 1,0.$$

Аралашмадаги алоҳида компонентларнинг молекуляр массалари:

$$\mu_{\text{CO}_2} = 44; \quad \mu_{\text{CO}} = 28; \quad \mu_{\text{H}_2\text{O}} = 18; \quad \mu_{\text{N}_2} = 28.$$

(33) ифода орқали аралашманинг молекуляр массасини топамиз:

$$\mu_{\text{ар}} = 44 \cdot 0,0966 + 28 \cdot 0,0417 + 18 \cdot 0,1415 + 28 \cdot 0,72 = 28,14.$$

(36) тенглама орқали аралашманинг газ доимийсини топамиз:

$$R_{\text{ар}} = \frac{8314}{28,14} = 293 \text{ ж}/(\text{кг} \cdot \text{град}).$$

5- §. ГАЗЛАРНИНГ ИССИҚЛИК СИҒИМИ

1. Умумий маълумот

Газ миқдори бирлигини 1° иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори газнинг *иссиқлик сиғими* деб аталади ва c ҳарфи билан белгиланади. Техникавий ҳисоблашда иссиқлик сиғим киложоулда ўлчанади. Эски бирликлар системасида иссиқлик сиғим килокалорияларда ўлчанади (ГОСТ 8550-61)*.

Газлар миқдорининг қандай бирликларда ўлчанишига қараб: моль иссиқлик сиғим $\mu_c \text{ кж}/(\text{кмольград})$; массавий иссиқлик сиғим $c, \text{ кж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$; ҳажмий иссиқлик сиғим $c' \text{ кж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$ бўлади.

Ҳажмий иссиқлик сиғимини аниқлашда унинг қандай босим ва температурага тааллуқли эканлигини кўрсатиш керак.

Ҳажмий иссиқлик сиғими нормал физикавий шароитларда аниқланади.

Массавий, ҳажмий ва моль иссиқлик сиғимлари орасидаги ўзаро боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$c = \frac{\mu_c}{\mu} \text{ кж}/(\text{кг} \cdot \text{град}), \quad (37)$$

* 1 ккал — 4,1868 кж.

$$c' = \frac{\mu c}{V_\mu}, \text{ кЖ}/(\text{м}^3 \text{град}) \quad (38)$$

ёки

$$c' = \dot{c}_p, \text{ кЖ}/(\text{м}^3 \text{град}), \quad (39)$$

бу ерда V_μ ва $\rho - 1$ кмоль газнинг ҳажми ва мазкур босим ҳамда температурадаги зичлиги.

Идеал газнинг қонунларига бўйсунадиган газларнинг иссиқлик сизими фақат температурага боғлиқ бўлади.

Газларнинг ўртача ва ҳақиқий иссиқлик сизими деган тусунчалар бор.

Чексиз кам миқдорда берилган иссиқлик Δq нинг чексиз оз даража ошган температурага нисбати ҳақиқий иссиқлик сизими деб аталади.

$$c_{\text{ҳақ}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (40)$$

Ўртача иссиқлик сизим температуралар оралиги t_1 дан t_2 гача бўлганда газни 1° қиздириш учун берилган ўртача иссиқлик миқдорини билдиради:

$$c_{\text{ўр}} = \frac{q}{t_2 - t_1}, \quad (41)$$

бунда q — газни t_1 дан t_2 гача қиздириш учун унинг массавий бирлигига берилган иссиқлик миқдори.

Иссиқлик бериш ёки олиш процессининг беришига қараб газнинг иссиқлик сизими ҳар хил бўлади.

Агар газ ўзгармас ҳажмли ($V = \text{const}$) идишда қиздирилаётган бўлса, иссиқлик унинг фақат температурасини оширишга сарфланади.

Агар ҳаракатланувчи поршенли цилиндрдаги газга иссиқлик берилса, газнинг босими ўзгармай қолади ($p = \text{const}$). Бу ҳолда газ қизийди ва кенгайиб иш бажаради, яъни ташқи кучларни енгишга сарфланади ва айни вақтда унинг температураси ошади. Газни $V = \text{const}$ сақлангани ҳолда қиздиргандек, $p = \text{const}$ процессида газни қиздирганда ҳам бошланғич ва сўнгги температуралар айирмасининг бир хил бўлиши учун, $V = \text{const}$ процессида сарфланадиган иссиқлик миқдори $p = \text{const}$ процессида газнинг бажарган ишидан ортиқ бўлиши керак. Демак, газнинг босими ўзгармагандаги иссиқлик сизими c_p ҳажми ўзгармагандаги иссиқлик сизими c_v дан катта бўлади.

Агар мазкур газнинг ҳажми ўзгармагандаги массавий иссиқлик сизими c_v ёки моль иссиқлик сизими μc_v маълум бўлса, у ҳолда ўзгармас босимдаги иссиқлик сизими қуйидагича аниқланади:

$$\dot{c}_p = c_v + \frac{8,314}{\mu} \text{ кЖ}/(\text{кг} \cdot \text{град}), \quad (42)$$

$$\mu c_p = \mu c_v + 8,314 \cdot \text{кЖ}/(\text{кмоль} \cdot \text{град}) \quad (43)$$

Калория билан ҳисобланганда:

$$c_p = c_v + \frac{1,986}{\mu}, \text{ккал/(кг. град)}.$$

$$\mu c_p = c_v + 1,986, \text{ккал/(кмоль град)}.$$

(42) ва (43) тенгламалардаги иккинчи ҳад $p = \text{const}$ процессида температура 1° ўзгарганда газнинг ишига сарфланган иссиқлик миқдорини ифодалайди.

Тахминий ҳисобларда газнинг иссиқлик сифимини ўзгармас ва температурага боғлиқ эмас деб қабул қилиш мумкин. Бу ҳолда ўзгармас ҳажмдаги моль иссиқлик сифим миқдорини бир, икки ва кўп атомли газлар учун 12,6; 20,9 ва 29,3 кж/ (кмоль. град) ёки 3; 5 ва 7 ккал/кг. град) га тенг деб қабул қилиш мумкин. Аниқ ҳисоб учун турли температурадаги иссиқлик сифим қиймати 1- жадвалдан олинади.

2. Газлар аралашмасининг иссиқлик сифими

Агар газлар аралашмаси масса улушларида берилган бўлса, у ҳолда унинг массавий иссиқлик сифими аралашмани ташкил этувчи ҳар қайси газ масса улушларининг иссиқлик сифимларига кўпайтмасининг йигиндисиغا тенг

$$c_{\text{ар}} = \sum_{i=1}^{i=n} g_i c_i. \quad (44)$$

Аралашманинг ҳажмий улушларидаги иссиқлик сифими:

$$c'_{\text{ар}} = \sum_{i=1}^{i=n} r_i c'_i. \quad (45)$$

Аралашманинг киломоляда берилган иссиқлик сифимини ҳисоблашда қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\mu_{\text{ар}} c_{\text{ар}} = \sum_{i=1}^{i=n} \mu_i c_i r_i. \quad (46)$$

3. Газни қиздириш учун бериладиган иссиқлик миқдори

Газни қиздириш учун бериладиган иссиқлик миқдорини ҳисоблаш учун ўртача иссиқлик сифими миқдоридан фойдаланилади. У тахминий формулалар билан ҳисобланади ёки жадваллардан топилади (1- жадвалга қаранг).

1 кг газни t_1 дан t_2 температурагача қиздириш учун сарфланган иссиқлик миқдорини аниқлаш учун, газни 0°C дан t_1 ва t_2 температурагача қиздиришга сарфланган иссиқлик миқдори q_1 ва q_2 ни топиш керак:

$$q = q_2 - q_1 = c_{\text{ср}} \Big|_0^{t_2} t_2 - c_{\text{ср}} \Big|_0^{t_1} t_1 \quad (47)$$

Газларнинг ўзгармас ҳажмдаги ўртача моль иссиқлик сифими μ_{C_n}

Темпе- тура $t^{\circ}\text{C}$	Ҳаво		Кислород O_2		Ҳаво таркибидagi азот N_2		Карбонат ангид- рид CO_2		Сув буғи H_2O		Ис гази CO_2		Водород H_2	
	ккал/ (кмоль град)	кжс/ (кмоль град)	ккал/ (кмоль град)	кжс/ (кмоль град)	ккал/ (кмоль град)	кжс/ (кмоль град)	ккал/ (кмоль град)	кжс/ (кмоль град)	ккал/ (кмоль град)	кжс/ (кмоль град)	ккал/ (кмоль град)	кжс/ (кмоль град)	ккал/ (кмоль град)	кжс/ (кмоль град)
0	4,958	20,758	5,006	20,959	4,945	20,704	6,579	27545	6,015	25,184	4,970	20808	4,849	20,302
100	4,977	20,838	5,069	21,223	4,952	20,733	7117	29797	6,073	25,426	4,983	20863	4,925	20,620
200	5,012	20,984	5,163	21,616	4,986	20,800	7582	31744	6,163	25,803	5,013	20988	4,958	20,758
300	5,065	21,206	5,275	22,085	5,009	20,972	7987	33440	6,272	26,260	5,064	21202	4,970	20,808
400	5,129	21,474	5,389	22,563	5,060	21,185	8344	34935	6,395	26,775	5,129	21474	4,985	20,871
500	5,202	21,780	5,498	23,019	5,123	21,449	8660	36258	6,521	27,315	5,203	21784	5,000	20,934
600	5,276	22,090	5,600	23,446	5,190	21,729	8942	37438	6,659	27,880	5,281	22110	5,016	21,001
700	5,352	22,408	5,693	23,835	5,261	22,027	9195	38498	6,801	28,474	5,359	22437	5,038	21,093
800	5,425	22,713	5,777	24,187	5,331	22,320	9422	39448	6,945	29,077	5,435	22755	5,064	21,202
900	5,495	23,006	5,854	24,510	5,400	22,609	9626	40302	7,092	29,693	5,508	23061	5,095	21,332
1000	5,561	23,283	5,924	24,803	5,465	22,881	9811	41077	7,238	30,304	5,577	23350	5,129	21,474
1100	5,624	23,547	5,988	25,071	5,527	23,140	9980	41784	7,383	30,911	5,642	23622	5,166	21,629
1200	5,683	23,794	6,047	25,318	5,587	23,392	10133	42425	7,526	31,510	5,703	23877	5,205	21,792
1300	5,739	24,028	6,102	25,548	5,643	23,626	10272	43007	7,665	31,092	5,759	24112	5,248	21,972
1400	5,792	24,250	6,153	25,761	5,696	23,848	10400	43543	7,801	32,661	5,813	24338	5,291	22,152
1500	5,842	24,459	6,202	25,967	5,746	24,057	10517	44033	7,932	33,210	5,862	24543	5,334	22,332
1600	5,888	24,652	6,248	26,159	5,792	24,250	10625	44485	8,059	33,741	5,904	24736	5,378	22,517
1700	5,932	24,836	6,292	26,343	5,836	24,343	10725	44903	8,183	34,61	5,951	24916	5,421	22,697
1800	5,972	25,003	6,334	26,519	5,876	24,602	10817	45289	8,301	34,755	5,992	25087	5,464	22,877
1900	6,011	25,167	6,375	26,691	5,915	24,765	10902	45614	8,413	35,224	6,030	25246	5,507	23,057
2000	6,049	25,326	6,414	26,854	5,951	24,916	10981	45,975	8,522	35,680	6,065	25393	5,549	23,233
2100	6,084	25,472	6,452	27,013	5,986	25,062	11054	46,281	8,627	36,120	6,099	25535	5,591	23,408
2200	6,117	25,611	6,489	27,168	6,019	25,200	11122	46,566	8,727	36,538	6,130	25665	5,631	23,576
2300	6,149	25,745	6,525	27,319	6,049	25,326	11185	46,829	8,823	36,940	6,160	25791	5,671	23,743
2400	6,179	25,870	6,561	27,470	6,078	25,447	11244	47,076	8,916	37,330	6,188	25908	5,710	23,907
2500	6,208	25,992	6,595	27,612	6,105	25,560	11298	47,302	9,005	37,702	6,215	26001	5,749	24,070

* $t=0$ учун ҳақиқий иссиқлик сифимлари келтирилган.

G газ ўзгармас ҳажмда қиздирилса:

$$Q_v = G (c_v|_0^{t_2} t_2 - c_v|_0^{t_1} t_1), \quad (48)$$

ўзгармас босимда қиздирилганда эса:

$$Q_p = G (c_p|_0^{t_2} t_2 - c_p|_0^{t_1} t_1). \quad (49)$$

7- мисол. Ҳавонинг 0° дан 15°C гача ва 0° дан 1000°C гача температуралар оралигидаги ўртача массавий иссиқлик сифими 1- жадвалдан фойдаланиб топилсин.

1- жадвалдан қуйидагиларни топамиз:

$$\mu c_v = 20,758 \text{ кж}/(\text{кмоль}\cdot\text{град}) = 4,958 \text{ ккал}/(\text{кмоль}\cdot\text{град});$$

$$100^\circ\text{C} \text{ да эса } \mu c_v = 20,838 \text{ кж}/(\text{кмоль}\cdot\text{град}) = 4,977 \text{ ккал}/(\text{кмоль}\cdot\text{град})$$

Температура 0° дан 15°C га ошганда ўртача иссиқлик сифимининг қанчага ўзгарганини интерполяция йўли билан топамиз:

$$\Delta \mu c_v = \frac{(20,838 - 20,758) \cdot 15}{100} = 0,012 \text{ кж}/(\text{кмоль}\cdot\text{град}).$$

Температура 0° дан 15°C гача ўзгарганда ҳавонинг ўртача иссиқлик сифими:

$$\mu c_v|_0^{15^\circ} = 20,758 + 0,012 = 20,77 \text{ кж}/(\text{кмоль}\cdot\text{град}).$$

Калорияларда ҳисобланган иссиқлик сифим:

$$\Delta \mu c_v = \frac{(4,977 - 4,958) \cdot 15}{100} = 0,00285 \text{ ккал}/(\text{кмоль}\cdot\text{град})$$

ва

$$\mu c_v|_0^{15^\circ} = 4,958 + 0,00285 = 4,961 \text{ ккал}/(\text{кмоль}\cdot\text{град}).$$

Температура 0° дан 15°C га ўзгарганда доимий ҳажмда ўртача массавий иссиқлик сифим:

$$c_v|_0^{15^\circ} = \frac{\mu c_v}{\mu_x}.$$

Ҳавонинг молекуляр массаси $\mu_x = 28,97$ бўлгани учун:

$$c_v|_0^{15^\circ} = \frac{20,77}{28,97} = 0,717 \text{ кж}/\text{кг}\cdot\text{град}$$

ёки

$$c_v|_0^{15^\circ} = \frac{4,961}{28,97} = 0,171 \text{ ккал}/\text{кг}\cdot\text{град}.$$

Юқоридагидек ўзгармас босимда ўртача, массавий иссиқлик сифими қуйидагича топилади:

$$c_p|_0^{15^\circ} = 0,717 + \frac{8,314}{28,97} = 1,004 \text{ кж}/(\text{кг}\cdot\text{град}).$$

ёки

$$c_p = 0,171 + \frac{1,986}{28,97} = 0,24 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{град}).$$

0° дан 1000°C гача температуралар оралиғи учун (1- жадвалга қаранг).

$$c_v \Big|_0^{1000} = \frac{23,283}{28,97} = 0,806 \text{ кж/ (кг. град)}$$

ва

$$c_p \Big|_0^{1000} = 0,806 + \frac{8,314}{28,97} = 1,093 \text{ кж/ (кг. град)}.$$

Калорияларда ҳисоблаганда:

$$c_v \Big|_0^{1000} = \frac{5,561}{28,97} = 0,192 \text{ ккал/ (кг. град)}.$$

ва

$$c_p \Big|_0^{1000} = 0,192 + \frac{1,986}{28,97} = 0,2607 \text{ ккал/ (кг. град)}.$$

8- мисол. 10 м³ ҳавонинг босими $p = 1,0 \text{ бар} = 10^5 \text{ н/м}^2$ ва ўзгармас бўлса, уни 15° дан 1000°C гача қиздириш учун сарфланадиган иссиқлик миқдори аниқлансин.

Иситилиши зарур бўлган ҳаво массасини (13) тенглама орқали топамиз:

$$G = \frac{pV}{RT} = \frac{10^5 \cdot 10}{(273 + 15) \cdot 287} = 12,1 \text{ кг}.$$

Сарфланган иссиқлик миқдори, [(49) тенгламага қаранг] олдинги мисолда топилган маълумотларни ҳисобга олганда қуйидагича бўлади:

$$Q_p = 12,1 (1,093 \cdot 1000 - 1,004 \cdot 15) = 13\,000 \text{ кж}$$

ёки

$$Q_p = 12,1 (0,2607 \cdot 1000 - 0,24 \cdot 15) = 3\,106 \text{ ккал}.$$

ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ БИРИНЧИ ҚОНУНИ

6- §. ПРОЦЕСС ИШИ ВА ИЧКИ ЭНЕРГИЯ

1. Процесс иши

$p - v$ координаталар системасидан фойдаланиб, ординаталар ўқига босим p , абсциссалар ўқига эса ҳажм v ни қўямизда, иш ҳажмининг мумкин бўлган ҳолат ўзгариш процессларини кўрамиз. Ҳаракатчан поршенли цилиндрнинг A ҳажмида 1 кг газ бор, деб фараз қилайлик (3- расм). Процесснинг бошланишида поршень $I - I$ ҳолатда бўлганда, газнинг параметрлари p_1 , T_1 ва v_1 бўлади. Агар поршеннинг бошқа томонидаги босим t_1 дан кичик бўлса, у ҳолда поршень ўнгга силжийди ва босимлар тенглашганда $II - II$ ҳолатни олади. Шунда ҳажм A катталашиб, кенгайиш процесси содир бўлади. Бу процесс $I a'' 2$ эгри чизиқ билан тасвирланади; кенгайиш процессида иш жисми, ташқи кучларни енгиб, фойдали иш бажаради. Агар поршень чапга ҳаракат қилишга мажбур этилса, ҳажм A кичиклашиб, $I a' 2'$ эгри чизиқ билан тасвирланган процесс — газни сиқиш процесси содир бўлади. Бу процессда поршенни $II - II$ ҳолатгача силжитиб, газни $2'$ нуқтадаги ҳолатгача сиқиш учун, ташқаридан иш сарфланади.

Поршеннинг жуда ҳам кичик ΔS_i га силжишидаги $I a''$ кенгайиш процессини кўрамиз, бунда босим жуда ҳам кам ўзгарганлиги учун уни ўзгармас ва p_1 га тенг деб олиш мумкин. Поршень юзини F билан белгилаб, бу ҳолда бажариладиган элементар ишни қуйидагича ёзамиз:

$$\Delta l_i = p_i \cdot F \cdot \Delta S_i. \quad (50)$$

Кўпайтма $F \cdot S_i = \Delta v_i$ 3- расмда кесилган чизиқлар билан белгиланган юзага тенг.

Бу фикримизни $1 - 2$ эгри чизиқ билан белгиланган кенгайиш процессининг ҳаммасига татбиқ қилиб, яъни бу про-

цессни поршеннинг жуда кўп кичик силжишлардан ташкил топган деб фараз қиламиз ва барча элементар юзаларни қўшиб, қуйидагиларни ҳосил қиламиз:

$$l_{\text{кент}} = \sum_{i=1}^{i=n} F \cdot p_i \cdot \Delta S_i \equiv 12ab1 \text{ юза.} \quad (51)$$

Демак, кенгайиш процесси 12 да газнинг бажарган иши кечсиз кўп майда ишлар Δl_i нинг йиғиндиси билан аниқланади. Бу иш босимнинг ўзгаришини ифодаловчи 12 эгри чизиқ, иккита чекка ордината ва абсциссалар ўқидаги ab кесма билан чегараланган юзага тенг. ab кесма поршень I—I ҳолатдан II—II ҳолатгача ҳаракатланганда ҳажмнинг тўла ўзгаришини ифодалайди.

Агар поршеннинг чап томонидаги ҳажмда G кг иш жисми бўлса, у ҳолда бажариладиган иш қуйидагича бўлади:

$$L = Gl \quad (52)$$

12' эгри чизиқ билан ифодаланган процессда 12'cb1 юза жисми сиқишга сарфланадиган ишга тенг.

Шуни айтиш керакки, кенгайишда олинадиган ёки сиқишда сарфланадиган иш миқдори кўрилайётган процессда босимнинг қандай ўзгаришига, яъни процесснинг бажарилиш характерига боғлиқ. Айни вақтда процесс охиридаги (2 ва 2' нуқталар) иш жисмининг ҳолатини тасвирловчи параметрлар процессининг қандай кечганлигига (масалан, процесснинг 1a'' 2' ёки 1b'' 2 эгри чизиқлар бўйлаб содир бўлганлигига) боғлиқ эмас.

2. Ички энергия

Газларнинг физика курсида кўриладиган молекуляр-кинетикавий назариясига биноан маълумки, газнинг молекулалари илгариланма ва айланма ҳаракатда бўлади; газнинг молекуласини ташкил қилувчи атомлар тебранма ҳаракатда бўлади. Бу ҳаракатларнинг тўплами газнинг кинетикавий энергияси E_k ни тасвирлайди. Бундан ташқари, газ молекулалари потенциал энергия E_p га ҳам эга. Бу энергия молекулаларнинг тутиниш кучлари ва атомларнинг тебранишидан пайдо бўлади.

Газ атомлари ва молекулаларининг кинетикавий ва потенциал энергияларининг йиғиндиси *газнинг ички энергияси* деб аталади:

$$U = E_k + E_p. \quad (53)$$

Газ ҳолатини аниқловчи мустақил икки параметрнинг бир қийматли функцияси ички энергияни билдиради. Шунинг учун ички энергиянинг ўзгариши процесснинг боришига боғлиқ бўлмай, унинг фақат бошланғич ва охириги параметрларига боғлиқ.

Демак, ички энергиянинг ўзгариши (3- расм)

$$\Delta U_{1a'2} = \Delta U_{1b'2} = \Delta U \quad (54)$$

бўлади.

Айланма процессларда (масалан, $1a'2b'1$ процесси) иш жисми бошланғич ҳолатга қайтиб келганидан, ички энергиянинг ўзгариши нолга тенг.

Хоссалари идеал газларникига мос келадиган кучли сийраклаштирилган газлар билан ўтказилган тажрибалар (Жоуль тажрибалари) нинг кўрсатишига, идеал газлар ички энергиясининг ўзгариши фақат температурага боғлиқ.

Агар процесс ўзгармас ҳажмда бажарилса, ички энергиянинг ўзгариш қийматини аниқлаш мумкин. Бу процессда газ иш бажармагани сабабли барча иссиқлик ички энергиянинг ўзгаришига сарф бўлади.

Амалий ҳолларда процесслар температура t_1 дан t_2 гача (ёки T_1 дан T_2 гача) ўзгарганда кўриб чиқилади ва $c_v = \text{const}$ деб қабул қилинади. Бу ҳолда 1 кг иш жисми ички энергиясининг ўзгариши қуйидагича аниқланади:

$$\Delta u |_{t_1}^{t_2} = q_v = c_v (t_2 - t_1) = c_v (T_2 - T_1). \quad (55)$$

G кг учун

$$\Delta U |_{t_1}^{t_2} = G c_v (t_2 - t_1) \quad \text{бўлади.} \quad (56)$$

1 кмоль учун эса

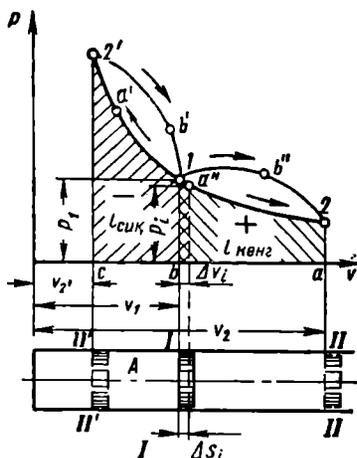
$$\Delta u_\mu |_{t_1}^{t_2} = \mu c_v (t_2 - t_1) \quad (57)$$

бўлади.

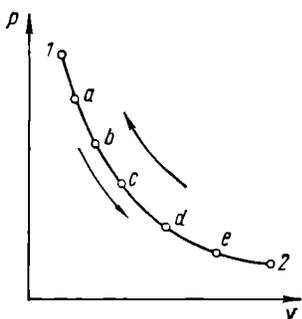
7- §. ҚАЙТАР ВА ҚАЙТМАС ПРОЦЕССЛАР ҲАҚИДА ТУШУНЧА

Газ бажарадиган термодинамикавий процессларни анализ қилишда идеал газлар учун топилган характеристик тенгламалардан фойдаланилади. Бу ҳолда газ жойлашган барча ҳажмда унинг босими ва температураси бир хил бўлгандагина бораётган процессларни анализ қилиш мумкин. Бу ҳол газнинг мўъвоzanат ҳолатида эканлигини билдиради.

4- расмда $p - V$ координаталарда кенгайиш процесси 12 кўрсатилган. Газ исталган вақтда a , b , c ва ҳоказо нуқталар-



3- расм. Газнинг кенгайиш ва сиқиш процессларида бажарган ишини график усулда аниқлаш



4-расм. Қайтувчан процесснинг $p - V$ координаталарида тасвири

нинг параметрлари билан ифодаланадиган мувозанат ҳолатда бўлади.

Бир мувозанат ҳолатидан иккинчисига бу хилда ўтиш газнинг ҳолати чексиз секин ўзгарганда, яъни газнинг ҳамма массасида босим ва температура тенглашиб бир хил қийматга эришганда мумкин бўлади.

Бундай мувозанат процесси жуда ҳам секинлик билан газни нуқта 2 дан нуқта 1 гача сиқиш пайтида содир бўлади, деб фараз қилиш мумкин.

Процессларни тўғри (кенгайиш) ва тескари (сиқиш) йўналишда бир хил оралиқ мувозанат ҳолатларида бажариш мумкин бўлса, улар қайтар

процесслар дейилади.

Қайтар процесснинг содир бўлиши учун тескари процессда (сиқиш) иш жисмидан ажраладиган иссиқлик ўз манбаига, яъни тўғри процессда (кенгайиш) олинган манбага қайтарилиши шарт. Бунинг учун иш жисми кўрилатган ҳар бир чексиз оз вақт оралиғида иссиқлик манбаига уриниши лозим; манбанинг температураси иш жисминикидан чексиз кичик қиймат қадар фарқ қилади.

Умумий ҳолда, бундай иссиқлик алмашиниши кетма-кет жойлашган чексиз кўп иссиқлик манбалари мавжуд бўлиб, уларнинг температуралари бир-биридан чексиз оз фарқ қилган шароитда юз беради. Бу ҳол, иш жисмининг мувозий кенгайиш процесс $1abcde2$ да иссиқликни иссиқлик манбаидан олишига, тескари мувозий сиқиш процесси $2ecdба1$ да эса иссиқликни ўша манбанинг ўзига қайтаришига имкон беради. Демак, қайтар процессда иш жисми ва иссиқлик манбаи кенгайиш процессида исталган пайтда эгалланган ҳолатига қайтади.

Шуни айтиш керакки, қайтар процесснинг мавжуд бўлиши учун иссиқлик манбаидан ва ҳаракатланувчи поршеньли цилиндрдаги иш жисмидан иборат система термик изоляцияланган бўлиши, яъни иссиқлик атроф муҳитга сарфланмаслиги лозим.

Аслида иссиқлик машиналарида содир бўладиган реал процесслар жуда қисқа вақт ичида ўтади, бу эса мувозий ва қайтар процессларни олишга имкон бермайди. Бундан ташқари реал процессларда молекулаларо ишқаланишларнинг мавжудлиги, шунингдек газнинг идиш деворларига ишқаланиши натижасида ҳам тўғри, ҳам тескари процессларда иссиқлик ажралади. Бу ҳам қайтар процесс ҳосил қилишга имкон бермайди. Ички ёнув двигателларига хос бундай процесслар қайтмас бўлади. Бундан ташқари, двигателларда ёнилғи ва ҳаво аралашмаси ёнганда иш жисмининг химиявий таркиби ҳам ўзгаради.

Техникавий термодинамикада қайтар процесслар кўриб чиқилади. Уларни ўрганиш иссиқликдан энг унумли фойдаланиш шароитларини аниқлашга имкон беради.

Ҳақиқий қайтмас процессларни қайтар процессларга таққослаш йўли билан тажриба коэффициентлари топилади, Бу коэффициентлар реал процессларга хос қўшимча нобуд бўладиган иссиқликни ҳисобга олади.

8- §. ТЕРМОДИНАМИКА БИРИНЧИ ҚОНУНИНИНГ ТАЪРИФИ ВА ТЕНГЛАМАСИ

1. Термодинамика биринчи қонунининг таърифи

XVIII асрнинг охири ва XIX асрнинг биринчи ярмида ўтказилган тажрибаларнинг кўрсатишича, иссиқлик энергиясининг механикавий энергияга айланишида маълум миқдорий боғланиш бор. Газлар кинетикавий назариясининг М. В. Ломоносов аниқлаган асосий қонун-қоидалари аниқланган ва кейинчалик бу назариянинг ривожланиши ҳамда ўтказилган тадқиқотлар энергиянинг сақланиш, бир турдан иккинчисига айланиш қонунини аниқлаш ва тушунтиришга имкон берди.

Техникавий термодинамикада биринчи қонун қуйидагича таърифланади: иссиқлик ва механикавий иш эквивалентдир, яъни маълум миқдорда механикавий иш олиш учун бу ишга эквивалент бўлган аниқ миқдордаги иссиқлик сарфланиши зарур.

Эквивалентлик принципи умумий ҳолда қуйидагича ёзилиши мумкин (Q ва L бир хил бирликларда ўлчанганда):

$$Q = L, \quad (58)$$

бу ерда: Q — сарфланган иссиқлик энергияси миқдори;

L — бажарилган иш миқдори.

ГОСТ 7664-61 га кўра, механикавий энергиянинг ўлчов бирлиги Жоуль бўлиб, у ўзгармас 1 н кучнинг 1 м масофада бажарган ишига тенг.

Иссиқлик энергиясининг ўлчов бирлиги қилиб ҳам Жоуль қабул қилинган.

Иссиқлик ўлчов бирликлари системасига кирмаган калорияларда ўлчанади.

МКГСС системасида иш бирлиги қилиб килограммометр ($\text{кг} \cdot \text{м}$) қабул қилинган.

Кўпгина тажрибаларга асосланиб, килограммометрлардаги иш ва килокалориялардаги иссиқлик орасида миқдорий боғланиш ўрнатилган.

1 ккал иссиқлик сарфланганда $427 \text{ кг} \cdot \text{м}$ иш бажарилади. Бундан ишнинг термик эквиваленти:

$$A = \frac{1}{427} \text{ ккал} / (\text{кг} \cdot \text{м}). \quad (59)$$

Амалий ҳисобларда двигателнинг қуввати киловатт (*квт*) ёки от кучи (*о. к.*) билан ўлчанади.

Кўпинча энергия бир соат давомида бажариладиган иш қиймати билан ўлчанади. Бу ҳолда энергиянинг ўлчов бирлиги от кучи-соат ёки киловатт-соат бўлади.

Амалда қўлланиладиган иссиқлик ва иш birlikлари орасидаги боғланишлар 2- жадвалда берилган.

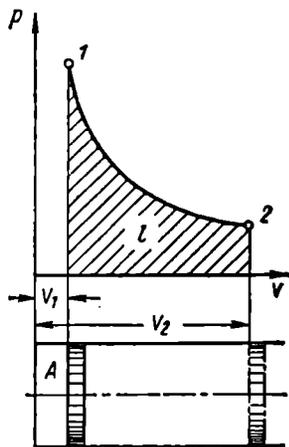
2- жадвал

Иссиқлик ва иш birlikлари орасидаги боғланиш

Ўлчов birlikлари	<i>кж</i>	<i>ккал</i>	<i>КГ·м</i>	<i>квт·соат</i>	<i>о·к·соат</i>
1 <i>кж</i>	1	0,239	102	0,000278	0,000378
1 <i>ккал</i>	4,1868	1	427	0,00116	0,00158
1 <i>КГ·м</i>	0,00981	0,00234	1	0,00000272	0,0000374
1 <i>квт·соат</i>	3600	860	367200	1	1,36
1 <i>о·к·соат</i>	2648	632,4	270000	0,736	1

2. Термодинамика биринчи қонунининг тенгламаси

Цилиндрнинг *A* ҳажмидаги газ бажарадиган процессни кўриб чиқамиз (5- расм). Умумий ҳолда, 1 *кг* иш жисмига *q* иссиқлик берилиб, поршень ўнг томонга эркин силжиганда иш жисми ташқи кучларга қарши *l* иш бажаради. Бу ишга иссиқликнинг $q_1 = l$ қисмини сарфлайди. Кўрилатган процессда иш жисмига берилаётган иссиқликнинг фақат бир қисми иш бажаришга сарф бўлади. Газнинг кенгайиши (ҳажмнинг ортиши $v_2 > v_1$) билан бир вақтда унинг температураси ошади ($T_2 > T_1$), чунки жисмга берилган иссиқликнинг бир қисми $q_2 = u_2 - u_1 = \Delta u$ газнинг ички энергиясининг ортишига сарф бўлади.



5- расм. Газнинг бажарган ишини график усулда аниқлаш

Охири процесснинг нуқта 1 дан нуқта 2 гача бундай ўтишида термодинамика биринчи қонунининг тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$q = q_1 + q_2 = \Delta u + l = c_v \cdot (T_2 - T_1) + l \quad (60)$$

Агар c_v , q ва u системага кирмаган birlik *ккал* да ифодаланса, *Al* *КГ·м* да ўлчанади, бу ҳолда (60) формула қуйидаги кўринишда бўлади:

$$q = c_v(T_2 - T_1) + Al.$$

Иш жисми ҳолати чексиз оз ўзгарганда термодинамиканинг биринчи қонунини дифференциал тенглама билан ифода-лаш мумкин:

$$dq = du + dl, \quad (61)$$

бу ерда dq — кўрилатган процессда иш жисмига бериладиган ё ундан олинган чексиз оз миқдордаги иссиқлик.

(60) ва (61) тенгламалар ҳар қандай сиқиш ва кенгайиш процессларига тааллуқлидир.

Тенгламанинг барча ҳадлари мусбат ва манфий қийматларни олиши мумкин. Масалан, кенгайиш процесси кўриб чиқилаётган бўлса, u ҳолда газ ташқи кучларга қарши мусбат иш ($+l$) бажаради; сиқиш процессида ташқаридан иш ($-l$) сарфланади.

Процесс охиридаги температура T_2 бошлангич температура T_1 дан катта бўлса, ички энергия ошади ($+\Delta u$); $T_2 < T_1$ бўлса, ички энергия камаяди ($-\Delta U$).

Агар иш жисмига иссиқлик берилса, u ҳолда q мусбат қийматга эга бўлади ($+q$), иш жисмидан иссиқлик олинса, иссиқлик q манфий қийматга эга бўлади ($-q$).

9-§- ТЕРМОДИНАМИКАВИЙ ПРОЦЕССЛАР

Иссиқлик машиналарида турли хил процесслар содир бўлади. Бу процесслар вақтида иссиқлик берилади ва олинади ($\pm q$), ички энергия ортади ёки камаяди ($\pm \Delta U$). Ташқаридан иссиқлик берилмаганда ($q = 0$) иш фақат ички энергия ҳисобига бажарилиши мумкин ёки, аксинча, ички энергия ўзгармай қолганда ($\Delta U = 0$) иш фақат берилётган иссиқлик ҳисобига бажарилади ва, ниҳоят, иш жисми иш бажармаганда ($l = 0$) ҳам процесс бўлиши мумкин.

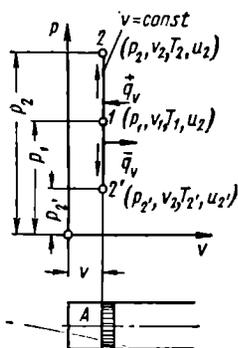
Бу процесслар қуйида кўриб чиқилади.

1. Газ ҳолатининг ўзгармас ҳажмда ўзгариши (изохорик процесс)

Цилиндрнинг (6-расм) A ҳажмида 1 кг иш жисми жойлашган ҳолни кўриб чиқайлик. Поршень цилиндра шундай маҳкамланганки, газнинг кучи таъсир этганда ҳам қимирламайди ва бинобарин, газга иссиқлик берилганда ёки газдан иссиқлик олинганда ҳажм A ўзгармайди. Процессни ифодаловчи тенглама қуйидагича ёзилади:

$$v = \text{const.} \quad (62)$$

Газнинг нуқта l даги бошлангич параметрларини p_1 ; T_1 ; v_1 ; u_1 билан ифодалаймиз.



6- расм. Изохорик процесснинг $p - V$ координаталарида тасвири

газ учун $R = \text{const}$, $v = \text{const}$ эканлигини назарда тутиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}. \quad (63)$$

Бинобарин, ўзгармас ҳажмда газ ҳолатининг ўзгариш процессида температура босимга тўғри пропорционал равишда ўзгаради.

Кўриб чиқилаётган процессда газ кенгаймайди ($\Delta v = 0$), яъни у иш бажармайди ва $l = 0$. Бу ҳолда термодинамиканинг биринчи қонунини ифодаловчи (60) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$q_v = \Delta u = c_v (T_2 - T_1). \quad (64)$$

(64) тенгламадан кўришиб турибдики, $v = \text{const}$ бўлган процессда ҳамма иссиқлик фақат ички энергиянинг ўзгаришига сарф бўлади.

G кг газ учун

$$Q_v = \Delta U = Gc_v (T_2 - T_1). \quad (65)$$

12' процессда иссиқлик иш жисмидан олинганда, процесс охиридаги газ параметрларини аниқлаш учун ҳам (63) ва (65) тенгламалардан фойдаланиш керак.

+ ишора процессда иш жисмига иссиқликнинг келтирилишини ва бунга мос равишда ички энергиянинг ортишини кўрсатади, — ишора эса процесс вақтида иссиқликнинг олинишини ва унга мос равишда ички энергиянинг камайишини кўрсатади. Бу ишоралар процесснинг охири ва бошидаги температуралар қийматини (64) ва (65) тенгламаларда ёзилганидек тартибда қўйиб, бир хилда аниқланади.

2. Газ ҳолатининг ўзгармас босимда ўзгариши (изобарик процесс).

12 процессида (7- расм) цилиндрнинг A ҳажмидаги 1 кг газга q_p миқдорда иссиқлик келтирамиз. Кўриб чиқиладиган процессда поршень эркин ҳаракат қила олади ва иссиқлик шундай миқдорда берилиши керакки, 12 кенгайиш процесси ўзгармас босим остида ўтсин. Шунга ўхшаш, 12' процессида иссиқлик шундай миқдорда олиниши керакки, сиқиш процесси ҳам ўзгармас босимда бажарилсин.

Процессни ифодаловчи тенглама қуйидаги кўринишда бўлади.

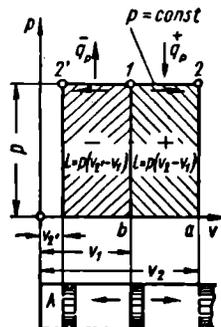
$$p = \text{const}. \quad (66)$$

Ўзгармас босимда бажариладиган процессдаги параметрлар орасидаги боғланиш газнинг икки ҳолати учун ёзилган характеристик (12) тенглама асосида қуйидагича ёзилади:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (67)$$

ва

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_1}{T_2}. \quad (68)$$



7- расм. Изобарик процесснинг $p - V$ координаталаринда тасвири

Демак, ўзгармас босимда бажариладиган процессда газнинг температураси ҳажмга тўғри пропорционал, зичлиги эса температурага тескари пропорционал равишда ўзгаради.

Ички энергиянинг ўзгариши:

$$\Delta u = c_v (T_2 - T_1). \quad (69)$$

Процессда бажарилган иш l_{2ab1} юзқбилан ўлчанади,

$$l = p (v_2 - v_1), \quad (70)$$

лекин

$$pv = RT.$$

Шунинг учун

$$l = R (T_2 - T_1). \quad (71)$$

Термодинамика биринчи қонунининг тенгламаси $p = \text{const}$ бўлган процесс учун қуйидагича ёзилади:

$$q_p = \Delta u + l = c_v (T_2 - T_1) + p (v_2 - v_1). \quad (72)$$

G кг газ учун

$$L = Gp (v_2 - v_1) = GR (T_2 - T_1); \quad (73)$$

$$Q_p = G [c_v (T_2 - T_1) + p (v_2 - v_1)]. \quad (74)$$

Шуни қайд қилиш керакки, иссиқлик берилишини ва газнинг иш бажаришини кўрсатувчи + ишора ёки газдан иссиқликнинг олинишини ва газни сиқиш учун иш сарфланишини кўрсатувчи — ишора (69) ва (70) формулаларга процесснинг охири ва бошланишидаги температура ва ҳажмларнинг қийматларини қўйиб аниқланади.

(71) тенгламадан қуйидагини оламиз:

$$R = \frac{l}{T_2 - T_1} \text{ ж}/(\text{кг} \cdot \text{град}). \quad (75)$$

Агар $T_2 - T_1 = 1^\circ$ бўлса, у ҳолда $l = R$ бўлади. Демак, газ доимийсининг сон қиймати 1 кг идеал газнинг $p = \text{const}$ бўлган процессда температура 1° ўзгарганда бажарган ишига тенг.

Агар газнинг ўзгармас босимдаги иссиқлик сизими маълум бўлса, $p = \text{const}$ бўлган процессда берилган ёки олинган иссиқлик миқдорини қуйидаги тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$q_p = c_p (T_2 - T_1). \quad (76)$$

(69), (71), (76) ва (64) тенгламалардан фойдаланиб, ўзгармас босимдаги иссиқлик сизими билан ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сизими орасидаги боғланишни топамиз:

$$q_p - q_v = \cancel{c_p(T_2 - T_1) + R(T_2 - T_1) - c_v(T_2 - T_1)} \\ = c_p(T_2 - T_1) - c_v(T_2 - T_1),$$

бу ердан Майер тенгламаси келиб чиқади:

$$c_p - c_v = R. \quad (77)$$

1 кмоль идеал газ учун:

$$\mu \cdot c_p - \mu c_v = \mu R. \quad (78)$$

СИ системаси бирликларида ҳисобланганда

$$\mu c_p - \mu c_v = 8,314 \text{ кж}/(\text{кмоль} \cdot \text{град})$$

бўлади.

Ҳисоблашда иссиқлик бирлиги қилиб калория олинган бўлса,

$$\mu c_p - \mu c_v = 1,986 \approx 2 \text{ ккал}/(\text{кмоль} \cdot \text{град}).$$

бўлади.

Баъзи термодинамикавий қийматларни аниқлашда, кўпинча, $\frac{c_p}{c_v} = k$ нисбатидан фойдаланилади. Идеал газ учун иссиқлик сизими ўзгармас деб олинганда икки атомли газ учун (масалан, ҳаво) $k = 1,41$, уч атомли ва кўп атомли газлар учун эса $k = 1,29$ бўлади.

Юқорида кўрсатилганидек, газнинг ҳар қандай ҳолати p , V , T ва μ параметрлар билан тасвирланади.

Амалда, кўпинча иш жисмининг ҳолатини тасвирлаш учун *энтальпия*, яъни *иссиқлик сақлами* деб аталувчи параметр қўлланилади.

Энтальпия ички энергия билан босимнинг ҳажмга кўпайтмаси йиғиндисига тенг, яъни 1 кг учун

$$i = u + p\nu, \text{ кЖ/кг ёки ккал/кг,} \quad (79)$$

(79) тенгламага $u = c_v \cdot T$ ва $RT = p\nu$ ларни қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$i = (c_v + R) T.$$

ёки (77) тенгламага биноан

$$i = c_p T \quad (80)$$

бўлади.

Демак, энтальпия сон қиймати жиҳатдан газни T температурагача қиздириш учун унга ўзгармас босим остида бериш зарур бўлган иссиқлик миқдорига тенг. Агар $p = \text{const}$ бўлган процесда газнинг бошланғич T_1 ва охириги T_2 температуралари маълум бўлса, у ҳолда берилган иссиқлик миқдори

$$q_p = i_2 - i_1 = c_p (T_2 - T_1) \quad (81)$$

бўлади.

(76) тенгламадан аниқланадиган q_p нинг қиймати сон жиҳатидан иш жисмининг бошланғич ва охириги ҳолатлари энтальпияларининг айирмасига тенг.

3. Газ ҳолатининг ўзгармас температурада ўзгариши (изотермик процесс)

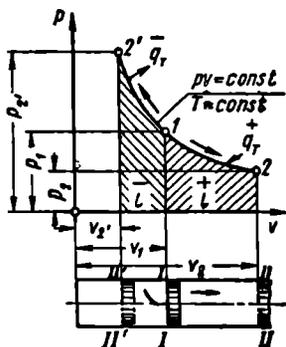
Кенгайиш процесси 12 да (8- расм) иссиқлик шундай келтириладики, бунда газ иш бажаради, лекин унинг температураси ўзгармасдан қолади. Худди шунга ўхшаш сиқиш процесси 12' да иссиқлик шундай олинадики, газни сиқиш учун иш ўзгармас температурада сарфланади. $T = \text{const}$ бўлганда газнинг икки ҳолати учун ёзилган характеристик тенгламадан $p_1 v_1 = p_2 v_2 = RT$ ни оламиз.

Бинобарин изотермик процесс тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$p \cdot v = \text{const} \quad (82)$$

Изотермик процесс 12 даги параметрлар орасидаги боғланиш (82) тенгламага биноан қуйидаги формуладан аниқланади:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (83)$$



8- расм. Изотермик процесснинг $p-v$ координаталарида тасвири

(82) тенглама $p - V$ координатларида тенг томонли гиперболо бўлади.

Кўрилатган процесс учун термодинамиканинг биринчи қонуни тенгламасини ёзамиз. $T = \text{const}$ бўлганда ички энергиянинг ўзгариши $\Delta u = 0$, демак,

$$q_T = l. \quad (84)$$

(84) тенгламага биноан, изотермик кенгайиш процесси 12 да бериладиган барча иссиқлик газнинг фойдали иш бажаришига сарф бўлади. 12' сиқиш процессида сиқишга сарф бўладиган барча иш сон жиҳатидан шу процессда газдан олинган иссиқликка тенг.

1 кг газнинг кенгайиши ёки уни сиқишда бажарилган иш

$$l = 2,303RT \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 p_1 v_1 \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 p_1 v_1 \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (85)$$

бўлади.

Агар процессда G кг газ қатнашаётган бўлса, у ҳолда кенгайиш иши

$$L = G \cdot l = 2,303 GRT \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 G \cdot p_1 \cdot v_1 \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (86)$$

бўлади.

4. Газ ҳолатининг иссиқлик берилмайдиган ва иссиқлик олинмайдиган процессда ўзгариши (адиабатик процесс)

Иш жисми ташқи муҳитдан иссиқлик жиҳатидан бутунлай изоляцияланган ҳажмда жойлашганда содир бўладиган процессни кўриб чиқамиз. Бу ҳолда жисмга иссиқлик берилмайди ҳам, ундан иссиқлик олинмайди ҳам ($dq = 0$). Иш жисми билан ташқи муҳит орасида иссиқлик алмашинумай содир бўладиган бундай процесс адиабатик процесс дейилади. 9-расмда $p - V$ координатларида адиабатик процесс кўрсатилган. Термодинамика биринчи қонунининг дифференциал тенгламаси (61) ни $dq = 0$ деб интеграллаймиз ва уни соддалаштириб, адиабатик процесснинг қуйидаги тенгламасини ҳосил қиламиз:

$$p v^k = \text{const}, \quad (87)$$

бу ерда k — адиабата кўрсаткичи; $k = \frac{c_p}{c_v}$.

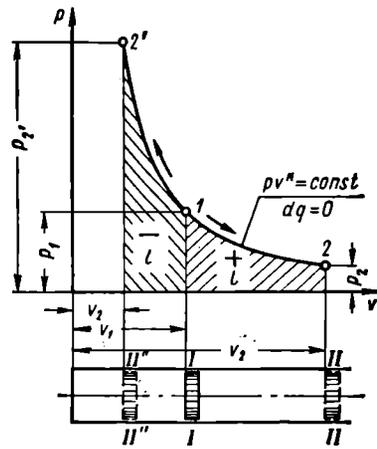
Газнинг бошланғич ва охири ҳолатлари учун босим билан ҳажм орасидаги боғланиш, тенглама (87) га биноан қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^k. \quad (88)$$

Характеристик тенгламадан фойдаланиб, температура билан ҳажм орасидаги боғланишни топамиз:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} \quad (89)$$

1 кг газнинг 12 кенгайиш процесси газ билан ташқи муҳит орасида иссиқлик алмашмасдан содир бўлиб, иш фақат ички энергиянинг камайиши ҳисобига бажарилади. Сиқиш процессида (12' эгри чизиқ) ҳам газ билан ташқи муҳит орасида иссиқлик алмашинмайди ва газнинг энергияси ошади. Ҳақиқатан ҳам, термодинамика биринчи қонунининг $dq = 0$, бинобарин, $q = 0$ бўлгандаги процесс учун чиқарилган тенгламасидан



9- расм. Адиабатик процессининг $p - V$ координаталарида тасвири

$$\Delta u + l = 0 \quad (90)$$

ёки

$$l = c_v (T_1 - T_2)$$

бўлади. G кг газ учун:

$$L = Gc_v (T_1 - T_2). \quad (91)$$

(90) тенгламани бошқача кўринишда ҳам ёзиш мумкин. Бунинг учун (77) тенгламанинг ўнг ва чап томонларини c_v га бўламиз:

$$\frac{c_p}{c_v} - 1 = \frac{R}{c_v} \quad \text{ёки} \quad k - 1 = \frac{R}{c_v}.$$

бундан

$$c_v = \frac{R}{k-1} \quad (92)$$

бўлади.

Бу қийматни (90) тенгламадаги c_v нинг ўрнига қўямиз. Бу ҳолда адиабатик процессдаги ишни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$\begin{aligned} l &= \frac{R}{k-1} (T_1 - T_2) = \frac{1}{k-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) = \\ &= \frac{p_1 v_1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right]. \end{aligned} \quad (93)$$

Адиабатик сиқишда ҳам тенглама худди шу кўринишда бўлади.

5. Газ ҳолатининг политропик ўзгариш процесси

Юқорида кўриб ўтилган процессларда газ ҳолатини ифодаловчи параметрлардан бири ўзгармас деб олинган эди. Иссиқлик двигателларида шундай процесслар бўлиши мумкинки, бунда газнинг ҳамма параметрлари (босим, ҳажм, температура ва ички энергия) ўзгарувчан бўлади ва айни вақтда иш жисми билан ташқи муҳит орасида иссиқлик алмашинади.

Техникавий термодинамикада кўриб чиқиладиган процессларда иссиқликнинг ички энергиянинг ўзгаришига сарфланадиган улуши $\varphi = \frac{\Delta U}{q}$ ва бажаришга сарфланадиган улуши $1 - \varphi = \frac{l}{q}$ бутун процесс давомида ўзгармай қолади.

Булар политропик процесслар дейилади ва уларнинг тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади.

$$p v^n = \text{const.} \quad (94)$$

Политропа кўрсаткичи n процесснинг бажарилиш характерига боғлиқ бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$n = \frac{c_p - c}{c_v - c}, \quad (95)$$

бу ерда $c = \frac{c_v}{\varphi}$ — политропик процессда газнинг иссиқлик сифми.

Иш жисмининг 12 процессдаги бошланғич ва охири ҳолатлари учун

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^n \quad (96)$$

ёки

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1}. \quad (97)$$

Агар процесснинг бошланғич ва охири параметрлари маълум бўлса, у ҳолда политропа кўрсаткичини қуйидагича топиш мумкин. (94) тенгламадан;

$$p_1 v_1^n = p_2 v_2^n.$$

Буни логарифмлаб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\lg p_1 + n \lg v_1 = \lg p_2 + n \lg v_2,$$

бундан

$$n = \frac{\lg \frac{p_1}{p_2}}{\lg \frac{v_2}{v_1}}. \quad (98)$$

бўлади.

Агар политропа кўрсаткичи маълум бўлса, политропик процесдаги газнинг иссиқлик сизими қуйидаги тенгламадан топилади:

$$c = c_v \frac{n-k}{n-1}. \quad (99)$$

Ички энергиянинг ўзгариши (69) тенгламадан аниқланади.

Политропик кенгайиш процессида газнинг бажарган иши адиабатик процесда бажарилган иш каби қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$\begin{aligned} l &= \frac{1}{n-1} (p_1 v_1 - p_2 v_2) = \\ &= \frac{RT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right). \end{aligned} \quad (100)$$

Политропик процесда берилган ва олинган иссиқлик миқдори термодинамиканинг биринчи қонунига биноан қуйидагича аниқланади:

$$q = c(T_2 - T_1) = \Delta u + l = c_v(T_2 - T_1) + l. \quad (101)$$

Политропик процесс умумлаштирувчи процесдир. Политропа кўрсаткичи n нинг қийматига қараб, юқорида кўриб ўтилган процессларни олиш мумкин; булар политропик процеснинг хусусий ҳолларидир (10- расм).

(94) тенгламани қуйидагича кўчириб ёзиш мумкин:

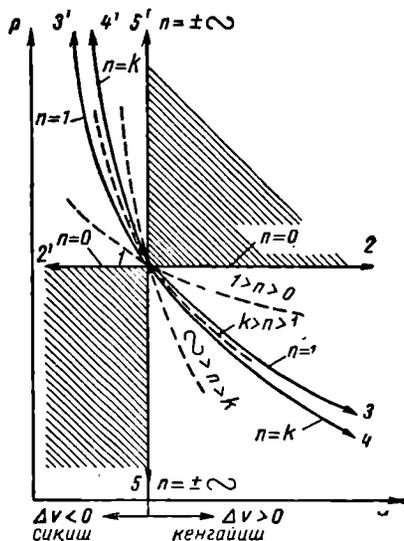
$$p^{\frac{1}{n}} v = \text{const}$$

$n = \pm \infty$ деб қабул қиламиз. \mathcal{U} ҳолда $p^0 v = v = \text{const}$.

Демак, $n = \pm \infty$ 15 ва 15' процесслари бўлганда политропик процеснинг хусусий ҳолини, яъни ўзгармас ҳажмдаги процессни оламиз.

Агар $n=0$ бўлса, $p v^0 = \text{const}$ ёки $p = \text{const}$ (12 ва 12' процесслар) бўлиб, политропик процеснинг хусусий ҳоли, яъни ўзгармас босимдаги процессни оламиз. Агар $n=1$ бўлса, $p v = \text{const}$, яъни изотермик процесс (13 ва 13' процесслар) ҳосил бўлади: $n=k$ бўлса, $p v^k = \text{const}$, яъни адиабатик процесс (14 ва 14' процесслар) ҳосил бўлади.

Ички ёнув двигателларида штрихланмаган соҳадаги кенгайиш ($\Delta v > 0$) ва сиқиш ($\Delta v < 0$) процесслари содир бўлади.



10- расм. Политропик процеснинг $p-v$ координаталарида тасвири

Адиабатадан ўнгда жойлашган ($n = k$) политропик процессларнинг ўзига хос хусусияти шундаки, сиқиш ($14'$ эгри чизиқ) ёки кенгайиш (14 эгри чизиқ) процессларининг қайси бири бажарилаётганидан қатъи назар, иссиқлик иш жисмига келтирилади. Адиабатадан чапда жойлашган политропик процессда эса иссиқлик иш жисмидан олинади.

Изотермадан ўнгда борадиган $13'$ ёки 13 политропик процесслар ($n = 1$) учун температуранинг, бинобарин, ички энергиянинг ҳам ортиши характерлидир. Изотермадан чапда борадиган политропик процесслар учун температура ва ички энергиянинг камайиши характерли.

Изобара ($n = 0$) ва изотерма ($n = 1$) орасида борувчи политропик процессларнинг кўрсаткичи $1 > n > 0$ атрофида бўлади; изотерма билан адиабата оралиғида ($n = k$) политропа кўрсаткичи $k > n > 1$ атрофида; адиабата билан изохора ($n = \infty$) оралиғида эса $\infty > n > k$ чегарада бўлади.

Политропани $p - v$ координаталарида қуриш учун боғланғич параметрлар p_1 ва v_1 ни билган ҳолда, ҳажмнинг оралиқ қийматлари v_x ни қўйиб, босимларни политропа тенгламасидан аниқлаш лозим:

$$p_x = p_1 \left(\frac{v_1}{v_x} \right)^n.$$

Адиабата процесси учун $n = k$ изотермик процесс учун эса $n = 1$.

10- §. ИДЕАЛ ГАЗ ЭНТРОПИЯСИ ҲАҚИДА ТУШУНЧА

Иссиқлик двигателларини ҳисоблашда, кўпинча, иш жисми ҳолатини тасвирлайдиган ва энтропия деб аталадиган (s ҳарфи билан белгиланадиган) параметрдан ҳам фойдаланилади. Энтропиянинг орттирмаси қуйидаги дифференциал тенгламадан аниқланади:

$$ds = \frac{dq}{T},$$

бундан

$$dq = Tds$$

бўлади.

Ҳар қандай 12 процессда энтропиянинг ўзгариши (11- расм) қуйидагича:

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T}. \quad (102)$$

12 процессда берилган (ёки олинган) иссиқлик миқдори:

$$q = \int_1^2 T ds. \quad (103)$$

(102) формуладан маълумки, энтропия СИ системасида ж: (кг рад) бирлигида ўлчанади, калорияда берилганда эса ккал/ (кг·град) да ўлчанади.

Термодинамика биринчи қонунининг тенгламасидан фойдаланиб, (102) тенгламадан ҳар қандай процесс учун энтропиянинг ўзгаришини кўрсатувчи ифодани ҳосил қилиш мумкин:

$$s_2 - s_1 = 2,303 c_v \lg \frac{T_2}{T_1} + 2,303 R \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (104)$$

ёки

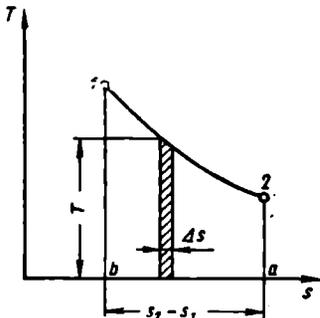
$$s_2 - s_1 = 2,303 c_p \lg \frac{T_2}{T_1} - 2,303 R \lg \frac{p_2}{p_1}, \quad (105)$$

ёки

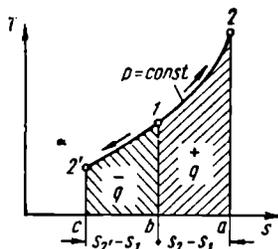
$$s_2 - s_1 = 2,303 c_v \lg \frac{p_2}{p_1} + 2,303 c_p \lg \frac{v_2}{v_1}. \quad (106)$$

Ҳар қандай процессни анализ қилиш учун абсциссалар ўқи бўйлаб энтропия s_1 ординаталар ўқи бўйлаб эса температура T қўйилган координаталар системасидан фойдаланиш қулай бўлади. Бундай координаталар системаси энтропия ёки иссиқлик диаграммаси дейилади.

$T-s$ координаталарда ихтиёрий 12 процессни кўриб чиқамиз (11- расм). Энтропиянинг чексиз кичик орттирмаси Δs га эга бўлган участка ажратамиз, бунда иш жисмининг температураси T га тенг. Бу ҳолда юза $T\Delta s$ нинг қиймати газ ҳолатининг ўзгаришини ифодаловчи шу чексиз кичик участкада берилган иссиқлик миқдорига эквивалент бўлади, яъни $\Delta q = T\Delta s$. Агар ҳамма кичик юзаларни қўшиб чиқсак, у ҳолда 12 про-



11- расм. Процессларнинг $T-s$ координаталарида тасвири



12- расм. Изобарик процесснинг $T-s$ координаталарида тасвири

цессда берилган иссиқликнинг умумий миқдорига эквивалент бўлган $12ab1$ юзани ҳосил қиламиз.

(102) тенгламага биноан энтропия орттирмасининг ишораси иссиқликнинг ўзгариш ишорасига ўхшайди, чунки температура ҳар доим мусбатдир. Демак, энтропиянинг орттирмаси мавжуд бўлса, бунда иш жисмига иссиқлик берилади; агар энтропия камайса, у ҳолда иссиқлик иш жисмидан олинади.

Алоҳида процессларнинг боришини $T-s$ координаталарида кўраемиз.

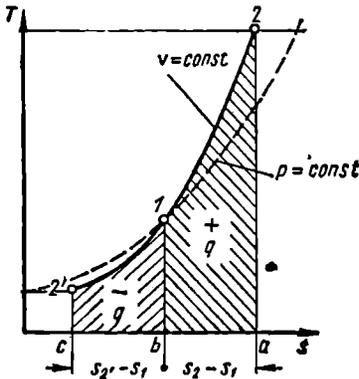
Изобара процессининг кечиши 12-расмда кўрсатилган. $p = \text{const}$ бўлганда (105) тенглама қуйидаги кўринишни олади:

$$(s_2 - s_1)_p = 2,303 c_p \lg \frac{T_2}{T_1}. \quad (107)$$

Бу тенгламадан фойдаланиб, ҳамда T га T_1 дан катта ёки кичик турли қийматлар бериб, $T-s$ координаталар системасида $p = \text{const}$ эгри чизигини қуриш мумкин. 12-расмда кўрсатилган, 12 процесс учун берилган иссиқлик миқдори $12ab1$ юзага эквивалентдир. 12 процесс учун иш жисмидан олинган иссиқлик миқдори $1c2'1$ юзага эквивалентдир. $v = \text{const}$ процессини (104) тенгламадан фойдаланиб, $T-s$ координаталари қуриш мумкин. Бу тенглама изохора процесси учун қуйидагича бўлади:

$$(s_2 - s_1)_v = 2,303 c_v \lg \frac{T_2}{T_1}. \quad (108)$$

$T-s$ координаталарида бу процесснинг бориши 13-расмда кўрсатилган. 12 процессда иш жисмига берилган иссиқлик миқдори $12ab1$ юзага эквивалент, 12 процессда олинган иссиқлик миқдори эса $12'cb1$ юзага эквивалент.



13-расм. Изохорик процессининг $T-s$ координаталарида тасвири

$c_p > c_v$ бўлгани учун (107) ва (108) формулаларни ўзаро таққослашдан кўринадики, бир хил температуралар интервалида энтропиянинг орттирмаси $s_2 - s_1$, $v = \text{const}$ процессида $p = \text{const}$ процессидагига нисбатан кичик бўлади. Демак, $v = \text{const}$ эгри чизиги $p = \text{const}$ эгри чизигига нисбатан тикроқ кетади.

Изотермик процесс $T = \text{const}$, $T-s$ координаталарида абсциссалар ўқига параллел тўғри чизик билан ифодаланади (14-расм). Бу процессда энтропиянинг ўзгариши (104) ёки (105) тенгламалардан аниқланиши мумкин:

кучларга қарши иш бажаради, политропик процесслар $v = \text{const}$ чизигидан чап томонда содир бўлганда ($\Delta v < 0$) сиқиш процеслари бажарилиб, уларга ташқаридан иш сарфланади. Адиабатик процессии характерловчи эгри чизиқлар ($\Delta q = 0$, $n = k$, $s = \text{const}$) иссиқлик алмашиш содир бўладиган процесслар соҳасини чегаралайди; адиабатадан ўнгга жойлашган политропик процессларда иш жисмига иссиқлик берилади ($\Delta s > 0$), чапда жойлашган политропик процессларда эса иш жисмидан иссиқлик олинади ($\Delta s < 0$). Изотермик процессларни характерловчи эгри чизиқлар ($T = \text{const}$; $n = 1$) билан чегараланган соҳада температура ва ички энергиянинг ўзгариши билан боғлиқ процесслар содир бўлади.

9- мисол. Ҳажми $V = 1,0 \text{ м}^3 = \text{const}$ бўлган ёпик идиш ҳаво билан тўлдирилган. Идишга ўрнатилган манометр ва термометр босим $p = 7 \text{ бар} \approx 7 \text{ кг/см}^2$ ва температура $t_1 = 15^\circ\text{C}$ эканлигини кўрсатди.

Идиш қиздирилиб, иссиқлик бериш процессининг охирида идишдаги ҳавонинг температураси $t = 100^\circ\text{C}$ га етказилди.

Ҳавонинг массаси G_x , иссиқлик бериш процессининг охиридаги босим p_2 , шунингдек, кўрилатган процессда ички энергия Δu энтальпия Δl ва энтропия Δs ларнинг ўзгариши аниқлансин.

Процесслар схематик равишда $p - V$ ва $T - s$ координаталарида қурилади. Ҳисоблашда қуйидагилар қабул қилинади: $c_v = 0,712 \text{ кж/(кг} \cdot \text{град)} = 0,17 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{град)}$; $c_p = 1,004 \text{ кж/(кг} \cdot \text{град)} = 0,24 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{град)}$; $R_x = 287 \text{ кг/(кг} \cdot \text{град)} = 29,27 \text{ кг} \cdot \text{м/(кг} \cdot \text{град)}$, барометрик босим $p_0 = 1 \text{ кг/см}^2 = 0,981 \text{ бар}$.

Идишдаги ҳавонинг қиздиришдан олдинги абсолют босимини (6) тенгламадан аниқлаймиз:

$$p_{\text{абс}} = p_1 = p_0 + p_{\text{ман}} = 1 + 7 = 8 \text{ кг/см}^2 \approx 8 \text{ бар} \approx 8 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$$

Идишдаги ҳавонинг миқдорини (13) ифодадан аниқлаймиз:

$$G_x = \frac{pV}{RT} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 1}{287(273 + 15)} = 9,7 \text{ кг.}$$

Қиздириш процессининг охиридаги ҳаво босимини $v = \text{const}$ бўлганда (63) формула бўйича ҳисоблаймиз:

$$p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 8 \frac{273 + 100}{273 + 15} = 10,3 \text{ бар} = 10,3 \text{ кг/см}^2.$$

Ички энергиянинг орттирмасини (64) формуладан аниқлаймиз:

$$\Delta U = G_x c_v (T_2 - T_1) = 9,7 \cdot 0,712 (373 - 288) = 586 \text{ кж} = 140 \text{ ккал.}$$

G кг ҳаво учун энтальпиянинг орттирмасини (81) тенгламадан топамиз:

$$\Delta l = G_x c_p (T_2 - T_1) = 9,7 \cdot 1,004 \cdot 85 = 825 \text{ кж} = 197 \text{ ккал}$$

Процесс давомида ҳавога берилган иссиқлик миқдорини аниқлаймиз.

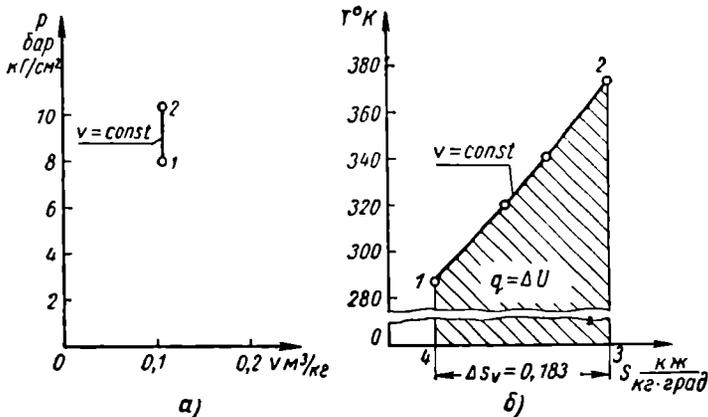
$V = \text{const}$ бўлган процессда иш $l = 0$ бўлгани учун (65) ифодага кўра

$$Q_v = \Delta U = 586 \text{ кж} = 140 \text{ ккал}$$

бўлади.

Процессни $p - V$ координаталарида қуриш учун (17- расм, а) ҳавонинг солиштирма ҳажмини аниқлаймиз:

$$v_x = \frac{V}{G_x} = \frac{1}{9,7} = 0,103 \text{ м}^3/\text{кг}$$



17- расм. $V = \text{const}$ даги процесснинг p — V ва T — s координаталарида тасвири

Процессни T — s координаталарида қуриш учун (17- расм, б) 108 тенгламадан фойдаланамиз.

Температураларнинг $T_1 = 288^\circ \text{K}$ дан то $T_2 = 373^\circ \text{K}$ гача бўлган оралигида икки оралиқ қиймати 320 ва 340°K ни олиб, улар учун ΔS нинг қийматини ҳисоблаймиз.

Ҳисоблаш натижаларини қуйидаги жадвалга ёзамиз:

$\frac{T}{T_1}$	$\lg \frac{T}{T_1}$	Δs	
		кж/ (кг. град)	ккал/ (кг.град)
$\frac{320}{288}$	0,046	0,075	0,018
$\frac{340}{288}$	0,072	0,118	0,0233
$\frac{373}{288}$	0,112	0,183	0,044

T — s координаталарида фақат энтропиянинг орттирмасини аниқламоқчи бўлганимиз учун бошланғич нуқтани абсциссалар ўқи бўйича ихтиёрый жойлаштирамиз. Диаграмманинг масштабини ҳисобга олганда 1234 юза кўрилатган процессда 1 кг ҳавога берилган иссиқлик миқдорини аниқлайди.

10- мисол. Ҳаракатланувчи поршеньли цилиндр ичида $G_x = 2,5$ кг ҳаво бор. Ҳавонинг босими $p = 8 \text{ бар} \approx 8 \text{ кг/см}^2$; унинг температураси процесс бошланишида $t_1 = 15^\circ \text{C}$ га тенг. Ўзгармас босимда ($p = \text{const}$) ҳаво $t_2 = 100^\circ \text{C}$ гача қиздирилади.

Берилган иссиқлик миқдори, ички энергиянинг ўзгариши, бажарилган иш, ички энергиянинг ўзгаришига ва иш бажаришга сарфланган иссиқлик улуши, энтальпия ва энтропияларнинг ўзгариши, шунингдек, процессларнинг бошланиши ва охиридаги ҳавонинг солиштирма ҳажми аниқлансин.

c_p ва c_v қийматлари 9- мисолда берилган. G_x кг ҳавога берилган иссиқлик миқдори (76) тенгламага кўра

$$Q_p = c_p G_x (T_2 - T_1) = 1,004 \cdot 2,5 (373 - 288) = 213 \text{ кж} = 51 \text{ ккал}$$

бўлади.

G_x кг ҳаво учун ички энергиянинг орттирмаси (64) тенгламадан:

$$\Delta U = c_v G_x (T_2 - T_1) = 0,712 \cdot 2,5 \cdot 85 = 152 \text{ кж} = 36,5 \text{ ккал.}$$

G_x кг ҳаво учун бажарилган иш (72) тенгламадан:

$$L = Q - \Delta U = 213 - 152 = 61 \text{ кж} = 14,5 \text{ ккал.}$$

Ички энергияни орттиришга сарф бўлган иссиқлик улуши:

$$\frac{\Delta U}{Q} \cdot 100 = \frac{152}{213} \cdot 100 = 71,4 \%$$

Ташқи иш бажаришга сарфланган иссиқлик улуши:

$$\frac{L}{Q} \cdot 100 = \frac{61}{213} \cdot 100 = 28,6 \%$$

$p = \text{const}$ бўлган процессда энтальпиянинг орттирмаси сон жиҳатидан ҳавога берилган иссиқликка тенг:

$$\Delta i = c_p G_x (T_2 - T_1) = Q = 213 \text{ кж} = 51 \text{ ккал.}$$

Процесснинг боши ва охирида ҳавонинг солиштирма ҳажми:

$$v_1 = \frac{RT_1}{p} = \frac{287 \cdot 288}{8 \cdot 10^5} = 0,103 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$v_2 = \frac{287 \cdot 388}{8 \cdot 10^5} = 0,132 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Энтропиянинг орттирмасини (107) тенгламадан ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} \Delta s_p &= 2,303 c_p \lg \frac{T_2}{T_1} = 2,303 \cdot 1,004 \lg \frac{373}{288} = \\ &= 0,258 \text{ кж} / (\text{кг} \cdot \text{град}) = 0,062 \text{ ккал} / (\text{кг} \cdot \text{град}). \end{aligned}$$

$p - V$ ва $T - s$ координаталарида қурилган процесс 18- расм, a ва b да кўрсатилган. $T - s$ координаталаридаги тўғри бурчакнинг юзи 12 процессда ҳаво бажарган ишга эквивалентдир. $T - s$ координаталаридаги (18- расм, б) 124 юза диаграмманинг масштабини ҳисобга олиб ҳисобланса, ҳавога берилган иссиқлик миқдорига эквивалент ва 12 процессда энтальпиянинг орттирмасига сон жиҳатидан тенг бўлади.

11- мисол. Ҳаракатланувчи поршенли цилиндрда 0,2 кг ҳаво кенгаймоқда. Айни вақтда ҳавога иссиқлик шундай миқдорда берилсинки, кенгайиш процессида ҳавонинг температураси ўзгармасин (изотермик процесс).

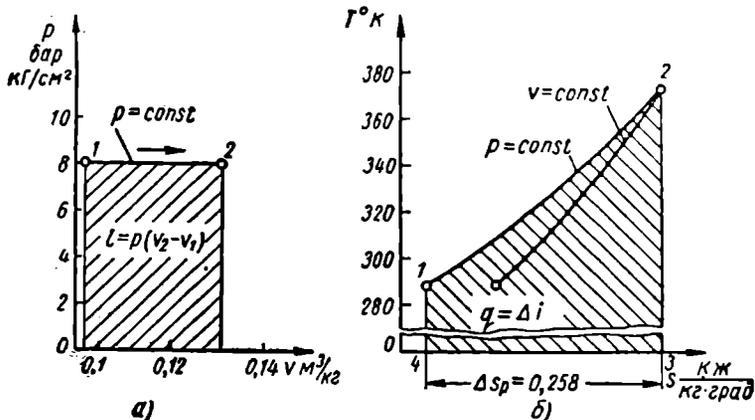
Ҳавонинг бошланғич параметрлари: $p_1 = 15 \text{ бар} \approx 1,5 \text{ кг}/\text{см}^2$ ва $T_1 = 800^\circ\text{K} = \text{const}$. Кенгайиш процессининг охирида $p_2 = 1 \text{ бар} \approx 1 \text{ кг}/\text{см}^2$.

Процесс бошида ва охирида ҳавонинг тўла ва солиштирма ҳажми, кенгайишида бажарган иши, берилган иссиқлик миқдори ва энтропиянинг ўзгариши аниқлансин. Процесс $p - V$ ва $T - s$ координаталарида қурилсин.

Процесс бошида ва охирида ҳавонинг тўла ҳажми (13) тенгламадан топилади:

$$V_1 = \frac{GRT}{p_1} = \frac{0,2 \cdot 287 \cdot 800}{15 \cdot 10^5} = 0,0306 \text{ м}^3,$$

$$V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2} = 0,0306 \cdot \frac{15}{1} = 0,459 \text{ м}^3.$$



18- расм. $p = \text{const}$ даги процесснинг $p - V$ ва $T - s$ координаталарида тасвири

Процесс бошида ва охирида ҳавонинг солиштирма ҳажми:

$$v_1 = \frac{V_1}{G} = \frac{0,0306}{0,2} = 0,153 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$v_2 = \frac{0,459}{0,2} = 2,295 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Ҳавонинг кенгайишида бажарган иши (86) тенгламадан аниқланади:

$$\begin{aligned} L &= 2,303 p_1 V_1 \lg \frac{v_2}{v_1} = 2,303 \cdot 15 \cdot 10^5 \cdot 0,0306 \lg 15 = \\ &= 122 \cdot 10^3 \text{ ж} \approx 122 \cdot 10^2 \text{ кг} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Изотермик процесда $\Delta U = 0$, демак, $Q = L = 122 \text{ кж} = 29,2 \text{ ккал}$.
Энтропиянинг орттирмаси (109) тенгламадан:

$$\begin{aligned} \Delta s_T &= 2,303 R \cdot \lg \frac{p_1}{p_2} = 2,303 \cdot 287 \cdot \lg \frac{15}{1} = 780 \text{ ж}/(\text{кг} \cdot \text{град}) = \\ &= 0,78 \text{ кж}/(\text{кг} \cdot \text{град}). \end{aligned}$$

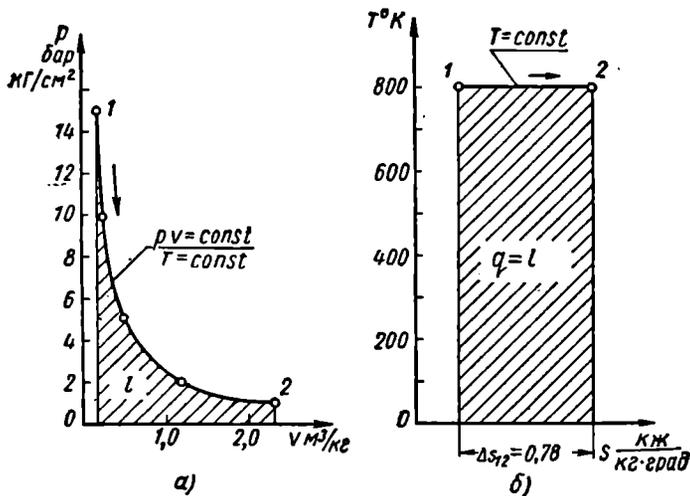
Изотермик процесси $p - V$ координаталарида қуриш учун босимнинг урта оралиқ қийматини олиб, уларга мос бўлган ҳавонинг солиштирма ҳажмини ҳисоблаймиз. Маълумотларни жадвалга ёзамиз:

$p_x, \text{ бар}$	10	5	2
$v_x = v_1 \cdot \frac{p_1}{p_x}; \text{ м}^3/\text{кг}$	0,23	0,46	1,15

19- расм, a ва b да $p - V$ ва $T - s$ координаталарида процесснинг графиги берилган.

12- мисол. Бир погонали компрессорда $0,2 \text{ кг}$ ҳаво сиқилади.

Сиқиш процессида ҳаво $p_1 = 1 \text{ бар}$ дан $p_2 = 5 \text{ бар}$ гача сиқилиб, ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмайди (адиабатик процесс) Ҳавонинг температураси сиқиш процессининг бошида $t_1 = 15^\circ\text{C}$ га тенг.



19- расм. $T = \text{const}$ даги процесснинг $p-V$ ва $T-s$ координаталарида тасвири

Ҳавонинг процесс бошида ва охирида эгалланган ҳажми, сиқиш процесси охиридаги температураси, ҳавони сиқишга ва унинг ички энергиясини ўзгартиришга сарфланган иш аниқлансин. Процесс графиги $p-V$ ва $T-s$ координаталарида қурилсин.

Ҳаво учун $k = \frac{c_p}{c_v} = 1,4$ (аниқроғи $k = 1,41$).

Процесс охиридаги температура (87) ва (12) тенгламалардан

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = 288 \left(\frac{5}{1}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 455^\circ \text{K}$$

бўлади.

Процесс охирида ҳавонинг эгаллаган тўла ҳажми (13) тенгламадан

$$V_2 = \frac{GRT_2}{p_2} = \frac{0,2 \cdot 287 \cdot 455}{5 \cdot 10^5} = 0,0525 \text{ м}^3;$$

$$v_2 = \frac{0,0525}{0,2} = 0,2625 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$V_1 = \frac{GRT_1}{p_1} = \frac{0,2 \cdot 287 \cdot 288}{5 \cdot 10^5} = 0,165 \text{ м}^3;$$

$$v_1 = 0,825 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

G кг ҳавони сиқиш учун сарфланган иш (93) тенгламадан топилади:

$$L = \frac{G \cdot R}{k-1} \cdot (T_1 - T_2) = \frac{0,2 \cdot 287}{1,4-1} (288 - 455) = -24.000 \text{ ж} \approx -2400 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Минус ишораси ҳавони сиқишга ташқаридан иш сарфланганини кўрсатади.

Адиабатик процессда ҳавони сиқиш учун сарф бўлган иш ички энергиянинг орттирмасига тенг:

$$\Delta U = L = 24 \text{ кж} = 5,75 \text{ ккал}.$$

Адиабатик процессни $p - V$ координаталарида қуриш учун босимнинг урта оралиқ қийматини олиб, улар учун ҳавонинг ҳажмларини ҳисоблаймиз. Ҳисоб натижаларини қуйидаги жадвалга ёзамиз:

p_x бар да	2	3	4
$v_x = v_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{k}} \text{ м}^3/\text{кг}$	0,5	0,325	0,305

20- расм, *a* ва *б* да $p - V$ ва $T - s$ координаталарида сиқиш процессининг графиги қурилган. Адиабатик процессда $dq = 0$ булгани учун $ds = 0$.

13- мисол. Дизелда 0,1 кг ҳаво политропик сиқилапти. Диқишда ҳавонинг ҳажми 16 марта камаяди, босими эса 45 марта ортади. Бошланғич температура $T_1 = 320^\circ\text{K}$.

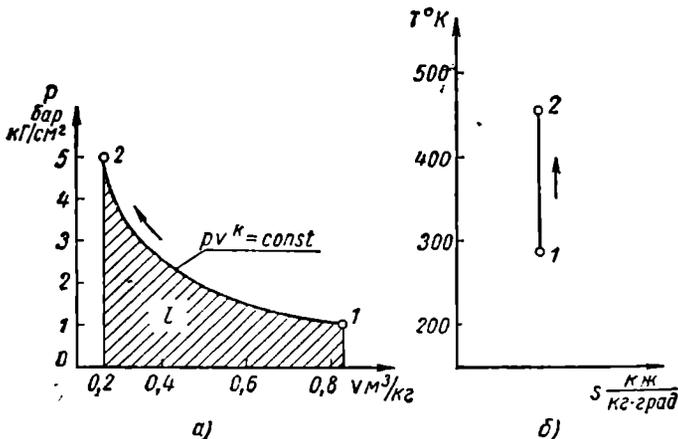
Сиқишдаги политропа кўрсаткичи сиқиш охиридаги ҳаво температураси, сиқиш учун сарфланган иш, ички энергия, энтальпия ва энтропиянинг ўзгариши, шунингдек, процессда қатнашаётган иссиқлик миқдори аниқлансин. Процесс $p - V$ ва $T - s$ координаталарида схематик равишда чизилсин.

Политропа кўрсаткичи (98) тенгламадан топилади:

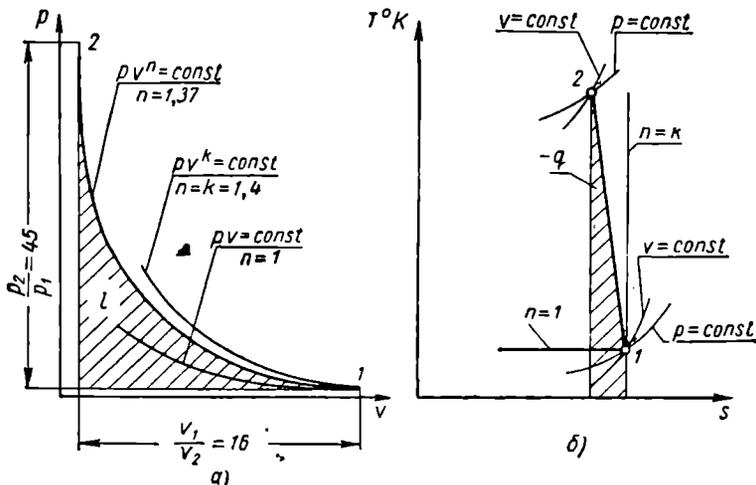
$$n = \frac{\lg \frac{p_1}{p_2}}{\lg \frac{v_2}{v_1}} = \frac{\lg 45}{\lg 16} = 1,37.$$

Сиқиш процессининг охиридаги температура (97) тенгламадан аниқланади:

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{n-1} = 320 \cdot 16^{0,37} = 892^\circ\text{K}.$$



20- расм. Адиабатик процесснинг $p - V$ ва $T - s$ координаталарида тасвири



21- расм. Политропик процесснинг $p-V$ ва $T-s$ координаталарида тасвири

G кг ҳавони сиқиб учун сарфланган ишни (100) тенгламадан аниқлай-
миз:

$$L = \frac{GRT_1}{n-1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{0,1 \cdot 287 \cdot 320}{1,37-1} \left(1 - \frac{892}{320}\right) = -44500 \text{ Ж} = -44,5 \text{ кЖ} \approx -4450 \text{ кГ} \cdot \text{м}.$$

Ички энергиянинг ўзгариши:

$$\Delta U = Gc_v(T_2 - T_1) = 0,1 \cdot 0,712 (892 - 320) = 40,7 \text{ кЖ} \approx 9,85 \text{ ккал}.$$

Энтальпиянинг ўзгариши:

$$\Delta l = Gc_p(T_2 - T_1) = 0,1 \cdot 1,004 (892 - 320) = 57,6 \text{ кЖ} \approx 13,8 \text{ ккал}.$$

Текшириш:

$$\frac{\Delta l}{\Delta U} = \frac{c_p}{c_v} = k = \frac{57,6}{40,7} = 1,41.$$

Процессда қатнашувчи иссиқлик миқдори:

$$Q = \Delta U + L = 40,7 - 44,5 = -3,8 \text{ кЖ} \approx -0,91 \text{ ккал}.$$

Минус ишораси процессда ҳаводан иссиқликнинг олиншини кўрсатади. Энтропиянинг ўзгаришини (104) тенгламадан топамиз:

$$\Delta s = 2,303 \left(0,712 \lg 45 + 1,004 \lg \frac{1}{16}\right) = -0,0875 \text{ кЖ/(кг} \cdot \text{град)}.$$

Минус ишораси кўриб чиқилаётган процессда энтропиянинг камайишини ва, бинобарин, иссиқликнинг олиншини кўрсатади. 21- расм, a ва b да $p-V$ ва $T-s$ координаталарида процесс схема тарзида кўрсатилган $n = 1,37$ бўлганлиги учун процессни кўрсатувчи эгри чизиқ адиабата $n = k = 1,4$ билан изотерма $n = 1$ оралигида жойлашган.

ТЕРМОДИНАМИКАНИНГ ИККИНЧИ ҚОНУНИ

Термодинамиканинг биринчи қонуни бир турдаги энергиянинг бошқа турдаги энергияга эквивалент эканлигини ўргатади. У, берилган иссиқликнинг ҳаммаси ишга айланганда бажарилиши мумкин бўлган ишнинг миқдорини аниқлайди. Аммо бу қонун иссиқлик энергиясининг механикавий ишга қандай шароитларда айланиши мумкинлигини белгиламайди.

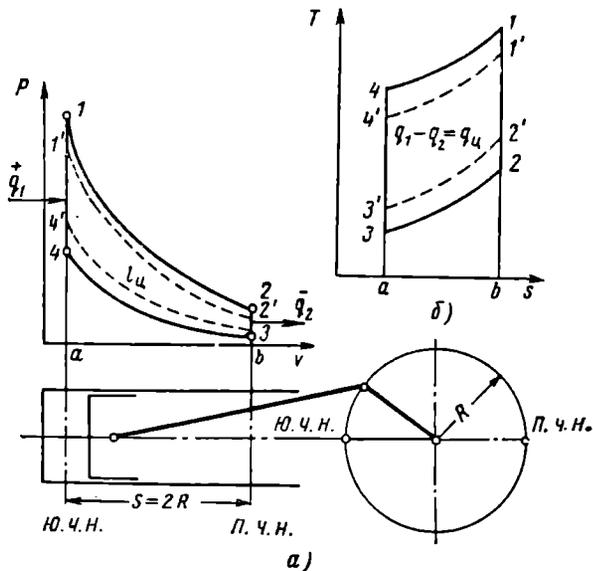
Тажрибанинг кўрсатишича, ҳар қандай турдаги энергиянинг иссиқлик энергиясига айланиши ўз-ўзидан содир бўлиб, унинг учун ҳеч қандай қўшимча шароитлар талаб этилмайди. Тескари процесс, яъни иссиқлик энергиясининг механикавий ишга айланиши (иссиқлик машинасининг ишлаши) учун иссиқлик сарфлаб, процесс бажариш талаб этилади.

Иссиқлик двигателида механикавий иш ҳосил қилиш хусусиятлари текширилганда, иссиқлик энергиясини механикавий ишга айлантириш учун зарур бўлган шартлар аниқланган эди. Бу шартларни ўрганиш термодинамика иккинчи қонунининг асосини ташкил этади.

11- §. ТЕРМОДИНАМИКА ИККИНЧИ ҚОНУНИНИНГ ТАЪРИФИ ВА ЦИКЛНИНГ ТЕРМИК Ф. И. КОЭФФИЦИЕНТИ

Термодинамика иккинчи қонунининг таърифини аниқлаш учун поршенли иссиқлик двигателининг ишлаш схемасини кўриб чиқамиз.

Кривошип-шатунли механизмли иссиқлик двигателининг схемаси 22- расмда келтирилган. Двигателнинг тирсакли ва лига маховик ўрнатилган. Двигатель поршенининг устки қисмида алмаштирилмайдиган доимий 1 кг иш жисми бор деб фараз қилайлик. Унинг бошланғич параметрлари поршеннинг чекка



22- расм. Иссиқлик двигатели циклининг $p-v$ ва $T-s$ координаталарида тасвири

чап ҳолатида (ю. ч. н.) $p_1 v_1, T_1$ ва u_1 қийматлар билан характерланади. Поршень бу бошланғич ҳолатдан п. ч. н. га қараб ҳаракатланганда газ қайтувчан процессни бажариб, v_2 ҳажмгача кенгайди ва ташқи кучларга қарши иш бажаради. Поршень $S = 2R$ га тенг тўла йўлни ўтиб п. ч. н. га келганда тирсакли вал ярим айланага бурилади. Газ бу пайтда (диаметрдаги 2 нукта) қуйидаги параметрларга эга бўлади, $p_2 < p_1; v_2 > v_1; T_2 < T_1$ ва $u_2 < u_1$. Процесс иссиқлик алмашмай содир бўлганлиги учун $12bu1$ юзанинг катталиги билан аниқланувчи кенгайиш иши $l_{\text{кенг}}$ ички энергиянинг камайиши ҳисобига бажарилган бўлади. Бу иш кинетикавий энергия тарзида маховикда тўпланади.

Процессни такрорлаш учун (бу эса даврий ишловчи машинанинг асосини ташкил қилади) иш жисми бошланғич ҳолатга қайтарилиши зарур. Бунинг учун маховикда тўпланган кинетикавий энергиядан фойдаланилади. Бу энергия ҳисобига сиқиш процесси шундай бажарилиши лозимки, газ кенгайиш процессидаги каби оралиқ ҳолатлардан ўтсин. Бунда 21 процесс қайтувчан бўлгани учун 12 процессдаги каби оралиқ ҳолатлардан ўтади ва сиқиш иши $l_{\text{сиқ}}$ 21ab2 юзанинг катталиги билан аниқланади. Бинобарин, кўрилатган 121 берк циклда тирсакли вал тўла бир айланиб, иш жисми бошланғич ҳолатга қайтганда $l_{\text{кенг}} = l_{\text{сиқ}}$ бўлади. Демак, бундай идеал двигатель

ҳар қанча цикл бажармасин, бари бир ҳеч қандай фойдали иш, масалан, автомобилни ҳаракатга келтириш ёки бошқа мақсадлар учун зарур бўлган иш бажара олмайди*.

Иссиқлик машиналарида фойдали иш олиш учун поршень п. ч. н. (2 нуқта) га келганда иссиқликнинг бир қисмини температураси $T_{\text{сов}} < T_2$ бўлган совуқ манбага узатиш керак. Иссиқлик совуқ манбага поршень қўзғалмаган $v = \text{const}$ процессида 2 нуқтадан 3 нуқтагача q_2 га тенг миқдорда берилди. Бунда 3 нуқтадаги газ параметрлари $p_3 < p_2$; $v_2 = v_3$; $T_3 < T_2$ ва $u_3 < u_4$ бўлади. Маховикда тўпланган энергиядан фойдаланиб, сиқиш процесси 34 ни бажарамиз, бунда поршень ю. ч. н. га қайтади. Сиқишга сарфланган иш 3 ва 4 юза билан аниқланиб, у 12 ба 4 юзадан кичик бўлади. ✓

Даврий ишловчи машинада циклни амалга ошириш учун газнинг параметрлари яна бошланғич қийматларига эга бўлиши керак (1 нуқта). Бунинг учун поршень ю. ч. н. да қўзғалмас ҳолатда бўлгандаги $v = \text{const}$ процессида газга температураси $T_2 > T_1$ бўлган иссиқлик манбадан q_1 миқдорда иссиқлик узатилади. Кўрсатилган шартларни бажарганда процессларнинг тўхтовсиз такрорланишини таъминлаш мумкин. Бу процесслар 12341 берк циклни ташкил қилади. Бу цикл $T-s$ координаталарида 22- расм, б да кўрсатилган. 12ба341 юза берилган иссиқлик миқдори q_1 ни 2ба32 юза эса олинган иссиқлик миқдори q_2 ни билдиради.

Иссиқлик двигателида циклнинг иши $l_{\text{ц}} = l_{\text{кенг}} - l_{\text{сиқ}}$ бўлади ва $p-V$ координаталарида қуйидагича аниқланади: 12341 юза = 12ба1 юза - 3ба43 юза. Бунда юқорида кўрсатилганлардан бошқа ҳеч қандай қўшимча иссиқлик бериш ва олиш манбалари бўлмайди ва циклга биноан $T-s$ координаталарида ишга айланган иссиқлик миқдори қуйидагича бўлади:

$$q_{\text{ц}} = q_1 - q_2$$

ва 12341 юза = 12ба341 юза - 2ба32 юза билан аниқланади. Демак,

$$l_{\text{ц}} = l_{\text{кенг } 1-2} - l_{\text{сиқ } 3-4} = q_{\text{ц}} - q_2^{**} \quad (110)$$

Циклга биноан механикавий энергия иссиқлик энергияси ҳисобига олинганда, берилган барча иссиқлик энергиясини механикавий ишга айлантириб бўлмайди. Кўпгина тажрибаларнинг кўрсатишича, даврий ҳаракатланувчи иссиқлик машинасида иссиқлик иш жисмига фақат бир манбадан бериладиган бўлса, фойдали иш олиш мумкин бўлмайди. Механикавий

* Ҳақиқатда энергияни қайтариш мумкин бўлмагани сабабли, унинг бир қисми кенгайиш процессида ишқаланишга сарф бўлади ва маховикда тўпланган кинетикавий энергия $l_{\text{кенг}}$ дан кам бўлади. Натижада иш жисми бошланғич ҳолатга қайта олмайди ва двигатель тўхтади.

** Бу ерда ва бундан сўнг формудаларда q_1 ва q_2 нинг абсолют қийматлари келтирилган.

энергия олиш учун иш жисмига q_1 миқдорда иссиқлик берадиган юқори температурали ($T_2 > T_1$) иссиқлик манбаи ва иш жисмидаги иссиқликнинг фойдали ишга айланмайдиган қисми бериладиган анча паст температурали ($T_2 > T_3$) иккинчи иссиқлик манбаи бўлиши лозим.

Циклнинг самарадорлиги фойдали иш бажаришга сарф бўлган иссиқлик миқдорининг берилган иссиқлик миқдорига нисбати билан ифодаланади.

Идеал иссиқлик машинаси учун циклнинг самарадорлиги термик ф. и. к. қиймати билан белгиланади:

$$\eta_{it} = \frac{l_{it}}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad (111)$$

q_2 нолга тенг бўла олмаслиги сабабли η_{it} нинг қиймати ҳам бирга етмайди.

Юқорида айтилганлар термодинамиканинг турлича таърифланадиган иккинчи қонунининг мазмунини билдиради. Таърифлардан бирида шундай дейилади, фақат юк кўтарадиган ва иссиқлик манбаини совитадиган даврий ҳаракатланувчи двигатель қуриб бўлмайди (Планк, 1852).

Физика курсида термодинамика иккинчи қонунининг бошқача таърифи берилган; иккинчи тартибли абадий двигатель қуриб бўлмайди. Бундай таърифнинг маъноси шуки, иш жисмига берилган барча иссиқликни ишга айлантирадиган двигатель қуриб бўлмайди.

22- расмда келтирилган циклнинг кўрсатишича, кенгайиш ва сиқиш процессларини турлича амалга ошириш мумкин, бунда 1', 2' ва 3', 4' процесслар мисол бўлади. Бунда $l_{кенг}$ ва $l_{сиқ}$, q_1 , q_2 , ва $l_{ц}$ нинг қийматлари ҳар хил бўлади, чунки улар айрим процессларнинг ва, умуман, циклнинг бориш харақтерига боглиқ.

Иш жисми бошланғич ҳолатга қайтганда унинг барча параметрлари циклниң бошлашдан олдингидай бўлади. Мазкур ҳолда берк циклнинг қандай бажарилганидан қатъи назар, ички энергиянинг ўзгариши $\Delta u = 0$ бўлади. Бу ҳол энтальпия ва энтропиянинг ўзгаришига ҳам таалуқли. Берк қайтувчан циклда $\Delta i = 0$ ва $\Delta s = 0$ бўлади.

Реал иссиқлик машиналарида бажариладиган циклларда қайтмас процесслар содир бўлади. Ташқи муҳитдан изоляцияланган системани кўрамиз. Бу системада T_1 температурали A_1 манбадан $T_2 < T_1$ температурали A_2 жисмга берилган иссиқлик қайтмайди. Иссиқлик манбаи A_1 дан жисм A_2 га берилаётган иссиқлик миқдори Δq жисмлар A_1 ва A_2 даги иссиқлик запасига нисбатан жуда оз, шунинг учун T_1 ва T_2 ўзгармас деб фараз қилайлик. Жисм A_1 иссиқликни T_1 температурада бериб, ўзининг энтропиясини ўзгартиради:

$$\Delta S_{A_1} = - \frac{\Delta q}{T_1}$$

Жисм A_2 ўша миқдордаги иссиқликни T_2 температурада олиб, у ҳам узининг энтропиясини ўзгартиради:

$$\Delta s_{A_2} = \frac{\Delta q}{T_2}$$

У ҳолда изоляцияланган система энтропиясининг ўзгариши:

$$\Delta S_{\text{сист}} = \Delta S_{A_1} + \Delta S_{A_2} = \frac{\Delta q}{T_1} + \frac{\Delta q}{T_2} = \Delta q \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right).$$

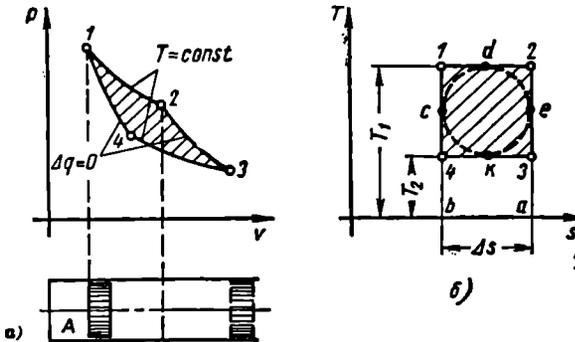
$T_1 > T_2$ бўлганлиги учун $\Delta S_{\text{сист}} > 0$ бўлади.

Демак, изоляцияланган системада қайтмас процесслар содир бўлса, у ҳолда бундай системанинг энтропияси ошади. Иссиқлик доимо юқори температурали манбадан паст температурали манбага ўз-ўзидан (ташқи иш сарфланмай) узатилади. Натижада системанинг энтропияси максимумга етганда ундаги температуралар тенглашади. Клаузиус бу хулосани чексиз Коинотга татбиқ қилмоқчи бўлганда Коинотнинг иссиқлик ҳалокати деб аталадиган, куракда турмайдиган фикр чиққан. Материалистик философиянинг таъсирига кўра, чексиз Коинотда тескари йўналган, яъни энтропия камайиб борадиган процесслар амалга ошиши мумкин. Амалий текширишлар бунга тасдиқлайди.

12- §. Карно цикли

Циклнинг ф. и. к. тенгламаси (111) га кўра η_c қанча катта бўлса, иссиқликнинг фойдали ишга айланган қисми шунча кўп бўлади. Сади Карно (1824 й.) берилган температуралар оралиғида қандай идеал циклнинг энг катта ф. и. к. га эга бўлишини биринчи бўлиб кўрсатди. Карно цикли деб аталувчи бундай цикл 1 кз иш жисми учун 23- расм, а да $p - V$ координаталарида, 23- раем, б да эса $T - s$ координаталарида кўрсатилган.

Бу циклда A ҳажмидаги иш жисми T_1 температурали иссиқлик манбаига уринганда 12 кенгайиш процесси содир бўлади. Иш жисми қизиш натижасида кенгайиб, иш бажаради. Иш жисми 12 процесс вақтида иссиқлик манбаи билан туташади, цилиндрнинг деворлари ва поршень туби эса иссиқлик ўтказмайди, шунинг учун иш жисмининг температураси T_1 га тенг ва, бинобарин, 12 процесс изотермик процесс бўлади.



23- расм. Карно цикли

Иш жисми 12 процесс охирида иссиқлик манбадан ажра-
лади ва поршень чекка ўнг ҳолатга келгунча ташқи муҳит
билан иссиқлик алмашмай кенгайишда давом этади. (23 адиа-
батик процесс бўлади.)

Изотермик кенгайиш процессида иш жисмига q_1 иссиқлик
берилади. Бу иссиқликнинг ҳаммаси ишга айланади, чунки
термодинамиканинг биринчи қонунига биноан ички энергия
 $T = \text{const}$ бўлган процессда ўзгармайди. 23 процессда, иссиқ-
лик ташқаридан берилмаганда иш ички энергиянинг камайи-
ши ҳисобига бажарилади. Натижада кенгайиш процессининг
охирида иш жисмининг температураси T_2 га тенг, процессда-
ги ички энергиянинг ўзгариши эса қуйидагича бўлади:

$$\Delta u_{2-3} = c_v (T_2 - T_1).$$

Кейинги циклнинг содир бўлиши учун иш жисми 1 нуқта-
даги параметрлар билан характерланувчи ўзининг бошланғич
ҳолатига қайтиши керак, бу — поршеннинг чекка чап ҳолати-
га тўғри келади. Аммо бунда иш жисмини сиқиш учун иш
сарфлаш керак. 34 процесс бажарилаётганда иш жисми совуқ-
роқ T_2 температурали иссиқлик манбага уриниши лозим. У
ҳолда мазкур процесс давомида иш жисми иссиқлигини совуқ
манбага бериб, T_2 га тенг ўзгармас температурага эга бўлади
(изотермик сиқиш процесси). 41 сиқиш процесси бажарилаёт-
ганда ташқи муҳит билан иссиқлик алмашинмаслик учун 4
нуқтада иш жисмини совуқ манбадан ажратамиз. Шунда маз-
кур процессда температура ошиб, 1 нуқтада T_1 қийматга эри-
шади.

34 изотермик процессда сарф бўлган механикавий энергия
совуқ манбага берилган иссиқликка айланади. 41 адиабатик
процессда эса механикавий энергия ҳисобига ички энергия
ошади. $\Delta u_{4-1} = c_v (T_2 - T_1)$. $\Delta u_{1-1} = \Delta u_{1-2}$ эканлигини кўриш
қийин эмас, бинобарии, цикл 12341 нинг фойдали иши l_u бе-
рилган ва олинган иссиқликларнинг фарқи ҳисобига ҳосил бў-
лади ($l_u = q_1 - q_2$) ва $p - V$ ҳамда $T - s$ координаталаридаги
штрихланган юза билан аниқланади.

Изотермик процесс 12 да берилган q_1 миқдордаги иссиқ-
лик 34 изотермик процессни бажараётганда q_2 миқдорда оли-
нади. (85) формулага биноан:

$$q_1 = l_{1-2} = 2,303 RT_1 \lg \frac{v_2}{v_1} \quad (112)$$

ва

$$q_2 = l_{3-4} = 2,303 RT_2 \lg \frac{v_3}{v_1} \quad (113)$$

шунда циклнинг ф. и. к. (111) тенгламага биноан, қуйидагича
бўлади;

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{2,303 RT_2 \lg \frac{v_3}{v_1}}{2,303 RT_1 \lg \frac{v_2}{v_1}}. \quad (114)$$

(23) адиабатик кенгайиш процесси учун:

$$\frac{v_3}{v_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{k-1}} \quad (115)$$

41 адиабатик сиқиш процесси учун:

$$\frac{v_4}{v_1} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{k-1}}. \quad (116)$$

Охирги икки тенгламадан қуйидағиларни ёзамиз:

$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{v_4}{v_1} \text{ ёки } \frac{v_3}{v_4} = \frac{v_2}{v_1}, \quad (117)$$

шунда Карно циклининг ф. и. к. бундай бўлади:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (118)$$

Карно циклининг ф. и. к. ни $T - s$ координаталаридан фойдаланиб осон аниқлаш мумкин (23- расм, б).

Берилган иссиқлик миқдори $123ab41$ юза билан аниқланади, яъни

$$q_1 = T_1 \Delta s, \quad (119)$$

жисмдан олинган иссиқлик миқдори эса $3ab43$ юза билан аниқланади, яъни

$$q_2 = T_2 \Delta s. \quad (120)$$

Шунда Карно циклининг ф. и. к. бундай бўлади:

$$\eta_t = \frac{T_1 \Delta s - T_2 \Delta s}{T_1 \Delta s} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}.$$

(118) тенгламадан кўриниб турибдики, Карно циклининг ф. и. к. циклининг фақат бошланғич ва охирги температураларига, яъни иссиқ ва совуқ иссиқлик манбаларининг температураларига боғлиқ бўлиб, қўлланиладиган иш жисмига боғлиқ эмас. Мазкур температуралар оралиғида Карно цикли энг катта ф. и. к. га эга. Ҳақиқатан ҳам, шу температуралар оралиғида содир бўладиган бошқа ҳар қандай циклда (23- расм, б да штрих чизиқлар билан кўрсатилган) берилган иссиқлик q_1 ($cdeabc$ юза) Карно циклида берилладиган иссиқлик ($12ab1$ юза) дан ҳар доим кичик, q_2 эса доим катта бўлади.

Ҳар қандай цикл учун қўлланиладиган (111) тенгламадан кўриниб турибдики, $cdec$ циклидаги $\frac{q_2}{q_1}$ нисбат 12341 Карно

циклидаги нисбатдан катта бўлади. Демак, кўрилатган циклининг ф. и. к. Карно циклининг ф. и. к дан кичик.

(118) формулага кўра, T_1 қанча катта ёки T_2 қанча кичик бўлса, η_t шунча катта бўлади. η_t нинг қиймати бирга тенг бўлиши мумкин эмас, чунки бунда $T_1 = \infty$ ёки $T_2 = 0$ бўлиши керак. T_1 ва T_2 нинг бундай қийматларини олиб бўлмайди.

Мисол тариқасида, ички ёнув двигателлари учун характерли бўлган температуралар оралиғида бажариладиган Карно циклини кўриб ўтамиз (энг юқори температура $T_1 = 2500^\circ\text{K}$, энг пасти эса $T_2 = 300^\circ\text{K}$). Бу шароитларда Карно циклининг ф. и. к қуйидагича бўлади.

$$\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{2500} = 0,88.$$

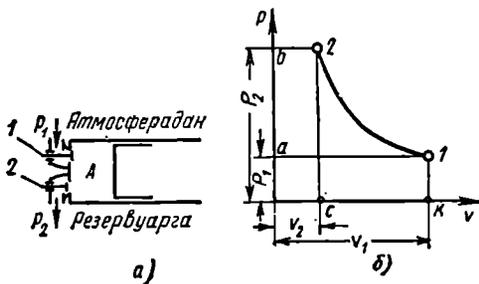
Ҳисобларнинг кўрсатишича, бундай циклда максимал босим тахминан 10.000 бар бўлиши, кенгайиш охиридаги ҳажм эса энг кичик ҳажмга нисбатан 1500 марта ошиши керак. Мазкур температуралар оралиғида Карно циклини амалга ошириш мумкин эмас, чунки бундай двигателнинг ўлчамлари жуда ҳам катта бўлади. Бундан ташқари, иссиқлик машинаси бажарётган ишнинг кўп қисми ҳаракатланаётган деталларнинг ишқаланишига сарфланган бўлар эди.

13- §. КОМПРЕССОРНИНГ ИДЕАЛ ЦИКЛИ

Автомобиль двигателларида ҳавони сиқиш учун кўпинча, компрессор ишлатилади.

Бир погонали идеал ҳаво компрессорининг циклини кўриб чиқамиз (24- расм, а). Поршень ўнгга ҳаракатланиб, клапан 1 очилганда атмосферадан ҳаво киради. Агар бу процесс босим йўқолмайди ($p_1 = \text{const}$) деб қаралса, у $p - V$ координаталарида $a1$ чизиги билан тасвирланади (24- расм, б). Поршень тескари ҳаракатланганда ҳаво p_2 босимгача сиқилади, шунда чиқариш клапани 2 автоматик равишда очилади ва поршень чапга ҳаракатланишда давом этганда ҳаво $p_2 = \text{const}$ босим билан $2b$ прцессни бажариб компрессордан чиқади. Бу процесс А ҳажмдаги ҳавони поршень билан тўла чиқариб юборгунча давом этади.

1 кг ҳаво учун бажарилган циклининг кўрсатишича, сиқишга сарфланадиган иш $l_{\text{тех}}$ айрим процессларда бажариладиган ишларнинг йиғиндисига тенг, яъни:



24- расм. Бир погонали идеал компрессорнинг схемаси ва цикли

$$l_{\text{тех}} = l_{\text{кпр}} - l_{\text{сиқ}} - l_{\text{чик}} \quad (121)$$

бу ерда $l_{кир}$ — киритиш процессида ҳаво бажарадиган мусбат иш; $l_{кир} = p v_1$;
 $l_{сиқ}$ — ҳавони p_1 босимдан p_2 босимгача сиқиш учун сарф бўлган иш; $l_{сиқ}$ — юза $12ск1$ га эквивалент;
 $l_{чиқ}$ — $2b$ процессда ҳавони чиқариб юбориш учун сарфланадиган иш; $l_{чиқ} = p_2 v_2$.

Сиқиш ишининг қиймати процесснинг борпш характерига боғлиқ. Кўпинча, бу процесс ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмай содир бўлади, деб қаралади. Бу ҳолда адиабатик сиқиш иши бундай бўлади:

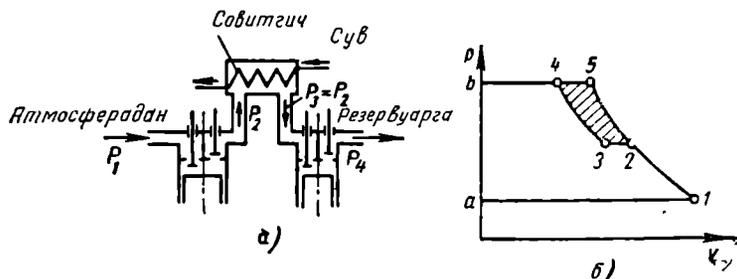
$$l_{сиқ} = \frac{1}{\kappa - 1} (p_2 v_2 - p_1 v_1). \quad (122)$$

Энди (121) тенгламага қийматларни қўйиб $l_{тех}$ ни топамиз:

$$l_{тех} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} p_1 v_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right]. \quad (123)$$

Ҳавони компрессорда сиқиш учун сарфлаш лозим бўлган иш $l_{тех}$ 12 адиабатик сиқиш процессида бажариладиган ишдан k марта катта ва $12ba1$ юза билан аниқланади.

Ҳавони катта босимгача ($p_2 > 8$ бар) сиқиш учун кўп поғонали компрессорлар ишлатилади. Ҳар бир поғонанинг охириги босими барча поғоналарда бир хил иш сарф бўладиган қилиб танланади.



25-расм. Икки поғонали компрессорнинг схемаси ва цикли

Ҳар поғонада ҳавони сиққандан кейин унинг температураси ҳаддан ташқари катта бўлмаслиги учун сиқилган ҳаво совитгичга узатилиб бошланғич температурагача совитилади. Шундай қилиб, компрессорларда ҳавони сиқиш учун кам иш сарфланади, цилиндрни мойлаш шароитлари яхшиланади ва ишқаланишга энергия кам сарф бўлади.

25- расм, *а* да икки поғонали компрессорнинг схемаси, 25- расм, *б* да эса $p - V$ координаталарида иккала поғонада циклнинг содир бўлиши кўрсатилган. *12* ва *34* сиқиш процесслари компрессорда, *23* процесс эса $p = \text{const}$ бўлгани ҳолда совитгичда боради. Штрихланган *23452* юза ҳавони иккинчи поғонада сиқишга сарфланадиган ишнинг камайишини характерлайди. Иккинчи поғонада ишнинг кам сарфланишига ҳавонинг совитгичда оралиқ совитилиши сабаб бўлади.



ИЧКИ ЁНУВ ДВИГАТЕЛЛАРИ НАЗАРИЯСИ

IV б о б

ПОРШЕНЛИ ИЧКИ ЁНУВ ДВИГАТЕЛЛАРИНИНГ НАЗАРИЙ ЦИКЛЛАРИ

14-§. УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

Техникавий термодинамикада кўриб ўтилган назарий циклларда иссиқлик иш жисмига T_1 температурали ташқи манбадан берилади ва $T_2 < T_1$ температурали бошқа ташқи манбага қайтарилади деб қаралган эди. Реал двигателда иссиқлик q_1 бевосита ёниш камерасида ёнилғи ва ҳаво аралашмасининг ёниши натижасида ҳосил бўлади. Двигателнинг цилиндрда ёнилғининг ёниши учун ҳар гал ҳосил бўлган иссиқлик ҳисобига иш бажарилгандан кейин кенгайган, ишлатилган газлар цилиндрдан чиқарилиши ва цилиндрга бериладиган янги ҳаво билан ёнилғи аралашмасининг ёниши учун зарур шароит яратилиши лозим.

Ҳаво билан ёнилғи аралашмасининг ёниши натижасида ҳосил бўлган иссиқлик энергиясидан механикавий энергия олишни таъминлайдиган процессларнинг тўплами ҳақиқий цикл деб аталади.

Ишлаётган двигателда ҳақиқий цикл бажарилаётганда бир қатор қўшимча нобудгарчиликлар бўлиб, иссиқликдан фойдаланиш даражаси назарий циклдагига қараганда камроқ бўлади. Ҳақиқий циклда иссиқликдан фойдаланишнинг назарий циклдагига нисбатан қанчалик ёмонлашишини билиш учун поршенли двигателларнинг назарий циклларини анализ қилиш керак. Назарий ва ҳақиқий циклларнинг ф. и. к. қийматларини солиштириб, реал двигателда иссиқликдан фойдаланиш даражасини билиш мумкин.

Назарий циклларни кўриб чиқишда қуйидагилар қабул қилинади:

1. Двигателнинг цилиндрида берк цикл бажарувчи ўзгармас алмашинмайдиган миқдорда иш жисми (масалан, ҳаво) ҳамма вақт бўлади. Бунда реал двигателларга оид нобудгар-

чилклар бўлмайди, яъни ишлатилган газларни чиқариш ва цилиндрга ёнувчи аралашма ёки ҳавонинг янги процессини киритишга иш сарфланмайди, деб қаралади.

2. Цилиндрдаги иш жисмининг иссиқлик сизими бутун цикл давомида ўзгармас ва температурага боғлиқ эмас деб олинади.

3. Ёнилғи ёниш камерасида ёнмайди. Иссиқлик иш жисмига ташқаридан циклнинг маълум бир даврида берилади. Бунда реал двигателда ёнилғи ёнганда иссиқлик нобуд бўлмайди деб қаралади.

4. Сиқиш ва кенгайиш процесслари ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмасдан содир бўлади (адиабатик процесслар).

Термодинамикада ички ёнув двигателларининг бир-биридан иссиқлик бериш ва олиш усуллари жиҳатидан фарқ қиладиган назарий цикллари кўриб чиқилади. Поршенли ички ёнув двигателларига оид уч хил назарий циклни кўриб чиқамиз:

1. Иссиқлик ўзгармас ҳажмда берилади, бу тахминан, учқун билан ўт олдириладиган двигателлардаги ёниш процессига мос келади.

2. Иссиқлик ўзгармас босимда берилади, бу, тахминан, илгарилари кўриб ўтилган компрессорли дизеллардаги ёниш процессига мос келади.

3. Иссиқликнинг бир қисми ўзгармас ҳажмда, қолган қисми эса ўзгармас босимда берилади (иссиқлик аралаш усулда берилади), бу, тахминан, компрессори бўлмаган тез юрар дизеллардаги ёниш процессига мос келади.

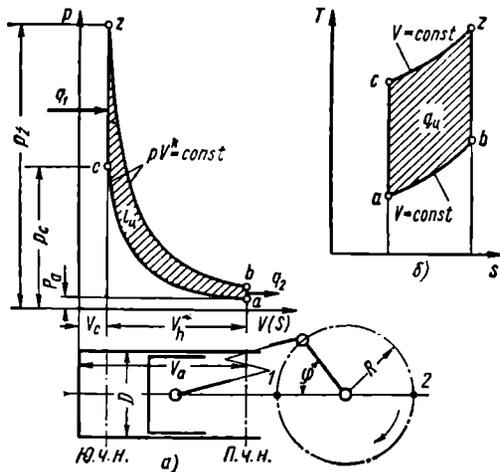
Термодинамиканинг иккинчи қонунига биноан иссиқлик барча ҳолларда ҳам ўзгармас ҳажмда олинади, деб фараз қилинади.

15- §. ИССИҚЛИК ЎЗГАРМАС ҲАЖМДА БЕРИЛАДИГАН ЦИКЛ

26- расм, a ва b да иссиқлик ўзгармас ҳажмда бериладиган цикл $p - V$ ва $T - s$ координаталар системасида тасвирланган.

Поршень п. ч. н. дан ҳаракатланиб тирсакли вал соат стрелкаси юрадиган томонга 2 нуқтадан 1 нуқтагача айланганда, цилиндр ичидаги ўзгармас миқдор иш жисмининг сиқилиш процесси ac содир бўлади. Бу процесс оқорида қабул қилинган шартларга биноан, ташқи муҳит билан иссиқлик алмашмай содир бўлади (адиабатик процесс).

Поршень ю. ч. н. га келганда ~~ва~~ ўзгармас ҳажмда ($V_2 = \text{const}$) cz процессида ташқаридан q_1 миқдорда иссиқлик берилади. Натижада иш жисмининг температураси ва босими кўтарилади. Назарий циклда иш жисмининг поршень п. ч. н. га ҳаракатланганда (иш процессида) содир бўладиган кенгайиш процесси zb да ҳам ташқи муҳит билан иссиқлик алмашишиямайди.



26- расм. Поршеньли двигателнинг цикли ўзгармас босимда иссиқлик берилади

q_2 — миқдор иссиқлик совуқ манбага поршень п. ч. н. га келганда ўзгармас ҳажмда ($V_a = V_b = \text{const}$) берилади.

Қуйидаги белгиларни киритамиз (26- расм):

D — цилиндр диаметри;

R — тирсақли вал кривошипининг радиуси;

S — поршень йўли; $S = 2R$;

V_h — поршень ю. ч. н. дан п. ч. н. гача силжиганда бўшайдиган ҳажм (иш ҳажми); $V_h = \frac{\pi}{4} D^3 S$;

V_c — поршень ю. ч. н. да бўлган пайтда унинг устидаги ҳажм (ёниш камерасининг ҳажми);

V_a — поршень п. ч. н. да бўлганда цилиндрнинг тўла ҳажми;

ϵ — сиқиш даражаси; $\epsilon = \frac{V_a}{V_c}$.

λ — босимнинг ортиш даражаси; $\lambda = \frac{p_z}{p_c}$

k — адиабата кўрсаткичи; $k = \frac{c_p}{c_v}$;

φ — тирсақли валнинг бурилиш бурчаги.

Кўриб ўтилаётган цикл учун цилиндр ичида 1 кг иш жисми бор деб фараз қилсак, у ҳолда иш жисмига берилган иссиқлик миқдори қуйидагича аниқланади:

$$q_1 = c_v (T_z - T_c) \text{ ж/кг ёки ккал/кг,}$$

олинган иссиқлик миқдори эса бундай топилади:

$$q_2 = c_v (T_b - T_a) \text{ ж/кг ёки ккал/кг}$$

q_1 ва q_2 нинг қийматлари (111) тенгламага қўйилгандан сўнг термик ф. и. к. қуйидагича ёзилади:

$$\eta_{it} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v (T_b - T_a)}{c_v (T_z - T_c)} = 1 - \frac{T_b - T_a}{T_z - T_c} \quad (124)$$

Циклнинг характерли нуқталаридаги температураларни бошланғич температура T_a орқали қуйидагича ифодалаш мумкин;

ас адиабатик сиқиш процесси учун:

$$T_c = T_a \left(\frac{v_a}{v_c} \right)^{k-1} = T_a \varepsilon^{k-1},$$

изохорик процесс учун

$$T_z = T_c \frac{p_z}{p_c} = \lambda T_c = \lambda \varepsilon^{k-1} T_a;$$

zb адиабатик кенгайиш процесси учун

$$T_b = T_z \left(\frac{v_z}{v_b} \right)^{k-1} = T_z \left(\frac{v_c}{v_a} \right)^{k-1} = T_z \frac{2}{\varepsilon^{k-1}} = \lambda T_a.$$

Температураларнинг бу қийматларини (124) формулага қўйсақ қуйидагини ёзиш мумкин;

$$\eta_{it} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}. \quad (125)$$

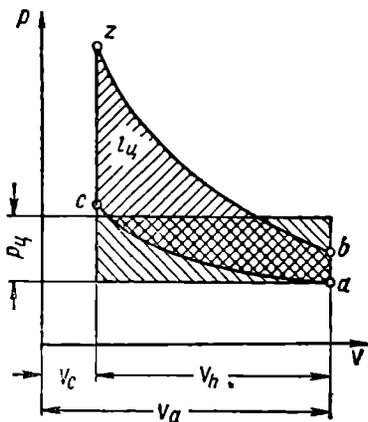
Цикл давомида бажарилган иш $l_n p - V$ координаталарида штрихланган $aczb$ юза билан (26- расм, а), олинган ишга эквивалент иссиқлик $q = q_1 - q_2$ эса $T - s$ координаталарида (26- расм, б) бир хил белгиланган юза билан аниқланади.

Ҳар хил двигателларни ўзаро солиштириш учун цикл давомида бажарилган ишнинг цилиндри иш ҳажмига нисбати олинади. Бунинг учун, 27- расмда кўрсатилгандек, бажарилган иш шартли равишда тўғри тўртбурчаклик шаклида тасаввур қилинади. Тўртбурчакликнинг асоси цилиндрининг иш ҳажми V_h га тенг қилиб олинади, координатаси эса қуйидагича бўлади:

$$p_u = \frac{l_u}{V_h} \text{ нм}^2/\text{м}^3 \text{ ёки н}^2/\text{м}^2. \quad (126)$$

Босим p_u солиштирма ишни, яъни иш ҳажми бирлигига тўғри келадиган ишни кўрсатади.

p_u нинг сон қиймати маълум шартли ўзгармас босимга



27- расм. Циклнинг ўртача босимини аниқлаш

тенг. Бу босим поршенга ю. ч. н. дан п. ч. н. га келгунча, яъни цилиндрнинг ҳажми V_h қадар ўзгаргунча таъсир этади. p_u нинг қиймати циклнинг ўртача босими дейилади.

Кўриб ўтилаётган цикл учун (27- расм) ўртача босим қуйидагича бўлади:

$$p_u = p_a \frac{\epsilon^k (\lambda - 1)}{(\epsilon - 1)(k - 1)} \eta_t. \quad (127)$$

p_u нинг ўлчов бирлиги p_a нинг қандай бирликлар система-сида ёзилганлигига қараб аниқланади, чунки формуладаги бошқа барча қийматлар ўлчамсиздир.

16- §. ИССИҚЛИК ЎЗГАРМАС БОСИМДА БЕРИЛАДИГАН ЦИКЛ

Иссиқлик ўзгармас босимда берилadиган цикл 28- расм, *a* ва *б* ларда $p - V$ ва $T - s$ координаталар системасида кўрсатилган. Бу циклнинг илгари кўрилган циклдан фарқи шундаки, бунда иссиқлик q_1 ўзгармас босимда берилadi. 1 кг иш жисми учун берилган иссиқлик миқдори

$$q_1 = c_p (T_z - T_c),$$

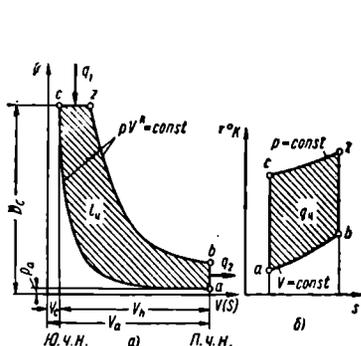
олинган иссиқлик миқдори эса

$$q_2 = c_v (T_b - T_a)$$

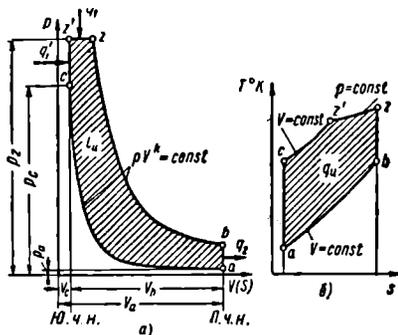
бўлади. U ҳолда термик ф. и. к қуйидагича ёзилади:

$$\eta_t = 1 - \frac{c_v (T_b - T_a)}{c_p (T_z - T_c)}.$$

$\frac{V_a}{V_c} = \epsilon$ ва $\frac{c_v}{c_p} = \frac{1}{k}$ ни назарга олиб ва дастлабки кенгайиш даражасини $\rho = \frac{V_a}{V_z} = \frac{V_z}{V_c} = \frac{T_c}{T_z}$ билан белгилаб, циклнинг характер-



28- расм. Поршенли двигателнинг цикли, ўзгармас босимда иссиқлик берилadi



29- расм. Поршенли двигателнинг цикли, иссиқлик аралаш усулда берилadi.

ли нуқталаридаги температураларни бошланғич температура T_a орқали ифодалаймиз ва уларни формулага қўйиб, термик ф. и. к. учун қуйидаги ифодани оламиз:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\rho^{k-1}}{k(\rho-1)}. \quad (128)$$

Циклнинг ўртача босими:

$$p_{\text{ц}} = p_a \frac{\varepsilon^k k (\rho - 1)}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \eta_t. \quad (129)$$

17-§. ИССИҚЛИК АРАЛАШ УСУЛДА БЕРИЛАДИГАН ЦИКЛ

Иссиқлик аралаш усулда бериладиган цикл 29- расм, a ва b ларда $p - V$ ва $T - s$ координаталар системасида кўрсатилган. Бу циклнинг илгари кўрилган цикллардан фарқи шундаки, унда $q_1' = c_v (T_z - T_c)$, миқдордаги иссиқлик ўзгармас ҳажмда, $q_1'' = c_p (T_z - T_{z'})$ миқдордаги иссиқлик эса ўзгармас босимда берилади. 1 кг иш жисмига берилган иссиқликнинг умумий миқдори қуйидагича бўлади:

$$q_1 = q_1' + q_1'' = c_v (T_z - T_c) + c_p (T_z - T_{z'}) = c_v T_c \left[\left(\frac{T_{z'}}{T_c} - 1 \right) + \frac{c_p}{c_v} \cdot \frac{T_{z'}}{T_c} \left(\frac{T_z}{T_{z'}} - 1 \right) \right] = c_v T_c [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)]. \quad (130)$$

Иш жисмидан олинган иссиқлик миқдори эса бундай топилади:

$$q_2 = c_v (T_b - T_a).$$

Термик ф. и. к. қуйидагича ёзилади:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{c_v (T_b - T_a)}{c_v T_c [(\lambda - 1) + k\lambda(\rho - 1)]}.$$

Циклнинг айрим нуқталаридаги температураларни бошланғич температура T_a орқали ифодалаб, юқорида келтирилган белгиларни ҳисобга олсак, термик ф. и. к. қуйидагича бўлади:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda \rho^k - 1}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)}. \quad (131)$$

Циклнинг ўртача босими:

$$p_{\text{ц}} = p_a \frac{\varepsilon^k [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)]}{(\varepsilon - 1)(k - 1)} \eta_t. \quad (132)$$

18-§. НАЗАРИЙ ЦИКЛЛАР АНАЛИЗИ

1. Иссиқлик ўзгармас ҳажмда бериладиган цикл

(125) тенгламадан кўринадики, иссиқлик ўзгармас ҳажмда бериладиган циклнинг термик ф. и. к. сиқиш даражаси органиши билан катталашади. Нагрузка ошиши билан иссиқлик кўли миқдорда берилганда босимнинг кўтарилиш даражаси λ ҳам

ошади, лекин (125) тенгламадан кўриниб турибдики, бу ҳол циклнинг термик ф. и. коэффицентига таъсир қилмайди.

Цикл термик ф. и. к. нинг сиқиш даражасига боғлиқлиги, двигателнинг цилиндрига иш газы ўрнида ҳаво ($k = 1,41$) ва адиабата кўрсаткичи $k = 1,3$ бўлган газ киритилган ҳоллар учун 30-расмда кўрсатилган. Графикдан кўриниб турибдики, сиқиш даражасининг ортиши билан термик ф. и. к. жуда сезиларли даражада ўсади. Адиабата кўрсаткичи k кичик бўлганда циклнинг термик ф. и. к. камаяди.

Термик ф. и. к. қийматини ошириш учун сиқиш даражасини мумкин қадар кўтариш керак. Лекин, биз кўраётган циклга яқинроқ цикл бўйича ишлайдиган, учқун билан ўт олдириладиган двигателларда сиқиш даражасини маълум чегарадан ошириб юбориш мумкин эмас, чунки бундай двигателларда сиқиш даражаси катталашса, ёнилғи нономал (детонацияли) ёнади ёки ўз-ўзидан барвақт ёна бошлаб, двигателнинг кўрсаткичлари ёмонлашади. Шунинг учун учқун билан ўт олдириладиган двигателларда бензиннинг сортига қараб, сиқиш даражаси $\epsilon = 6 \div 9,5$ бўлади. Баъзи ҳолларда юқори октанли ёнилғидан фойдаланганда сиқиш даражасини 11 гача ошириш мумкин.

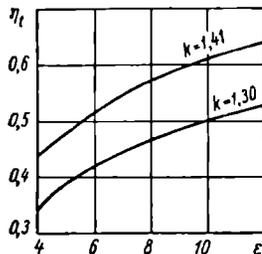
Ёнилғи сифатида газ ишлатиладиган двигателларда $\epsilon = 5 - 10$ бўлади.

(127) тенгламадан кўриниб турибдики, сиқиш процесси катта бошлангич босим p_a да бошланса, назарий циклнинг ўртача босими p_c ошади. Сиқиш даражаси ошганда ҳам p_c катталашади. Аммо сиқиш даражаси p_c га кўра термик ф. и. к. га кўпроқ таъсир қилади. Берилган иссиқлик миқдорини оширсак, босимнинг ўсиш даражаси λ ва бунга мос ҳолда циклнинг ўртача босими ҳам ошади. Термик ф. и. к. нинг ўсиши берилган иссиқликнинг кўп қисми иш бажариш учун фойдаланилганини билдиради. Демак, η_t нинг ошиши p_c нинг ўсишига олиб келади.

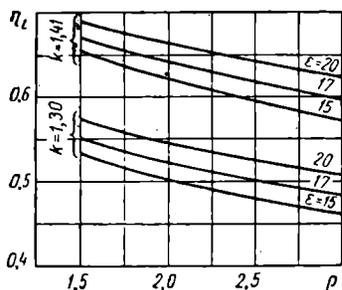
2. Иссиқлик ўзгармас босимда бериладиган цикл

(128) тенгламадан маълумки иссиқлик ўзгармас босимда бериладиган циклнинг термик ф. и. к. сиқиш даражаси ϵ , адиабата кўрсаткичи k ва дастлабки кенгайиш даражаси ρ га боғлиқ.

31-расмда термик ф. и. к. нинг дастлабки кенгайиш даражаси ρ га боғлиқлиги кўрсатилган. Бу боғланиш $k = 1,41$ ва



30-расм. Ҷзгармас ҳажмда иссиқлик бериладиган циклнинг термик ф. и. к. η_t нинг сиқиш даражасига боғлиқлиги (адиабата кўрсаткичи k —нинг икки хил қиймати учун)



31-расм. Ўзгармас босимда иссиқлик бериладиган циклнинг термик ф. и. к. η_t нинг дастлабки кенгайиш даражасига боғлиқлиги (ҳар хил сиқиш даражалари ва адиабата кўрсаткичлари учун)

шуки, q_1 ошганда совуқ манбага $v = \text{const}$ да қайтариладиган иссиқлик кўпроқ бўлади ва $\frac{q_2}{q_1}$ нисбат катталашади [(28) формулага қаранг].

Автомобиль двигателида иссиқликдан фойдаланишнинг самарадорлигини аниқлашда η_t нинг ρ га боғлиқлиги катта аҳамиятга эга. Бундай двигатель кўп вақт чала нагрузкаларда ишлайди.

(129) формулага биноан циклнинг бошланғич босими p_a адиабата кўрсаткичи k , сиқиш даражаси ϵ ва термик ф. и. к. η_t ўсиши билан циклнинг ўртача босими ҳам ўсади. p_c нинг ўсиши учун иссиқлик кўпроқ берилади, лекин бунда илгари кўрсатиб ўтилганидек, η_t бир оз камаяди.

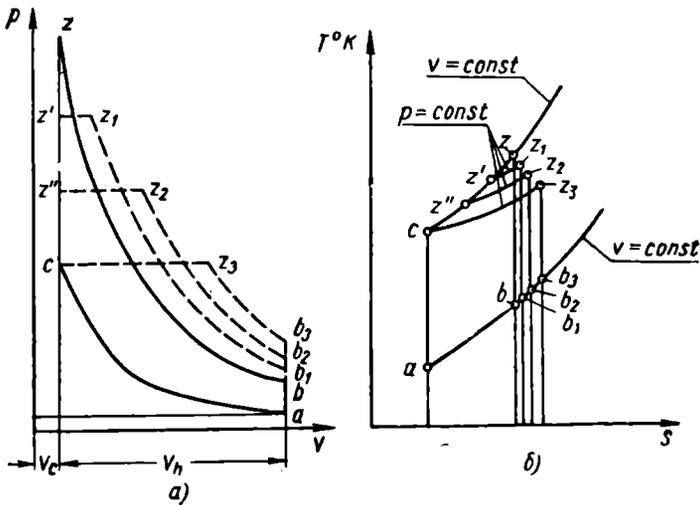
Иссиқлик ўзгармас босимда бериладиган цикл тахминан секин юрар компрессорли дизеллар циклига тўғри келади. Бундай дизеллар илгари электрик генераторларни юргизиш учун ишлатилган. Лекин бундай двигателлар мураккаб тузилгани (юқори босимли компрессорнинг мавжудлиги) сабабли ҳозир ишлаб чиқарилмайди.

3. Иссиқлик аралаш усулда бериладиган цикл

(131) тенгламадан кўриниб турибдики, иссиқлик аралаш усулда бериладиган циклнинг ҳам термик ф. и. к. сиқиш даражасининг ошиши билан ўсади. Бундан ташқари, термик ф. и. к. босимнинг кўтарилиш даражаси λ га, яъни ўзгармас ҳажмда ($V = \text{const}$) берилган иссиқлик миқдорига ва дастлабки кенгайиш даражаси ρ га, яъни ўзгармас босимда берилган иссиқлик миқдорига боғлиқ.

$k = 1,30$ қийматлар ва сиқиш даражасининг дизелларга характерли бўлган уч хил қиймати учун берилган.

Графиклардан кўриниб турибдики, сиқиш даражасининг ўсиши билан термик ф. и. к. ҳам ўсади. Адиабата кўрсаткичи катта бўлганда ҳам η_t катта қийматга эришади. ρ нинг ўсиши η_t нинг камайишига олиб келади. Двигателнинг нагрузкаси ошиши билан бериладиган иссиқлик миқдори q_1 ни ошириш зарур бўлганда ρ нинг қиймати катталашади. Демак, циклда қанча кўп иссиқлик берилса, термик ф. и. к. шунча камаяди. Бунга сабаб



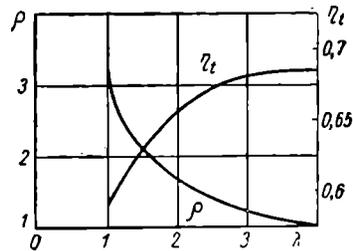
32- расм. Двигателларнинг назарий циклларида мумкин бўлган иссиқлик бериш ҳоллари

Ҳисобларнинг кўсатишича ўзгармас ҳажмда иссиқлик қанча кўп берилса, аралаш циклнинг термик ф. и. к. шунча юқори бўлади.

32- расм, a ва b да $p-V$ ва $T-s$ координаталарида сиқиш даражаси ҳамда берилган иссиқлик миқдори бир хил бўлгандаги диаграммалар келтирилган. Бу диаграммалар иссиқлик аралаш усулда бериладиган цикллارни характерлайди.

$aczba$ циклда барча иссиқлик ўзгармас ҳажмда берилган ($\rho = 1$), acz_3b_3 циклда барча иссиқлик ўзгармас босимда ($\lambda = 1$) берилган. $acz'z_1b_1a$ ва $acz''z_2b_2a$ цикллarda иссиқлик аралаш усулда берилadi. Уларнинг бир-бирдан фарқи шуки, $acz''z_2b_2a$ циклда ўзгармас босимда бериладиган иссиқлик миқдори кўпроқ, демак, ўзгармас ҳажмда бериладиган иссиқлик миқдори $acz'z_1b_1a$ циклдагига қараганда камроқ бўлади.

Иссиқлик ўзгармас ҳажмда бериладиган циклдан иссиқлик аралаш усулда бериладиган циклга ўтишда кенгайиш охири (b , b_1 , b_2 ва ҳ. к. нуқталар) даги босим ва, бинобарин, температура ҳам ортади. Аммо циклнинг бошланишидаги (a нуқтадаги) температура ўзгармай қолади, шунинг учун совуқ манбага бериладиган иссиқлик миқдори $q_2 = c_v \Delta T$ иссиқлик аралаш усул-



33- расм. Циклнинг термик ф. и. к. η_t нинг, $q_1 = \text{const}$ бўлганда иссиқлик бериш усулига бўғлиқлиги

3- жадвал

Термик ф. и. к. нинг $q = \text{const}$ бўлганда λ ва ρ га боғлиқлиги

Цикл	λ	ρ	η_t
$aczba$	4	1	0,686
$acz'z_1b_1a$	3	1,236	0,684
$acz''z_2b_2a$	2	1,710	0,655
acz_3b_3a	1	3,130	0,584

да бериладиган циклда кўпроқ бўлади.

Юқорида кўриб ўтилган барча циклларда берилган иссиқлик миқдори бир хил деб олингани учун ρ нинг ўсиши ва бунга мос ҳолда λ камайиши билан циклнинг термик ф. и. к. камаяди. 32- расмда кўриб ўтилган цикллар учун термик ф. и. к. нинг турли λ ва ρ даги қийматлари 3- жадвалда

ва 33- расмда берилган. Ҳисоблашда қуйидаги қийматлар қабул қилинган $\epsilon = 17$; $k = 1,4$; $p_a = 0,981 \text{ бар} = 1 \text{ кг/см}^2$; $T'_a = 288^\circ\text{K}$; $c_p = 0,713 \text{ кж/(кг. град)} = 0,17 \text{ ккал (кг. град)}$ ва $q_1 = 1950 \text{ кж} = 466 \text{ ккал}$.

Юқоридаги маълумотлардан кўриниб турибдики, сиқиш даражаси бир хил бўлганда иссиқлик ўзгармас ҳажмда бериладиган циклнинг термик ф. и. к. катта бўлади.

Тез юрар дизеллар иссиқлик аралаш усулда бериладиган циклга яқин циклда ишлайди. Уларда ишлатиладиган ёнилғи сиқиш даражасини оширишга имкон беради. Шунинг учун дизелларнинг термик фойдали иш коэффициентини учқун билан ўт олдириладиган двигателларникидан юқори.

(132) формуладан кўриниб турибдики, мазкур иш жисми учун ($k = \text{const}$) p_a , ϵ ва η_t қанча кўп бўлса, аралаш циклнинг ўртача босими ҳам шунча катта бўлади.

Берилган иссиқлик миқдори ўзгармас ($q_1 = \text{const}$) бўлганда p_u нинг ўзгариши λ ва ρ нинг қийматига боғлиқ. ρ нинг қиймати камайиб, бунга мос ҳолда λ ошса, η_t катталашади, натижада p_u ҳам ошади.

Иссиқлик миқдори q_1 кўпайганда $\lambda = \text{const}$ бўлиб, ρ катталашса, ўртача босим p_u $\rho = \text{const}$ ва λ катталашалиган ҳолдагига нисбатан секин ошади. Бунга сабаб шуки, берилган иссиқлик миқдорининг кўпайиши билан термик ф. и. к. биринчи ҳолда камаяди, иккинчи ҳолда эса бир оз катталашади.

Ҳозирги замон тез юрар дизелларида қуйидаги сиқиш даражалари қўлланилади:

Тўрт тактли ва икки тактли ҳаво ҳайдалмайдиган двигателларда $\epsilon = 16 - 20$;

тўрт тактли ва икки тактли ҳаво ҳайдаладиган двигателларда $\epsilon = 12 - 16$;

кўп ёнилғили двигателларда... $\epsilon = 21$ гача

Дизель двигателларида деталларнинг мустаҳкамлигини ҳисобга олган ҳолда йўл қўйилган максимал босимлар ҳосил қилиш мақсадида ёниш процессида босимнинг кўтарилиш даражаси $\lambda = 1,2 - 2,0$ дан ошмаслиги лозим.

ρ нинг қиймати двигателнинг нагруккасига боғлиқ бўлиб, 1,4—2,2 атрофида ўзгаради.

14- мисол. Иссиқлик ўзгармас ҳажмда бериладиган цикл учун термик ф. и. к. ва циклниң ўртача босими топилиси, бунда $\epsilon = 7$; $k = \frac{c_p}{c_v} = 1,41$; $p_a = 0,981 \text{ бар} = 1,0 \text{ кг/см}^2$ ва $\lambda = 4$.

Термик ф. и. к. [(125) тенгламага қаранг]

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} = 1 - \frac{1}{7^{0,41}} = 0,55.$$

Циклниң ўртача босими [(127) тенгламага қаранг]

$$p_{\text{ц}} = p_a \frac{\epsilon^k}{(\epsilon - 1)(k - 1)} (\lambda - 1) \eta_t = 1,02 \frac{7^{1,41}}{(7 - 1)(1,41 - 1)} \times \\ \times (4 - 1) \cdot 0,55 = 10,6 \text{ бар} = 10,4 \text{ кг/см}^2.$$

15- мисол. Иссиқлик аралаш усулда бериладиган циклниң термик ф. и. к. ўртача босими топилиси, бунда $\epsilon = 7$; $k = 1,41$; $\lambda = 2$; $T_a = 288^\circ\text{K}$; $c_v = 0,713 \text{ кж (кг. град)}$; $p_a = 1,02 \text{ бар} = 1,0 \text{ кг/см}^2$ ва $q_1 = 2094 \text{ кж} = 500 \text{ ккал}$. Термик ф. и. к. (131) тенгламага биноан;

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \cdot \frac{\lambda p^k - 1}{\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)}.$$

Бу тенгламада η_t ва ρ номаълум.

ρ ни аниқлаш учун берилган иссиқликниң умумий миқдорини (130) тенгламадан аниқлаймиз.

ac процесс учун (29- расмга қаранг) адиабата тенгласидан қуйидаги- ни ёзамиз:

$$T_c = T_a \cdot \epsilon^{k-1}$$

у ҳолда

$$q_1 = c_v \cdot T_a \epsilon^{k-1} [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)].$$

Бу тенгламадан дастлабки кейгайиш даражасини аниқлаш мумкин:

$$\rho = \frac{\frac{q_1}{c_v T_a \epsilon^{k-1}} - \lambda + 1}{k\lambda} + 1 = \frac{2094}{0,713 \cdot 288 \cdot 7^{0,41}} - 2 + 1}{1,41 \cdot 2} + 1 = 2,26.$$

Бу ҳолда термик ф. и. к:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{7^{0,41}} \cdot \frac{2 \cdot 2,26^{1,41} - 1}{2 - 1 + 1,41 - 2(2,26 - 1)} = 0,484.$$

Циклниң ўртача босими [(132) тенгламага қаранг]

$$p_{\text{ц}} = p_a \frac{\epsilon^k}{(k - 1)(\epsilon - 1)} [\lambda - 1 + k\lambda(\rho - 1)] \eta_t = 1,02 \cdot \frac{7^{1,41}}{(1,41 - 1)(7 - 1)} \\ [2 - 1 + 1,41 \cdot 2(2,26 - 1)] \cdot 0,484 = 14,18 \text{ бар} = 13,9 \text{ кг/см}^2.$$

16- мисол. Иссиқлик аралаш усулда бериладиган циклнинг термик ф. и. к. ва ўртача босими аниқлансин. Бунда 15- мисолдаги маълумотлардан фойдаланилади, лекин $\epsilon = 17$ қилиб олинади.

Ечиш:

$$\rho = \frac{\frac{2094}{0,713 \cdot 288 \cdot 17^{0,41}} - 2 + 1}{1,41 \cdot 2} + 1 = 1,78;$$

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{17^{0,41}} \cdot \frac{2 \cdot 1,78^{1,41} - 1}{2 - 1 + 1,41 \cdot 2 (1,78 - 1)} = 0,615;$$

$$p_{ц} = 1,02 \frac{17^{1,41} \cdot 0,615}{(1,41 - 1)(17 - 1)} [2 - 1 + 1,41 \cdot 2 (1,78 - 1)] = \\ = 16,3 \text{ бар} = 16 \text{ кг/см}^2.$$



Ёнилги ва унинг ёниш химиявий реакциялари

19- §. ЁНИЛГИ

Ички ёнув двигателларида суюқ ва газ ҳолатидаги ёнилги ишлатилади.

Суюқ ёнилги ҳар хил углеводородлар: парафин углеводородлари (алканлар) $C_n H_{2n+2}$, нафтен углеводородлари (цикланлар) $C_n H_{2n}$; $C_n H_{2n-2}$ ва бошқалар, ароматик углеводородлар $C_n H_{2n-6}$; $C_n H_{2n-12}$ ва бошқалар аралашмасидан иборат.

Ички ёнув двигателларида ишлатиладиган суюқ ёнилги анализ қилинганда унинг элементар таркиби, яъни углерод С, водород Н ва оз миқдордаги кислород О нинг миқдори аниқланади. Ёнилгиларнинг баъзи сортларида жуда оз миқдорда олтингугурт S бўлади.

Автомобиль двигателларида газ ҳолатидаги ёқилги сифатида асосан нефть чиқарилаётганда олинадиган табиий газ, саноатда нефтни қайта ишлаш ва бошқа процессларда ҳосил бўладиган саноат газлари ва қаттиқ ёнилгини газга айлантириб олинган газлар ишлатилади.

Масса ёки ҳажм бирлигидаги ёнилгининг тўла ёнишидан ҳосил бўлган иссиқлик миқдори унинг ёниш иссиқлиги дейилади.

Ёниш иссиқлиги ёнилгининг энг асосий кўрсаткичларидан ҳисобланади.

Ёнилгининг юқори ва қуйи ёниш иссиқлиги бўлади.

Юқори ёниш иссиқлиги H_0 — масса ва ҳажм бирлигидаги ёнилгининг тўла ёниши натижасида ҳосил бўлган ва ёниш маҳсулотларини бошлангич температурагача совитганда совиувчи муҳитга берилиши мумкин бўлган иссиқлик миқдори.

Ички ёнув двигателларида ишлатилган газлар атрофдаги ҳавонинг температурасидан анча юқори температурада ташқарига чиқариб ташланади ва улар конденсатга айланмаган сув

буғини ўзи билан олиб кетади. Шунинг учун ҳисобларда сув буғининг конденсатланишида ажралиб чиққан иссиқлик миқдори ҳисобга олинмайди.

Ёнилғининг масса ёки ҳажм бирлиги ёнганда ҳосил бўладиган иссиқлик миқдоридан сув буғининг конденсатланишида ҳосил бўладиган иссиқлик миқдорининг айирмаси ёнилғининг қуйи ёниш иссиқлиги дейилади ва H_n билан белгиланади.

Агар тадқиқотлар натижасида ёнилғининг элементар таркиби ва юқори ёниш иссиқлиги маълум бўлса, унинг қуйи ёниш иссиқлигини аниқлаш мумкин:

$$H_n = H_0 - 2512(9H + W), \text{кж/кг} \quad (133) \quad 1$$

ёки калория бирлигида

$$H_n = H_0 - 600(9H + W), \text{ккал/кг},$$

бу ерда 2512 кж/кг ёки 600 ккал/кг — 1 кг сув буғи ҳосил қилиш учун сарфланадиган техникавий ҳисобларда қабул қилинадиган иссиқлик миқдори;

$9H - 1$ кг ёнилғи ёнганда ҳосил бўлган сув буғи; $H - 1$ кг ёнилғидаги водороднинг массавий улуши;

$W - 1$ кг ёнилғидаги нам миқдори.

Агар ёнилғининг элементар таркиби маълум бўлса, унинг қуйи ёниш иссиқлигини Д. И. Менделеев формуласидан топиш мумкин:

$$H_n = [34,013C + 125,6H - 10,9(O - S) - 2,512(9H + W)] \cdot 10^6, \text{ж/кг} \quad (134) \quad 2$$

ёки

$H_n = 8100C + 30000H - 2600(O - S) - 600(9H + W), \text{ккал/кг}$,
бу ерда C , H , O ва S — ёнилғининг таркибига кирувчи элементларнинг массавий улушлари.

Ички ёнув двигателларида ишлатиладиган ёнилғининг асосий миқдори нефтдан олинади.

Буғланувчанлик ёнилғининг фракцион таркибига қараб белгиланади ва асосий кўрсаткичларидан бири ҳисобланади. Ёнилғининг буғланувчанлиги уни махсус асбобда қиздириш йўли билан аниқланади. Бундай асбобда қайнаш температураси ҳар хил бўлган фракциялар навбат билан буғланади. Ҳар турдаги ёнилғи учун мос температуралардаги фракцион таркиби ўрнатилади. Ёнилғининг 10, 50, 90 ва 100%, қайнаб бугга айланган температуралар характерли нуқталар бўлади. Бу маълумотлар асосида асосан ёнилғининг фракцион таркибининг температурага боғлиқлигини кўрсатувчи, фракцияларга ажратиб, ҳайдаш эгри чизиги ясаллади. Ёнилғи билан ҳаво аралашмасининг сифати ва ёниши, шунингдек, двигателнинг юргизиш юборилиш хусусиятлари ёнилғининг фракцион таркибига боғлиқ.

34- расмда ёнилғиларнинг функцияларга ажратиб ҳайдаш эгри чизиқлари, 4- жадвалда эса двигателларда ишлатиладиган ёнилғиларнинг асосий кўрсаткичлари келтирилган.

Бензин учун асосий кўрсаткичлардан бири детонацион¹ чидамликдир. Агар ёнилғининг детонацион чидамлилиги мазкур типдаги двигатель учун қабул қилинган детонацион чидамликдан паст бўлса, двигателнинг цилиндрида ёниш шароитлари бузилади (детонация пайдо бўлади) ва бундай шароитларда двигателни ишлатишга йўл қўйилмайди.

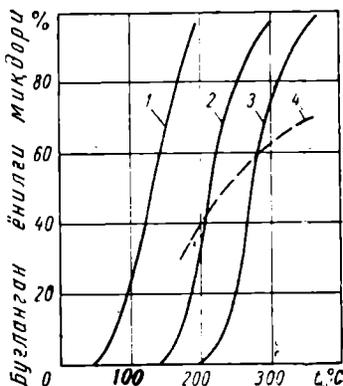
Осон буғланувчи ёнилғиларнинг детонацион чидамлилиги октан сони билан характерланади.

Ёнилғининг октан сони бу мақсад учун мўлжалланган махсус двигателда аниқ белгиланган шароитларда синаш йўли билан аниқланади. Бу двигателнинг ўзига хос хусусияти шундаки, унинг сиқиш даражасини ўзгартириш мумкин. Октан сонини аниқлашда эталон ёнилғилар сифатида детонацион чидамлилиги катта бўлган изооктан (iC_8H_{18}) ва детонацияга мойил бўлган гептан (nC_7H_{16}) ишлатилади. Изооктан ва гептан аралашмаси текширилаётганда аралашмадаги ҳар қайси ёнилғининг процент миқдорига қараб детонация ҳодисалари турли сиқиш даражаларида содир бўлади.

Ёнилғи сифатида ссф изооктан ишлатилганда юқори сиқиш даражасига эга бўламиз. Изооктан билан гептан аралаштирилганда аралашманинг нормал ёниши учун сиқиш даражасини камайтириш керак. Гептанинг аралашмадаги процент миқдори қанча кўп бўлса, двигателнинг нормал ишлаши учун керак бўладиган сиқиш даражаси шунча паст бўлади.

Ёнилғининг октан сонини топиш учун махсус двигателда текширилаётган ёнилғи билинар-билимас детонация билан ёнадиган сиқиш даражаси ҳосил қилинади. Бу маълумотлар двигателни изооктан билан гептан аралашмасида синаш натижаларига таққосланади ва двигателнинг худди шундай шароитларда қандай таркибдаги аралашмада ишлаши аниқланади.

Детонацияга мойиллиги текширилаётган ёнилғиникига тенг бўлган нормал гептанли аралашмадаги изооктанинг процент миқдори октан сони деб аталади.



34- расм. Турли ёнилғиларни фракцияларга ажратиб ҳайдаш эгри чизиқлари:

1 — бензин; 2 — трактор керосини; 3 — дизель ёнилғиси; 4 — табиий нефть.

¹ Детонация ҳодисаси тўғрисидаги мукамал маълумот 27- § да берилган.

Цетан сони қанча юқори бўлса, алангаланишнинг кечикиш вақти шунча кам бўлади.

Цетан сони махсус двигателларда текшириладиган ёнилғини эталон аралашма билан таққослаб аниқланади. Бу аралашма цетан сони 100 га тенг бўлган осон алангаланувчи цетан ($C_{16}H_{34}$) ва цетан сони 0 га тенг бўлган қийин алангаланувчи α — метилнафталиндан иборат. Дизель ёнилғисининг цетан сони 45—50 атрофида бўлади (ГОСТ 305—62).

Ёнилғининг муҳим сифат кўрсаткичларидан бири унинг қовушоқлигидир. Ёнилғининг қовушлиги унинг температурасига ва фракцион таркибига боғлиқ. Оғир фракциялардан тузилган ёнилғининг қовушоқлиги юқори бўлади. Ёнилғининг фракцион таркиби қанча оғир бўлса, температура пасайиши билан қовушоқлик шунча тез оша боради. Масалан, бензиннинг температураси $+20^\circ C$ дан $-20^\circ C$ гача ўзгарса, унинг қовушоқлиги тахминан 2 марта, дизель ёнилғилариники эса 5—10 марта ошади. Ёнилғининг пуркагандаги тўзиш ва ҳаво билан аралашуви сифати унинг қовушоқлигига боғлиқ.

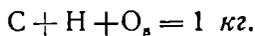
20- §. ЁНИЛЎНИНГ ЁНИШ РЕАКЦИЯЛАРИ

Двигателнинг цилиндрида ёнилғининг ёниши мураккаб процессдир.

Ёнилғи ёнганда ҳосил бўладиган иссиқлик эффектини аниқлаш учун ёнилғи таркибидаги айрим элементларнинг кислород билан реакциясининг сўнгги натижасини билиш зарур. Бу натижаларни ёнилғи углеводородининг кислород билан химиявий реакцияси тенгламалари ёрдамида аниқлаш мумкин.

4- жадвалга мувофиқ 1 кг суюқ ёнилғининг массавий элементар таркиби С кг (С) углерод, Н кг (H_2) водород ва O_2 кг (O_2) кислороддан иборат.

Буларнинг йиғиндиси



1. Ёнилғининг тўла ёниши

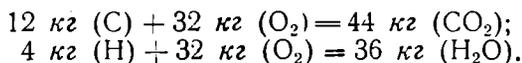
Кислород етарли миқдорда бўлса, углероднинг оксидланишидан карбонат ангидрид, водороднинг оксидланишидан эса сув буғи ҳосил бўлади. Ёнилғи тўла ёнса углероднинг ҳар бир молекуласи кислороднинг бир молекуласи билан бирикади; натижада бир молекула карбонат ангидрид ҳосил бўлади:



Водород ёнганда унинг иккита молекуласи кислороднинг битта молекуласи билан бирикади ва икки молекула сув буғи ҳосил бўлади:



Углероднинг молекуляр массаси 12, водородники 2 ва кислородники 32 га тенг бўлгани учун юқоридаги тенгламаларни массавий бирликларда қуйидагича ёзиш мумкин:



1 кг углерод учун:

$$1 \text{ кг (C)} + \frac{8}{3} \text{ кг (O}_2) = \frac{11}{3} \text{ кг (CO}_2) \quad (138) \text{ г}$$

ва 1 кг водород учун:

$$1 \text{ кг (H)} + 8 \text{ кг (O}_2) = 9 \text{ кг (H}_2\text{O)} \quad (139) \text{ б}$$

(138) тенгламага кўра 1 кг углероднинг тўла ёниши учун $\frac{8}{3}$ кг кислород керак, бунинг натижасида $\frac{11}{3}$ кг (CO₂) ҳосил бўлади. (139) тенгламага кўра, 1 кг водороднинг тўла ёниши учун 8 кг кислород керак, натижада 9 кг сув буғи ҳосил бўлади.

1 кг ёнилғининг тўла ёниши учун зарур бўладиган кислороднинг миқдорини аниқлаш учун (138) ва (139) тенгламаларнинг ўнг ва чап қисмларини мос равишда C ва H га — 1 кг ёнилғидаги углерод ҳамда водороднинг улушларига кўпайтириш керак.

Демак, 1 кг ёнилғи учун:

$$C \text{ кг (C)} + \frac{8}{3} C \text{ кг (O}_2) = \frac{11}{3} C \text{ кг (CO}_2); \quad (140) \text{ 7}$$

$$H \text{ кг (H}_2) + 8H \text{ кг (O}_2) = 9H \text{ кг (H}_2\text{O)} \quad (141) \text{ 8}$$

2. 1 кг ёнилғининг тўла ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори

C кг углерод ва H кг водороднинг ёниши учун $(\frac{8}{3}C + 8H)$ кг кислород талаб этилади. Агар ёнилғининг таркибидаги кислород O_е нинг миқдорини ҳисобга олсак, 1 кг ёнилғининг тўла ёниши учун талаб этиладиган кислороднинг энг кам миқдори:

$$O_{\min} = \frac{8}{3} C + 8H - O_e \text{ кг.} \quad (142) \text{ 9}$$

бўлади.

Двигателларда ёнилғининг ёниши учун киритиш процесидида цилиндр ичига киритиладиган ҳавонинг кислороди ишлатилади. Маълумки, ҳаво таркибидаги кислороднинг массаси 23% ни ташкил этади. Демак, 1 кг ёнилғининг тўла ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_e \right), \text{ кг} \quad (143) \text{ 10}$$

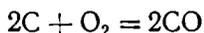
бўлади.

Ҳаводаги азот ёнишда қатнашмайди ва двигателнинг цилиндрдан чиқариш процессида ишлатилган газлар билан бирга чиқиб кетади.

3. Ёнилғининг чала ёниши

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда энг кўп қувват олиш режимида ва бошқа баъзи режимларда ёниш процессида кислородни меъёридан камроқ бериш керак. Тажрибаларнинг кўрсатишида, кислород етишмаганда ёнилғидаги углероднинг бир қисми ис газга ҳосил қилади, водороднинг бир қисми эса бутунлай ёнмай қолади.

Углерод ис газига айланганда унинг 2 та молекуласи кислороднинг бир молекуласи билан бирикиб, 2 молекула ис газга ҳосил қилади:



ёки

$$24 \text{ кг (C)} + 32 \text{ кг (O}_2\text{)} = 56 \text{ кг (CO)}. \quad (144) \text{ 11}$$

Ёнилғидаги углероднинг CO га айланган улушини φ билан белгилаймиз. У ҳолда ёнилғидаги углерод C нинг CO₂ га айланган қисми φC кг, CO₂ га айланган қисми эса $(1 - \varphi) C$ кг бўлади.

(138) ва (144) тенгламалардан углероднинг CO₂ га айланган қисми учун қуйидагини ёзиш мумкин:

$$(1 - \varphi) C \text{ кг (C)} + \frac{8}{3}(1 - \varphi) C \text{ кг (O}_2\text{)} = \frac{11}{3} \cdot (1 - \varphi) C \text{ кг (CO}_2\text{)} \quad (145) \text{ 12}$$

углероднинг CO га айланган қисми учун эса бундай ёзилади:

$$\varphi C \text{ кг (C)} + \frac{4}{3} \varphi C \text{ кг (O}_2\text{)} = \frac{7}{3} \varphi C \text{ кг (CO)}. \quad (146) \text{ 13}$$

Агар водород тўла ёнади деб фараз қилсак, у ҳолда унинг ёниш реакцияси (141) тенгламадан аниқланади.¹

1 кг ёнилғининг чала ёниши учун керак бўладиган ҳаво миқдори:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left[\frac{4}{3} (2 - \varphi) C + 8H - O_e \right], \text{ кг} \quad (147) \text{ 14}$$

4. Ҳавонинг ортиқлик коэффиценти

Двигателда унинг иш режимига қараб, ёнилғининг тўла ёниши учун зарур бўлган ҳаво миқдори назарий миқдоридан кўп ёки кам бўлиши мумкин.

¹ Аниқ ҳисоблашда шуни назарда тутиш керакки, кислород етишмаганда водороднинг бир қисми ёнишда қатнашмайди.

1 кг ёнилғининг ёниши учун цилиндрга киритилган ҳавонинг ҳақиқий миқдорининг назарий (зарур) миқдорига нисбати *ҳавонинг ортиқлик коэффиценти* деб аталади ва α билан белгиланади.

Бу коэффицент

$$\alpha = \frac{l}{l_0}, \quad (148) \text{ ж}$$

бу ерда l — 1 кг ёнилғининг ёнишида қатнашадиган ҳавонинг ҳақиқий массавий миқдори, кг.

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ҳавонинг ортиқлик коэффиценти бирдан катта (суюқ, аралашма) ва бирдан кичик (қуюқ аралашма) бўлиши мумкин. Карбюраторли автомобиль двигателларида иш шароитига қараб, α 0,85 дан 1,15 гача ўзгаради.

Дизелларда ҳавонинг ортиқлик коэффиценти доим бирдан катта ва двигателнинг нагрузкасига қараб, 1,3 дан 5 гача ўзгаради.

Қуюқ аралашма ($\alpha < 1$) ёнганда ҳавонинг ортиқлик коэффиценти маълум бўлса, углероднинг ёниб СО га айланган улушини қуйидагича топиш мумкин:

$$\varphi = 2(1 - \alpha) \left(1 + \frac{3H}{C}\right). \quad (149) \text{ лб}$$

5. Ёнувчи аралашма ва ёниш маҳсулотлари миқдорини аниқлаш

Двигателнинг цилиндрига тушаётган ёнувчи аралашма ҳаво ва ёнилғидан иборат бўлади.

1 кг ёнилғи ёнганда ёнувчи аралашманинг умумий массаси:

$$G_1 = 1 + \alpha l_0 \text{ кг}. \quad (150) \text{ л7}$$

Ёниш маҳсулотларининг массасини аниқлаш учун уларнинг таркибидаги айрим газларнинг массаларини қўшиш керак.

Тўла ёниш ($\alpha \geq 1$). Ёнилғи тўла ёнганда унинг ёниш маҳсулотлари карбонат ангидрид, сув буғи; ёнишда қатнашмаган ортиқча кислород ва азотдан иборат бўлади.

(138) ва (139) тенгламаларга кўра 1 кг ёнилғи тўла ёнганда ҳосил бўлган карбонат ангидриднинг миқдори:

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} C \text{ кг}, \quad (151) \text{ л8}$$

сув буғининг миқдори эса

$$G_{H_2O} = 9H \text{ кг} \quad (152) \text{ л9}$$

бўлади.

Ортиқча кислороднинг миқдорини аниқлаш учун цилиндр ичига кирган кислороднинг умумий миқдори $0,23 \alpha l_0$ бўлиб,

ёнишда унинг $0,23 l_0$ кг иштирок этиши назарга олинади. У ҳолда ёнишда қатнашмаган ва ёниш маҳсулотларида бўлган кислороднинг миқдорини қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$G_{O_2} = 0,23 \alpha l_0 - 0,23 l_0 = 0,23 (\alpha - 1) l_0 \text{ кг} \quad (153) \text{ 20}$$

Бу тенгламадан маълум бўлишича, $\alpha = 1$ бўлса, $G_{O_2} = 0$ бўлади. Ёниш маҳсулотларидаги азот миқдори:

$$G_{N_2} = 0,77 \alpha l_0 \text{ кг} \quad (154) \text{ 21}$$

Ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори:

$$G_2 = \frac{11}{3} C + 9H + (\alpha - 0,23) l_0 \quad (155) \text{ 22}$$

(149) формуладан фойдалансак,

$$G_2 = C + H + O_2 + \alpha l_0 = 1 + \alpha l_0 = G_1$$

бўлади.

Чала ёниш ($\alpha < 1$). Ёнилғи чала ёнганда ёниш маҳсулотларида кислород бўлмайдди. 1 кг ёнилғи ёнгандаги ёниш маҳсулотларининг массаларини (145), (146) ва (141), (154) формулалардан аниқлаш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} G_{CO_2} &= \frac{11}{3} (1 - \varphi) C \text{ кг}; \\ G_{CO} &= \frac{7}{3} \varphi C \text{ кг}; \\ G_{H_2O} &= 9H \text{ кг}; \\ G_{N_2} &= 0,77 \alpha l_0 \text{ кг} \end{aligned} \right\} \quad (156) \text{ 23}$$

Бу ҳолда ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори:

$$G_2 = \frac{11}{3} C - \frac{4}{3} \varphi C + 9H + 0,77 \alpha l_0. \quad (157) \text{ 24}$$

Тўла ёнишдаги каби

$$G_2 = G_1 = 1 + \alpha l_0$$

бўлади.

Ёнувчи аралашманинг ва ёниш маҳсулотларининг миқдорини моль ҳисобида аниқлаш. Двигателнинг асосий ўлчамларини топиш мақсадида уни иссиқликка ҳисоблашда ёнувчи аралашманинг ва ёниш маҳсулотларининг миқдорини *кмоль* ҳисобида ифодалаш керак. Ҳисобларни *кмоль* ҳисобида олиб бориш учун ёниш маҳсулотларининг таркибига кирувчи айрим газларнинг ва ёнувчи аралашманинг массаларини уларнинг молекуляр массаларига бўлиш лозим.

Карбюраторли двигателларда 1 кг ёнилғи ёнганда ёнувчи аралашманинг ҳақиқий миқдори қуйидагича аниқланади:

$$M_1 = \frac{\alpha l_0}{\mu_{\alpha}} + \frac{1}{\mu_{\alpha}} = \alpha L_0 + \frac{1}{\mu_{\alpha}} \text{ кмоль} \quad (158) \text{ 25}$$

бу ерда μ_x — ҳавонинг молекуляр массаси, $\mu_x = 28,97$;

μ_ϵ — ёнилғининг молекуляр массаси;

L_0 — 1 кг ёнилғининг ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори, *кмоль*.

Ҳар хил ёнилғилар учун μ_ϵ нинг миқдори 4- жадвалда келтирилган. $\mu_\epsilon \approx 110$ бўлгани учун тахминий ҳисобларда $\frac{1}{\mu_\epsilon}$ нинг қиймати эътиборга олинмайди.

Дизелларнинг цилиндрига киритиш тактида фақат ҳаво киргани учун

$$M_1 = \frac{\alpha l_0}{\mu_x} = \alpha L_0 \text{ кмоль} \quad (159) \text{ 26}$$

бўлади.

Ёнилғининг ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори

$$L_0 = \frac{l_0}{\mu_x} = \frac{1}{0,23 \cdot 28,97} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_\epsilon \right) = 0,15 \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_\epsilon \right) \text{ кмоль} \quad (160) \text{ 27}$$

ёки

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_\epsilon}{32} \right) \text{ кмоль} \quad (161) \text{ 28}$$

бўлади.

$\alpha \geq 1$ бўлганда ёниш маҳсулотларининг улушлари қуйидагича ҳисобланади.

Карбонад ангидрид газы

$$M_{CO_2} = \frac{11}{3} \cdot \frac{C}{44} = \frac{C}{12} \text{ кмоль};$$

сув буғи

$$M_{H_2O} = \frac{9H}{18} = \frac{H}{2} \text{ кмоль};$$

азот

$$M_{N_2} = \frac{0,77\alpha l_0}{28} = \frac{0,77\alpha l_0 \mu_x}{28} = 0,79\alpha L_0 \text{ кмоль}$$

кислород

$$M_{O_2} = \frac{0,23(\alpha - 1)l_0}{32} = 0,21(\alpha - 1)L_0 \text{ кмоль.}$$

(162) 29

$\alpha \geq 1$ бўлганда ёниш маҳсулотларининг *кмоль* ҳисобидаги умумий миқдори:

$$M_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,79\alpha L_0 + 0,21(\alpha - 1)L_0$$

ёки

$$M_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{12} + \alpha L_0 - 0,21 L_0 \quad (163) \text{ 30}$$

(161) тенгламадан:

$$0,21 L_0 = \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_2}{32},$$

демак,

$$M_2 = \alpha L_0 + \frac{H}{4} + \frac{O_2}{32} \text{ кмоль.} \quad (164) \text{ 31}$$

1 кг ёнилғи чала ёнганда ($\alpha < 1$) ҳосил бўладиган ёниш маҳсулотларининг улушларини (145) ва (141) тенгламалардан аниқлаймиз: карбонат ангидрид газы:

$$\left. \begin{array}{l} M_{CO_2} = \frac{C}{12} (1 - \varphi) \text{ кмоль;} \\ \text{ис газы:} \\ M_{CO} = \frac{C}{12} \varphi \text{ кмоль} \\ \text{сув буғи:} \\ M_{H_2O} = \frac{H}{2} \text{ кмоль;} \\ \text{азот:} \\ M_{N_2} = 0,79 \alpha L_0 \text{ кмоль.} \end{array} \right\} \quad (165) \text{ 32}$$

($\alpha < 1$) бўлганда ёниш маҳсулотларининг кмоль ҳисобидаги умумий миқдори;

$$M_2 = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0,79 \alpha L_0. \quad (166) \text{ 33}$$

(158), (159) ва (164) тенгламалардан кўриниб турибдики, ёниш маҳсулотларининг кмоль ҳисобидаги миқдори M_2 ёнувчи аралашманинг миқдори M_1 га тенг эмас. Ёниш натижасида мольлар миқдорининг ўзгариши:

$$\Delta M = M_2 - M_1 \text{ кмоль.}$$

Карбюраторли двигателларда аралашма тўла ёнганда ($\alpha \geq 1$) (164) ва (158) тенгламалардан қуйидагини ёзамиз:

$$\Delta M = \frac{H}{4} + \frac{O_2}{32} - \frac{1}{\mu_2} \text{ кмоль.} \quad (167) \text{ 34}$$

Аралашма чала ёнганда ($\alpha < 1$) эса (158) ва (166) тенгламалардан:

$$\Delta M = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} - 0,21 \alpha L_0 - \frac{1}{\mu_2} \text{ кмоль} \quad (168) \text{ 34}$$

Дизеллар учун ($\alpha \geq 1$) бўлганда (159) ва (164) тенгламалардан:

$$\Delta M = \frac{H}{4} + \frac{O_e}{32} \text{ кмоль} \quad (169) \text{ 16}$$

Орттирма ΔM кмоль шуни кўрсатадики, суюқ ёнилгилар ёнганда ҳосил бўлган ёниш маҳсулотларининг ҳажми ёнувчи аралашманинг ҳажмидан катта бўлади. Ҳажмнинг бундай ўзгариши шуни кўрсатадики, ёниш процессида ҳосил бўлган газлар фойдали иш бажаради.

Ёнишдаги ҳажмнинг ўзгариши ёниш маҳсулотларининг кмоль ҳисобидаги миқдори M_2 нинг янги ёнувчи аралашманинг миқдори M_1 га нисбати билан аниқланади. Бу нисбат μ_0 билан белгиланиб, янги аралашманинг молекуляр ўзгаришининг назарий коэффиценти деб аталади:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = 1 + \frac{\Delta M}{M_1} \quad (170) \text{ 17}$$

Учқун билан ўт олдириладиган бензинли двигателларда аралашма тўла ёнганда, яъни ($\alpha \geq 1$) бўлганда (158) ва (167) тенгламалардан қуйидагини ёзамиз:

$$\mu_0 = 1 + \frac{\frac{H}{4} + \frac{O_e}{32} - \frac{1}{\mu_e}}{\alpha L_0 + \frac{1}{\mu_e}}; \quad (171) \text{ 18}$$

аралашма чала ёнганда, яъни ($\alpha < 1$) бўлганда эса (158) ва (168) тенгламалардан:

$$\mu_0 = 1 + \frac{\frac{C}{12} + \frac{H}{2} - 0,21 \alpha L_0 - \frac{1}{\mu_e}}{\alpha L_0 + \frac{1}{\mu_e}} \quad (172) \text{ 19}$$

Дизеллар учун (159) ва (169) тенгламалардан:

$$\mu_0 = 1 + \frac{\frac{H}{4} + \frac{O_e}{32}}{\alpha L_0} \quad (173) \text{ 20}$$

17- мисол. Элементар таркиби $C=0,855$, $H=0,145$, молекуляр массаси $\mu_e = 114$ бўлган 1 кг автомобиль бензинининг ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори l_0 , кг ва L_0 , кмоль; ёниш процессида иштирок этадиган ҳавонинг ҳақиқий миқдори l_0 , кг ва L_0 , кмоль ҳамда янги аралашманинг умумий миқдори, ёниш маҳсулотларининг таркибидаги алоҳида газларнинг миқдори ва уларнинг умумий миқдори, кг ва кмоль; ёнишдаги ҳажмнинг орттирмаси ΔM ва молекуляр ўзгаришининг назарий коэффиценти μ_0 аниқлансин. Ҳисоблашда ҳавонинг ортиқлик коэффиценти икки хил олинади: $\alpha = 0,9$ (қуюқ аралашма) ва $\alpha = 1,15$ (суюқ аралашма).

1 кг ёнилгининг ёниши учун керакли ҳавонинг назарий миқдори, (143) тенгламага биноан, $O_2 = 0$ бўлганда қуйидагича аниқланади:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} \cdot 0,855 + 8 \cdot 0,145 \right) = 14,91 \text{ кг}$$

$$L_0 = \frac{l_0}{\mu_x} = \frac{14,91}{28,97} = 0,515 \text{ кмоль},$$

ёки (161) тенгламага биноан

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{0,855}{12} + \frac{0,145}{4} \right) = 0,515 \text{ кмоль}$$

бўлади.

1 кг ёнилгининг ёнишида қатнашадиган ҳавонинг ҳақиқий миқдори:

$$\begin{aligned} \alpha = 0,9 \text{ бўлса,} \quad a l_0 &= 0,9 \cdot 14,91 = 13,42 \text{ кг,} \\ a L_0 &= 0,9 \cdot 0,515 = 0,463 \text{ кмоль;} \\ \alpha = 1,15 \text{ бўлса,} \quad a l_0 &= 1,15 \cdot 14,91 = 17,15 \text{ кг;} \\ a L_0 &= 1,15 \cdot 0,515 = 0,592 \text{ кмоль.} \end{aligned}$$

1 кг ёнилгининг ёнишидаги янги ёнувчи аралашманинг умумий миқдори:

$\alpha = 0,9$ бўлса,

$$G = 1 + a l_0 = 1 + 13,42 = 14,42 \text{ кг;}$$

$$M_1 = \frac{1}{\mu_E} + a L_0 = \frac{1}{144} + 0,463 = 0,472 \text{ кмоль;}$$

$\alpha = 1,15$ бўлса,

$$G_1 = 1 + 17,15 = 18,15 \text{ кг;}$$

$$M_1 = \frac{1}{114} + 0,592 = 0,601 \text{ кмоль.}$$

Ёниш маҳсулотлари таркибидаги алоҳида газлар миқдори ва уларнинг умумий миқдори:

$\alpha = 0,9$ бўлса,
углероднинг ёниб ис газини СО га айланган қисми (149) тенгламага биноан:

$$\varphi = 2(1 - 0,9) \left(\frac{1 + 30,145}{0,855} \right) = 0,302;$$

Углероднинг ёниб, карбонат ангидрид CO_2 га айланган қисми:

$$1 - \varphi = 1 - 0,392 = 0,698;$$

карбонат ангидриднинг миқдори (156) тенгламага биноан:

$$G_{CO_2} = \frac{11}{3} \cdot 0,855 \cdot 0,698 = 2,182 \text{ кг;}$$

ва (165) тенгламага биноан:

$$M_{CO_2} = \frac{0,855}{12} \cdot 0,698 = 0,0497 \text{ кмоль;}$$

ис газининг миқдори (156) тенгламага кўра:

$$G_{CO} = \frac{7}{3} \cdot 0,302 \cdot 0,855 = 0,6 \text{ кг}$$

ва (165) тенгламага биноан:

$$M_{CO} = \frac{0,855}{12} \cdot 0,302 = 0,0216 \text{ кмоль;}$$

сув бугининг миқдори (156) тенгламага кўра:

$$G_{H_2O} = 9 \cdot 0,145 = 1,305 \text{ кг}$$

ва (165) тенгламага биноан:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,145}{2} = 0,0725 \text{ кмоль};$$

азот миқдори (156) тенгламага кўра:

$$G_{\text{N}_2} = 0,77 \cdot 13,42 = 10,333 \text{ кг}$$

ва (165) тенгламага биноан:

$$M_{\text{N}_2} = 0,79 \cdot 0,463 = 0,366 \text{ кмоль};$$

ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори:

$$G_2 = 2,182 + 0,6 + 1,305 + 10,333 = 14,42 \text{ кг};$$

$$M_2 = 0,0497 + 0,0216 + 0,0725 + 0,366 = 0,5098 \text{ кмоль};$$

$\alpha = 1,15$ бўлса,

карбонат ангидрид миқдори (151) ва (162) тенгламаларга кўра:

$$G_{\text{CO}_2} = \frac{11}{3} \cdot 0,855 = 3,135 \text{ кг};$$

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{0,855}{12} = 0,0712 \text{ кмоль};$$

сув буги миқдори (152) ва (162) тенгламаларга кўра:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 9 \cdot 0,145 = 1,305 \text{ кг};$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,145}{2} = 0,0725 \text{ кмоль};$$

кислород миқдори (153) ва (162) тенгламага кўра:

$$G_{\text{O}_2} = 0,23 (1,15 - 1) 14,91 = 0,514 \text{ кг};$$

$$M_{\text{O}_2} = 0,21 (1,15 - 1) 0,515 = 0,0162 \text{ кмоль};$$

азот миқдори (154) ва (162) тенгламаларга кўра:

$$G_{\text{N}_2} = 0,77 \alpha L_0 = 0,77 \cdot 17,15 = 13,2 \text{ кг};$$

$$M_{\text{N}_2} = 0,79 \alpha L_0 = 0,79 \cdot 0,592 = 0,468 \text{ кмоль};$$

ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори:

$$G_2 = 3,135 + 1,305 + 0,514 + 13,2 = 18,15 \text{ кг};$$

$$M_2 = 0,0712 + 0,0725 + 0,0162 + 0,468 = 0,6279 \text{ кмоль}.$$

Ҳажм ортирмаси ΔM ва молекуляр ўзгаришнинг назарий коэффи-
циенти μ_0 .

$\alpha = 0,9$ бўлса,

$$\Delta M = M_2 - M_1 = 5,5098 - 0,472 = 0,0378;$$

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,5098}{0,472} = 1,08;$$

$\alpha = 1,15$ бўлса,

$$\Delta M = 0,6279 - 0,601 = 0,0269;$$

$$\mu_0 = \frac{0,6279}{0,601} = 1,05.$$

21- §. АТМОСФЕРАГА ЧИҚАРИЛИБ ТАШЛАНАДИГАН ЁНИШ МАҲСУЛОТЛАРИНИ ЗАРАРСИЗЛАНТИРИШ

Ёнилғи билан ҳаво аралашмаси ёнганда тўла ёниш маҳсулотлари билан бирга оз миқдорда бўлса ҳам чала оксидланиш маҳсулотлари ва ёнилғининг парчаланиш маҳсулотлари ҳосил бўлади. Буни ишлатилган газ намуналарини текшириб аниқлаш мумкин.

Атмосферага чиқарилиб ташланадиган ёниш маҳсулотларининг айримлари заҳарли ва одам соғлиғи учун зарарлидир.

Ишлатилган газларнинг заҳарли компонентлари қуйидагилардан иборат:

1. Ис гази CO — ёнилғининг чала ёниши натижасида ҳосил бўлади. Қуюқ аралашма ($\alpha < 1$) ёнганда ис газининг ҳажмий миқдори ёниш маҳсулотларининг 10—12%ини ташкил қилиши мумкин. Дизелларда ёниш процессида ($\alpha > 1$) бўлишига қарамай ис газининг миқдори аралашманинг чала ёниши натижасида 0,5% гача етиши мумкин.

2. Азот (II)-оксид NO ва азот (IV)-оксид NO_2 кам миқдорда (0,8 мг/л гача) бўлади.

3. Олтингургурт (IV)-оксид SO_2 ҳамда водород сульфид H_2S — двигатель олтингургуртли ёнилғида ишлаганда ҳосил бўлади. Ишлатилган газларда SO_2 нинг миқдори 250 мг/л гача, H_2S эса жуда оз бўлади.

4. Таркибида кислотанинг бўлган моддалар, асосан альдегидлар (0,2 мг/л гача).

5. Якка углеводородлар. Бу углеводородлардан бири — 3,4-бензпирен актив модда бўлиб, концентрацияси жуда оз бўлганда ҳам одамни заҳарлаши мумкин. Ёниш маҳсулотларида 10—20 мкг/м³ гача 3,4-бензпирен учраши мумкин.

6. Этилланган бензин ишлатилганда ҳосил бўладиган қўрғошин бирикмалари.

Ҳозирги шароитда қўплаб автомобиль транспортдан фойдаланадиган катта шаҳарларда, карьерларда ва ҳоказоларда таркибида заҳарли моддалар бўлган ишлатилган газларнинг йиғилиб қолишига йўл қўйиш ярамайди. Шунинг учун ҳозирги пайтда ишлатилган газлардаги заҳарли моддаларни камайтириш борасида қатор тадқиқотлар олиб бориляпти. Карбюраторларни тўғри созлашга ва карбюраторли двигательларни кичик ва ўртача нагрузкаларда суяқ аралашмада ишлатиш йўллрига катта аҳамият берилмоқда. Аралашмани двигательнинг чиқариш системасида ёндириб тугаллаш усуллари ҳам қўлланилмоқда. Карбюраторли двигательларда ва дизелларда товуш пасайтиргичлар ўрнига махсус нейтраллизаторлар ўрнатилмоқда. Карбюраторли двигательларда салт ишлаганда сийракликни чеклагич ишлатилади. (51- § га қаранг).

Карбюраторли двигателлар кичик ва ўртача нагрузка билан ишлаганда уларнинг тежамлилигини яхшилаш билан бир вақтда ишлатилган газлардаги заҳарни камайтиришнинг асосий усулларида бири Совет Иттифоқида ишлаб чиқилган. Бу усул ёнилгини машъал билан ёндиришдан иборат (61- § га қаранг).

Дизель двигателларида ишлатилган газларнинг заҳарини ва тутунини камайтиришда ёнилғи узатувчи асбобларни тўғри ва пухта ростлаш катта аҳамиятга эга. Баъзи ҳолларда тутунни камайтириш учун дизель ёнилғисига тутунга қарши моддалар қўшилади.

АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛЛАРИНИНГ ҲАҚИҚИЙ ЦИКЛЛАРИ

22- §. УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

Поршенли двигателларнинг назарий цикллари текширганимизда (IV бобга қаранг) иссиқлик ташқаридан берилади деб қабул қилган эдик, иссиқликнинг нобуд бўлиши эса фақат термодинамиканинг иккинчи қонунига мувофиқ аниқланган эди. Реал двигателларда иссиқлик ташқаридан берилмайди, балки цилиндр ичида ёнилғининг ёниши туфайли ҳосил бўлади. Иссиқлик бу усулда олинганда термодинамиканинг иккинчи қонунига эътиборга олинмаган қўшимча нобудгарчилик пайдо бўлади.

Реал двигателда ёнилғи ёнганда пайдо бўлган иссиқликнинг бир қисми эквивалент миқдордаги ишга айлангач ёнилғи ёнган ўша цилиндрни ёниш маҳсулотларидан тозалаш ва унга янги ёнувчи аралашма бериш лозим. Цилиндрни тозалаш ва янги аралашма билан тўлдириш (газ алмашинуви) учун қўшимча иш сарфлаш керак бўлади.

Сиқиш ва кенгайиш процессларида ташқи муҳит билан иссиқлик алмашилади, кенгайиш процессида эса, бундан] ташқари, ёнилғи узил-кесил ёниб тугайди. Сиқиш ва кенгайиш процесслари бундай бажарилганда иссиқлик қўшимча нобуд бўлади.

Шундай қилиб, ҳақиқий циклларда содир бўладиган процесслар назарий циклга нисбатан иссиқликнинг қўшимча нобуд бўлишига олиб келади.

Бунинг натижасида ҳақиқий циклнинг ф. и. к. назарий циклнинг ф. и. к. дан кичик бўлади. Двигатель цилиндрида ёнилғи ёнганда олинган фойдали ишни назарий циклнинг ишига солиштириб, ҳақиқий циклда иссиқликдан фойдаланиш даражасини аниқлаш мумкин. Бунинг учун иккала циклда сиқиш даражаси, босимнинг ошиш ва дастлабки кенгайиш даражалари ҳамда берилган иссиқлик миқдорлари тенг бўлиши лозим.

Ҳақиқий циклниң ишини махсус асбоб—босим индикатори ёрдамида аниқлаш мумкин. Индикатор цилиндрдаги босимниң тирсакли валниң буралиш бурчагига боғлиқлигини ёзиб беради. Олинган индикаторий диаграммани (307) тенгламага мувофиқ (у поршенниң юриш йўли билан тирсакли валниң бурилиш бурчаги орасидаги боғланишни кўрсатади) $p - V$ координаталарида қайта тузиш мумкин (70- § га қаранг).

Индикатор ёрдамида ёзилган ёки тажрибавий коэффициентлар ёрдамида тузилган индикаторий диаграмманиң юзи циклниң ҳақиқий индикаторий иши L_1 ни белгилайди.

Ҳақиқий циклда иссиқликдан фойдаланиш самараси индикаторий ф. и. к. билан аниқланади. У циклниң фойдали иши L_1 га айланган иссиқликниң двигателга ёнилги билан киритилган барча иссиқлик Q_1 га нисбатидан иборат, яъни:

$$\eta_1 = \frac{L_1}{Q_1} \quad (174)$$

Агар фойдали ишни 1 кг ёнилғига нисбатан олсак, у ҳолда

$$\eta_1 = \frac{l_1}{H_u}$$

бўлади.

Ҳисобларда калория бирликларидан фойдаланилса,

$$\eta_1 = \frac{AL_1}{Q_1}$$

бўлади, бу ерда $A = \frac{1}{427}$ ккал/(кг.м); L_1 — кг.м ва Q_1 — ккал.

Ҳақиқий ва назарий циклларда иссиқликдан фойдаланиш самараси нисбий ф. и. к. билан солиштирилади:

$$\eta_0 = \frac{\eta_1}{\eta_{tt}} \quad (175)$$

Ҳозирги замон автотрактор двигателларида:

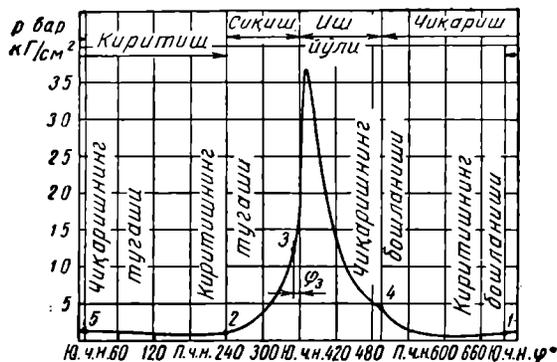
$$\eta_0 = 0.65 \div 0.8.$$

23- §. Тўрт тактли двигателниң иш цикли

1. Карбюраторли двигатель

35- расмда тўрт тактли карбюраторли двигателниң индикаторий диаграммаси $p - \varphi$ координаталарида келтирилган. Бу диаграмманиң $p - V$ координаталар системасида қайта тузилгани 36- расмда кўрсатилган.

Карбюраторли двигателда (35 ва 36- расмлар) киритиш клапани очилиши билан (1 нуқта) карбюраторда ҳосил бўлган ёнувчи аралашма цилиндр ичига кира бошлайди. Ёнувчи аралашмани киритиш процесси киритиш клапани ёпилганда тугайди (2 нуқта). Киритиш процессида ҳаво ва ёнувчи аралаш-



35- расм. Тўрт тактли карбюраторли двигателнинг $p-\varphi$ координаталаридаги индикатор диаграммаси (φ_3 — ёндиришни илгарилаш бурчаги):

1 — киритиш клапанининг очилиши; 2 — киритиш клапанининг бекилиши; 3 — учқун бериш; 4 — чиқариш клапанининг очилиши, 5 — чиқариш клапанининг ёпилиши.

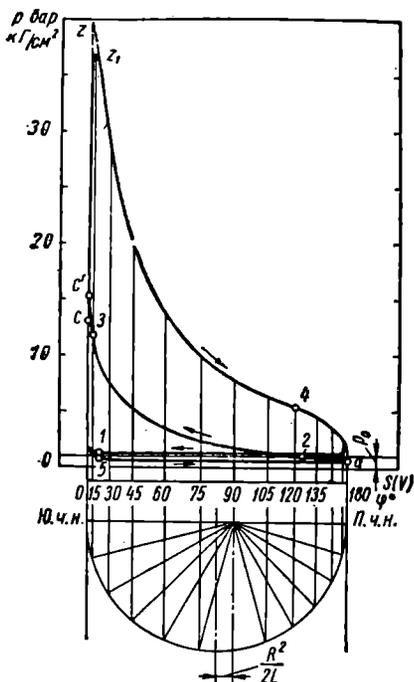
манинг кириш йўлида қаршиликка учрагани учун (ҳаво тезда лагич, карбюратор, дроссель заслонкаси киритиш клапани мавжудлиги дан) босим камаяди. Двигателнинг цилиндрига тушган ёнувчи аралашма илгариги циклдан қолган ёниш маҳсулотлари билан аралашиб иш аралашмаси ҳосил қилади.

Киритиш клапани ёпилиши билан иш аралашмаси сиқила бошлайди. Иш аралашмасининг температураси иссиқлик узатувчи юзаларнинг ўртача температурасидан фарқ қилганлиги учун сиқиш процесси вақтида иш аралашмаси билан иссиқлик узатувчи юзалар орасида иссиқлик алмашиши содир бўлади.

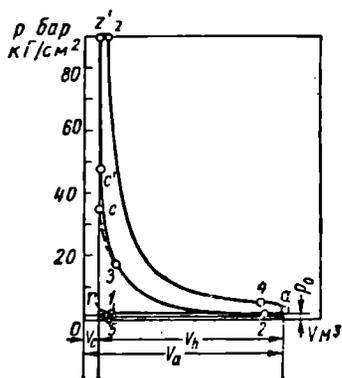
Карбюраторли двигателларда иш аралашмаси электр учқуни ёрдамида ёндирилади. Ёниш бошлангандан сўнг аланга ёндириш свечасидан ёниш камерасига катта (30—50 м/сек) тезликда тарқалади. Аралашманинг асосий массаси кенгайиш бошланишида поршень ю. ч. н. га яқин бўлганида ёниб тугаса, иссиқликдан жуда яхши фойдаланилган бўлади. Бунинг учун аралашмани илгарироқ, яъни поршень ю. ч. н. га нелмасдан ёндириш керак (3 нуқта). Бундай шароитларда ёниш процессида тирсақли валнинг бурилиши бурчаги ю. ч. н. га $10-15^\circ$ етмасдан ва ю. ч. н. дан $15-20^\circ$ ўтгунча иссиқлик жуда тез ажралади. Шунда температура ва босим тез кўтарилади.

Кенгайиш процесси (иш йўли) назарий циклдан анча фарқ қилади, чунки бу процессда иссиқлик ташқи совуқ муҳитга чиқарилаётганда ҳам ёниш давом этади ва газлар деворлар билан иссиқлик алмашади.

Ишлатилган газлар чиқариш клапани очилиши билан (4 нуқта) ташқарига чиқарила бошлайди. Бу пайтда цилиндр



35-расм. Тўрт тактли карбюраторли двигателнинг индикатор диаграммаси ва φ нинг s га боғлиқлиги графиги. ($R^2/2L$ — шатуннинг узунлигига киритилган тузатиш; R — кривошип радиуси, L — шатун узунлиги)



37-расм. Тўрт тактли наддувсиз дизелнинг $p-V$ координаталардаги индикатор диаграммаси

ичидаги босим атмосфера босимидан анча юқори бўлади. Шунинг учун ишлатилган газлар цилиндрдан ташқарига жуда катта тезликда чиқа бошлайди. Кейинчалик поршень п. ч. н. дан ю. ч. н. га ҳаракат қилганда газлар сиқиб чиқарилади. Шунга қарамай газларнинг озроқ қисми цилиндр ичида қолади. Чиқариш процесси чиқариш клапани ёпилиши билан тугайди (5 нуқта).

2. Дизель

Тўрт тактли дизелда (37-расм) киритиш клапани очилганда (1 нуқта) цилиндрга фақат ҳаво киради; ҳаво киритиш процесси 2 нуқтада киритиш клапани ёпилганда тугайди.

Дизелда, карбюраторли двигателдаги каби, киритиш клапани ёпилгандан кейин поршень п. ч. н. дан ю. ч. н. га ҳаракат қилганда цилиндр ичида сиқиш процесси бажарилиб, айна вақтда киритилган ҳаво билан цилиндр деворлари орасида иссиқлик алмашиш содир бўлади. Дизелда ҳаво ва қолдиқ газлар сиқилади. Поршень ю. ч. н. га яқинлашганда (3 нуқта) ёниш камерасига ёнилғи пуркаш бошланади. Бу пайтда сиқилган ҳавонинг температураси ёнилғи ёрдамчи ёндириш манбаисиз аланга оладиган температурадан юқори бўлади.

Дизель цилиндрига ёнилғи пуркаш ёниш бошланишига оз қолганида бошланиб, кўпгина ҳолларда ёниш даврида тугалланади. Шунинг учун дизелда ёнилғининг ҳаво билан арала-

иши шароити карбюраторли двигателдагига қараганда анчагина мураккабдир.

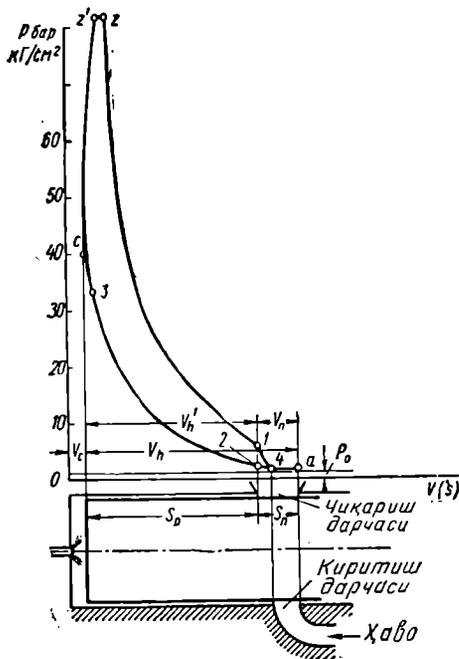
Дизелда юқори босимли ёнилғи насоси ва майда тешиклари бўлган түзитгичли форсункалар ишлатилиши туфайли ёниш камерасига майда зарраларга айлантирилган ёнилғи берилади.

Бир оз вақтдан сўнг (бу даврда пуркалган ёнилғи алангаланишга тайёрланади ва у алангаланишнинг кечикиш даври дейилади) аралашманинг ёнишга тайёр қисми алангаланади, сўнгга аланга бутун камерага тарқалади. Ёниш процессининг бошида босим жуда тез кўтарилади ($c'z'$ қисми) сўнгга бир оз вақт давомида ($z'z$ қисмида) босим деярли ўзгармайди. Ёнишнинг ёниши кенгайиш процессида тугайди, бу пайтда ҳам ёниш маҳсулотлари билан цилиндр деворлари орасида иссиқлик алмашиш содир бўлади.

Ишлатилган газларни ташқарига чиқариш 4 нуқтада, чиқариш клапани очилганда бошланиб, 5 нуқтада, клапан ёпилганда тугаланади.

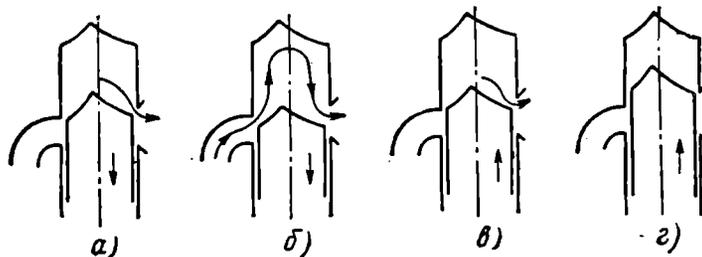
24- §. ИККИ ТАКТЛИ ДВИГАТЕЛНИНГ ИШ ЦИКЛИ

Тирқишлар орқали газ алмашинувчи икки тактли дизелнинг индикаторий диаграммаси 38- расмда мисол тариқасида кўрсатилган. Поршень ю. ч. н. га яқинлашганда (3 нуқта) сиқиш процессининг охирида форсунка орқали ёниш камерасига ёнилғи пуркалади. Ёнилғини пуркаш, түзитиш ва ёндириш түрт тактли дизелдагидек ўтади. Кенгайиш процессининг охирида п. ч. н. га $40-45^\circ$ қолганда (1 нуқта), цилиндрдаги босим $5-3 \text{ бар} (\text{кг}/\text{см}^2)$ га тенг бўлганда чиқариш дарчалари очилиб, ишлатилган газлар катта тезликда чиқа бошлайди (39- расм, а). Натижада цилиндрдаги босим тез пасайиб, 4 нуқтада (38- расм) компрессор ҳосил қиладиган босимдан паст бўлиб қолади.¹ Бу пайтда ҳа-



38- расм. Икки тактли дизелнинг индикатор диаграммаси (S_p — поршеньнинг иш йўли, S_n — поршеньнинг газлашувга сарф бўладиган йўли)

¹ Икки тактли двигателда ҳавони (дизелда) ёки ёнувчи аралашмани (карбюраторли двигателда) дастлаб сиқувчи компрессор ҳаво ҳайдаш насоси деб ҳам аталади.



39- расм. Икки тактли двигателда газлашни процессининг схемаси
а — ишлатилган газларни чиқариш, *б* — пуфлаш, *в* — пуфлаш охири, *г* — сиқиш.

во ҳайдаш дарчалари очилади (39- расм, *б*) ва поршень ҳаракатда давом этганда бу дарчалардан цилиндрга ҳаво кира бошлаб, ёниш маҳсулотларини чиқариш дарчаларидан сиқиб чиқаради.

Поршень п. ч. н. дан ю. ч. н. га ҳаракат қилганда ҳаво ҳайдаш дарчаларини беркитади ва ҳавонинг компрессордан цилиндрга кириши тўхтади (39- расм, *в*). Бу пайтда ҳам газларнинг чиқариш дарчаларини чиқариш дарчаларидан ташқарига чиқиши давом этади ва поршень чиқариш дарчаларини беркитиб, 2 нуқтага келганда тугайди (39- расм, *г*). Шу пайтдан бошлаб сиқиш процесси бошланади. Бу процесс тўрт тактли двигателдагидек ўтади.

Икки тактли двигателнинг иш циклини кўриб чиқишдан маълумки, газ алмашиш поршень фақат п. ч. н. атрофида ҳаракат қилганда содир бўлади. Цилиндрни ишлатилган газлардан тозалаш оз вақт ичида, ҳажмнинг V_n га ўзгаришида содир бўлади (38- расм). Икки тактли двигателларда цилиндрни тозалаш учун компрессордан берилаётган ҳаводан фойдаланилади. Ҳаво ҳайдаш вақтида ҳавонинг бир қисми ишлатилган газлар билан чиқиб кетади. Юритмали компрессорнинг параметрларини танлашда цилиндрни тозалашда сарф бўладиган ҳаво миқдори ҳисобга олинади.

Учқун билан ўт олдириладиган двигателлар ҳам икки тактли цикл бўйича ишлаши мумкин. Бундай карбюраторли двигателлар, масалан, баъзи мотоциклларда ишлатилади. Бу двигателларда цилиндр ёнилғи ҳаво аралашмаси билан тозаланади ва ёнмаган ёнилғи цилиндрдан ҳавога қўшилиб бирга чиқиб кетади. Шунинг учун уларнинг тежамлилиги тўрт тактли карбюраторли двигателларникидан паст бўлади. Агар бензин билан ишлайдиган, учқун билан ўт олдириладиган икки тактли двигателларда ҳаво ҳайдаш ва чиқариш дарчалари ёпилгандан сўнг ёнилғи цилиндрга пуркалса, улар тежамли ишлайди. Бу ҳолда цилиндр фақат ҳаво билан тозаланиб, ёнилғи нобуд бўлмайди. Икки тактли двигателларда газ алмашишнинг турли схемалари қўлланилади, уларнинг баъзилари 40- расмда келтирилган. Дарчалар параллел жойлашган кўндаланг-сиртмоқли

газ алмашиш схемаси 40- расм, *а* да унинг индикаторий диаграммаси эса 38- расмда келтирилган. Бу схема, масалан, мотоцикл двигателларида қўлланилади.

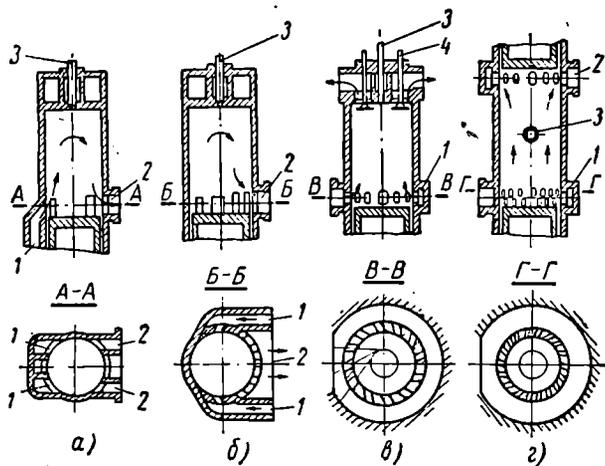
40- расм, *б* да ҳам кўндаланг-сиртмоқли газ алмашиш схемаси келтирилган, бунда ҳаво компрессордан цилиндрнинг қарама-қарши икки тарафида эксцентрик жойлашган дарчалардан киради. Бундай схема баъзи автомобиль двигателларида қўлланилади.

40- расм, *в* да клапан тирқишли газ алмашиш схемаси тасвирланган. Бу схема ЯАЗ двигателларида қўлланилади. Ишлатилган газлар клапанлар орқали чиқарилади, дарчалар орқали эса цилиндрга ҳаво ҳайдалади.

40- расм, *г* да тўғри оқимли газ алмашиш схемаси кўрсатилган. Бу схема қарама-қарши ҳаракат қилувчи поршенли двигателларда қўлланилади. Поршенларнинг бири ҳаво ҳайдаш дарчаларини, иккинчиси эса чиқариш дарчаларини очиб ёпади.

Сўнгги икки схема олдингиларидан цилиндрнинг юқори сифатли тозаланиши ва янги аралашмага яхши тўлиши билан фарқ қилади.

38- расмдан кўриниб турибдики, поршеннинг S_n йўлида газ алмашиш содир бўлиб, фойдали иш бажарилмайди. Поршеннинг иш бажарилмайдиган йўлига тўғри келадиган V_n ҳажм эса йўқолган ҳажм дейилади. Цилиндрнинг ю. ч. н. дан



40- расм. Икки тактли двигателларда қўлланиладиган газ алмашиш схемалари:

а — дарчалари параллел жойлашган кўндаланг сиртмоқли схема;
б — дарчалари эксцентрик жойлашган кўндаланг-сиртмоқли схема;
в — клапан-тирқишли; *г* — поршенлар қарама-қарши ҳаракатланганда тўғри оқимли газ алмашиш схемаси;
 1 — пуфлаш дарчалари; 2 — чиқариш дарчалари; 3 — форсунка;
 4 — чиқараш клапани

2 нуқтагача бўлган иш ҳажми сиқишнинг бошланиш пайтини аниқлайди,

$$V'_h = V_h - V_n.$$

Икки тактли дизелнинг цилиндрида сиқиш процесси чиқариш дарчаларининг ёпилиш пайтидан (38- расмдаги 2 нуқта) бошлангани учун ҳақиқий сиқиш даражаси иш ҳажмига нисбатан қуйидагича аниқланади:

$$\epsilon' = \frac{V'_h + V_c}{V_c}.$$

Геометрик сиқиш даражаси тўрт тактли двигателлардаги каби топилади:

$$\epsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

Иш ҳажмининг газ алмашиш процесси учун йўқолган улушини $\varphi_n = \frac{V_n}{V_h}$ деб белгилаймиз. Бу ҳолда ҳақиқий ва геометрик сиқиш даражалари орасидаги боғланиш қуйидагича ифодаланади:

$$\epsilon = \frac{\epsilon' - \varphi_n}{1 - \varphi_n}. \quad (176)$$

Автомобиль ва мотоцикл двигателларида иш ҳажмининг йўқолган улуши тирқишли газ алмашиш схемасида: $\varphi_n \approx 0,25$ (25% га яқин); клапан-тирқишли газ алмашиш схемасида эса: $\varphi_n = 0,12 \div 0,14$.

АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛЛАРИДА СОДИР БЎЛАДИГАН ПРОЦЕССЛАРНИ ТЕКШИРИШ

Тажриба ва ҳисобларнинг кўрсатишича двигателнинг энг катта қуввати, тежамлилиги, ейилишга чидамлилиги ва бошқа иш кўрсаткичлари айрим процессларнинг бориш характерларига боғлиқ.

Двигателларнинг янги конструкцияларини яратишда ва етилтиришда, оддий иш шароитларида двигателнинг кўрсаткичларини айрим процессларнинг боришига таъсир этувчи факторларни тўғри танлаш йўли билан яхшилаш мумкин.

Двигателларда содир бўладиган процесслар қуйида текширилади.

25- §. КИРИТИШ ПРОЦЕССИ

1. Киритиш процессларининг характеристикаси

Аралашма ташқарида ҳосил бўладиган двигателларда киритиш процесси вақтида цилиндр ичига ёнувчи аралашма, дизелларда эса ҳаво киритилади. Поршень жуда секин ҳаракатланса, цилиндрда қолдиқ газлар бўлмаса ва киритиш йўлларининг кесимлари катта иссиқлик берувчи юзаларнинг температураси эса ташқи муҳитнинг температурасига тенг бўлса, цилиндрга ҳаво ёки ёнувчи аралашма энг кўп миқдорда кириши мумкин. Бундай шароитда цилиндр ичига кирган ҳаво ёки ёнувчи аралашма поршень п. ч. н. га етган пайтда цилиндрнинг ҳажмини тўлдиради. Цилиндрдаги босим ва температура эса атмосферавий шароитга мос бўлди.

Фикрни содалаштириш учун киритиш процессида цилиндрга фақат ҳаво киради, деб фараз қилсак, у ҳолда циклда ци-

линдрга кириши мумкин бўлган ҳавонинг энг кўп назарий миқдори қуйидагича топилади.

$$G_0 = V_a \rho_0, \text{ кг}, \quad (177)$$

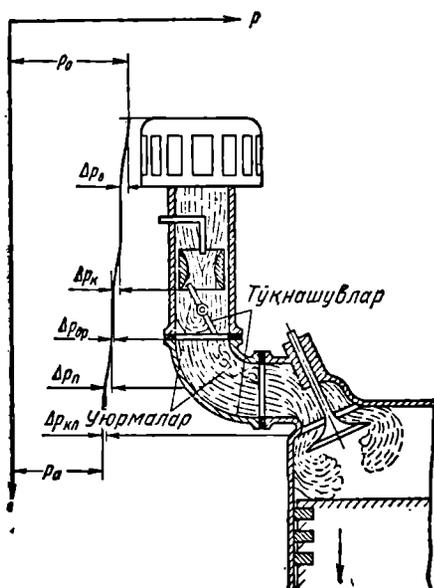
бу ерда V_a — цилиндрининг тўла ҳажми, м^3 ;
 ρ_0 — ҳавонинг (атмосферавий шароитдаги) босими ва температураси ташқи муҳитниқига тенг бўлгандаги зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Ҳақиқий двигателларда юқоридаги шароитларда киритиш процессини амалга ошириш мумкин бўлмайди.

Тўрт тактли карбюраторли двигателнинг киритиш системасида ёнувчи аралашманинг ҳаракат схемаси 41- расмда кўрсатилган. Ҳаво босим остида берилмаса, киритиш системасига ташқи муҳитдан, яъни P_0 босим ва T_0 температура билан киради. Автомобиллар ишлатилганда цилиндрларга кираётган ҳавода чанг зарралари бўлади. Чангли ҳавонинг цилиндрга киришига йўл қўйилмайди, акс ҳолда цилиндрининг деворлари, поршень ҳалқалари ва двигателнинг бошқа деталлари тез ейи-

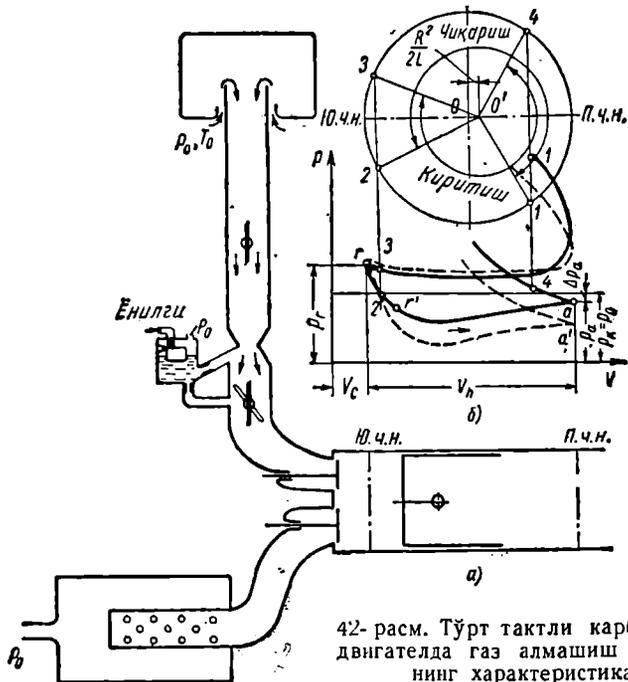
лади. Ҳавони чангдан тозалаш учун филтрлар (ҳаво тозалагичлар) ишлатилади. Ҳаво филтрдан карбюраторга киритиш трубаси бўйлаб боради. Ҳаво карбюраторнинг диффузоридан ўтаётганда ёнилғи билан аралашиб, ёнувчи аралашма ҳосил қилади, сўнгра бу аралашма цилиндр ичига киради.

Ҳаво ва ёнувчи аралашма киритиш системасида ҳаракат қилганда гидравлик қаршилиқлар пайдо бўлади. Бу эса ҳавонинг уюрмаланишига, деворларга ишқаланишига, аралашма зарраларининг ўзаро ички ишқаланишига, дроссель заслонкаси ва клапанлар олдида урилишига ва ҳоказоларга сабаб бўлади. Гидравлик қаршилиқларнинг мавжудлиги туфайли киритиш системасида ҳавонинг босими пасаяди. Киритиш системасининг айрим участкаларида



41-расм. Карбюраторли двигателнинг киритиш системасида заряд ҳаракатининг схемаси:

P_0 — атмосфера босими; P_a — цилиндридаги босим;
 I — киритиш системасининг узунлиги; босимнинг йўқотилиши; ΔP_x — ҳаво тозалагичда; ΔP_k — карбюраторнинг диффузоридан; $\Delta P_{др}$ — дроссель заслонка олдида; $\Delta P_б$ — заряд оқими бурилаганда; $\Delta P_{кл}$ — клапаннинг ўтказиш кесимида



42- расм. Тўрт тактли карбюраторли двигателда газ алмашиш процессининг характеристикаси:

а — янги заряд киритиш ва ишлатилган газларни чиқариш системаларининг схемаси; б — газ алмашиш процессининг индикаторий диаграммаси ва газ тақсимлаш фазалари; — — тўлиқ нагрузка; - - - салт ишлаш.

босимнинг ўзгариш характери 41- расмда кўрсатилган.

Ишлатилган газларни чиқариш ва янги зарядни киритиш процессларининг индикаторий диаграммалари тўрт тактли карбюраторли двигател ва дизель учун тегишлича 42 ва 43- расмларда тасвирланган.

Карбюраторли двигателда (42- расм) бу процесслар ҳаво атмосферадан p_0 босим ва T_0 температурада кираётган ҳолат учун кўриб ўтилган. Наддувли (цилиндрларига ҳаво ҳайдаладиган) дизеллар учун газ алмашиш процессининг бориши 43- расмда кўрсатилган. Бу ҳолда ҳаво аввал компрессорда P_* босимгача сиқилади, шунда унинг температураси T_k гача ошади. Компрессор газвий турбина орқали ҳаракатга келтирилади. Ишлатилган газлар цилиндрлардан чиқариш клапанлари орқали ўтиб, турбина олдига ўрнатилган ресиверга киради, сўнг бир текисда чиқиб, турбинани айлантиради. Ресивердаги босим p_p атмосфера босими p_0 дан доим катта, лекин p_k дан кичик бўлади, шунинг учун газ алмашув диаграммасининг кўп қисмида чиқариш процессини характерловчи $12r$ чизиғи киритиш чизиғи $3a4$ дан пастда жойлашади. Индикаторий диаграмманинг кўп қисмида салт ишлаш (3b) ва тўлиқ нагрузка (3c) ҳолатлари кўрсатилган.

рамминг бу участкасида газ алмашув жараёнида фойдали иш бажарилади.

Агар қиритиш процессида ҳаво дизелга атмосферадан кирса (наддувсиз), у ҳолда газ алмашув процесси 42- расмда кўрсатилгандек ўтади. Фақат гидравлик йўқотишлар ва шунга яраша Δp_a нинг миқдори кичик бўлади, чунки дизелда карбюратор ва дроссель заслонкаси бўлмади.

42- расм, б ва 43- расм, б да клапанларнинг очилиш ва ёпилиш пайтларини ҳамда янги заряд киритиш ва ишлатилган газларни чиқариш процессларининг умумий давом этишини тирсакли валнинг бурилиш бурчакларида характерловчи газ тақсимлаш фазалари кўрсатилган¹. Газ тақсимлаш фазалари ва индикаторий диаграммалардаги бир хил номли нуқталар киритиш ва чиқариш клапанларининг очилиш ва ёпилиш пайтларини аниқлайди.

Клапанлар очилиш бошида ва ёпилиш пайтида секин ҳаракатланиши керак. Акс ҳолда катта зўриқишлар пайдо бўлиб, газ тақсимлаш механизмининг қисмлари синиши мумкин. Айни вақтда янги зарядни киритиш ва ишлатилган газларни сиқиб чиқариш процесслари жадал ўтаётган пайтда цилиндрни янги заряд билан кўпроқ тўлдириш учун клапанларнинг ҳаво ўтиш юзалари катта бўлиши керак. Юқоридаги талабларни бажариш учун газ тақсимлаш фазаларини мос ҳолда кенгайтириш, яъни клапанларнинг очилиши ва ёпилиши поршеннинг чекка ҳолатларида бошланмаслиги лозим.

Тўрт тактли автомобиль двигателида чиқариш клапани кенгайтиш процессида поршень п. ч. н. га $45-70^\circ$ етмасдан очилади (42- расм 1 нуқта). Бу пайтда цилиндрдаги босим атмосфера босимидан 4—5 марта катта бўлганлиги учун ёниш маҳсулотларининг бир қисми атмосферага жуда катта тезлик билан чиқади. Эркин чиқариш процесси деб аталувчи бу процесс поршень и. ч. н. га келгунча давом этади, сўнгра поршень қайтиб, ю. ч. н. га томон ҳаракатланганда ёниш маҳсулотларининг қолган қисмини чиқариш системасига сиқиб чиқаради.

Чиқариш клапани тирсакли вал ю. ч. н. дан $2-25^\circ$ ўтганда ёпила бошлайди (2 нуқта); киритиш клапани тирсакли валнинг бурилиш бурчаги ю. ч. н. га $5-20^\circ$ етмасдан очилади (3 нуқта). Шундай қилиб, иккала клапан бирор вақт ичида бараварига очиқ бўлади. Клапанларнинг бараварига очиқ бўлиши тўлдириш процессини яхшилайди.

Киритиш клапани бир вақт очилгани учун цилиндр ичидаги ишлатилган газлар p_a босимигача кенгайган пайтда унинг ўтиш кесими етарли даражада катта бўлиб, цилиндр ичига ёнувчи аралашма ёки ҳаво кўп миқдорда киради, бундан

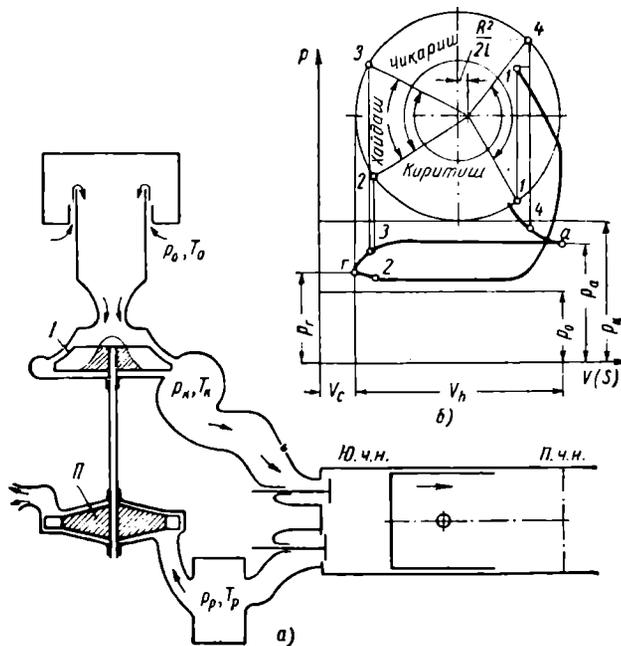
¹ Айланиш маркази O нинг $\frac{R^2}{2L}$ масофага сурилиши шатун узунлиги L нинг поршеннинг йўли, тезлиги ва тезланишига таъсирини тирсакли валнинг бурилиш бурчагига боғлиқ равишда характерлайди.

ташқари, тез юрар двигателларда ишлатилган газлар чиқариш процессида катта тезлик билан ҳаракат қилгани учун иккала клапан бараварига очиқ бўлганда газлар чиқариш системасига ўз инерцияси билан чиқишда давом этади. Бу пайтда киритиш клапанларининг остида сийраклик ҳосил бўлиб, цилиндрга янги заряд кира бошлайди.

Ҳаво ҳайдаладиган двигателларда (43- расм, *в*) клапанларнинг бараварига очиқ бўлиши ёниш камерасини босим остида кираётган ҳаво билан тозалаш учун фойдаланилади.

Киритиш клапани сиқиш процессининг бошланиши олдидан (42- расм, 4 нуқта), яъни поршень п. ч. н. дан $30 - 70^\circ$ ўтганда ёпилади. Киритиш клапанининг ёпилиши кечиктирилса, киритиш трубопроводларида ҳосил бўладиган инерция кучларидан фойдаланиб, цилиндрга кўпроқ ҳаво ёки аралашма киритиш мумкин бўлади.

Тўғри оқимли клапан-тирқишли газ алмашув схемаси қўлланилган икки тактли двигателда (икки тактли ЯАЗ дизеллари) газ алмашув процессини характерловчи индикаторий диаграмма ва газ тақсимлаш фазалари 44- расмда келтирилган.



43- расм. Тўрт тактли наддувли дизелда газ алмашуш процессининг характеристикаси:

а – янги зарядни киритиш ва ишлатилган газларни чиқариш системаларининг схемаси; *б* – индикаторий диаграмма ва газ тақсимлаш фазалари; I – компрессор, II – газавий турбина.

Ю. ч. н. га тахминан 90° етмасдан (b нуқта) чиқариш клапанлари очилиб, ишлатилган газларни чиқариш бошланади. Бу пайтда цилиндр ичидаги босим атмосфера босимидан анча юқори бўлгани учун газлар l нуқтасигача катта тезликда чиқади. Цилиндрни тозалашнинг бу даври эркин чиқариш деб аталади.

l нуқтада поршень ҳаво ҳайдаш дарчаларини очиб, цилиндрга ҳаво кира бошлайди. Бу ҳаво чиқариш клапанлари томон ҳаракатланиб, ишлатилган газларни цилиндрдан ҳайдаб чиқаради. Цилиндрни ҳаво ҳайдаб тозалаш вақтида ҳавонинг бир қисми ишлатилган газларга қўшилиб, атмосферага чиқиб кетади. Поршень орқага қайтиб, m нуқтага келганда чиқариш клапанлари беркилади. Бу пайтда ҳаво ҳайдаш дарчалари ҳали очик бўлади ва улар ёпилгунча (a' нуқта) цилиндрдаги босим P_k дан кичик бўлгани учун ҳавонинг цилиндрга кириши давом этади (цилиндр қўшимча тўлдирилади).

2. Киритиш процессини характерловчи параметрларни аниқлаш.

Босим. Юқорида келтирилган индикаторий диаграммалардан (42 ва 43- расмларга қаранг) ва киритиш системасида заряднинг ҳаракат схемасидан (41- расмга қаранг) кўриниб турибдики, киритиш процессидаги гидравлик йўқотишлар натижа-сида цилиндр ичидаги босим маълум вақтдан сўнг атмосфера босими p_0 дан (наддувсиз, яъни ҳаво ҳайдаш қўлланилмаган двигателда) ёки p_k дан (наддувли двигателда) Δp_a миқдорича паст бўлади. Бу йўқотишларнинг миқдори киритиш системаси юзаларининг ишланиш сифатига, бурилишлар жойларининг борлигига, дроссель заслонкасининг ҳолатига, клапаннинг очилиш даражасига ва бошқаларга боғлиқ. Тажрибаларнинг кўрсатишича, босимнинг йўқотилиши Δp_a заряд ҳаракат тезлигининг квадратига тўғри пропорционал.

Сиқилмайдиган суюқлик учун Бернулли тенгламасидан фойдаланиб, босимнинг йўқотилиш миқдорини қуйидагича аниқлаш мумкин:*

$$\Delta p_a = p_k - p_a = (1 + \xi_0) \frac{\omega_{\text{кир}}^2}{2} \rho_k \quad (178)$$

бу ерда ξ_0 — киритиш системасининг клапаннинг ҳаво ўтиш кесимига нисбатан олинган қаршилик коэффициент; қавс ичидаги миқдор $(1 + \xi_0) \varphi = 7 \div 10$;

$\omega_{\text{кир}}$ — клапаннинг ўтиш кесимида ҳавонинг ўртача ҳаракат тезлиги; $\omega_{\text{кир}} = 45 \div 70$ м/сек.

* Бернулли тенгламасининг ечилиши 44- § да келтирилган.

Эски бирликларда

$$\Delta p_a = (1 + \xi_0) \frac{w_{\text{кир}}^2}{2g} \gamma_0, \text{ кг/м}^2,$$

бу ерда γ_0 — кг/м^3 ҳисобида ва g — м/сек^2 ҳисобида

Двигатель наддувсиз ишлаганда $p_k = p_0$ ва $\rho_k = \rho_0$.

Агар киритиш процесси п. ч. н. да тугайди, деб фараз қил-
сак, у ҳолда двигателнинг цилиндридаги босим

$$p_a = p_k - \Delta p_a \quad (179)$$

бўлади.

Тажриба маълумотларига биноан, наддувсиз тўрт тактли автомобиль двигателларида $p_a \approx (0,8 + 0,9) p_0$, наддувли двига-
телларда $p_a \approx (0,9 + 0,96) p_k$ тўғри оқимли ҳаво ҳайдаб тоза-
лаш қўлланилган икки тактли тез юрар двигателлар учун $p_a \approx$
 $\approx (0,85 - 0,98) p_k$.

Киритиш даврида цилиндрдаги босим ташқаридаги босим-
дан кичик бўлади, шунинг учун цилиндрга кирган заряднинг
зичлиги ва, бинобарин, массавий миқдори ҳам кам бўлади.

Ҳаво атмосферадан киритилганда унинг бир хил T_0 темпе-
ратурада ва p_a ҳамда p_0 босимдаги зичлиги характеристик
тенгнамалардан қуйидагича аниқланади:

$$\rho_a = \frac{p_a}{RT_0} \quad \text{ва} \quad \rho_0 = \frac{p_0}{RT_0},$$

бундан

$$\rho_a = \rho_0 \frac{p_a}{p_0}.$$

Демак p_a босимда ва T_a температурада заряднинг массаси

$$G = \rho_a V_a = \rho_0 V_a \frac{p_a}{p_0} \quad (180)$$

бўлади.

Заряд массасининг гидравлик қаршиликлар таъсирида ка-
майиши:

$$\Delta G = G_0 - G = \rho_0 V_a - \rho_0 V_a \frac{p_a}{p_0} = V_{\rho_0} \left(1 - \frac{p_a}{p_0}\right). \quad (181)$$

Заряднинг қизиши. Кираётган заряднинг цилиндридаги ва
киритиш системасининг қизиган ички юзаларига уриниб қизи-
ши натижасида ҳам массавий миқдори камаяди.

Двигатель тўла нагрузка билан ишлаганда иссиқлик уза-
тувчи юзаларнинг ўртача температураси $150 - 200^\circ\text{C}$, атмос-
ферадан кираётган ҳавонинг температураси эса бундан анчагина

* бу ерда p — н/м^2 ; R — $\text{ж/(кг} \cdot \text{град)}$ ҳисобида берилган.

паст бўлади. Температуралар фарқи бўлгани учун киритиш пайтида ҳаво ΔT^0 қадар қизийди, унинг зичлиги эса камаяди.

Тўлдириш охирида қизиган заряднинг температураси:

$$T'_0 = T_0 + \Delta T. \quad (182)$$

Заряднинг исишини ва гидравлик қаршиликларни ҳисобга олсак, унинг тўлдириш охиридаги зичлиги

$$\rho = \frac{p_a}{RT_0}$$

ёки атмосфера шароитларига тааллуқли параметрлар орқали ифодаласак,

$$\rho = \rho_0 \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T'_0}$$

бўлади. Бу ҳолда цилиндрга кирган заряднинг миқдори:

$$G' = \rho_0 V_a \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T'_0}. \quad (183)$$

Юқорида келтирилган сабабларга бинсан, заряд массасининг камайиши;

$$\Delta G = V_a \rho_0 \left(1 - \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T'_0} \right). \quad (184)$$

Заряднинг қизиш миқдори двигателнинг нагрузкасига ва киритиш процессининг давом этиш вақтига боғлиқ.

Двигателнинг цилиндрини янги заряд билан кўпроқ тўлдириш учун киритиш даврида заряднинг камроқ қизишига интилиш керак. Аммо карбюраторли двигателларда ёниш процессининг самарали ўтиши учун киритиш процессида ёнилгини жадал буғлантириш зарур бўлганидан киритиш трубопроводлари махсус қиздирилади.

Зарядни қиздириш учун иссиқлик сарфланади. Заряд кўпроқ қиздириб юборилса, цилиндрни янги заряд билан тўлдириш ёмонлашади. Шунинг учун ёнилгининг фақат буғланиши учун зарур бўлган миқдорда иссиқлик бериш керак.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, карбюраторли двигателларда ҳаво билан кирган иссиқликдан ёнилгини буғлатиш учун фойдаланишни ҳисобга олсак, $\Delta T = 0 \div 20^\circ$, дизелларда эса $\Delta T = 20 \div 40^*$ бўлади.

Қолдиқ газлар. Двигателнинг цилиндрига янги заряд киришдан олдин ундан ишлатилган газларни ҳайдаб чиқариш керак. Аммо наддувсиз двигателларда цилиндр ичини ишла-

* Тўрт тактли наддувли дизелларда ва икки тактли двигателларда заряднинг компрессордан кейинги температураси T_k . T_0 дан катта бўлади ва заряд деворлардан камроқ қизийди.

тилган газлардан бутунлай тозалашнинг иложи бўлмайди. Ишлатилган газларнинг қолдиқ газлар деб аталувчи қисми цилиндр ичида қолади.

Двигатель цилиндрларининг тўлишига ишлатилган газларнинг таъсири қолдиқ газлар коэффиценти $\gamma_{\text{қол}}$ билан характерланади. Бу коэффицент *кмоль* ҳисобида ўлчанадиган қолдиқ газлар миқдори M_r нинг цилиндр ичига киритиш даврида кирган янги заряднинг миқдори M_1 га нисбати билан аниқланади:

$$\gamma_{\text{қол}} = \frac{M_r}{M_1} \quad (185)$$

Ёниш маҳсулотларининг молекуляр массаси ҳавоникидан кам фарқ қилгани учун қуйидагича қабул қилиш мумкин:

$$\gamma_{\text{қол}} = \frac{G_r}{G_1} \quad (186)$$

бу ерда G_r — қолдиқ газлар миқдори, кг;
 G_1 — янги заряд миқдори, кг.

Қолдиқ газлар коэффицентининг қиймати цилиндрни тозалаш сифатига боғлиқ. Цилиндрни тозалаш сифати двигателнинг турига қараб аниқланади.

Учқун билан ўт олдириладиган тўрт тактли двигателларнинг сиқиш даражаси кичик бўлгани учун ёниш камерасининг ҳажми дизелникидан катгароқ бўлади. Шунинг учун бу двигателларда дроссель заслонкаси тўла очилганда $\gamma_{\text{қол}} = 0,06 \div 0,10$, наддувсиз дизелларда эса $\gamma_{\text{қол}} = 0,03 \div 0,06$ бўлади.

Икки тактли двигателларда цилиндрни тозалаш сифати газ алмашув схемасига боғлиқ. Кривошип-камерали газ алмашувда (юритмали компрессор йўқ) ҳаво ёки ёнувчи аралашма дастлаб кривошипли камерада сиқилади ва қолдиқ газлар коэффиценти 0,4 га етади. Бундай двигателларда цилиндрни янги заряд билан яхши тўлдиришнинг имконияти бўлмагани учун юқори кўрсаткичлар олиб бўлмайди*.

Клапан-тирқишли газ алмашув схемаси қўлланилган икки тактли автомобиль двигателларининг цилиндрлари компрессордан келадиган ҳаво билан тозаланади. Бу двигателларда қўлланиладиган газ алмашув органлари цилиндрнинг етарли даражада тўла тозаланишини таъминлайди ва қолдиқ газлар коэффиценти тўрт тактли дизелларникига тахминан тенг ёки ундан бир оз кўпроқ бўлади.

Ҳамма турдаги двигателларда $\gamma_{\text{қол}}$ нинг қийматига тезлик режими таъсир қилади. Цилиндрга кирган янги заряднинг

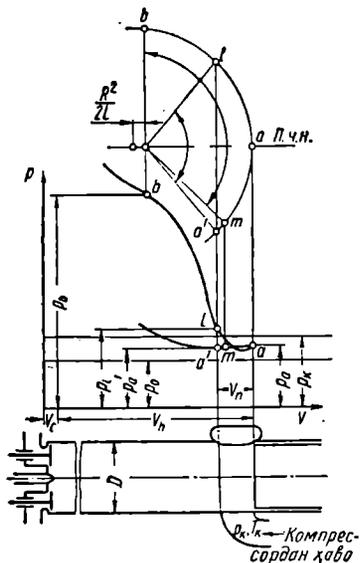
* Нагрузка камайганда $\gamma_{\text{қол}}$ ҳатто бирдан ҳам катта бўлиши, бу ҳолда айрим цикларда заряд ёнмай қолиши мумкин.

массавий миқдори G_1 энг кўп бўлгандаги двигатель валининг айланишлари сонида $\gamma_{\text{кол}}$ энг кичик қийматга эга бўлади. Айланишлар сони ошиши билан G_1 камайиб, G_r ошади, натижада $\gamma_{\text{кол}}$ кўпаяди.

Карбюраторли двигательларнинг нагрузкаси камайганда, яъни дроссель заслонкаси ёпила бошлаганда G_1 камаяди. Бу ҳолда G_r деярли ўзгармай қолгани учун $\gamma_{\text{кол}}$ кўпаяди. Тажриба маълумотларига кўра, чиқариш процессининг охирида босим $p_r = 1,1 + 1,25 \text{ бар}$; карбюраторли двигательларда ишлатилган газларнинг температураси $T_r = 900 + 1000^\circ \text{ К}$; дизелларда эса $T_r = 700 + 900^\circ \text{ К}$.

Киригиш охиридаги температура. Газ алмашув процессининг боришига таъсир этувчи факторлар алоҳида кўриб ўтилганда ҳар бир фактор киригиш процессига алоҳида ва навбат билан таъсир этади, деб қаралган эди.

Ҳақиқатда эса, газ алмашув процесси бўлаётганда ва, асосан, двигатель цилиндрига янги заряд кираётган пайтда бу процессни характерловчи барча ҳодисалар бир вақтда содир бўлади. Икки тактли двигательда янги зарядни киригиш ишлатилган газларни чиқариш билан бир вақтда содир бўлади. Тўрт тактли двигательда ишлатилган газларни чиқариш асосан киригиш процесси бошлангунча тугаса ҳам, лекин янги заряд аynи вақтда қолдиқ газларга аралашади ва цилиндр деворларига тегиб қизийди. Натижада заряднинг температураси киригиш охирида ташқи ҳавонинг температурасидан юқори, лекин қолдиқ газларникидан паст бўлади.



44-расм. Икки тактли дизелда газ алмашув процессининг характеристикаси

Тўрт тактли двигательда киригиш процесси *a* нуқтада (42-расм, б) поршень п. ч. н. га келганда, икки тактли двигательда эса *a'* нуқтада (44-расмга қаранг), яъни поршень орқага қайтиб, ҳаво ҳайдаш дарчаларини беркитганда тугалланади деб фараз қилсак, аралашманинг киригиш процесси охиридаги температурасини иссиқлик балансига асосланиб аниқлаш мумкин. Иссиқлик баланси янги заряд ва қолдиқ газлар учун уларнинг бир-бири билан аралашувидан олдинги ва аралашганидан кейинги ҳолатлари учун тузилади.

Янги заряд билан кирган ис-

сиқлик миқдори унинг деворлардан қизишини ҳисобга олсак, қуйидагича бўлади:

$$Q_{н.з} = c_p G_1 (T_0 + \Delta T),$$

бу ерда c_p — янги заряднинг (карбюраторли двигателда иш аралашмасининг, дизелда эса ҳавонинг) ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сиғими.

Қолдиқ газларда қолган иссиқлик миқдори:

$$Q_r = c_p'' G_r T_r,$$

бу ерда c_p'' — ёниш маҳсулотларининг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сиғими.

Янги заряд билан қолдиқ газлар бир-бирига аралашгандан кейин олинган иссиқлик миқдори:

$$Q_{ар} = C_{ар} (G_1 + G_r) T_a,$$

бу ерда $c_{раp}$ — аралашманинг ўзгармас босимдаги солиштирма иссиқлик сиғими.

T_a — аралашманинг киритиш процесси охиридаги температураси.

Иссиқлик балансининг шартларига кўра,

$$Q_{ар} = Q_{н.з.} + Q_r$$

ёки

$$c_p G_1 (T_0 + \Delta T) + c_p G_r T_r = c_{раp} (G_1 + G_r) T_a$$

бўлади.

$c_p \approx c_p'' \approx c_{раp}$ деб ва тенгламанинг ўнг ҳамда чап қисмларини G_1 га бўлиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$T_0 + \Delta T + \frac{G_r}{G_1} T_r = \left(1 + \frac{G_r}{G_1}\right) T_a,$$

бу ерда

бўлгани учун

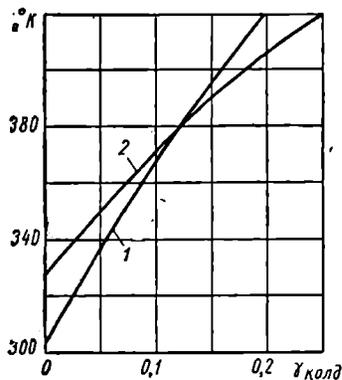
$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_{хол} \cdot T_r}{1 + \gamma_{хол}}; \frac{G_r}{G_1} = \gamma_{хол} \quad (187)$$

деб ёзишимиз мумкин.

Тўрт тактли наддувсиз карбюраторли двигателларда $T_a = 310 + 350^\circ \text{K}$; тўрт ва икки тактли наддувли двигателларда $T_a = 320 + 400^\circ \text{K}$.

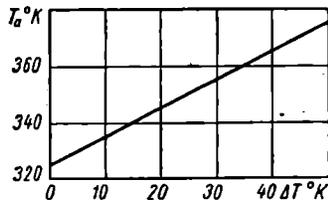
45- расмда T_r ва ΔT нинг икки хил қиймати учун T_a нинг қолдиқ газлар коэффициентига боғлиқлик графиги кўрсатилган. Бунда янги заряд двигателнинг цилиндрига $T_0 = 288^\circ \text{K}$ да киради деб олинган.

46- расмда киритиш процесси охирида аралашма температураси T_a нинг заряднинг қизиш температураси ΔT га қараб



45- расм. Қолдиқ газлар коэффициентини $\gamma_{қолд}$ нинг температура T_a га таъсири:

1 — $T_0 = 288^\circ\text{K}$; $\Delta T = 15^\circ$; $T_ч = 1000^\circ\text{K}$; 2 — $T_0 = 283^\circ\text{K}$; $\Delta T = 40^\circ$; $T_ч = 800^\circ\text{K}$.



46- расм. Температура T_a нинг зарядни қиздириш температураси ΔT га боғлиқлиги ($T_0 = 288^\circ\text{K}$; $\gamma_{қолд} = 0,06$ ва $T_ч = 1000^\circ\text{K}$)

ўзгариши тасвирланган. Графикдан кўриниб турибдики, киритиш процессининг охирида $\gamma_{қолд}$ ва ΔT ларнинг ошиши билан заряднинг температураси ҳам ошади, натижада цилиндрга кирётган янги заряднинг зичлиги камаяди.

Тўрт ва икки тактли двигателлар учун киритиш охиридаги температурани (187) тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин. ΔT ва $\gamma_{қолд}$ ларнинг қийматини тажриба маълумотларига асосланиб, ҳар бир турдаги двигатель учун алоҳида танлаш керак.

Тўлдириш коэффициентини. Киритиш процессининг сифатини тўлдириш коэффициентини η_V билан аниқланади. Тўлдириш коэффициентини η_V деганда двигателнинг цилиндрига кирган янги заряднинг ҳақиқий миқдорининг температура ва босими атмосфераникига тенг бўлганда двигателнинг иш ҳажми V_H га жойлаша оладиган миқдорига нисбати тушунилади.

Карбюраторли ва газ билан ишлайдиган двигателларда янги заряд ҳаво ва ёнилғидан, дизелларда эса фақат ҳаводан иборат бўлади. Карбюраторли двигателлар учун тўлдириш коэффициентининг ҳаво учун ҳисобланган, қиймати заряд (ҳаво ва ёнилғидан иборат аралашма) учун ҳисобланган қийматдан оз фарқ қилади. Шу сабабли бундан кейин суюқ ёнилғида ишловчи ҳамма типдаги двигателларда янги зарядни ҳаводан иборат деб ҳисоблаймиз.

Кўпчилик тўрт тактли автомобиль двигателларида киритиш процессида ҳаво атмосферадан сўрилади ва унинг босими p_0 , температураси эса T_0 га тенг бўлади.

Икки тактли ва тўрт тактли наддувли автомобиль двигателларида ҳаво компрессордан келади. Ҳавонинг киритиш системасига киришдаги босими p_k ва температураси T_k бўлади.

Тўлдириш коэффициентининг ифодасига биноан

$$\eta_V = \frac{G_1}{G_0}, \quad (188)$$

бўлади, бу ерда G_1 — цилиндрга кирган янги заряднинг ҳақиқий миқдори, кг;

G_0 ташқи муҳит шароитларида цилиндрнинг иш ҳажмини тўлдириши мумкин бўлган янги заряд миқдори, кг.

Атмосферадан киритиш шарт (наддувсиз двигатель) учун ёзилган характеристик тенгламага биноан

$$G_0 = \frac{p_0 V_h}{R_0 T_0},$$

бўлади, бу ерда R — янги заряднинг газ доимийси.

Киритиш процессининг охири учун ёзилган характеристик тенгламадан цилиндрга кирган янги заряд ва қолдиқ газларнинг умумий миқдорини аниқлаймиз:

$$G_1 + G_r = \frac{p_a V_a}{R_{ap} T_a} \text{ ёки } G_1 (1 - \gamma_{\text{қол}}) = \frac{p_a V_a}{R_{ap} T_a},$$

бу ерда R_{ap} — янги заряд ва қолдиқ газлар аралашмаси учун газ доимийси.

Бу ҳолда

$$\eta_V = \frac{G_1}{G_0} = \frac{p_a V_a}{R_{ap} T_a} \cdot \frac{R_0 T_0}{p_0 V_h} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_{\text{қол}}}$$

бўлади.

$R_{ap} = R_0$ деб қабул қилиб ва қуйидагини

$$\frac{V_a}{V_h} = \frac{V_h + V_c}{V_h} = 1 + \frac{V_c}{V_h} = 1 + \frac{1}{\epsilon - 1} = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1}$$

ҳисобга олиб, ҳавони атмосферадан киришиш ҳоли учун қуйидагини ёзамиз:

$$\eta_V = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_a (1 + \gamma_{\text{қол}})}. \quad (189)$$

Икки ва тўрт тактли наддувли двигателлар учун

$$T_0 = T_k \text{ ва } p_0 = p_k$$

бўлганда

$$\eta_V = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_a (1 + \gamma_{\text{қол}})} \quad (190)$$

бўлади.

(187) тенгламадан:

$$T_a (1 + \gamma_{\text{қол}}) = T_0 + \Delta T + \gamma_{\text{қол}} \cdot T_k$$

(189) тенгламага $T_a(1 + \gamma_{\text{қол}})$ нинг қийматини қўйсақ, қуйидагини оламиз:

$$\eta_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_0 + \Delta T + \gamma_{\text{қол}} T_r} \quad (191)$$

ёки $T_0 = T_k$ ва $p_0 = p_k$ деб олсак, у ҳолда (наддувли двигателлар учун)

$$\eta_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_k} \cdot \frac{T_k}{T_k + \Delta T + \gamma_{\text{қол}} T_r} \quad (192)$$

бўлади.

3. Цилиндрни тўлдиришга таъсир этувчи факторлар

(189) ва (191) тенгламаларга кўра, тўлдириш коэффициентига киритиш процессининг охиридаги босим p_a ва температура T_a заряднинг қизиши ΔT , қолдиқ газлар коэффициенти $\gamma_{\text{қол}}$, температура T_r шунингдек, сиқиш даражаси ϵ таъсир этади. Асосан p_a (p_0 ва p_a) p_k таъсир кўрсатади.

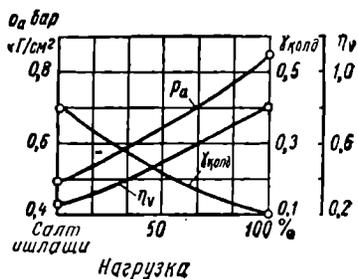
Бу миқдорларнинг қиймати, юқорида айтиб ўтилгандек, бир қатор факторларга боғлиқ. Янги хил двигателларни ишлаб чиқаришга тайёрлашда бу факторларнинг тўлдиришга салбий таъсирини мумкин қадар камайтириш керак. Киритиш труба-сининг ички юзасига яхши ишлов берилса ва тирсақлар сони камайтирилса, киритиш системасининг қаршиликлари ҳам камаяди; ишлатилган газларни чиқариш усули такомиллаштирилса, цилиндрда қолдиқ газлар миқдори камаяди; карбюраторли двигателларда киритиш трубопроводининг қизишини сошлаш янги зарядни ортиқча қизишдан сақлашга имкон беради.

Айланишлар сони ўзгармас ва нагрузка ўзгарувчан бўлганда двигателни тўлдириш. Карбюраторли двигателларда тирсақли валнинг айланишлар сони ўзгармас бўлганда нагрукани ўзгартириш учун дроссель заслонкаси силжитилади, натижада цилиндрга кирувчи ёнувчи аралашманинг миқдори камаяди ёки кўпаяди.

Белгиланган айланишлар сонидан энг кўп қувват ҳосил қилиш учун дроссель заслонкасини тўла очиш керак. Бу ҳолда двигателнинг цилиндрига ёнувчи аралашма энг кўп миқдорда кириб, тўлдириш коэффициенти максимал қийматга эга бўлади.

Нагрукани камайтиришда дроссель заслонкаси беркитилади, натижада киритиш системасининг ўтиш йўли торайиб, гидравлик қаршилиги ошади: босим p_a пасаяди. 42-расм, б да дроссель заслонкаси ёпилгандаги газ алмашувнинг индикаторий диаграммаси штрих чизиқ билан кўрсатилган. Диаграммага кўра, бу ҳолда киритиш процессида цилиндрдаги босим камаяди, натижада тўлдириш коэффициенти ҳам камаяди.

Клапанлари юқорида жойлашган карбюраторли двигателларда дросель заслонкасининг ҳолатига (ёки двигателнинг нагрукасига) қараб, қолдиқ газлар коэффициентини $\gamma_{\text{қол}}$ ва тўлдириш коэффициентини γ_v нинг шунингдек, босим p_a нинг ўзгариши 47-расмда кўрсатилган.



47-расм. Босим p_a қолдиқ газлар коэффициентини $\gamma_{\text{қол}}$ ва тўлдириш коэффициентини γ_v нинг карбюраторли двигателнинг нагрукасига боғлиқлиги

Дизелларнинг киритиш системасида цилиндрга бериладиган ҳаво миқдорини ўзгартирувчи ҳеч қандай мослама йўқ, чунки дизелда нагрукка пуркаладиган ёнилги миқдорини созлаш йўли билан ўзгартирилади. Демак, дизелларда тирсакли валнинг айланишлар сони ўзгармаганда, киритиш системасидаги гидравлик қаршиликлар ҳам ўзгармай қблади.

Дизелда нагрукка ўзгарганда тўлдириш коэффициентининг қийматига фақат ҳавонинг қизиши таъсир қилади.

Нагрукка ортиши билан иссиқликнинг кўп миқдорда ажралиб чиқиши натижасида цилиндр деворларининг поршень тубининг ва цилиндрлар головкасининг температураси кўтарилади. Натижада нагрукканинг ортиши билан цилиндрга киритилган ҳаво кўпроқ қизийди ва тўлдириш коэффициентини бир оз пасаяди.

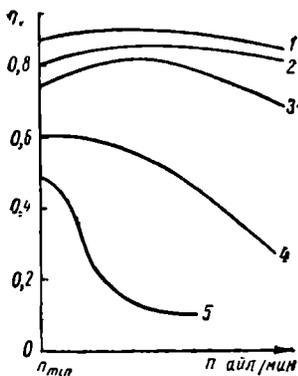
Айланишлар сони ўзгарувчан бўлганда двигателни тўлдириш. (178) тенгламага кўра, киритиш системасидаги босим пасайиши заряд ҳаракат тезлигининг квадратига тўғри пропорционалдир.

Двигателнинг айланишлар сони ошганда заряднинг киритиш системасидаги ҳаракат тезлиги айланишлар сонига тахминан пропорционал ҳолда ошади. Бунга яраша гидравлик қаршиликлар кўпаяди, босим p_a эса пасаяди. Худди шундай ҳол чиқариш системасида ҳам кузатилади, бу ерда айланишлар сони ортиши билан қолдиқ газлар босими p_c ва уларнинг миқдори ортади.

Двигателнинг тезлик режими ошганда заряднинг иссиқ деворга уриниш вақти қисқариб, у кам исийди.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, кўпчилик автомобиль двигателларида аралашманинг қизиши киритиш ва чиқариш системаларидаги қаршиликнинг ошишига нисбатан γ_v га камроқ таъсир этади.

Бу факторларнинг биргаликдаги таъсири натижасида, газ тақсимлаш фазалари тегишли равишда танлангандан кейин γ_v энг катта қийматга эришгач айланишлар сони яна оширилса, тўлдириш коэффициентини камаяди.



48- расм. Ҳар хил нагруккаларда двигатель вали айланишлар сонининг тўлдириш коэффициенти η_v га таъсири:

- 1 — дизель нагруккасиз ишлаганда;
- 2 — дизель тўлиқ нагрукка билан ишлаганда;
- 3 — карбюраторли двигатель тўлиқ нагрукка билан ишлаганда;
- 4 — карбюраторли двигатель қисман нагрукка билан ишлаганда (дроссель бир оз очилган);
- 5 — карбюраторли двигатель нагруккасиз ишлаганда.

Карбюраторли двигательларда ва дизель двигательларида тўлдириш коэффициентининг айланишлар сонига қараб ўзгариши 48- расмда кўрсатилган.

Иккала двигательда ҳам тўлдириш коэффициенти η_v нинг энг катта қиймати иккала двигательда ҳам маълум айланишлар сонига мос келади.

Айланишлар сони камайиши билан тўлдириш коэффициенти η_v камаяди. Бунга заряднинг цилиндр деворларига узоқ вақт уришиб, ортиқча қизиши ва газ тақсимлаш фазаларининг газ алмашув шароитларига мос келмаслиги сабаб бўлади. Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, айланишлар сони камайганда (айниқса поршень ҳалқалари ва цилиндрнинг иш сирти кўп ейилган двигательларда) заряднинг поршень ҳалқалари орқали ўтиб йўқолиши кўпаяди.

48- расмдан кўришиб турибдики, дизель тўла нагруккада ишлаганда тўлдириш коэффициенти η_v (эгри чизиқ) карбюраторли двигательникига

(3 эгри чизиқ) қараганда бир оз юқори бўлиб, тезлик режимга кам боғлиқ. Бунга сабаб шуки, дизелнинг киритиш системасида карбюратор ва дроссель заслонкаси бўлмайди ва гидравлик қаршилиқлар кам бўлади.

Карбюраторли двигательларда дроссель заслонкаси беркитила бошланган сари, қаршилиқлар ошиб, тўлдириш коэффициенти тез камайиб кетади (4 ва 5 эгри чизиқлар). Дроссель заслонкаси ёпилганда тўлдириш коэффициентининг айланишлар сонига бундай боғлиқлиги (бу тўғрида кейинроқ батафсил айтиб ўтилади) туфайли нагрукканинг пасайиши натижасида айланишлар сонининг энг юқори қийматини чегаралайди ва двигательнинг энг кам айланишлар сонига салт ишлашини таъминлайди.

Дизелларда нагрукка пасайиши билан ҳавонинг кам исиши натижасида тўлдириш коэффициенти η_v ошиб боради. 1 эгри чизиқ дизелларда тўлдириш коэффициентининг салт ишлагандаги ўзгаришини кўрсатади.

Сиқиш даражасининг таъсири. Сиқиш даражаси ўзгарганда двигательнинг цилиндрида зарядни қиздириш шароити, шунингдек, қолдиқ газлар миқдори ва температураси ўзгаради. Бунда алоҳида факторларнинг таъсири ўзаро йўқотилади.

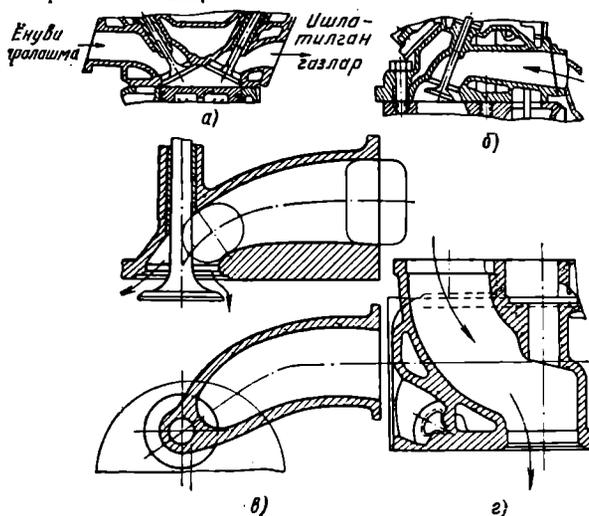
Тажрибаларнинг кўрсатишича, тўлдириш коэффициентлари сикши даражасига айтарлик боғлиқ эмас.

Цилиндр ўлчамларининг, поршень йўлининг цилиндр диаметрига нисбатининг ва клапанлар жойланишининг таъсири. Цилиндр диаметри катта бўлса, катта диаметри клапан ўрнатиш мумкин. Киришиш клапанининг диаметри катталаштирилса, киришиш процессида зарядни кичик тезликда киришиш мумкин. Шунда гидравлик йўқотишлар камайиб, тўлдириш коэффициентлари ошади.

Ҳозирги вақтда қисқа йўлли двигателлар кенг кўламда ишлатилмоқда. Бу двигателларда поршень йўлининг цилиндр диаметрига нисбати бирдан кичик. Цилиндрнинг диаметри нисбатан катта бўлган бундай двигателларнинг афзалликларидан бири шундан иборатки, цилиндрларнинг головкасида катта диаметри клапанларни юқоридан жойлаштириш мумкин.

Карбюраторли двигателлар ва дизеллар киришиш каналларининг тузилиш схемалари 49-расмда кўрсатилган. Клапанларнинг юқоридан жойлашиши ва киришиш каналларининг мос шакллари янги заряднинг бир текисда киришини таъминлайди. Бундай ҳолда гидравлик қаршилиқлар камайиб, тўлдириш коэффициентлари кўпаяди. Бундан ташқари, махсус шакли киришиш каналлари иш аралашмасининг цилиндрда маълум йўналишда ҳаракатланиб, яхши аралашма ҳосил қилишига ва ёнишига имкон беради.

Газ тақсимлаш фазаларининг таъсири. Тўлдириш коэффициентлари киришиш ва чиқариш органларининг очилиш ва ёпилиш пайтларига, уларнинг давом этишига, яъни газ тақсимлаш фазаларига боғлиқ.



49-расм. Ҳар хил ёниш камерали тўрт тактли двигателларнинг киришиш каналларининг шакллари:

а ва б — карбюраторли двигателлар; в ва г — дизеллар.

Газ тақсимлаш фазаларининг тўлдириш коэффициентига таъсирини ҳисоблаб бўлмайди ва улар тажриба йўли билан аниқланади. Тўрт тактли двигателлар учун газ тақсимлаш фазаларини ҳисобга олган ҳолда тўлдириш коэффициентини қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоблаш мумкин:

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{\varphi_1 \varepsilon p_a - \varphi_2 p_r}{(\varepsilon - 1) p_0} \quad (193)$$

бу ерда φ_1 — қўшимча заряд киритиш коэффициенти, поршень пастки чекка нуқтадан юқорига, киритиш клапани ёпилгунча ҳаракат қилганда цилиндр ичига кирадиган қўшимча заряднинг миқдорини ҳисобга олади (42-расм, б, а 4 чизиқ).

φ_2 — ҳаво ҳайдаб тозалаш коэффициенти, поршень юқори чекка нуқтага яқин келиб, иккала клапан очиқ бўлганда цилиндрларнинг қўшимча тозаланишини ҳисобга олади.

Агар цилиндрга қўшимча заряд киритишни ва ҳаво ҳайдаб тозалашни ҳисобга олмасак, яъни $\varphi_1 = \varphi_2 = 1$ десак, у ҳолда тўрт тактли двигателлар учун тўлдириш коэффициенти

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{\varepsilon p_a - p_r}{(\varepsilon - 1) p_0}, \quad (194)$$

қолдиқ газлар коэффициенти эса

$$\gamma_{\text{қол}} = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{p_r}{\varepsilon p_a - p_r} \quad (195)$$

бўлади.

Тўрт тактли наддувли двигателларда (192), (193) ва (194) тенгламалардаги T_0 ва p_0 ўрнига T_k ва p_k қўйилади.

Тажриба йўли билан танланган газ тақсимлаш фазалари двигателнинг тезлик режими маълум оралиқда ўзгарганда цилиндрларнинг яхши тўлишига оптимал шароит яратиб беради. Бу шуни кўрсатадики, тирсакли валининг айланишлар сони кенг диапазонда ўзгарувчи автомобиль двигателларида ҳамма ҳоллар учун қулай бўлган газ тақсимлаш фазаларини танлаб бўлмайди. Фазалар танланадиган айланишлар сони двигателни ишлатишда қўйиладиган талабларга мувофиқ даражада бўлиши лозим.

Баъзи автомобиль двигателларининг газ тақсимлаш фазалари 5-жадвалда келтирилган.

Двигатель тўла қувват билан ишлаганда тўлдириш коэффициентининг айланишлар сонига қараб ўзгариши, (ташқи тезлик характеристикаси) 50-расмда кўрсатилган.

Трубопроводлардаги тебраниш ҳодисаларининг таъсири. Автомобиль двигателларининг трубопроводларида киритиш ва чиқариш процессида газлар тебранма ҳаракатга келиб, босимнинг тўлқинланишига сабаб бўлади. Бу ҳодисадан цилиндрга кираётган заряднинг массасини кўпайтириш учун фойдаланиш мумкин. Масалан, чиқариш системасини шундай созлаш мум-

кинки, чиқариш процессининг охирида иккала клапан барабар очик бўлганда, чиқариш системасида сийраклик ҳосил бўлиб, цилиндрдан чиқувчи ишлатилган газларнинг миқдори ошади, $\gamma_{\text{кол}}$ эса камаяди. Натижада двигателнинг цилиндрига янги заряд кўпроқ миқдорда киради. Агар киритиш процессининг тугалланишига яқин (кўшимча заряд киритиш даврида) трубопровод ичида киритиш клапани олдида босим атмосфера босимидан юқори бўлганда ҳам двигателга заряднинг кўпроқ киришини таъминлаш мумкин.

Заряднинг массасини бундай кўпайтириш усули инерцион ҳайдаш (наддув) дейилади.

18- мисол. Клапанлари юқоридан жойлашган карбюраторли автомобиль двигателлари учун сиқиш даражаси $\epsilon = 8$; зарядни қиздириш $\Delta T = 10^\circ$; қолдиқ газлар коэффициентини $\gamma_{\text{кол}} = 6\%$; қолдиқ газлар температураси $T_r = 950^\circ \text{K}$; қаршилиқ коэффициентини $1 + \xi_0 = 8$; заряднинг клапан бўғизидаги тезлиги $W_{\text{кл}} = 58 \text{ м/сек}$; ташқи муҳит босими $p_0 = 1 \text{ бар}$ ва ташқи муҳит температураси $T_0 = 288^\circ \text{K}$. Киритиш охиридаги босим p_a , температура T_0 ва тўлдириш коэффициентини γ_v аниқлансин.

Киритиш процессида двигатель цилиндрига ҳаво киради деб қабул қилмай, унинг молекуляр массаси $\mu_x = 28,97$ ва $R = 287 \text{ жс/(кг} \cdot \text{гр)}$.

Заряднинг зичлиги ρ_0 ва T_0 да:

$$\rho = \frac{p_0}{RT_0} = \frac{1 \cdot 10^5}{287 \cdot 288} = 1,21 \text{ кг/м}^3.$$

(178) тенгламага биноан, киритиш процесси охиридаги босим:

$$p_a = p_0 - (1 + \xi_0) \frac{W_{\text{кпр}}^2}{2} \rho_0 = 1 \cdot 10^5 - 8 \cdot \frac{58^2}{2} \cdot 1,21 = 83 \cdot 800 \text{ н/м}^2 \approx 0,84 \text{ бар}.$$

Эски бирликларда:

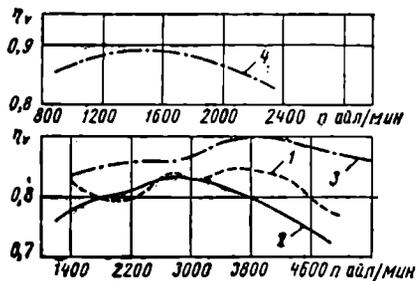
$$p_a = p_0 (1 + \xi_0) \frac{W_{\text{кпр}}^2}{2g} \gamma = 1,02 \cdot 10^4 - 8 \cdot \frac{58^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,21 = 8510 \text{ кг/м}^2 \approx 0,85 \text{ кг/см}^2$$

(187) тенгламага биноан, киритиш процесси охиридаги температура:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_{\text{кол}} \cdot T_r}{1 + \gamma_{\text{кол}}} = \frac{288 + 10 + 0,06 \cdot 950}{1 + 0,06} = 334^\circ \text{K}.$$

(189) тенгламага кўра, тўлдириш коэффициентини:

$$\gamma_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{p_a}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_a (1 + \gamma_{\text{кол}})} = \frac{8}{8 - 1} \cdot \frac{0,84}{1,0} \cdot \frac{288}{344 (1 + 0,06)} \approx 0,78.$$



50- расм. Автомобиль двигателлари тўдиқ нарузка билан ишлаганда тўлдириш коэффициентини γ_v нинг айланишлар сонига боғлиқлиги:

1 — МЭМА-408; 2 — ГАЗ-21; 3 — ЗИЛ-130;
4 — ЯМЗ — 238.

Автомобиль двигателларининг газ тақсимлаш фазалари

Двигателлар	Тирсакли валнинг номинал сайлацишлар сонн ай/мин	Клапанларнинг жойлапиши	Киритиш клапани		Чиқариш клапани		Очилишининг давом этилиши град		Клапанларнинг бараварига очик ҳолати, град
			очилишининг бошланиши, ю. ч. н. гача	тўлиқ ёпилиши, п. ч. н. дан сўнг	очилишининг бошланиши, п. ч. н. гача	тўлиқ ёпилиши, ю. ч. н. дан сўнг	киритиш клапани	чиқариш клапани	
Карбюраторли двигателлар									
ЗИЛ-120	—	пастда	20°	69°	67	22°	269	269	42
ЗИЛ-164	2800	"	12°30'	59°30'	44°30'	27°30'	252	252	40
ЗИЛ-130	3200	юқорида	31°	83°	67°	47°	294	294	78
ЗИЛ-375	3200	пастда	16°	71°	52°	35°	267	267	51
ГАЗ-51	2800	юқорида	9°	51°	47°	13°	240	240	22
ГАЗ-21	4000	"	24°	64°	58°	30°	268	268	54
МЗМА—407 ва		"							
МЗМА—408	4500	"	21°	55°	57°	19°	256	256	40
МЗМА—412	5800	"	30°	70°	70°	30°	280	280	60
МЕМЗ—966	4000	"	10°	46°	46°	10°	236	236	20
Дизеллар									
ЯМЗ—236	2100	"	20°	56°	56°	20°	256	256	40
ЯМЗ—238	2100	"	20°	56°	56°	20°	256	256	40
ЯАЗ—204	2000	юқорида+	46°+++	46°	85°	54°++++	92	139	—
ЯАЗ—206	2000	юқорида+	46°+++	46°	85°	54°++++	192	139	—
<p>* чиқариш клапанлари; ** ЯАЗ—204 ва ЯАЗ—206 дизеллари учун кириташ тешиклари; *** п. ч. н. гача; **** п. ч. н. дан сўнг.</p>									

Тўрт тактли двигателда киритиш клапани беркитилгандан кейин ёки икки тактли двигателда газ алмашув процесси тугагач поршень юқори чекка нуқтага томон ҳаракатланганда цилиндрда сиқиш процесси содир бўлади.

Сиқиш натижасида заряднинг температураси ва босими ортади. Буларнинг чекли қиймати сиқиш даражасига боғлиқ. Сиқиш даражаси ошиши билан циклнинг самарадорлиги ошади ва иссиқликдан фойдаланиш яхшиланади.

Заряднинг сиқиш процессида поршень юқори чекка нуқтага яқинлашганда ҳосил бўладиган уюрма ҳаракатини кучайтириш учун махсус шаклдаги ёниш камералари ишлатилади.

Тўрт тактли ~~двигател~~ двигателнинг ҳақиқий циклида сиқиш процессининг содир бўлиши 51- расмда кўрсатилган.

Сиқишнинг биринчи даврида цилиндр деворларининг, цилиндрлар головкасининг ва поршень тубининг температураси заряднинг температурасидан юқори бўлгани учун заряд қизийди. Поршень ю. ч. н. га ҳаракат қилганда заряд тобора кўпроқ сиқилади ва унинг температураси T_3 билан цилиндр деворларининг ўртача температураси $T_{дев}$ орасидаги фарқ камаяди. Маълум вақтдан кейин заряд ва бу юзалар температураси бир хил бўлиб қолади. Поршень ю. ч. н. га ҳаракатланишда давом этиб, $T_3 > T_{дев}$ бўлганда иссиқлик оқимининг йўналишини ўзгартиради ва сиқилган заряддан юзаларга иссиқлик ўта бошлайди.

Сиқиш охиридаги температура ва босимни аниқлаш учун бу процесс ўртача кўрсаткичи n_1 бўлган политропа бўйича содир бўлади, деб қабул қиламиз. Бу ҳолда сиқиш охири (с нуқта) даги температура ва босимни политропа тенгламаси $p V^{n_1} = const$ бўйича аниқлаш мумкин.

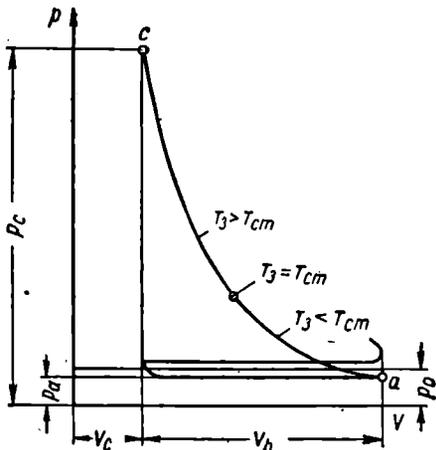
Кўриб чиқиладиган ҳол учун:

$$p_c = p_a \left(\frac{V_a}{V_c} \right)^{n_1}$$

аммо $\frac{V_a}{V_c} = \epsilon$ ва $p_c = p_a \cdot \epsilon^{n_1}$ (196)

Сиқиш охиридаги температурани аниқлаш учун политропанинг тенгламаси (97) дан фойдаланамиз:

$$T_c = T_a \cdot \epsilon^{n_1 - 1}. \quad (197)$$



51- расм. Ҳақиқий циклда сиқиш процессининг кечиш характери

Сиқиш процессидаги айрим параметрларнинг тажрибалар асосида олинган қийматлари 6- жадвалда кўрсатилган.

19- мисол. Карбюраторли двигателда $\epsilon = 8$; $p_a = 0,8$ бар; $T_a = 334^\circ\text{K}$ ва $\eta_1 = 1,34$; температура T_c ва босим p_c аниқлансин.

Сиқиш охиридаги босим тенгламага биноан қуйидагича топилади.

$$p_c = p_a \cdot \epsilon^{\eta_1} = 0,84 \cdot 8^{1,34} \approx 13,6 \text{ бар} \approx 13,6 \text{ кг/см}^2,$$

Сиқиш охиридаги температура эса (197) тенгламага кўра

$$T_c = T_a \cdot \epsilon^{\eta_1 - 1} = 334 \cdot 8^{0,34} = 680^\circ\text{K}$$

бўлади.

6- жадвал

Автомобиль двигателлари сиқиш процессининг параметрлари

Параметрлар	Двигатель		Наддувсиз дизель
	карбюраторли	газ билан ишлайдиган	
Сиқиш даражаси	6—9 (11 га-ча)	5—10	14—21
Сиқиш охиридаги босим, бар	9—15	7—14	35 - 55
Сиқиш охиридаги температура, °K	550—750	480—650	100—900
Сиқиш политропасининг ўртача кўрсаткичи	1,3—1,37	1,3—1,37	1,32—1,4

27- §. УЧҚУН БИЛАН ЎТ СОЛДИРИЛАДИГАН ДВИГАТЕЛЛАРДА ЁНИШ ПРОЦЕССИ

1. Умумий маълумот

Ёниш процессида ёнилғининг химиявий энергияси иссиқлик энергиясига айланади. Бундай айланиш маълум вақт оралиғида, поршень ю. ч. н. яқинида бўлганда юз беради.

Ёниш процессининг самарадорлиги бир қанча факторларга, жумладан аралашма ҳосил қилиш усулига ва ёнилғининг алангаланишига боғлиқ. Шунинг учун ёниш процессини учқун билан ўт олдириладиган двигателлар ва дизеллар учун алоҳида кўриб чиқиш керак.

Ёнилғининг ёниш процесси, унинг ривожланиши ва қисқа вақтда тугалланиши кетма-кет содир бўладиган қатор мураккаб реакциялардан иборат.

Агар иш аралашмасининг температураси ёниш реакциясининг бошида паст бўлса, у ҳолда кислород билан ёнилғи амалда реакцияга кирмайди. Юқори температураларда бу реакциянинг тезлиги¹ ортади ва ёниш процесси жуда тез ўтади.

¹ Реакция тезлиги — вақт бирлиги ичида реакцияга киришган модда миқдори.

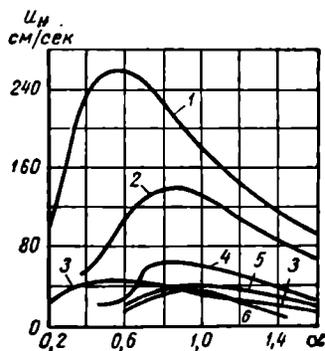
Тажрибаларнинг кўрсатишича, реакция тезлиги ёнувчи аралашманинг таркибига, яъни ҳавонинг ортиқлик коэффициентига боғлиқ, бир хил жинсли ёнувчи аралашманинг ёниш учун эса ҳавонинг ортиқлик коэффициенти маълум миқдорда бўлиши лозим. Ҳавонинг ортиқлик коэффициенти бу миқдордан четлашса, бир жинсли иш аралашмаси ёнмайди.

Ҳавонинг аралашмани ёндиришга имкон берувчи ортиқлик коэффициентининг энг кичик қиймати α_{\min} аланга тарқалишининг юқори концентрацион чегараси дейилади. Аралашмани ёндиришга имкон берувчи ҳавонинг ортиқлик коэффициенти энг катта қиймати α_{\max} аланга тарқалишининг қуйи концентрацион чегараси дейилади.

Баъзи ёнилғиларнинг ҳаво билан аралашмаси ёнганда аланганинг тарқалиш тезлиги (u_n) нинг ҳавонинг ортиқлик коэффициентига боғлиқлиги 52- расмда кўрсатилган. Двигателларда углеводородли ёнилғиларда ($\alpha = 0,85 \div 0,9$) бўлганда аралашманинг ёниш тезлиги энг юқори қимматга эришади. Аралашма шундан қуюқ ёки суюқ бўлса, аланганинг тарқалиш тезлиги раво пасайиб, натижада аралашма ёнмай қолади. Ёнилгининг алангаланиш пайтида температура кўтарилса, u_n (температуранинг квадратига пропорционал равишда) ошади, босим кўтарилганда эса аланганинг тарқалиш тезлиги бир оз пасаяди.

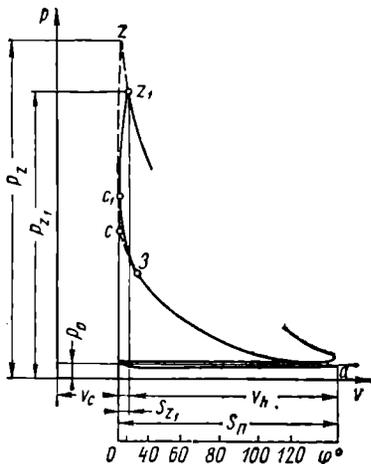
Ташқарида аралашма ҳосил қиладиган ва учқун билан ўт олдирадиган двигателларда газ ёки ёнилғи бурчи ва ҳаводан тузилган ёнувчи аралашма амалда бир жинсли бўлади ва алангаланувчанлик чегарасидан ташқарида ёнмайди.

Аралашмада қолдиқ газлар мавжуд бўлса, алангаланувчанлик чегаралари тораяди. Шунинг учун карбюраторли двигателларда нарузканинг ўзгариши билан бир вақтда цилиндрга бериладиган ёнилғи ва ҳаво миқдорини шундай ўзгартириш керакки, ҳар қандай нарузкада ҳам ёнувчи аралашма алангаланувчанлик чегарасида бўлсин. Карбюраторли двигателларда цилиндрга келаётган ёнувчи аралашма миқдори нарузкага қараб, дроссель заслонкасининг ҳолатини ўзгартириш йўли билан ростланади, айни вақтда аралашманинг таркиби ҳам бир оз ($\alpha = 0,85 \div 1,15$) ўзгартиради. Дроссель заслонкасини беркитиб, қуюқ аралашмадан фойдаланилса, двигатель тежамсиз ишлайди.



52- расм. Углеводород-ҳаволи аралашмаларда аланганинг тарқалиш тезлиги u_n нинг ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α га боғлиқлиги:

1 — водород; 2 — ацетилен; 3 — ис-газ; 4 — этилен; 5 — пропан; 6 — метан.



53-расм. Учқун билан ўт олдирилган двигателда ёниш процесси

53-расмда $p - V$ координатларида ёниш процессининг индикаторий диаграммаси кўрсатилган (назарий циклда иссиқлик бериш процесси штрих чизиқ билан белгиланган).

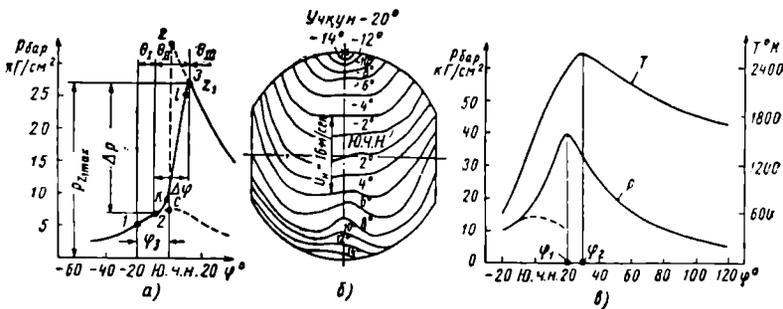
Ҳақиқий циклда ёниш маълум бир вақт ораллигида (0,001 сек. чамасида) содир бўлади, бунда поршень ю. ч. н. дан озгина сурилган бўлади. Ёниш даврида тирсакли вал $15 - 25^\circ$ бурилади.

Поршеньнинг силжишига қараб тирсакли валнинг бурилиш бурчаги 53-расмнинг пастки қисмида кўрсатилган. Диаграммадан кўриниб турибдики, ёниш даврида (тирсакли вал тахминан 20° бурилганда) поршень қисқа S_{z_1} йўлни ўтади,

бунда ёниш процессини характерловчи чизиқ $V = \text{const}$ чизиғидан кўп четлашмайди. Шунинг учун ёниш процессини $p - V$ координатлари системасида текшириш қийин. Бу процессини ординаталар ўқи бўйлаб босим p , абсциссалар ўқи бўйлаб эса тирсакли валнинг бурилиш бурчаги φ ёзилган координаталар системасида кўриб чиқиш қулайроқ. Тез юрар двигателларни текшираётганда бундай диаграмма индикатор ёрдамида ёзилади.

Тўрт тактли карбюраторли двигателлар ёниш ва кенгайиш процессларининг индикаторий диаграммаси 54-расмда циклниң характерли нуқталари билан кўрсатилган. Назарий циклда двигателнинг ёниш камерасига электр учқуни берилмаган ва ёнилғи ёнмагандаги кенгайиш процесси, диаграмманиң cz қисмида ($V = \text{const}$) иссиқлик бериш процесси ва zz' қисмида кенгайишнинг бошланиши штрих чизиқлар билан тасвирланган.

Иш аралашмасининг юқори чекка нуқта яқинида тез ёниши учун (бу ҳолда иссиқликдан унумли фойдаланилади) ёниш камерасига электр учқуни тирсакли вал ю. ч. н. га бир неча градус етмасдан берилиши керак. Тирсакли валнинг учқун берилган пайтдан ю. ч. н. гача бурилиш бурчаги ёндиришни илгарилаш бурчаги дейилади ва φ_a билан белгиланади. Учқун чиққан зонада бу учқун иш аралашмасига ҳам электрик, ҳам иссиқлик тарзида таъсир қилади. Агар иш аралашмаси алангаланиш чегараларида бўлса, у ҳолда аралашма алангалана бошлайди.



54- расм. Ёниш процессининг характеристикаси:

a — p — φ координаталарида индикатор диаграмманинг ёниш процессини характерловчи қисми; b — заряд тарқоқ йўналганда ёниш процессининг ҳар хил даврларида аланга фронтининг вазияти (А. Н. Воинов маълумотлари), θ — ГАЗ—21 двигателида босим ва температуранинг тирсақли валининг бурилиш бурчагига боғлиқлиги ($\alpha = 1,02$; $n = 2000$ айл/мин); 1 — учқуннинг сакраш пайти; 2 — босимнинг кўтарилиш пайти; φ_1 , φ_2 — тирсақли валининг ю. и. н. дан сўнг бурилиш бурчаклари, бунда циклда энг катта босим ва температура ҳосил бўлади.

Тажрибаларнинг кўрсатишича кўзга кўранадиган аланга учқун берилган ондаёқ содир бўлмайди, чунки аланганинг пайдо бўлиши ва аралашмани ёнишга химиявий тайёрлаш учун секунднинг мингдан бир улушича вақт керак. Тажрибалар ўтказиш вақтида ёндиришни илгарिलाш бурчаги яхши (ю. ч. н. гача 20°) олиниб, берилган тезлик режимида двигателнинг оптимал кўрсаткичларга эришиб ишлашини таъминлаган.

Электр учқуни ёниш камерасига 1 нуқтада берилишига қарамасдан, босим гўё учқун чиқмагандек, 1 нуқтадан 2 нуқтагача жуда оз кўтарилади. Камера бу даврда фото расмга олинганда унинг ичида кўзга кўринарли ёниш процесси кузатилмаган. 2 нуқтада, яъни тирсақли валининг ю. ч. н. гача бурилишига 8° қолганда, босим сезиларли даражада тез кўтарила бошлайди. Шу пайтдан бошлаб алаганинг кенг тарқалиши натижасида ажралиб чиқаётган иссиқлик миқдори жуда тез кўпаяди, бу эса босим ва температуранинг сезиларли кўтарилишига олиб келади. Поршень ю. ч. н. дан $\varphi = 11^\circ$ ўтгандан сўнг босим энг катта қийматга эришган.

Ёниш процессини индикаторий диаграмма бўйича (54- расм, ϑ) анализ қилиш шуни кўрсатадики, циклнинг температураси ўзининг энг катта қийматига энг катта босимда эмас, балки бир оз кечикиброқ эришар экан. Бунга сабаб шуки, шиддатли ёниш процесси босим максимал қийматга эришгандан кейин ҳам давом этади. Бироқ поршеннинг тобора катталашиб борувчи поршеннинг тезлик билан ҳаракатланиши ва газларнинг кенгайиши натижасида газларнинг босими камая бошлайди. Бундан ташқари, иссиқликнинг газлардан цилиндр деворларига кўп узатилиши ҳам босимнинг камайишига сабаб бўлади.

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ёниш процессини бир неча усулда кузатиш мумкин. Ёниш процессини

цилиндрлар головкасига ўрнатилган, катта босим ва температураларга бардош берадиган кварц ойна орқали фотосуратга олиш усули энг маъқул усулдир.

Ёниш камерасидаги ёниш процессининг турли даврлари фотосуратга олиниб, текширилганда, ёнган ва ёнмаган аралашмани бир бирдан ажратиб турувчи ёруғланувчи контурнинг борлиги аниқланган. Аланга фронти деб аталган бу контур, аралашманинг ёниш реакциялари ривожланаётган юпқа қатламидан иборат бўлади.

Тирсакли валнинг ҳар 2° бурилишига мос келувчи жуда қисқа вақтни оралатиб, ёниш камераси фотосуратга олинган. Бу фотосуратларга кўра ёниш процессининг ривожланиш характери 54- расм, б да кўрсатилган.

Аланганинг тарқалиш фронти тўлқинсимон чизиқлар билан тасвирланган. Бу чизиқлар тирсакли валнинг бурилиш бурчига мос равишда ва заряд маълум йўналишда ҳаракатланмаган ҳол учун кўрсатилган.

Тирсакли валнинг $\Delta\varphi^\circ$ бурилишига мос келган вақт:

$$\tau = \frac{\Delta\varphi}{6n} \text{ сек,}$$

бу ерда n — тирсакли валнинг минутига айланишлар сони.

Кўзга кўринарли ёниш процессининг тугалланиши тирсакли вал ю. ч. н. дан $14-16^\circ$ ўтгандан кейин аниқланган.

Ёниш процесси жадал борадиган зонада (ёниш камерасининг ўрта қисмида) аланганинг тарқалиш тезлигининг ўртача қиймати 54- расм, б да кўрсатилган. Камеранинг деворларига яқин жойларда ва заряд жадал ҳаракатланмайдиган зоналарда, ёниш процессининг охирида аланганинг тарқалиш тезлиги анча камаяди.

Зарядлар маълум йўналишда ҳаракатланса, ёниш процесси анча тезлашади. Ҳозирги замон тез юрар автомобиль двигателларида ёниш камерасининг ўрта зонасида аланганинг тарқалиш тезлиги 60 м/сек га етади.

Ёниш процессини учта фазага бўлиш мумкин, (54- расм, а).

Биринчи фаза — электр учқуни берилган пайтдан бошлаб, босимнинг бирдан кўтарилишигача ўтган давр индикаторий диаграммада θ , бурчак билан характерланади ва ёнишнинг бошланғич фазаси деб аталади. Бунга свеча электродларининг орасидаги юқори температурали зонада (разряд пайтида температура тахминан $10\,000^\circ\text{K}$ га етади) унча катта бўлмаган ёниш марказларининг пайдо бўлиш даври ва кўзга кўринарли алангаланишнинг бошланиш даври киради. Биринчи фаза вақтида ёнувчи аралашманинг 6—8 проценти ёнади.

Иккинчи — асосий фаза — босимнинг бирдан кўтарилиш пайтидан бошлаб максимал босим $p_{z, \max}$ га эришиш пайтигача (2 нуқтадан 3 нуқтагача) ўтган давр θ_{II} бурчак билан характерланади. Бу давр давомида аланга иш аралашмаси ҳаж-

мининг катта қисмига тарқалади ва жуда кўп иссиқлик ажралиб чиқади. Иккинчи фаза давомида ёнувчи аралашманинг тахминан 80 проценти ёнади.

Ёнишнинг иккинчи фазаси индикаторий диаграмма бўйича тирсакли валнинг ҳар бир градус бурилишига тўғри келадиган босимнинг кўтарилиш тезлиги билан баҳоланади. Ёниш процессининг шиддатлиги деб аталуви бу катталикнинг ўртача қиймати қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\frac{\Delta p}{\Delta \varphi} = \frac{P_{z\max} - P_z}{\theta_{II}} \text{ бар/град ёки } \kappa\Gamma \text{ (см}^2 \cdot \text{град)}. \quad (198)$$

Босимнинг энг катта орттирмаси ($\Delta p \Delta \varphi_{\max}$) ни аниқлаш зарур бўлганда ёниш процессида босимнинг фақат тўғри чизиқ бўйлаб (k нуқтадан l нуқтагача) кўтарилиш қисми ҳисобга олинади.

Учинчи фаза — θ_{III} билан белгиланиб, у индикаторий диаграмманинг Z нуқтасидан бошланади ва ёнилгининг ёниб тугашини характерлайди. Бу фазанинг охирини индикаторий диаграммага ёзиш қийин, чунки ёнилгининг тўла ёниб бўлиши пайтини аниқлаб бўлмайди. Карбюраторли двигателларда учинчи фаза оз вақт давом этади ва тўғри содир бўлаётган ёниш процесси кенгайиш процессида поршень йўлининг биринчи ярмида тугайди.

Бундай двигателларда ёниш процесси шиддатлигининг ўртача қиймати 1—2 бар/град ни ташкил этади.

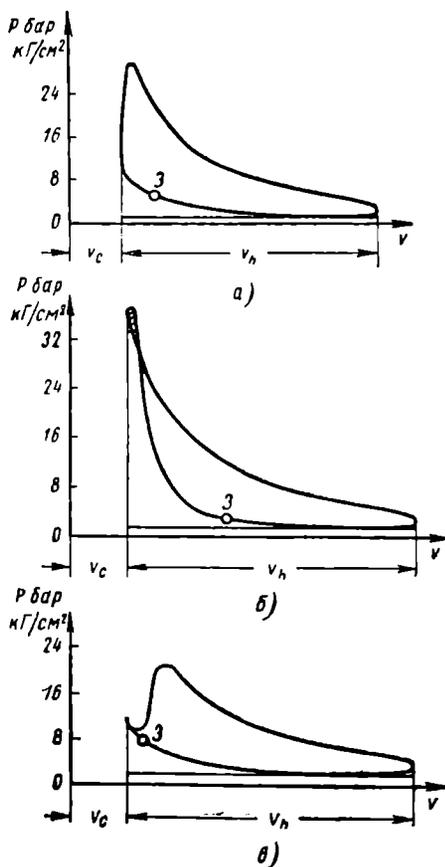
2. Ёниш сифатига ва унинг давом этишига таъсир этувчи факторлар.

Ёндиришни илгарилаш бурчагининг таъсири. Иш аралашмасининг асосий қисмининг кенгайиш вақтида ю. ч. н. яқинида ёниши учун, ёнишнинг бошланғич фазасининг давом этишини ҳисобга олган ҳолда, электр учқунини илгарироқ, тирсакли вал ю. ч. н. га бир неча градус етмасдан бериш керак.

Карбюраторли двигателнинг ёндиришни илгарилаш бурчаклари ҳар хил, дрюсел заслонкасининг ҳолати эса ўзгармас бўлганда олинган диаграммалари (55- расмда) кўрсатилган.

55- расм, *a* да тасвирланган диаграмма ёндиришни илгарилаш бурчаги энг қулай бўлганда олинган. Учқуннинг ўз вақтида берилиши натижасида ёниш процессининг юқори чекка нуқта яқинидан тугалланиши таъминланган. Бундай ҳолатда двигатель энг юқори қувватга ва энг яхши тежамлиликка эришган.

Ёндиришни илгарилаш бурчаги жуда катталаштирилганда (55- расм, *b*) ёниш процесси поршень ю. ч. н. га етиб келмасдан содир бўлади, босим тез кўтарилиб ўзининг энг юқори қийматига эришди. Поршеннинг бундан кейинги ҳаракати на-



55- расм. Ёндиришни илгарилаш бурчакларининг турли қийматларида карбюраторли двигателнинг индикатор диаграммалари

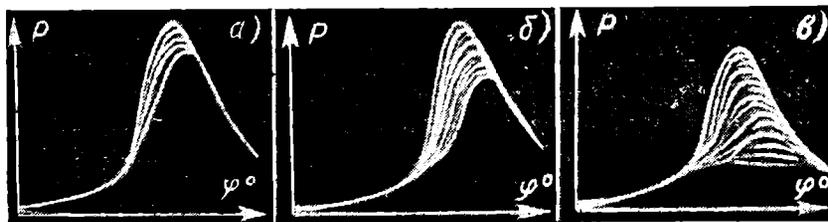
гарилаш бурчагини танлаш усули 41- § да келтирилган.

Иш аралашмаси таркибининг таъсири. Аралашманинг таркиби ҳавонинг ортиқлик коэффиценти билан аниқланиб, ёниш процессига катта таъсир кўрсатади. Тажрибаларнинг кўрсатишича, таркибидаги ҳавонинг ортиқлик коэффиценти $\alpha = 0,8 \div 0,9$ бўлган иш аралашмасининг ёниш процесси жуда қисқа вақт давом этади ва бунда аланганинг тарқалиш тезлиги жуда катта қийматга эришади. Ҳавонинг ортиқлик коэффиценти-нинг бу қийматларида ёниш процессининг бошланғич фазаси қисқаради, асосий фазаси эса тез юксалиб ёндиришни илгарилаш бурчаги тўғри танланган бўлса, юқори чекка нуқта атрофида тугайди ва босим p_z нинг энг катта қийматини ҳамда циклнинг энг кўп иш бажаришини таъминлайди.

тижасида босим камайиб, ю. ч. н. яқинида „сиртмоқ“ ҳосил бўлади ва унинг штрихланган юзаси унумсиз сарфланган ишни кўрсатади. Аралашма жуда илгари ёндирилса, қувват камайиб, двигатель тежамсиз ишлайди. Илгарилаш бурчаги жуда катта бўлса, аралашма нонормал портлаб (детонацияланиб) ёнади.

Ёндиришни илгарилаш бурчаги жуда кичик бўлса, (55- расм, в) ёниш процесси кенгайиш вақтида, поршень ю. ч. н. дан узоқлашган пайтда содир бўлади. Аралашманинг кечикиб ёниши натижасида двигателнинг қуввати ва тежамлилиги ёмонлашади, ишлатилган газларнинг температураси кенгайиш ва чиқариш процессларида кўтарилади ва двигатель қизиб кетади.

Ёндиришни илгарилаш бурчагининг энг қулай қиймати юқорида кўрсатиб ўтилган, ёниш процессига таъсир этувчи ҳамма факторларга боғлиқ. Бурчакнинг қиймати двигателни тормозлаш сцендида синаб танланади. Ёндиришни ил-



56- расм. Кетма-кет келаётган циклларда суратга олинган индикатор диаграммалар:

$$a - \alpha = 0,87; \text{ б} - \alpha = 0,98; \text{ в} - \alpha = 1,14$$

$\alpha > 0,9$ бўлганда, асосан, бошланғич фазанинг катталашиши ҳисобига ёниш вақти чўзилади.

Ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг уч хил қиймати учун навбат билан содир бўлган учта циклнинг осциллограммаси 56- расм, *a* ва *в* ларда тасвирланган. $\alpha = 0,98$ ва, айниқса, $\alpha = 1,14$ бўлганда навбат билан келувчи циклларда ёниш процесси текис ривожланмайди ва айрим циклларда у жуда секин ривожланади. Аралашма яна ҳам суюқлаштирилса, кетма-кет келувчи циклларнинг кўпчилигида ёниш процесси секин ривожланади, бу эса двигателнинг беқарор ва самарасиз ишлашига олиб келади. Аралашма таркибидаги ҳаво миқдори ёниш камерасининг шакли, сиқиш даражаси ва двигателнинг нагрукасига қараб, маълум чегарада бўлиши керак. Аралашма шу чегарадан ортиқ суюқ бўлса, аланга оямаслиги ва ёнмаслиги мумкин.

Ҳавонинг ортиқлик коэффициенти $\alpha = 0,8 + 0,9$, бўлганда цикл энг кўп иш бажаргани учун карбюраторли автомобиль двигателларида шу қийматдан фойдаланилади. Агар автомобилнинг ҳаракат шароитларига кўра двигателнинг энг катта қувватга эришиши талаб этилса, дроссель заслонкаси тўлиқ очиладиган ва айни вақтда экономайзер ишга туширилади.

Энг катта қувват ҳосил қилиш учун двигател қуюқ иш аралашмасида ишлатилса, унинг тежамлилиги паст бўлиб, ёнилги кўп сарфланади. Тежамлилиқнинг пасайишига кислотдорнинг етишмаслиги ($\alpha < 1$) туфайли ёнилгининг химиявий чала ёниши сабаб бўлади.

Ҳозирги замон карбюраторли автомобиль двигателларида ҳавонинг ортиқлик коэффициенти $\alpha = 1,05 + 1,15$ бўлиб улар тежамли ишлайди. Бу ҳолда ёниш процесси секин боради ва циклнинг бажарган иши камаяди, лекин ҳамма ёнилги тўла ёнади. Бунинг натижасида ҳақиқий циклда α нинг кўрсатилган қийматларида иссиқликдан тўла фойдаланилади ва индикаторий фойдали иш коэффициенти энг катта қийматга эришади.

Ёниш тезлиги иш аралашмасининг таркибига боғлиқ бўлганидан ёндиришни илгарилаш бурчагини ҳам ўзгартириш керак.

Иш аралашмаси уюрма ҳаракати тезлигининг таъсири. Иш аралашмасининг уюрма ҳаракати тезлиги ошганда аланга фронтининг тарқалиши тезлашади ва ёнишнинг иккинчи фаза-си ҳисобига умумий ёниш вақти қисқаради. Тажрибаларнинг кўрсатишича карбюраторли двигателларда иш аралашмаси уюрма ҳаракатланганда аланганинг тарқалиш тезлиги 15—60 м/сек ни ташкил этади, яъни уюрма ҳаракат бўлмаган пайт-дагига қараганда 8—12 марта катта бўлади.

Иш аралашмасининг цилиндрдаги уюрма ҳаракати янги зарядни киритиш пайтида ҳосил бўлади. Поршень ю. ч. н. га яқинлашаётганда иш аралашмасининг ёниш давридаги уюрма ҳаракати тезлигини ошириш учун сиқиб чиқаргичли ёниш ка-мералари ишлатилади. Бундай ёниш камерасида поршень ю. ч. н. га яқинлашаётганда ёндириш свечасига қарама-қарши жойлашган зонада поршень ва цилиндрлар головкаси орасида озгина (1 мм га яқин) оралиқ ҳосил бўлади. Заряд бу ора-лиқдан ёндириш свечасига қараб ҳайдалади; бунда уюрма ҳа-ракат кучаяди. Сиқиб чиқаргич мавжуд бўлса, ёнилғининг охирги порцияси унинг ичида ёниб, детонациянинг пайдо бў-лишини камайтиради.

Айланишлар сонининг таъсири. Двигатель айланишлар сонининг ошиши билан ёниш процесси учун ажратилган вақт айланишлар сонининг ўсишига тўғри пропорционал равишда камаяди. Ёниш фазаларининг айланишлар сонига бoғлиқлигини кўриб чиқамиз. Айланишлар сони ошиши билан ёнишнинг бошланғич фазасининг давом этиш вақти θ_1 бир оз камаяди. Лекин бу камайиш айланишлар сонининг ошишига пропор-ционал бўлмагани учун θ_1 фазанинг тирсакли валнинг бурилиш градуслари билан ифодаланган вақти ошади.

Айланишлар сони ошганда заряд жадал ҳаракатлана бош-лагани учун аланга фронтининг тарқалиш тезлиги шундай катталашадикки, асосий ёниш фазаси θ_{II} пинг тирсакли валнинг айланиш бурчаги билан ифодаланган давом этиш вақти деярли ўзгармайди.

Айланишлар сони ўсиши билан ёниш фазаси θ_{III} нинг да-вом этиш вақти ҳам ортади.

Тирсакли валнинг бурилиш бурчаги ёниш фазаси θ_1 га мос равишда катталашганда ю. ч. н. яқинида содир бўладиган ёниш процессида аралашманинг ёнишига қулай шароит яратиш учун айланишлар сони кўпайиши билан ёндиришнинг илгарилаш бурчагини ҳам катталаштириш керак.

Ёндиришни илгарилаш бурчаги марказдан қочма регулятор билан автоматик равишда ўзгартирилади.

Двигатель нагрукасининг таъсири. Двигателнинг нагрукаси камайганда дроссель заслонкасини беркитиб, цилиндрга келаётган янги аралашма миқдори камайтирилади. Шунда бо-сим ва температуранинг дастлабки ва охирги қийматлари па-

саяди; қолдиқ газлар миқдори ўзгармайди, қолдиқ газлар коэффициентлари эса кўпаяди ва бинобарин янги аралашма инерт газлар билан кўпроқ ифлосланади. Бунинг натижасида аралашманинг ёниш шароити ёмонлашади, аланганинг тарқалиш тезлиги камаёди ва ёниш процессининг бошланғич ва асосий фаза-ларининг давом этиш вақти қисқаради.

Дроссель заслонкаси беркитилганда ҳавонинг ҳаракатла-ниш тезлиги пасайганлиги учун диффузорда аралашманинг ҳо-сил бўлиши ёмонлашади.

Дроссель заслонкаси ёпилганда ёниш процессини қисман яхшилаш учун ёнувчи аралашманинг таркибини дросселнинг ҳолатига қараб махсус сошлаш ва ёндиришни илгарिलाш бур-чагини ўзгартириш керак.

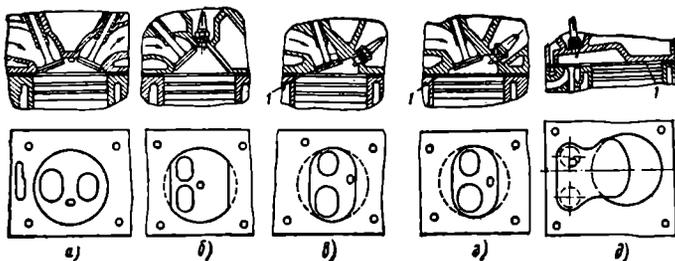
Ёнувчи аралашма таркибини шундай сошлаш керакки, дрос-сель заслонкаси двигателнинг тежамли ишлашини таъминловчи ($\alpha = 1,05 - 1,15$) ҳолатдан бошлаб ёпилганда аралашма қуюқ-лаша борсин. Аралашманинг қуюқлашиши ёниш процессининг тезлашишига ёрдам беради. Ёндиришни илгарिलाш бурчаги вакуум — корректор ёрдамида автоматик тарзда катталашти-рилса, иккинчи ёниш фазаси ю. ч. н. яқинида содир бўлади. Аралашма қуюқлаштирилганда ($\alpha < 1$) ёнилгининг химиявий чала ёниши натижасида иссиқликнинг бир қисми ажралиб чиқ-майди, ва ёнилги сарфи анча ошади. Айни вақтда ишлатилган газлар билан биргаликда чала ёнган заҳарловчи моддалар (ис-гази, ва бошқа заҳарли моддалар) кўп миқдорда атмосферага чиқариб ташланади.

Сиқиш даражасининг таъсири. Сиқиш даражаси ошганда сиқиш процесси охиридаги босим ва температура ортади. Тем-пература ва босимнинг ортиши билан ёнилгини ёнишга тайёр-лаш тезлашади ҳамда аланганинг тарқалиш тезлиги ошади. Бунинг натижасида ёниш процессининг умумий давом этиш вақти қисқаради ва двигателнинг кўрсаткичлари яхшиланади. Сиқиш даражаси ошганда ёндиришни илгарिलाш бурчаги кич-иклаштирилади.

Сиқиш даражаси ошганда детонацияли ёниш, барвақт ёниш ёки ўз-ўзидан ёниш ҳодисалари бўлмаслиги лозим, акс ҳолда сиқиш даражасини оширишдан фойда бўлмайди;

Ёниш камераси шаклининг ва ёндириш свечалари жой-лашишининг ёниш процессига таъсири. Ёниш камерасининг шакли ва ундаги ёндириш свечаларининг жойлашиши ёниш процессининг давом этиш вақтига катта таъсир кўрсатади. Ёндириш свечасидан энг узоқда жойлашган нуқтагача бўлган оралиқ кичик бўлса, ёниш камерасининг шакли энг қулай ҳи-собланади.

Ёниш камераларининг энг кўп қўлланиладиган шакллари 57-расмда кўрсатилган. Ёндириш свечасини ёниш камераси-нинг марказида жойлашганда (57-расм, б) иш аралашмаси-нинг ёнишига энг яхши шароит яратилади, чунки аланга



57- расм. Карбюраторли двигателлар ёниш камераларининг схемалари:

а — ярим сферик; *б* — чодирсимон; *в* — понасимон; *г* — ярим понасимон; *д* — клапанлар пастда жойлашган; Г-симон; *1* — сиқиб чиқаргич

фронти свечадан ҳамма томонга текис тарқала олади. Понасимон ва ярим понасимон шаклдаги ёниш камераларида клапанлар бурчак остида жойлашган ва ёндириш свечалари марказга нисбатан силжиган (57- расм, *в* ва *г*) бўлиб, бундай ёниш камераларида ёниш процесси яхшиланади. Бунга ёниш камерасининг свечадан энг узоқлашган қисмида поршень туби билан цилиндрлар головкаси орасида унча катта бўлмаган тирқиш (сиқиб чиқаргич) нинг мавжудлиги сабаб бўлади. Ёниш камерасининг бундай тузилиши иш аралашмасининг охириги порцияси детонациясиз ёнишини таъминлайди, ёндириш манбаига яқин жойлашган аралашманинг ҳажмини катталаштиради ва зарядни қўшимча равишда уюрма ҳаракатга келтиради.

Ярим понасимон ёндириш камераси (57- расм, *г*) автомобиль двигателларида (ЗИЛ-130, ГАЗ-21, МЗМА-408 двигателларида) кенг кўламда ишлатилади.

Агар клапанлар пастда жойлашган бўлса, 57- расм, *д* да кўрсатилган ёниш камераси ишлатилади. Бундай ёниш камерасида иш аралашмаси сиқиб чиқариш процессининг охирида жадал уюрма ҳаракатга келади. Бунга иш аралашмасининг поршень ва цилиндрлар головкаси орасидаги тирқишдан ёндириш манбаига қараб — сиқиб чиқарилиши сабаб бўлади.

Кўрсатилган ёниш камераси ЗИЛ-120, ГАЗ-51, ГАЗ-20 двигателларида ишлатилган; янги конструкциядаги двигателларда у ишлатилмайди.

Цилиндрнинг диаметри нисбатан катта бўлганда ёниш процессини тезлаштириш ва двигателнинг бузилмай ишлашини таъминлаш учун баъзан иккита ёндириш свечаси ўрнатилади. Худди шундай тадбирларни газ билан ишловчи двигателларда ҳам кўриш маъқул кўрилади; чунки бундай двигателларда ёниш тезлиги карбюраторли двигателлардагига нисбатан кам бўлади.

3. Детонацияли ёниш. Детонациянинг пайдо бўлишига таъсир этувчи факторлар

Карбюраторли двигателларда баъзан жаранглаган металл товушлари эшитилади. Бу товуш детонацияли ёнишнинг белгисидир. Кучсиз детонацияда бу товушлар вақт-вақти билан эшитилади ва худди поршень бармоғи билан шатуннинг юқори втулкаси орасидаги зазор катталашганда пайдо бўладиган товушга ўхшайди. Детонация ошиши билан двигателнинг цилиндрида узлуксиз кучли тақиллаш эшитилади. Двигатель бундай вақтда нотекис ишлайди, тирсакли валнинг айланишлар сони камаяди, поршень цилиндр ва цилиндрлар головкаси ортиқча қизийди, ишлатилган газларда қора тутун пайдо бўлади.

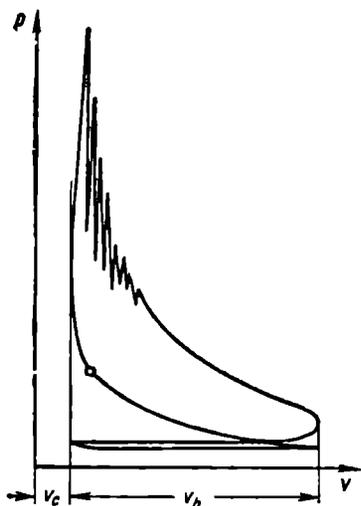
Агар двигатель узоқ вақт детонацияланиб ишласа, поршеннинг четлари, цилиндрлар билан головка орасидаги қистирмалар, шунингдек, ёндириш свечасининг электродлари ва изоляторлари куйиб кетади. Детонация натижасида ҳосил бўлган юқори босим кривошип — шатунли механизмда зарбий нагрукалар ҳосил қилиб, шатун подшипнигидаги антифрикцион қатламни ишдан чиқаради. Мой пардаларининг йиртилиши, шунингдек, ёниш маҳсулотлари таркибидаги актив моддаларнинг таъсири натижасида цилиндрлар гильзаларининг юқори қисми дейилади.

Юқорида кўрсатилган сабабларга кўра, двигателнинг узоқ вақт детонацияланиб ишлашига йўл қўйилмайди.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, ёниш процессида ҳали ёнмаган иш аралашма ёниш маҳсулотларининг кенгайиши натижасида аланга фронтининг олдида сиқилади ва унинг температураси кўтарилади. Ёниш иш аралашмасининг температураси ва босими кўтарилганда ёнилғи молекулаларида химиявий оксидланиш реакцияси пайдо бўлиб, пероксид бирикмалар ҳосил бўлади. Етарли даражада юқори температура ва босимларда бу бирикмалар аланга fronti етиб келмасданок ўз-ўзидан ёниб кетади. Бундай бошланган ёниш процесси иш аралашмасининг бошқа қатламларига жуда катта тезликда тарқалади, чунки бу қатламларда ҳам оксидланиш реакциялари ўтган бўлади.

Ёниш процессининг бундай ривожланиши натижасида зарбий тўлқинлар ҳосил бўлиб, жуда катта тезликда бутун ёниш камерасига тарқалади ва, деворлардан қайтиб, металл товушлари пайдо қилади. Зарбий тўлқинлар химиявий реакция энди гина тугаётган зоналарга таъсир этиб, детонацияли портлаш ҳосил қилади. Детонацияли тўлқинлар 2000—2300 м/сек тезликда тарқалади.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, детонацияли ёниш, одатда ёниш камерасининг свечадан энг узоқдаги зонасида пайдо бўлади. Чунки бу ердаги иш аралашмаси энг кейин ёнади ва



58-расм. Карбюраторли двигателнинг детонацияли ёнишидаги индикаторий диаграммаси

ёниб бўлган газларнинг босими остида сиқилади ҳамда юқори температура таъсирида бўлади.

Детонацияли ёнишнинг индикаторий диаграммаси 58-расмда кўрсатилган: ёниш ва кенгайиш процесларида босимни тасвирловчи чизиқ найзасимон бўлади.

Детонациянинг пайдо бўлишига ҳар хил факторлар таъсир қилади.

Сиқиш даражаси. Сиқиш даражаси ошганда сиқиш процесининг охиридаги температура ва босим кўтарилиб, детонацияли ёниш ҳосил қилиши мумкин. Шунинг учун сиқиш даражасининг энг юқори қиймати детонацияли ёниш билан чегараланади. Бундан бошқа шароитларда сиқиш даражаси ёнилғининг октан сонини кўпайтириш ва ёниш камерасининг шаклини ўзгартириш

ҳисобига оширилади. Шунинг учун мазкур двигателнинг сиқиш даражаси ишлатиладиган ёнилғини ва ёниш камерасининг турини ҳисобга олиб танланади.

Ёниш камерасининг шакли ва ёндириш свечаларининг жойлашуви. Ёниш камерасининг шакли маълум даражада аланга фронтининг тарқалиш характерини аниқлайди. Ихчам ёниш камерасининг марказида ёндириш свечасини шундай жойлаштириш керакки (57-расм, б га қаранг), бунда аланга ҳамма томонга тенг тарқалсин. Бу эса ёниш процесси детонациясиз ўтадиган сиқиш даражасини оширишга имкон беради. Сиқиб чиқаргичли ёниш камераси ишлатилса (57-расм в, г, ва д га қаранг), энг охир ёнадиган иш аралашмасидан иссиқликни олиб кетиш яхшиланиб, двигателнинг детонацияга мойиллиги камаяди.

Цилиндрлар ўлчами ва сони. Цилиндрнинг диаметри катта бўлса, ёниш камерасидаги аланганинг йўли олислашади, бу эса детонациянинг ҳосил бўлишига ёрдам беради. Бундай ҳолда аралашманинг детонациясиз ёниши учун иккита ёндириш свечаси ўрнатилиб, улар диаметр бўйича қарама-қарши томонга жойлаштирилади.

Аралашма ташқарида ҳосил бўладиган кўп цилиндрли двигателларда аралашманинг цилиндрларга нотекис тақсимланиши натижасида баъзи цилиндрларда детонацияли ёниш ҳосил бўлиши мумкин. Шунда қуюқ аралашма ($\alpha = 0,8 \div 0,9$) берилган цилиндрларда детонацияга мойиллик пайдо бўлади.

Цилиндрлар головкаси ва поршень материали. Ёниш ка- мерасини ташкил этувчи деталлардан иссиқликни олиб кетишни яхшилаб, двигателнинг детонацияга мойиллигини камайтириш мумкин. Бу мақсадда цилиндр головкаси ва поршень тайёрлаш- да иссиқликни яхши ўтказадиган материаллар ишлатиш керак. Иссиқликни чўяндан кўра яхши ўтказувчи алюминий қотиш- масидан фойдаланиш сиқиш даражасини бир оз оширишга им- кон беради.

Иш аралашмаси таркиби. Ҳавонинг ортиқлик коэффи- циенти $\alpha = 0,8 \div 0,9$ бўлганда иш аралашмаси детонацияга анча мойил бўлади, чунки бунда ёниш тезлиги, температура ва босим катта бўлиб, детонациянинг содир бўлишига ёрдам бе- ради.

Тирсақли валнинг айланишлар сони. Валнинг айланишлар сони ошганда ёнилғини химиявий тайёрлаш учун кетадиган вақт камаяди. Бундан ташқари киритиш системасидаги қарши- ликнинг ошиши туфайли қолдиқ газлар коэффиценти ортади. Бунинг натижасида ёниш процессидаги босим ва температура камаяди. Бу факторларнинг биргаликдаги таъсири туфайли айланишлар сони ортиши билан двигателнинг детонацияга мо- йиллиги камаяди.

Двигатель нагрукаси. Нагрукка камайганда ва дроссель заслонкаси мос равишда беркитилганда қолдиқ газлар коэффи- циенти ортади, сиқиш охиридаги температура ва босим эса камаяди. Бу икки фактор двигателнинг детонацияга мойилли- гини камайтиради.

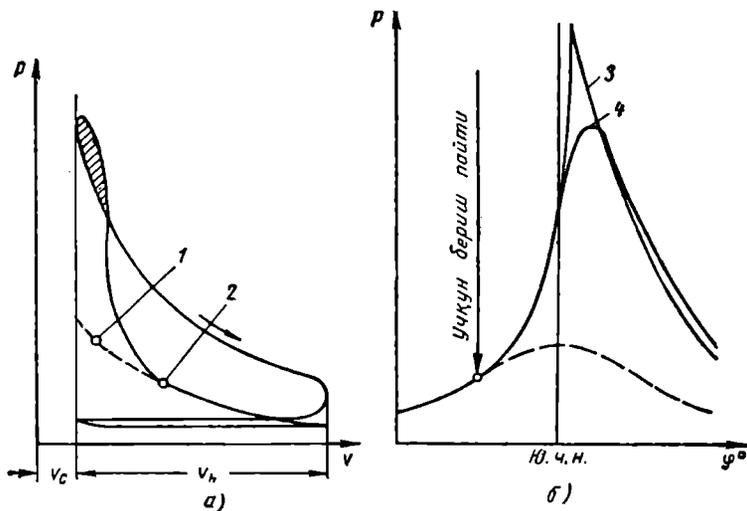
Ёндиришни илгарилаш бурчаги. Ёндиришни илгарилаш бурчаги катталашганда ёниш процесси ю. ч. н. яқинида содир бўлиб, ёниш процессининг иккинчи фазасидаги босим ва тем- пературани оширади, бу эса детонация ҳосил бўлишига ёрдам беради.

Қурум ҳосил бўлиши. Поршень тубидан ва цилиндрлар головкасининг ёниш камерасига қараган юзасида қурум ҳосил бўлса, улардан иссиқликни олиб кетиш қийинлашади ва ёниш камераси деталларининг температураси кўтарилади. Бундан ташқари қурум ҳосил бўлиши билан сиқиш даражаси ҳам бир- мунча ошади.

Бу икки фактор иш аралашмасининг температураси ва бо- симининг ортишига, бинобарин, детонацияли ёнишнинг рўй беришига сабаб бўлади.

Агар деталларни қурум қоплаганда ҳам двигателни ишла- тиш зарур бўлса, у ҳолда ёндиришни илгарилаш бурчагини камайтириш керак.

Двигателни совитиш. Ишлатилган газлар иссиқлигининг бир қисми двигателнинг деворлари орқали совитиш муҳитига узатилади. Иссиқлик узатиш камайса, цилиндр, поршень ва цилиндрлар головкаси ортиқча қизиб, детонацияли ёнишнинг рўй беришига сабаб бўлади.



59- расм. Учқун билан ўт олдириладиган двигателнинг индикатор диаграммалари:

a — барвақт ўз-ўзидан алангаланиш; *b* — сўнгги ўз-ўзидан алангаланиш; 1 — учқун берилш пайти; 2 — алангаланишнинг бошланши; 3 — сўнгги ўз-ўзидан алангаланиш натижасида ёниш; 4 — нормал ёниш

4. Барвақт ўзидан-ўзи алангаланиш

Баъзи ҳолларда головкада чиқариш клапанларида ва свечаларнинг электродларида кучли (700 — 800°C дан ортиқ) қизиган жойлар ёки чўғланган қурум мавжуд бўлса заряд учқун берилмасдан ҳам ўзидан-ўзи алангаланиши мумкин.

Заряд ўзидан-ўзи барвақт алангалангандаги двигателнинг индикаторий диаграммаси 59- расм, *a* да кўрсатилган. Заряд нотўғри алангаланганда хира тақиллаш овозлари эшитилади, двигателнинг қуввати камаяди, иссиқлик кўп йўқолади ва сиқил процессида босимнинг тез ортиши натижасида кривошип-шатунли механизмда қўшимча динамикавий кучланишлар пайдо бўлади.

5. Навбатдаги ўз-ўзидан алангаланиш

Юқори сиқилш даражасига ва антидетонаторли юқори октанли ёнилғилар ишлатиладиган карбюраторли автомобиль двигателларида ёниш процесси бошлангандан кейин чўғланган қурум зарралари таъсирида ўзидан-ўзи алангаланиш ўчоқлари ҳосил бўлади. Натижада ёнишнинг асосий фазасида босимни тез оширувчи ва максимал кўпайтирувчи қўшимча аланга фронтлари пайдо бўлиб, ёниш камерасига тарқалади. Бу ҳолда ёниш процессида кескин тақиллаш (гулдираш) кузатилади,

унинг индикаторий диаграммаси эса 59- расм, б да кўрсатилгандек бўлади.

Навбатдаги ўз-ўзидан алангаланиш, кўпинча кичик нагрузкадан тўла нагрузкага ўтаётган вақтда рўй беради.

28- §. ДИЗЕЛЛАРДА ЁНИШ ПРОЦЕССИ

1. Умумий маълумот

Дизелнинг цилиндрида сиқиш процесси ёнилғи берилмаган вақтда бажарилади. Ёнилғи ёниш камерасига поршень ю. ч. н. га келмасдан, яъни ёниш процесси бошланиши олдидан бир оз вақт илгари пуркалади. Ёнувчи аралашма бевосита цилиндрининг ичида ҳосил бўлади. Дизелларда ишлатиладиган ёнилғи (дизель ёнилғиси) бир хил жинсли аралашма ҳосил қилганда, у ҳам юқори ва пастки алангаланиш чегараларига эга бўлади.

Ёнилғи цилиндрга сиқиш процессининг охирида пуркалса, бир жинсли ёнилғи-ҳаво аралашмасини ҳосил қилиб бўлмайди. Тадқиқотларнинг кўрсатишича, пуркалаётган ёнилғи жуда қисқа вақт ичида кичик томчиларга парчаланиб, ёниш камерасига нотекис тақсимланади. Айрим жойларда буғланган ёнилғи билан ҳаво аралашмаси алангаланиш чегарасига келиб қолади.

Ёниш камерасининг айнан шу жойларида буғланган ёнилғи алангалади.

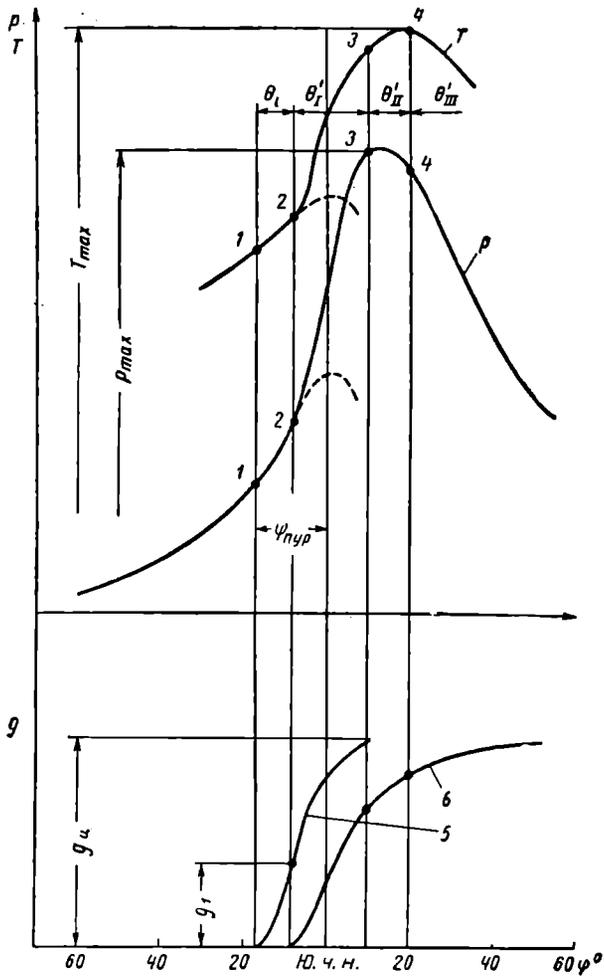
Аралашманинг ёниш камерасига нотекис тақсимланиши дизелларда аралашманинг таркибини сифатли ростлашга имкон беради.

Сифатли ростлашда дизелнинг нагрузкаси камайган ҳолларда цилиндрга кираётган ҳавонинг миқдори ўзгартирилмайди. Пуркалаётган ёнилғининг миқдори эса камайтиради, нагужада ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг ўртача қиймати ортади ва салт ишлаганда $\alpha = 5 + 6$ бўлади.

Ёнилғи пуркаш пайтида ҳавонинг температураси 700—900°К га етади. Бу эса дизель ёнилғисининг алангаланиш температурасидан тахминан 150—250° юқори. Бундай юқори температура ёнилғининг маълум зоналарда ёнишини ва кейинчалик ёниш процессининг ёниш камерасининг бутун ҳажмига тарқалишини таъминлайди.

Дизелда ёниш процессининг ривожланиш схемаси 60- расмда кўрсатилган. Схеманинг юқори қисмида босим p ва температура T нинг тирсакли валнинг бурилиш бурчаги φ га қараб ўзгариши кўрсатилган. δ эгри чизиқ ёниш камерасига пуркалган ёнилғи миқдори $g_{ц}$ ни кўрсатади. Ёнилғини пуркаш поршень юқори чекка нуқтага $\varphi_{пур}$ бурчак етмасдан (I нуқтада) бошланади. Бу бурчак ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги деб аталади.

Ёнилғини пуркаш бошлангандан кейинги биринчи даврда ёнилғи алангаланмайди ва цилиндр ичидаги босим ҳавонинг



60- расм. Дизелда ёниш процесси

янада сиқилиши туфайли ошаверади. Бунга сабаб шуки, ёнилғи пуркалган пайтдан бошлаб аланга олгунча бир оз вақт ўтади; бу вақт ичида ёнилғи томчилари қисман буғланиб алангаланишга тайёрланади. Ёнилғини ўт олишга тайёрлаш вақти тирсакли валнинг θ_1 бурчакка бурилишига мос келади (1 нўқтадан 2 нўқтагача) ва у алангаланишнинг кечикиш даври деб аталади. Бу даврнинг охирида цилиндрга g_1 мг ёнилғи тушади.

Босимни ифодаловчи эгри чизиқ 2 нўқтада штрихланган эгри чизиқдан четлашади. Шу пайтдан бошлаб ёниш процесси жадаллашиб, bosим тез кўтарилади ва тирсакли валнинг θ_1 бур-

чакка бурилишга мос бўлган қисқа вақт ичида энг катта қиймат p_z га эришади. Бу вақт оралиғи (2 ва 3 нуқталар орасидаги қисм) тез ёниш фазаси деб аталади.

Ёнишнинг бу фазасида босимнинг ошиш тезлиги ёниш камерасининг турига боғлиқ бўлиб, 4—10 бар/град атрофида бўлади.

6 эгри чизиқ ёнган ёнилғи миқдорини ифодалайди. Кўрниниб турибдики, энг катта босимга эришиш пайтида киритилган ёнилғининг фақат бир қисми ёнади. Дизелда ёниш процесси энг катта босимга эришилгандан кейин ҳам, бурчак θ_{II} га мос келувчи 3—4 қисмда жуда кўп иссиқлик ажралган ҳолда давом этади (секин ёниш фазаси). Бу қисмда поршень п. ч. н. га қараб ҳаракатланганда босимнинг бир оз пасайиши ва ёнилғининг ёнишида давом этиши туфайли температуранинг ортиши кузатилади.

Циклнинг максимал температураси 4 нуқтадан мос келади. Бу пайтда ёнилғининг асосий қисми ёниб бўлади. Кейинчалик 4 нуқтадан сўнг кенгайишда учинчи фаза θ_{III} да ёнилғи ёниб бўлади. Ёниб бўлиш охирини аниқлаш қийин. Дизелларда ёниб бўлиш фазаси учқун билан ўт олдириладиган двигателларникига нисбатан кўпроқ давом этади.

Ёниш процессининг самарали ўтиши учун, унинг давом этиш вақти мумкин қадар оз бўлиши, босим раван ошиши керак. Босимнинг тез ошиши дизелнинг шиддатли ва тақиллаб ишлашига сабаб бўлади.

2. Дизелларда ёниш процессининг давом этиш вақтига ва сифатига таъсир этувчи факторлар

Тажрибаларнинг кўрсатишича, алангаланишнинг кечикиш даври ялпи ёниш процессининг характерига таъсир этади. Алангаланишнинг кечикиш даври узоқ вақт давом этса, ёниш камерасига пуркалган ёнилғининг кўп қисми буғланиб кетади ва, кейинчалик бу ёнилғи ёниш процессига жалб этилганда босим кескин ортиб, дизель шиддатли ишлайди. Шунинг учун алангаланишнинг кечикиш даврини маълум чегарагача камайтириш керак.

Алангаланишнинг кечикиш даври ёниш процессининг бориш шароитига қараб, 0,0005 — 0,002 сек ни ташкил этади.

Алангаланишнинг кечикиш даврига ва ёниш процессининг характерига ёнилғининг химиявий ва физикавий хоссалари; ёнилғини пуркаш даврида ҳавонинг температураси ва босими; ёниш камерасида ҳавонинг уярма ҳаракати, характери ва тезлиги; ёнилғи бериш аппаратларининг ишлаш характеристикаси; ёниш камерасининг конструкцияси; ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги; дизель тирсақли валининг айланишлар сони ва нагрузкаси таъсир этади.

Ёнилғининг физикавий ва химиявий хоссалари. Алангаланишнинг кечикиш даври ёнилғининг химиявий таркибига анча боғлиқ. Ёнилғи таркибидаги парафин углеводородлари алангаланишнинг кечикиш даврини қисқартиради ва ёниш процессининг раво боришига шароит яратади.

Ёниш процессига ёнилғининг физикавий хоссаларидан унинг қовушоқлиги, сиртий таранглиги ва буғланувчанлиги таъсир кўрсатади.

Алангаланишнинг кечикиш даврини қисқартириш учун ёнилғининг цетан сонига боғлиқ бўлган ўз-ўзидан алангаланиш температурасини пасайтириш мумкин (19- § га қаранг).

Сиқилган ҳавонинг босими ва температураси. Ёнилғи пуркаш пайтида ҳавонинг босимини ва, айниқса, температурасини ошириш алангаланишнинг кечикиш даврини қисқартиради.

Ёниш камерасида ҳавонинг уюрма ҳаракати. Ёниш камерасида ҳавонинг уюрма ҳаракатининг жадаллиги ва характери ёниш процессига катта таъсир кўрсатади. Бунинг сабаби шуки, дизелларда ёнувчи аралашма ўт олиш билан бир вақтда ҳосил бўлади. Ёнилғининг самарали ёниши учун ҳавони шундай уюрма ҳаракатга келтириш зарурки, бунда ёнувчи аралашма ёниш камерасининг барча ҳажмида бир текисда ҳосил бўлсин. Ҳавонинг уюрма ҳаракати ёнилғи буғларининг серкислородли зоналарга кўчиришда ва ёниш маҳсулотларини реакция рўй берётган зоналардан чиқариб юборишга ёрдам беради.

Дизелларда киритиш ва сиқиш процессларида ҳавони уюрма ҳаракатга келтириш мақсадида турли ёниш камералари ва махсус қурилмалар ишлатилади,

Ёнилғи бериш аппаратураларининг таъсири. Ёнилғи бериш аппаратураларининг тузилиши аланга машъалининг узоққа отилишига, ёнилғини тўзитиш сифатига ва ёнилғи зарраларининг ёниш камерасининг бутун ҳажмига текис тақсимланиш даражасига таъсир этади.

Ёнилғи пуркашнинг давом этиш вақти ёнилғи бериш аппаратларининг тузилишига боғлиқ бўлиб, у ҳам ёниш процессининг боришига таъсир этади. Ёнилғи бериш аппаратларига нисбатан қўйиладиган талаблар ёниш камерасининг турига боғлиқ.

Ёнилғи бериш аппаратларининг ишлаш хусусиятлари XI бобда баён этилган.

Ёниш камераси. Ёниш камерасининг тузилиши ва тури дизелларда ёнувчи аралашма тайёрлаш ва ёниш процессига катта таъсир кўрсатади.

Тез юрар дизелларда ишлатиладиган ёниш камераларининг тури ва уларнинг ёнувчи аралашма тайёрлаш процессига ҳамда ёниш процессига таъсири XI бобда кўриб чиқилади.

Ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги. Илгарилаш бурчаги жуда катта бўлса, ёнилғи ёниш камерасига анча паст босим ва температурада пуркала бошланади, бу эса алангала-

нишнинг кечикиш даврини узайтиради. Тез ёниш фазасининг бошланишида цилиндр ичида буғланган ёнилғи кўп миқдорда тўпланиб алангалади, бу эса ёниш процессининг жуда шиддатли ўтишига олиб келади. Бундай шароитларда ёниш процесси самарали бўлмайди.

Ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги кичик бўлса, ёниш процесси кенгайиш процессида содир бўлиб, ёнилғининг кўп қисми ёниб бўлиш фазасида ёнади, натижада бу фаза узаяди. Бу ҳолда дизелнинг иш кўрсаткичлари кескин ёмонлашади, поршень цилиндрлар головкаси ва цилиндр ортиқча қизийди, ишлатилган газларнинг температураси эса ортади.

Ёнилғи пуркай бошлашнинг энг қулай илгарилаш бурчаги тажриба йўли билан танланади. У ёниш камерасининг турига, сиқиш даражасига, ёнилғининг навига, ёнилғи бериш аппаратларининг ишлашига ва тирсакли валнинг айланишлар сонига боғлиқ.

Двигатель нагрукасининг ва иш аралашмаси таркибининг ўзгариши. Дизелларда иш аралашмасининг ёниш камерасига нотекис тақсимланиши туфайли, ёниш процесси ҳавонинг ортиқлик коэффиценти катта қийматга эга бўлганда ҳам содир бўлиши мумкин. Шу сабабга кўра, ҳавонинг ортиқлик коэффиценти бирга яқин бўлганда ёнилғини тўлиқ ёндириб бўлмайди.

Ҳавонинг ортиқлик коэффиценти камайганда ёниш процессининг ёмонлашганини тутун чиқаётганлигидан, дизелнинг тежамсиз ишлаётганлигидан ва ортиқча қизиётганлигидан билиш мумкин. Ҳавонинг ортиқлик коэффицентининг энг кичик қиймати ва двигатель ҳосил қила оладиган энг катта қуввати бир қатор факторларга боғлиқ. Ҳозирги вақтда тўрт тактли автомобиль дизелларида α нинг энг кичик қиймати 1,25 — 1,4 га тенг.

Дизелларда нагрузка камайганда, фақат берилаётган ёнилғи миқдори ростлангани учун ҳавонинг ортиқлик коэффиценти ортади. Ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги ўзгармаса, ёниш процесси ю. ч. н. яқинида тугайди, бу эса иссиқликдан фойдаланишни яхшилайти ва двигательнинг индикаторий фойдали иш коэффицентини оширади.

Баъзи дизелларда (масалан, икки тактли ЯАЗ дизелларида) нагрузка камайганда ёнилғининг юқори температурали зарядга пуркалиши учун ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги камайтиради.

Айланишлар сонининг ўзгариши. Ёниш процессига таъсир этувчи факторларни анализ қилишдан маълумки, θ_1 ва θ_{II} фазаларнинг тирсакли валнинг бурилиш бурчаги билан ифодаланган давом этиш вақти тирсакли валнинг айланишлар сонидан қатъи назар, мумкин қадар ўзгармасдан қолиши керак. Бу эса айланишлар сони ошганда иккала фазанинг давом этиш вақтининг мумкин қадар қисқариши зарурлигини билдиради.

Айланишлар сони ортганда ёнувчи аралашма тайёрлаш ва ёниш процессларининг бориш шароити ўзгаради. Бунга ҳавонинг уюрма ҳаракатининг кучайиши ва ёнилғи бериш аппаратлари ишлаш шароитларининг ўзгариши сабаб бўлади. Айланишлар сони ошганда киритиш босими p_a нинг камайиши ва сиқиш процессида иссиқлик алмашув шароитларининг ўзгариши туфайли сиқиш охиридаги температура ва босим ҳам ўзгаради.

Шароитларнинг ўзгариши натижасида ёниш процессининг умумий давом этиш вақти қисқаради. Ёниш учун керак бўладиган вақтнинг айниқса, алангаланишнинг кечикиш даврининг қисқариши ялпи ёниш процесси учун талаб этилгандан кам бўлади, шунинг учун тирсакли вал ёниш процесси вақтида каттароқ бурчакка бурилади.

Ёниш процессининг ю. ч. н. яқинида ўтиши ҳамда иссиқликдан унумли фойдаланиш учун айланишлар сони орта борган сари ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчагини катталаштириш маъқул кўрилади. Бунинг учун ёнилғи насосининг валига махсус илгарилаш муфтаси ўрнатилади.

29- §. КўРИНАДИГАН ЁНИШ ОХИРИДАГИ ТЕМПЕРАТУРА ВА БОСИМНИ АНИҚЛАШ

1. Учқун билан ўт олдириладиган двигателда кўринадиган ёниш охиридаги температурани аниқлаш

Ҳисоблашни осонлаштириш учун кўриб чиқиладиган циклни (61- расм) ёниш процесси энг катта босимгача, яъни s нуқтадан z нуқтагача ўзгармас ҳажмда боради деб қабул қилинади. Фақат шу нарсани ҳисобга олиш керакки, бу даврда ёнилғи тўла ёнмайди, иссиқликнинг бир қисми ёниш камерасининг деворлари орқали совитувчи муҳитга берилади ва ёниш маҳсулотларининг диссоциацияланишига сарф бўлади.

Деворлар орқали йўқотиладиган иссиқлик миқдорига ёниш камерасининг шакли таъсир кўрсатади. Юзасининг ҳажмига нисбатан энг кичик бўлган ёниш камерасида иссиқлик кам йўқолади. Бу нуқтаи назардан ярим сферавий ва чодирсимон камералар (57- расм, *a* ва *b*) ишлатган маъқул. Клапанлари юқорида жойлашган камераларда юзанинг ҳажмга нисбати энг кичик бўлади.

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ёниш процессининг охирида температура 2200°C дан ортиқ бўлиб, ёниш маҳсулотларининг бир қисми элементларга ёки чала ёниш маҳсулотларига парчаланadi (молекулалар диссоциацияланади.)

Масалан; сув буғи H_2O қисман водород ва кислородга ажралади. Бундай парчаланишда иссиқлик ютилади. Кейинчалик кенгайиш процессида температура пасайганда иссиқлик ажралиб чиқадиган тескари процесс кузатилади. Бу процесс нис-

батан паст босим ва температурада, иссиқликдан фойдаланиш даражаси камайганда юз беради. Бунинг натижасида диссоциацияланиш вақтида молекулаларнинг ажралишига сарфланган ҳамма иссиқлик амалий жиҳатдан йўқотилган бўлиб қолади.

1 кг ёнилгининг ёниш процесси кўриб чиқиладиганда унинг ёниш иссиқлигидан фақат қисман фойдаланиш мумкинлиги ҳисобга олиниши зарур:

$$H'_u = H_u - (Q_{н.с} + Q_{с.м}),$$

бу ерда $Q_{н.с}$ — ёнилгининг кенгайиш процессида ёниб тугалланиши сабабли ажралмай қолган иссиқлик миқдори.

$Q_{с.м}$ — ёниш камерасининг деворлари орқали совиши муҳитига узатилган ва ёниш процессида диссоциацияланишга кетган умумий иссиқлик миқдори.

Ёниш иссиқликларининг нисбатини $\frac{H'_u}{H_u} = \xi$ деб белгилаймиз ва бу нисбатни кўринувчи ёниш участкасида иссиқликдан фойдаланиш коэффициенти деб атаймиз.

Газларнинг z нуқтадаги (61-расмга қаранг) температурасини аниқлашда sz участкасида ажралиб чиққан ҳамма иссиқликнинг иш бажарилганлиги туфайли ($V_{сz} = \text{const} \cdot l = 0$) ёниш маҳсулотларининг ички энергиясини оширишга сарфланиши назарда тутилади.

Агар ёниш $\alpha \geq 1$ да содир бўлса, термодинамиканинг биринчи қонунига мувофиқ;

$$H'_u = \xi H_u = U_z - U_c \quad (199)$$

бўлади.

Агар ёниш кислород етишмаганда, яъни $\alpha < 1$ да содир бўлса, ёнилгининг чала ёниши туфайли иссиқликнинг бир қисми ажралиб чиқмайди:

$$\Delta H_u = 119 \cdot 852 (1 - \alpha) L_0 \text{ кЖ/кг}; \quad (200)$$

Иссиқлик килокалорияларда ҳисобланганда (200) тенгламадаги коэффициент 28·690 га тенг.

Бу ҳол учун (199) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$\xi (H_u - \Delta H_u) = U_z - U_c. \quad (201)$$

Кўринувчи ёниш процесси охирида ёниш маҳсулотларининг ички энергияси:

$$U_z = (\mu c_v'') (M_2 + M_r) T_z$$

сиқиш процесси охирида иш аралашмасининг ички энергияси;

$$U_c = \mu c_v (M_1 + M_r) T_c,$$

бу ерда, $\mu c_v''$ — ёниш маҳсулотларининг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифими, *моль*;

μc_v — иш аралашмасининг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифими, *моль*.

Қолдиқ газларнинг миқдори ёнувчи аралашмага нисбатан кам бўлгани учун $\mu c_v' = \mu c_v$ деб қабул қилиш мумкин, бу ерда μc_v — ҳавонинг ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сифими.

U_z ва U_c нинг қийматини (201) тенгламага қўйиб, $\alpha \leq 1$ да қуйидагини оламиз:

$$\xi(H_u - \Delta H_u) = \mu c_v''(M_2 - M_r) T_z - \mu c_v(M_1 - M_r) T_c \quad (202)$$

Тенгламанинг иккала қисмини

$$M_1 + M_2 = M_1 \left(1 + \frac{M_r}{M_1}\right) = M_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})$$

га бўламиз ва олдинги ҳисоблардан маълум бўлган қийматларини чап томонга ўтказиб, қуйидагини ёзамиз:

$$\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{\text{қол}})} + \mu c_v T_c = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} \mu c_v'' T_z.$$

Ёниш маҳсулотлари ҳажмининг қолдиқ газларни ҳам қўшиб ҳисобланганда иш аралашмасининг ҳажмига нисбатан ўзгаришини характерловчи $\frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r}$ нисбатни β орқали белгилаймиз: у молекуляр ўзгаришнинг ҳақиқий коэффиценти деб аталади.

Суюқ ёнилғилар учун β доим бирдан катта, яъни ўчқун билан ўт олдириладиган двигателлар учун $\beta = 1,06 + 1,08$ ва дизеллар учун $\beta = 1,03 + 1,06$. Бу белгини (202) тенгламага киритамиз.

$$\frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{\text{қол}})} + \mu c_v T_c = \beta \mu c_v'' T_z \quad (203)$$

Ҳавонинг ортиқлик коэффиценти $\alpha \geq 1$ бўлганда (203) тенгламадаги $\Delta H_u = 0$ бўлади.

(203) тенгламада қидириладиган температура T_z нинг қиймати 2500 — 2800°К га боради, шунинг учун ҳам ҳисоблашларда иссиқлик сифмининг температурага боғлиқлиги эътиборга олинishi керак. Ҳаво ва айрим газлар иссиқлик сифими μc_v нинг турли температуралардаги қиймати 1- жадвалда келтирилган. Агар $\alpha < 1$ бўлганда ёнилгининг чала ёниши натижасида фақат ис гази ҳосил бўлади деб тахмин қилсак у ҳолда, ёниш маҳсулотларининг иссиқлик сифими (46) тенгламага мувофиқ қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} \mu c_v = & (\mu c_v)_{\text{CO}_2} \cdot \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_2} + (\mu c_v)_{\text{CO}} \frac{M_{\text{CO}}}{M_2} + (\mu c_v)_{\text{H}_2\text{O}} \frac{M_{\text{H}_2\text{O}}}{M_2} + \\ & + (\mu c_v)_{\text{N}_2} \frac{M_{\text{N}_2}}{M_2} + (\mu c_v)_{\text{O}_2} \frac{M_{\text{O}_2}}{M_2}, \end{aligned} \quad (204)$$

Бу ерда M_{CO_2} , M_{CO} , M_{H_2O} , M_{N_2} ва M_{O_2} — ёниш маҳсулотлари таркибига кирган ва $\alpha \geq 1$ учун (162) тенгламага мувофиқ ёки $\alpha \leq 1$ учун (165) тенгламага мувофиқ ҳисобланган газларнинг миқдорлари, *кмоль*.

T_z қийматини 1- жадвалдан фойдаланиб аниқлаш учун тенглама танлаш усулида ечилади. Бу усул қуйида дизелнинг иссиқлик ҳисоби мисолида кўрсатилган.

Агар ҳаво ва ёниш маҳсулотлари иссиқлик сифимларининг температурага аналитик боғлиқлиги маълум бўлса, (203) тенгламини ечиб, температура T_z ни аниқлаш мумкин.

Ҳавонинг ўртача иссиқлик сифимини тахминан ва етарли аниқликда қуйидаги тенгламадан топса бўлади:

$$\mu_{c_v} = 20,129 + 0,002411 T_{кж} / (\text{кмоль} \cdot \text{град}) \quad (205)$$

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ёниш процессининг параметрлари, одатда, дроссель заслонкасининг тўла очиқ ҳолати учун ҳисобланади. Бу ҳолат учун ҳавонинг ҳисобланган ортиқлик коэффиценти қисқа чегарада ўзгаради, бунда ёнилгининг элементар стандарт таркиби учун иссиқлик сифимини қуйидагича қабул қилиш мумкин:

$$\begin{aligned} 0,8 < \alpha < 1,0 \text{ бўлганда} \\ \mu_{c_v}'' = (18,422 + 2,5958 \alpha) + \\ + (1,549 - 1,376 \alpha) 10^{-3} \text{ кж} / (\text{кмоль} \cdot \text{град}); \end{aligned} \quad (206)$$

$$\begin{aligned} 1 < \alpha < 2 \text{ бўлганда} \\ \mu_{c_v}'' = (20,097 + \frac{0,921}{\alpha}) + (1,549 + \\ + \frac{1,376}{\alpha}) \cdot 10^{-3} \text{ кж} / (\text{кмоль} \cdot \text{град}) . \end{aligned} \quad (207)$$

μ_{c_v} ва μ_{c_v}'' нинг қийматини (203) тенгламага қўйиб, $0,8 < \alpha < 1,0$ учун қуйидагини ёзамиз:

$$\begin{aligned} \frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{қол})} + (20,129 + 0,002411 T_c) T_c = \beta [18,422 + 2,5958 \alpha + \\ + (1,549 + 1,376 \alpha) 10^{-3} T_z] T_z. \end{aligned} \quad (208)$$

Бу ерда H_u ва ΔH_u *кж/кг* да ифодаланган.

Агар H_u ва ΔH_u *ккал/кг* билан ифодаланса, (203) тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned} \frac{\xi(H_u - \Delta H_u)}{M_1(1 + \gamma_{қол})} + (4,8067 + 0,000576 T_c) T_c = \\ = \beta [4,4 + 0,62 \alpha + (3,7 + 3,3 \alpha) 10^{-4} T_z] \cdot T_z \\ 1 < \alpha < 2 \text{ бўлиб, } H_u \text{ кж/кг билан ифодаланса:} \\ \frac{\xi H_u}{M_1(1 + \gamma_{қол})} + (20,129 - 0,002411 T_c) T_c = \beta [20,097 + \frac{0,921}{\alpha} + \\ + 0,921 + (1,549 + \frac{1,376}{\alpha}) 10^{-3} T_z] \cdot T_z \end{aligned} \quad (209)$$

Агар H_u ккал, кг билан ифодаланса, у ҳолда

$$\frac{\xi H_u}{M_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})} + (4,8067 + 0,000576 T_c) T_c = \\ = \beta \left[(4,8 + \frac{0,22}{\alpha} + (3,7 + \frac{3,3}{\alpha}) 10^{-4} T_z) \cdot T_z \right]$$

бўлади.

(208) ва (209) тенгламаларда температура номаълум. Қолган қийматларни илгари келтирилган формулалар ёрдамида ҳисоблаш мумкин. (208) тенгламада

$$\frac{1}{\beta} \left[\frac{\xi (H_u - \Delta H_u)}{M_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})} + (20,129 + 0,002411 T_c) T_c \right] = C$$

деб белгиласак, у ҳолда қуйидаги тенгламани оламиз:

$$(1,549 + 1,376 \alpha) 10^3 T_z^2 + (18,422 + 2,5958 \alpha) T_z - c = 0. \quad (210)$$

Худди шу усулда (209) тенгламани $\alpha \geq 1$ бўлган ҳол учун ёки H_u килокалорияда ифодаланган тенгламани ҳам ўзгартириш мумкин.

2. Дизелда кўринувчи ёниш охиридаги температуранинг аниқлаш

Дизелларда z нуқтадаги температуранинг ҳисоблашда (60-расм), ёниш аввал ўзгармас ҳажмда (cz' участкада), кейин эса ўзгармас босимда ($z'z$ участкада) рўй беради, деб фараз қилинади. Дизелларда ёниш процессида доим ҳаво ортиқ бўлади ва ҳисоблашда $\alpha > 1$ деб олинади.

Бу ҳолда 1 кг ёнилғи учун термодинамиканинг биринчи қонуни қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\xi H_u = U_z + U_c + L'_{zz}. \quad (211)$$

Бу тенгламанинг (201) тенгламадан фарқи шундаки, у cz процессида ички энергиянинг ортишини ва $\bar{z}'\bar{z}$ участкада ўзгармас босимда ёниш процессида кенгайиш пайтида бажариладиган ишни ҳисобга олади.

Ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α маълум қийматга эга бўлганда, 1 кг ёнилғининг ёнишидан ҳосил бўлган ёниш маҳсулотларининг кўринувчи ёниш процесси охиридаги (z нуқта) ички энергияси қуйидагича аниқланади:

$$U_z = (M_2 + M_r) u_z''$$

бу ерда u_z'' — 1 кмоль ёниш маҳсулотларининг ички энергияси.

Сиқиш процесси охиридаги (c нуқта) ҳавонинг ва қолдиқ газларнинг ички энергияси қуйидагича аниқланади:

$$U_c = (M_1 - M_r) U_c^*, u_c$$

бу ерда u_c — 1 кмоль янги заряднинг ички энергияси.

Диаграмманинг штрихланган юзи $z'z'lmz'$ билан аниқланадиган кенгайиш иши

$$L_{zz'} = p_z V_z - p_{z'} V_{z'}$$

Бу ерда $p_{z'} = \lambda p_0$, $V_{z'} = V_c$ эканлиги ҳисобга олинса, у ҳолда $L_{cz} = p_z V_z - \lambda p_c V_c$ бўлади.

Ёниш маҳсулотларининг z нуқтадаги ҳолати учун $M_2 + M_z$ кмоль ёниш маҳсулотларига нисбатан ёзилган характеристик тенглама қуйидагича бўлади:

$$p_z V_z = 8314 (M_2 + M_r) T_z$$

Худди шунга ўхшаш, ҳаво ва қолдиқ газларнинг c нуқтадаги ҳолати учун, $M_1 + M_z$ кмоль ҳажмдаги ҳаво ва қолдиқ газларга нисбатан ёзилган характеристик тенглама қуйидагича бўлади:

$$p_c V_c = 8314 (M_1 + M_r) T_c$$

У ҳолда кенгайиш иши:

$$L_{zz'} = 8314 [(M_2 + M_z) T_z - \lambda (M_1 + M_r) T_c]$$

ва (211) тенглама қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\xi H_u = (M_2 + M_r) u_z'' - (M_1 + M_r) u_c + 8314 [(M_2 + M_r) T_z - \lambda (M_1 + M_r) T_c] \quad (212)$$

Ўхшаш ҳадлар келтирилиб, маълум қийматлари тенгламанинг чап томонига ўтказилгандан ва унинг ҳамма ҳадлари $M_1 + M_r = M_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})$ га бўлингандан кейин қуйидагини ҳосил қиламиз

$$\frac{\xi H_u}{M_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})} + u_c + 8314 \lambda T_c = \beta (u_z'' + 8314 T_z) \quad (213)$$

Тенгламанинг чап қисмига кирувчи $\lambda = \frac{p_z}{p_c}$ қиймат тажриба ёрдамида аниқланади. Унинг қийматлари 7-жадвалда кўрсатилган чегарада бўлади.

(213) тенгламани ечиш усули дизель двигателининг иссиқлик ҳисоби мисолида кўрсатилган.

3. Циклнинг энг катта босимини аниқлаш

Ҳар қандай цикл учун янги заряднинг c нуқтадаги ва ёниш маҳсулотларининг z нуқтадаги ҳолати характеристик тенгламалари қуйидагича бўлади.

$$p_c V_c = 8314 (M_1 + M_r) T_c \quad (214)$$

$$p_z V_z = 8314 (M_2 + M_r) T_z \quad (215)$$

* Бу ерда ҳам, учқун билан ёндириладиган двигателлардаги каби, қолдиқ газларнинг иссиқлик сифими ҳавоникига тенг, деб қабул қилинган.

**Автомобиль двигателлари ёниш процессининг
параметрлари**

Двигатель тури	λ	ρ	$T_z^0 K$	$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$	$\rho = \frac{V_z}{V_c}$	$P_z, \text{бар}$
Карбюраторли	0,8—0,9	0,85—0,95	2500—2700	3—4	1	25—50
Дизель	1,2—1,5	0,70—0,85	1900—2200	1,4—2,2*	1,7—1,2	50—90
Газ билан ишлайдиган	0,95—1,1	0,8—0,85	2200—2500	—	1	25—45

* λ нинг катта қиймати ёниш камералари поршенда жойлашган ва бўлинмас камерали дизелларда, λ нинг кичик қиймати ёниш камералари бўлинган дизелларда бўлади.

(215) тенгламани (214) тенгламага бўлиб, қуйидагини ҳосил қиламиз.

$$\frac{P_z}{P_c} \cdot \frac{V_z}{V_c} = \frac{M_2 + M_z}{M_1 + M_r} \cdot \frac{T_z}{T_c} = \beta \frac{T_z}{T_c}. \quad (216)$$

Ёниш процесси ўзгармас ҳажмда рўй берадиган цикл (учқун билан ўт олдириладиган двигателлар) учун (61- расм)

$$V_z = V_c.$$

Бу ҳолда (216) тенгламадан қуйидагини оламиз:

$$P_z = \beta \frac{T_z}{T_c} P_c. \quad (217)$$

Циклнинг ҳақиқий максимал босими (61- расмга қаранг) ҳисоблаб топилган қийматидан бирмунча кичик бўлади.

Тажриба маълумотларига кўра:

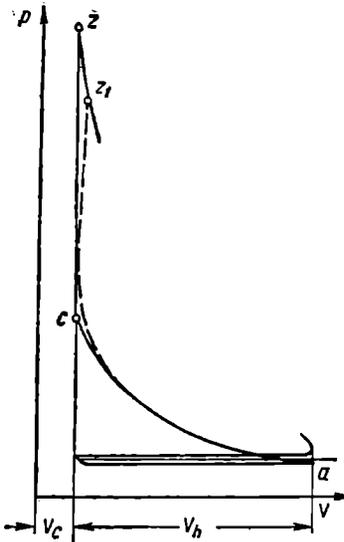
$$P_{z1} \approx 0,85 P_z. \quad (218)$$

Иссиқлик аралаш киритилган цикл (дизель) учун (62- расм):

$$\frac{P_z}{P_c} = \lambda \text{ ва } \frac{V_z}{V_c} = \rho,$$

бу ҳолда (216) тенгламадан қуйидагини оламиз:

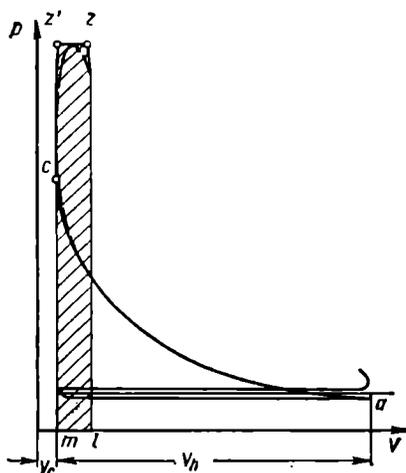
$$\lambda \rho = \beta \frac{T_z}{T_c}. \quad (219)$$



61- расм. Карбюраторли двигателнинг ҳисобланган индикаторий диаграммаси

Турли наддувсиз двигателлар максимал нагрукда ишлагандаги тажриба ва ҳисоблаш йўли билан аниқланган, ξ , T_z , λ , ρ ва p_z ларнинг қийматлари 7-жадвалда келтирилган.

20- мисол. Илгариги ҳисоблардан ва топшириқдан ёнилгининг ёшиш иссиқлиги $H_u = 44 \text{ мж кг} = 44000 \text{ кж/кг}$; 10500 ккал/кг ; 1 кг ёнилгини ёндириш учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдори $L_0 = 0,515 \text{ кмоль}$; ҳавонинг ортиқлик коэффициентини $\alpha = 0,9$; ёнувчи аралашманинги миқдори $M_1 = 0,472 \text{ кмоль}$; ёниш маҳсулотларининг миқдори $M_2 = 0,5098 \text{ кмоль}$; қолдиқ газлар коэффициентини $\gamma_{\text{қол}} = 0,06$; сиқиш охиридаги температура $T_c = 680^\circ\text{K}$; сиқиш охиридаги босим $p_c = 13,6 \text{ бар}$; иссиқликдан фойдаланиш коэффициентини $\xi = 0,85$ маълум; карбюраторли двигателдаги температура T_z босим p_z ва босимнинг ошиш даражаси λ аниқлансин.



62- расм. Дизелнинг ҳисобланган индикаторий диаграммаси

Молекуляр ўзгаришларининг ҳақиқий коэффициентини:

$$\beta = \frac{M_2 + \gamma_{\text{қол}} \cdot M_1}{H_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})} = \frac{0,5098 + 0,06 \cdot 0,472}{0,472 (1 + 0,06)} = 1,07.$$

Ёнилгининг чала ёниши натижасида фойдаланилмаган иссиқликнинг миқдори (200) тенгламага биноан қуйидагича бўлади:

$$\Delta H_u = 119852 (1 - \alpha) L_0 = 119852 (1 - 0,9) 0,515 = 6172 \text{ кж/кг}$$

$$\text{ёки } \Delta H_u = 28690 (1 - \alpha) L_0 = 28690 (1 - 0,9) 0,515 = 1477 \text{ ккал/кг.}$$

Ўзгармас қиймат

$$C = \frac{1}{\beta} \left[\xi \frac{(H_u - \Delta H_u)}{M_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})} + (20,129 + 0,002411 T_c) \cdot T_c \right] =$$

$$= \frac{1}{1,07} \left[\frac{0,85 (44000 - 6172)}{0,472 (1 + 0,06)} + (20,129 + 0,002411 \cdot 680) 680 \right] = 74000.$$

Калорияларда ҳисоблаганда ўзгармас қиймат қуйидагича бўлади:

$$C = \frac{1}{\beta} \left[\xi \frac{(H_u - \Delta H_u)}{M_1 (1 + \gamma_{\text{қол}})} + (4,8067 + 0,000576 T_c) T_c \right] = 17650.$$

Ёниш охиридаги температуранинг (210) тенгламадан аниқлаймиз: $(1,549 + 1,376 \alpha) 10^{-3} T_z^2 + (18,422 + 2,5958 \alpha) T_z - C = 0$; $(1,549 + 1,376 \cdot 0,9) 10^{-3} T_z^2 + (18,422 + 2,5958 \cdot 0,9) T_z - 74000 = 0$,

$$T_z = \frac{-20,7582 + \sqrt{20,7582^2 + 4 \cdot 2,7874 \cdot 10^{-3} \cdot 74000}}{2 \cdot 2,7874 \cdot 10^{-3}} = 2630^\circ\text{K}.$$

Калорияларда ҳисоблаганда ёниш охиридаги температура қуйидагича бўлади:

$$(3,7 + 3,3 \alpha) 10^{-4} \cdot T_z^2 - (4,4 + 0,62 \alpha) T_z - C = 0.$$

$$\alpha = 0,9 \text{ ва } C = 17\,650 \text{ учун}$$

$$T_z = 2630^\circ\text{K}$$

Ёниш охиридаги босим (217) тенглама бўйича ҳисобланади:

$$p_z = \beta p_c \frac{T_z}{T_c} = 1,07 \cdot 13,6 \frac{2630}{680} = 56,4 \text{ бар.}$$

Босимнинг ортиш даражаси:

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c} = \frac{56,4}{13,6} = 4,15.$$

Циклдаги энг катта босимнинг ҳақиқий қиймати:

$$p_{z1} \approx 0,85 p_z = 0,85 \cdot 56,4 = 48 \text{ бар.}$$

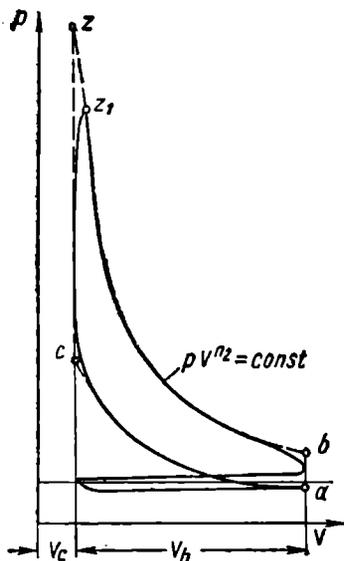
30- §. Кенгайиш процесси

Назарий циклда кенгайиш процесси ташқи муҳит билан иссиқлик алмашувисиз содир бўлади деб фараз қилинади, аммо, ҳақиқатда ёниш маҳсулотлари юқори температурада кенгайиб, иссиқликнинг бир қисмини цилиндрларнинг головкаси, деворлари ва поршеннинг туби орқали ташқи муҳитга узатади. Натижада ёниш маҳсулотлари совийди. Ёниш процесси z нуқтада тугамаганлиги учун кенгайиш процессида иссиқликнинг ажралиб чиқиши давом этади.

Шундай қилиб, кенгайиш процесси бир вақтнинг ўзида иссиқлик киритиш ва чиқариш билан рўй беради. Киритилаётган ва чиқарилаётган иссиқлик миқдорлари орасидаги нисбат доим ўзгариб туради. Кенгайиш процессининг охирида босим ва температуранинг аниқлаш учун у ўртача кўрсаткич n_2 ли политропа бўйича боради, деб қабул қилинади. Бу ҳолда кенгайиш процесси z нуқтадан (63-расм) бошланади деб фараз қилиб, кенгайиш процессининг охиридаги (b нуқта) босим ва температуранинг аниқлаш мумкин:

Шундай қилиб, кенгайиш процесси бир вақтнинг ўзида иссиқлик киритиш ва чиқариш билан рўй беради. Киритилаётган ва чиқарилаётган иссиқлик миқдорлари орасидаги нисбат доим ўзгариб туради. Кенгайиш процессининг охирида босим ва температуранинг аниқлаш учун у ўртача кўрсаткич n_2 ли политропа бўйича боради, деб қабул қилинади. Бу ҳолда кенгайиш процесси z нуқтадан (63-расм) бошланади деб фараз қилиб, кенгайиш процессининг охиридаги (b нуқта) босим ва температуранинг аниқлаш мумкин:

$$p_b = p_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2}.$$



63-расм. Ҳақиқий циклда кенгайиш процесси

$\frac{V_b}{V_z} = \delta$ нисбат сўнги кенгайиш даражаси деб аталади. Ушбу белгилашдан фойдаланилса, дизеллар учун босим қўйидагича аниқланади:

$$p_b = \frac{p_z}{\delta^{n_1}}. \quad (220)$$

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда:

$$V_z = V_c; V_b = V_a \text{ ва } \frac{V_b}{V_z} = \frac{V_a}{V_c} = \epsilon = \delta,$$

бу ҳолда

$$p_b = \frac{p_z}{\epsilon^{n_1}}. \quad (221)$$

Кенгайиш процессининг охиридаги температура дизеллар учун:

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_1-1}}. \quad (222)$$

Учқун билан ўт олдириладиган двигателлар учун эса:

$$T_b = \frac{T_z}{\epsilon^{n_1-1}}. \quad (223)$$

Ҳисобларда политропанинг ўртача кўрсаткичи тажриба маълумотлари асосида танланади.

Учқун билан ўт олдириладиган двигателлар учун $n_2 = 1,23 + 1,30$; дизеллар учун эса $n_2 = 1,18 + 1,23$.

Кенгайиш охиридаги босим ва температура қўйидаги қий-магларга эга:

учқун билан ўт олдириладиган двигателлар учун

$$p_b = 3,50 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)} \text{ ва } T_b = 1200 + 1500^\circ\text{K};$$

ва наддувсиз дизеллар учун

$$p_b = 2 - 4 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)} \text{ ва } T_b = 1000 - 1250^\circ\text{K}.$$

21- мисол. Карбюраторли двигатель учун кенгайиш процесси охиридаги температура ва босим аниқлансин. Олдинги ҳисоблашлардан қўйидагилар маълум: $p_z = 56,4 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)}$; $T_z = 2630^\circ\text{K}$; $\epsilon = 8$ ва $n_2 = 1,28$.

Кенгайиш процессининг охиридаги босимни (221) тенглама бўйича то-памиз

$$p_b = \frac{p_z}{\epsilon^{n_1}} = \frac{56,4}{8^{1,28}} = 3,63 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)}.$$

Кенгайиш процессининг охиридаги температурани (223) тенгламадан топамиз

$$T_b = \frac{T_z}{\epsilon^{n_1-1}} = \frac{2630}{8^{0,28}} = 1440^\circ\text{K}.$$

31- §. ИШЛАТИЛГАН ГАЗЛАРНИ ЧИҚАРИШ ПРОЦЕССИ

Тўрт тактли двигателларда чиқариш клапани шундай пайтда очиладики (36 ва 37- расмларга қаранг), цилиндрни ишлатилган газлардан тозалашнинг биринчи даврида (4 нуқтадан п. ч. н. гача) газлар нисбатан катта (600 — 700 м/с) критик тезликда чиқа бошлайди. Ишлатилган газларнинг қолгани кейинчалик ю. ч. н. томон ҳаракатланаётган поршень билан сиқиб чиқарилади.

Икки тактли двигателларда чиқариш органларининг очилиш пайти шундай танланадики, ишлатилган газлар ҳаво киритиш дарчаларининг очилиш даврига мумкин қадар кўпроқ чиқиб кетсин.

Барча ҳолларда ҳам чиқариш органларининг очилиш пайти тажриба йўли билан танланади.

Ишлатилган газлар двигатель цилиндрларидан юқори тезликда чиқиб, қаттиқ шовқин ҳосил қилади. Шовқинни камайтириш учун чиқариш трубаларига шовқин сўндиргич ўрнатилади. Ишлатилган газлар сўндиргичдан ўтаётганда кенгайди, натижада уларнинг тезлиги камайиб, ташқи муҳитга шовқинсиз чиқади¹.

Шовқин сўндиргич ўрнатилганда чиқариш системасининг қаршилиги бир оз ортади ва чиқариш даврида цилиндр ичидаги босим кўпаяди. Бундай шароитларда цилиндрдаги қолдиқ газларнинг миқдори ортади, тўлдириш коэффиценти эса камаёди. Шунинг учун шовқин сўндиргич шундай тузилган бўлиши керакки, шовқин қониқарли сўндирилиши билан бир қаторда чиқариш системасининг қаршилиги ортмаслиги керак. Акустикавий типдаги шовқин сўндиргичнинг қаршилиги кам бўлади.

Чиқариш органларининг очилиш пайтида ишлатилган газларнинг температураси ва босими нисбатан катта бўлади. Бинобарин иссиқликнинг кўп қисми ишлатилган газлар билан йўқолади. Ишлатилган газлар кинетикавий энергиясининг бир қисмидан двигатель цилиндрларини ҳаво ҳайдаб тозалашда фойдаланиш мумкин.

Бу ҳолда чиқариш трубопроводларига газ турбинаси уланади. Двигателнинг цилиндрларидан чиқаётган ишлатилган газлар турбинада кенгайди. Шунда ҳосил бўладиган энергия компрессорни ҳаракатга келтириш учун ишлатилади.

Газ турбинаси ўрнатилганда чиқариш системасининг қаршилиги бир оз ортади, лекин бунинг ўрни ҳаво ҳайдаш қўлланишдан олинган фойда билан қопланади.

Ишлатилган газларни чиқариш процессининг асосий параметрлари киритиш процесси кўриб чиқилаётганда қайд қилиб ўтилган эди.

¹ Ёниш маҳсулотларидаги заҳарли моддаларни камайтириш учун нейтрализатор ўрнатилганда эса шовқин шу асбобда сўнади.

ЦИКЛНИНГ ЎРТАЧА БОСИМИ, ДВИГАТЕЛНИНГ ҚУВВАТИ ВА ТЕЖАМЛИЛИГИ

32- §. ЦИКЛНИНГ ЎРТАЧА ИНДИКАТОРИЙ БОСИМИ

I. Учқун билан ўт олдириладиган двигатель

Учқун билан ўт олдириладиган тўрт тактли двигателнинг бажарган иши ҳақиқий циклнинг индикаторий диаграммасидаги $afkz_1lb_1a$ юзнинг катталиги билан тахминан аниқланади (64- расм).

Бундай диаграмма двигателни синашда индикатор билан олиниши ва кейин планиметр ёрдамида унинг юзи аниқланиши мумкин. Масштаблар ҳисобга олингани ҳолда бу юза орқали циклнинг индикаторий иши L_1 ҳисобланади. 64- расмдан кўри-ниб турибдики, ҳақиқий циклда бир процесдан бошқасига равои утилади.

Дастлабки ҳисоблашда ҳақиқий индикаторий диаграммадан фойдаланиб, циклнинг ишини аниқлаб бўлмайди. Шунинг учун ҳисобланаётган циклда бажарилган иш қиррали диаграммадаги $aszba$ юза билан аниқланади. Бу ҳолда циклнинг индикаторий иши L_1 кенгайишда бажарилган иш L_{zb} ва сиқишда бажарилган иш L_{ac} нинг айирмасига тенг:

$$L_{1p} = L_{zb} - L_{ac}$$

Политропик кенгайиш процессида бажарилган иш:

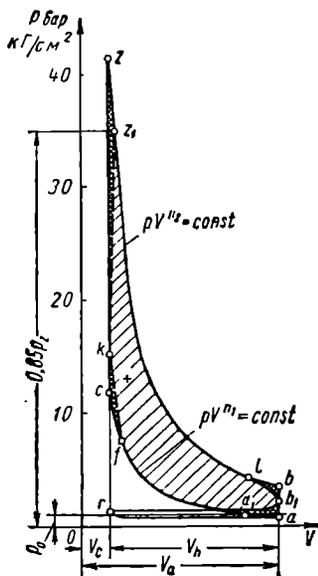
$$L_{zb} = \frac{p_z V_z}{n_2 - 1} \left[1 - \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2 - 1} \right] = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2 - 1}} \right);$$

политропик сиқиш процессида бажарилган иш:

$$L_{ac} = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left[1 - \left(\frac{V_c}{V_a} \right)^{n_1 - 1} \right] = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right),$$

бу ҳолда циклнинг индикаторий иши:

$$L_{1p} = p_c V_c \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{\phi}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]. \quad (224)$$



64-расм. Учкун билан ўт олдириладиган двигателнинг ҳақиқий ва ҳисобланган индикаторий диаграммалари

Назарий циклдаги каби, цилиндрнинг иш ҳажми V_h бирлигига тўғри келадиган ҳақиқий циклнинг ишини, яъни қиррали диаграмманинг солиштирма ишини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$p_{ip} = \frac{L_{ip}}{V_h} \quad (225)$$

СИ системасида ҳисоблашда ўртача индикаторий босимни бара ҳисобида белгилаймиз, бинобарин, L нм да, V_h эса m^3 да ифодаланган бўлса, у ҳолда $p_{ip} = \frac{L_{ip}}{V_h} \text{ нм/м}^3 = \frac{L_{ip}}{V_h} 10^{-5} \text{ бар}$ бўлади.

p_1 — циклнинг ўртача индикаторий босими. У шартли доимий таъсир кўрсатувчи ортиқча босимни ифодалайди. Бундай босимда поршеннинг бир йўлида (юришида) газлар бажарган иш циклнинг индикаторий ишига тенг.

(224) формула бўйича топилган индикаторий иш L_{ip} нинг қийматини (225) ифодага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$p_{ip} = p_c \frac{V_c}{V_h} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) \right].$$

Бу ерда $p_c = p_a \epsilon^{n_1}$ ва $\frac{V_c}{V_h} = \frac{1}{\epsilon - 1}$ бўлгани учун қиррали диаграммадаги ўртача индикаторий босимни қуйидагича толамиз:

$$p_{ip} = p_a \frac{\epsilon^{n_1}}{\epsilon - 1} \left[\frac{1}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]. \quad (226)$$

2. Дизель.

Дизелнинг ҳисоблаш йўли билан чизилган ($acz'zba$) ва ҳақиқий ($a_1c_1c_2z_2lb_1a_1$) индикаторий диаграммалари 65-расм-да кўрсатилган.

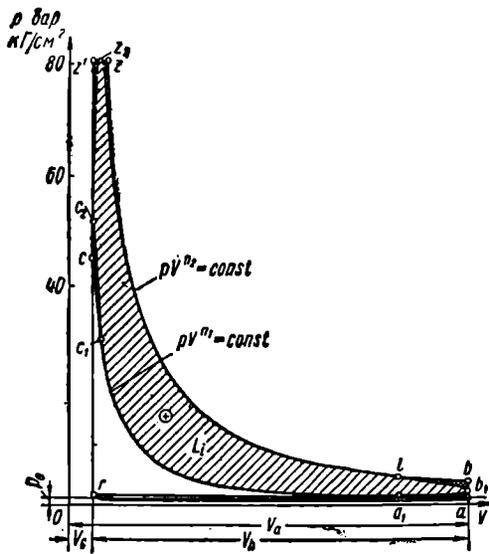
Циклнинг индикаторий иши қиррали диаграмма бўйича қуйидагича аниқланади:

$$L_1 = L_{zz'} + L_{zb} - L_{ac},$$

бу ерда

$$L_{zz'} = p_z V_z - p_{z'}, V_{z'} = \lambda p_c V_c (p - 1);$$

$$L_{zb} = \frac{p_z V_z}{n_2 - 1} \left[\left(1 - \frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2 - 1} \right].$$



65-расм. Дизель двигателининг ҳақиқий ва ҳисобланган индикаторий диаграммалари

Тенгламанинг ўнг томонини V_c га бўлиб ва кўпайтириб, шунингдек, $\frac{V_z}{V_c} = \rho$ ва $\frac{V_b}{V_z} = \delta$ эканлигини эътиборга олиб, қуйидагини оламиз:

$$L_{zb} = \frac{\lambda p_c V_z}{n_2 - 1} \cdot \frac{V_c}{V_c} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) = p_c V_c \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 + 1}}\right);$$

$$L_{ac} = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left[1 - \left(\frac{V_c}{V_a}\right)^{n_1 - 1}\right] = \frac{p_c V_c}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}}\right).$$

Айрим процессларда бажарилган ишлар учун ёзилган ифодаларни бошланғич тенгламага қўйиб ва уни V_a га бўлиб ($p_c = p_a \epsilon^{n_1}$, эканлигини ҳисобга олган ҳолда), дизелнинг қиррали диаграммасидаги ўртача индикаторий босимини қуйидагича аниқлаймиз:

$$p_{i\bar{z}} = p_a \frac{\epsilon^{n_1}}{\epsilon - 1} \left[\lambda (\rho - 1) + \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}}\right) \right] \quad (227)$$

* (226) ва (227) тенгламалардаги p_a дан бошқа барча қайматлар ўлчовсиз бўлади. Демак p_i нинг ўлчови p_a нинг ўлчов бирлигига ўхшайди.

3. Қиррасиз диаграмма бўйича ўртача индикаторий босимни аниқлаш

Таъкидлаб ўтилганидек, ҳақиқий циклнинг индикаторий иши ҳисоблаб топилган ишдан штрихланган юза миқдорича кам бўлади (64 ва 65- расмлар). Бу камайиш диаграмманинг тўлалик коэффиценти φ_T ёрдамида ҳисобга олинади. Тажриба маълумотларига кўра, тўрт тактли двигателлар учун $\varphi_T = 0,92 \div 0,97$. Бу ҳолда тўрт тактли двигатель ҳақиқий циклнинг ўртача индикаторий босими:

$$p_i = \varphi_T p_{ip} \quad (228)$$

Наддувсиз тўрт тактли двигателларда газ алмашув процессига ab_1ra юза билан аниқланадиган иш сарф бўлади (66- расм). Бу ишни, циклнинг индикаторий иши каби, иш ҳажмининг бирлигига нисбатан ифодалаш мумкин:

$$p_{газ} = \frac{L_{газ}}{V_h} \cdot 10^{-5} \text{ бар},$$

бу ерда $L_{газ}$ — *нм* ҳисобида, V_h эса m^3 ҳисобида. Эски бирликларда:

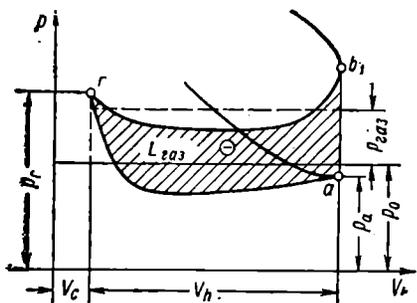
$$p_{газ} = \frac{L_{газ}}{V_h} \cdot 10^{-4} \text{ кг/см}^2,$$

бу ерда L — *кг·м* ҳисобида, V_h эса m^3 ҳисобида олинган.

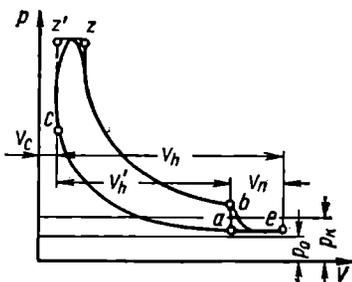
Наддув бўлмаганда $p_{газ}$ нинг қийматини қуйидаги ифода бўйича тақрибан ҳисоблаш мумкин:

$$p_{газ} = p_i - p_a \quad (229)$$

Икки тактли двигателнинг ўртача индикаторий босимини ҳисоблашда шуни ҳисобга олиш керакки, двигателдаги кенгайиш процесси фақат чиқариш органларининг очилишигача (67- расм), яъни цилиндрдаги босим кескин камайган пайтда рўй беради. Ҳажмнинг сўнгги кенгайишида ишлатилган газлар



66- расм. Тўрт тактли двигателда газ алмашушга сарф бўладиган иш



67- расм. Икки тактли двигателнинг ҳақиқий ва ҳисобланган индикаторий диаграммалари

амалда иш бажармайди. Циклнинг иши ҳисоблаб топилган индикаторий диаграмманинг $ac'z'zba$ юзи билан аниқланади.

Ўртача индикаторий босимни индикаторий ишнинг иш ҳажми V_h га ёки умумий ҳажм $V_h' = V_h' + V_n$ га нисбати билан ифодалаш мумкин.

$$\text{Биринчи ҳол учун: } p_{1p} = \frac{L_{1p}}{V_h'}$$

Ўқотилган ҳажмнинг улуши ψ ва диаграмманинг тўлалик коэффициенти ψ_T ҳисобга олинганда, умумий ҳажм V_h га нисбатан олинган циклнинг ўртача индикаторий босими:

$$p_1 = \varphi_T p_{1p} (1 - \psi).$$

Икки тактли дизелларда газ алмашув схемасига қараб, диаграмманинг тўлалик коэффициенти $\varphi_T = 0,94 + 1,0$. Ҳавони дарчалар орқали киритиш ва чиқаришда катта қиймат, тўғри оқимли ҳаво ҳайдашда эса кичик қиймат олинади.

Қуйида тўла нагрузка билан ишлаётган двигателлар учун ўртача индикаторий босим (*бар*) ҳисобида келтирилган:

Суюқ ёнилғида ишлайдиган, учқун билан ўт олдириладиган наддувсиз тўрт тактли двигателлар	80 — 12,0
Наддувсиз тўрт тактли дизеллар	75 — 10,5
Наддувли тўрт тактли автомобиль дизеллари	12 ва ундан юқори
Газда ишлайдиган учқун билан ўт олдириладиган тўрт тактли двигателлар учун	5,0 — 7,0
Наддувсиз икки тактли дизеллар —	5,0 + 7,0*
Карбюраторли кривошип-камерадан икки тактли двигателлар (мотоцикл двигателлари).	
Наддувли икки тактли дизеллар	12 ва ундан юқори

* p_1 нинг қиймати индикаторий ишнинг умумий ҳажм V_h га нисбати топилган.

Нагрузка камайиши билан ўртача индикаторий босим p_1 ҳам камайиб боради ва унинг энг кичик қиймати двигателнинг салт ишлашига тўғри келади. Бу ҳолда индикаторий ишнинг ҳаммаси ишқаланишга, газ алмашувга ва ёрдамчи механизмларни ҳаракатга келтиришга сарф бўлади.

22- мисол. Карбюраторли двигатель циклининг ўртача индикаторий босимни аниқлансин. Қуйидагилар берилган: $p_a = 0,84$ бар; $\epsilon = 8$; $n_1 = 1,34$; $n_2 = 1,28$; $\lambda = 4,15$ ва $\varphi_T = 0,97$.

Қиррали диаграмма учун ўртача индикаторий босим (226) тенгламага биноан қуйидагича ҳисобланади:

$$p_{1x} = p_a \frac{\epsilon^{n_1}}{\epsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]$$

$$= 0,84 \frac{8^{1,34}}{8 - 1} \left[\frac{4,15}{1,28 - 1} \left(1 - \frac{1}{8^{1,28 - 1}} \right) - \frac{1}{1,34 - 1} \left(1 - \frac{1}{8^{1,34 - 1}} \right) \right] = 10,1 \text{ бар}$$

(кг/см²).

Ўртача индикаторий босимнинг ҳақиқий қиймати (228) тенгламага қаранг: $p_1 = 0,97 \cdot 10,1 = 9,8$ бар (кг/см²).

33- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ИНДИКАТОРИЙ ҚУВВАТИ

Бир цилиндрда бир цикл давомида бажарилган индикаторий иш қўйидагича аниқланади:

$$L_i = p_i V_h,$$

бу ерда p_i — ўртача индикаторий босим, n/m^2 ;
 V_h — цилиндрнинг иш ҳажми, m^3 ;

$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 S$ (D — цилиндрнинг диаметри, m ; S — поршень йўли, m .)

Двигателда бир секундда бажариладиган иш циклларининг сони $\frac{2n}{\tau}$ га тенг (бу ерда, n — тирсакли валнинг бир секундда айланишлар сони, $2n$ — поршеннинг бир секунддаги юриш сони, τ — двигателнинг такти, яъни поршеннинг бир иш циклидаги юриш сони.

Бир цилиндрдаги индикаторий қувват;

$$N_{iw} = \frac{2}{\tau} p_i V_h \cdot n, \text{ Вт}$$

i цилиндрга эга бўлган двигателнинг индикаторий қуввати;

$$N_i = \frac{2}{\tau} p_i i V_h n, \text{ Вт}. \quad (230)$$

Индикаторий қувватни $квт$ ҳисобида ифодалаш анча қулайлик беради, лекин бунда p_i бар, V_h литр ва n *айл/мин* бирликларда бўлиши керак:

$$N_i = \frac{p_i l V_h \cdot n}{300 \tau}, \text{ квт}. \quad (231)$$

Эски бирликларда:

$$N_i = \frac{p_i l V_h \cdot n}{225 \tau}, \text{ о. к.}$$

бу ерда p_i — $кг см^2$; V_h — литр, ва n — *айл/мин* ҳисобида берилган.

Тўрт тактли двигателлар учун ($\tau = 4$):

$$N_i = \frac{p_i l V_h \cdot n}{1200}, \text{ квт} \quad (232)$$

ёки

$$N_i = \frac{p_i l V_h n}{900}, \text{ о. к.}$$

Икки тактли двигателлар учун ($\tau = 2$);

$$N_i = \frac{p_i l V_h n}{600}, \text{ квт} \quad (233)$$

ёки

$$N_i = \frac{p_i l V_h \cdot n}{450}, \text{ о. к.}$$

Индикаторий ишнинг бир қисми двигателдаги жуфтлаштирилган деталлар орасида ҳосил бўладиган ишқаланишга, газ алмашув процессини бажаришга ва ёрдамчи механизмларни ҳаракатга келтиришга сарфланади. Ишлаётган двигателда ишқаланиш цилиндр билан поршень ҳалқалари, тирсақли вал билан подшипниклар орасида; маховик ва тирсақли вал кривошиплари билан ҳаво орасида; бошқа айланаётган ва ҳаракатланаётган деталлар билан уларнинг таянчлари ва йўналтирувчилари, (масалан, тақсимлаш вали билан унинг таянчи, узатмаларнинг шестерёнқалари ва ҳоказолар) орасида ҳосил бўлади.

Автомобиль двигатели нагрукасиз (масалан, тишлашиш муфтаси ажратилган ҳолда) ишлаётганда индикаторий ишнинг ҳаммаси ишқаланишга, ёрдамчи механизмларни ҳаракатга келтиришга ва газ алмашувга сарф бўлади. Двигатель нагрукка остида ишлаётганда иссиқлик режими ва газларнинг таъсир кучи ўзгариши натижасида йўқотишлар қиймати ҳам бирмунча ўзгаради.

Қуйидаги белгилашларни киритамиз:

$N_{\text{ишқ}}$ — ишқаланишга сарфланадиган қувват;

$N_{\text{е. м}}$ — ёрдамчи механизм (сув ва мой насослари, вентилятор, генератор ва ҳоказо) ларни ҳаракатлантиришга сарфланадиган қувват;

$N_{\text{газ}}$ — янги зарядни киритишга ва ишлатилган газларни двигателнинг цилиндрдан чиқаришга сарфланадиган қувват (фақат тўрт тактли двигателларда эътиборга олинади);

$N_{\text{к}}$ — компрессорни (наддувли ва икки тактли двигателларда) ҳаракатга келтириш учун сарфланадиган қувват; бу қувват компрессор двигателнинг тирсақли валидан ҳаракатга келтирилганда ҳисобга олинади.

Сарфланган ҳамма қувватлар йигиндиси механикавий йўқотишлар қуввати дейилади:

$$N_{\text{м}} = N_{\text{ишқ}} + N_{\text{е. м}} + N_{\text{газ}} + N_{\text{к}}. \quad (234)$$

Механикавий йўқотишлар қуввати $N_{\text{м}}$ ни индикаторий қувват сингари қуйидаги ифода ёрдамида аниқлаш мумкин:

$$N_{\text{м}} = \frac{p_{\text{м}} l V_{\text{h}} \cdot n}{300 \tau} \text{ кВт} \quad (235)$$

ёки

$$N_{\text{м}} = \frac{p_{\text{м}} l V_{\text{h}} \cdot n}{225 \tau} \text{ о. к.} \quad (236)$$

Бу ерда $p_{\text{м}}$ — механикавий йўқотишларнинг ўртача босими, яъни ўртача индикаторий босимнинг механикавий йўқотишлар-

га сарфланадиган қисми, *бар* ҳисобида [(235) тенглама] ёки $\kappa\Gamma/\text{с.м}^2$ ҳисобида [(236) тенглама]:

$$P_m = P_{\text{ишқ}} + P_{\text{е.м}} + P_{\text{газ}} + P_{\text{к}};$$

$P_{\text{ишқ}}, P_{\text{е.м}}, P_{\text{газ}}, P_{\text{к}}$ — ўртача индикаторий босимнинг ишқаланишига, ёрдамчи механизмларни ҳаракатга келтиришга, газ алмашувга ва компрессорни ҳаракатга келтиришга сарф бўлган улушлари.

Компрессорсиз двигателда механикавий йўқотишларнинг кўп қисми (70 % га яқини) поршень ва поршень ҳалқаларининг цилиндр деворларига, ҳамда тирсақли вал бўйинларининг подшипникларга ишқаланишига сарф бўлади.

Наддувсиз тўрт тактли двигателларда газ алмашувга сарфланадиган босим штрихланган юза $b_1 r a b_1$ билан аниқланади (60- расмга қаранг). Газ алмашувга сарфланган ўртача индикаторий босимнинг улушини (229) тенгламадан тахминан ҳисоблаш мумкин.

Компрессорни ҳаракатга келтириш учун сарфланадиган қувват унинг турига, ф. и. к. га ва ҳайдалаётган ҳавонинг миқдорига боғлиқ бўлиб, махсус формулалар ёрдамида ҳисобланади.

Механикавий йўқотишлар қуввати двигателнинг турига, цилиндр диаметрига, поршень йўлига, двигателнинг тезлик ва нагрузка режимларига ва уни ишлатиш шароитларига боғлиқ. Тўрт тактли двигателларни синаш натижаларига кўра, босимлар йиғиндиси $P_{\text{ишқ}} + P_{\text{е.м}} + P_{\text{газ}} = P_m$ двигателнинг тезлик режимига боғлиқ:

$$P'_m = a + b v_n, \quad (237)$$

бу ерда a ва b — двигателнинг турига боғлиқ ўзгармас коэффициентлар;

v_n — поршеннинг ўртача ҳаракатланиш тезлиги, *м/сек*;

$v_n = \frac{S \cdot n}{30}$ (S — поршень йўли, m ; n — тирсақли валнинг минутига айланишлар сони).

Учқун билан ўт олдириладиган тўрт тактли двигателлар учун:

$$P'_m \approx 0,45 + 0,145 v_n. \quad (238)$$

Ажратилмаган ёниш камерали дизеллар учун:

$$P'_m \approx 1,05 + 0,12 v_n \quad (239)$$

ва ажратилган ёниш камерали дизеллар учун:

$$P'_m \approx 1,05 + 0,138 v_n. \quad (240)$$

Ажратилган ёниш камерали дизеллар учун ёзилган формулада v_n нинг олдидаги коэффициентнинг катта бўлишига сабаб шуки, заряд ёрдамчи камерага ўтаётганда қўшимча қаршиликлар пайдо бўлади.

Механикавий йўқотишларнинг қуввати двигателдаги совутувчи сув ва мойнинг температурасига ҳам боғлиқ. Двигателни совитадиган сувнинг ва мойнинг температураси маълум даражага кўтарилганда, ишқаланишга сарфланадиган қувват камаяди. Температуранинг ортиқча кўтарилиши мой пардасининг бузилишига ва ярим қуруқ ишқаланишга олиб келади.

Двигатель нормал ишлаётгандаги совутувчи сувнинг ва мойнинг температураси техникавий шартларда кўрсатилади.

35- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ЭФФЕКТИВ ҚУВВАТИ ВА МЕХАНИКАВИЙ Ф. И. К.

Двигателнинг тирсакли валидан олинадиган ва иш машинасини ҳаракатга келтириш учун сарфланадиган қувват эффектив қувват дейилади ва N_c билан белгиланади.

Эффектив қувват индикаторий қувватдан механикавий йўқотишлар қувватининг айирмасига тенг:

$$N_e = N_i - N_m. \quad (241)$$

Эффектив қувватнинг қиймати қуйидаги формуладан ҳисоблаб топилади:

$$N_e = \frac{p_e l V_h n}{300 \tau} \text{ кВт} \quad (242)$$

ёки

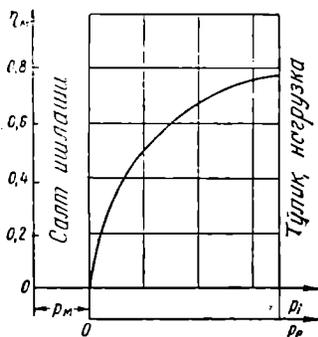
$$N_e = \frac{p_e l V_h n}{225 \tau} \text{ о. к}$$

бу ерда

$$p_e = p_i - p_m \text{ бар ёки } \text{кГ/см}^2. \quad (243)$$

p_e катталик ўртacha эффектив босим дейилади; бу катталик, ўртacha индикаторий босим каби, цилиндрнинг ҳажм бирлигига тўғри келадиган циклнинг ишини ифодалайди, шартли p_e доимий таъсир этувчи босим бўлиб, бунда поршеннинг бир йўлида газлар бажарган иш циклда бажарилган эффектив ишга тенг бўлади. Турли двигателлар учун p_e нинг номинал режимдаги қиймати қуйида берилган (бар ҳисобида);

Наддувсиз тўрт тактли учқун билан ўт олдириладиган двигателлар	7,5 — 9,5.
Дизеллар	6,0 — 8,5
	10 ва ундан юқори.
Наддувли тўрт тактли дизеллар	4,0 — 7,5
Икки тактли двигателлар	



68- расм. Механикавий ф.и.к. η_m нинг двигатель на-
грузкасига боғлиқлиги

Индикаторий қувватнинг механикавий йўқотишларга тўғри келадиган улуши механикавий ф. и. к. қиймати бўйича аниқланади:

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_1} = \frac{N_1 - N_m}{N_1} = 1 - \frac{N_m}{N_1} \quad (244)$$

ёки

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_1} = \frac{p_1 - p_m}{p_1} = 1 - \frac{p_m}{p_1} \quad (245)$$

Механикавий ф. и. к. нинг двигатель на-
грузкасига боғлиқлиги 68- расмда кўрсатилган. Абсцисса-
лар ўқи бўйлаб циклнинг ўртача
индикаторий босими ва эффектив
босими ёзилган. Бунда циклнинг

эффектив босими двигательнинг на-
грузкасини характерлайди. Двигатель салт ишлаганда $p_1 = p_m$ бўлади. Бундай шароитларда эффектив қувват, ўртача эффектив босим ва механикавий ф. и. к. нолга тенг. Нагрузка ошиб борган сари механикавий ф. и. к. катталашиб, двигательнинг тўла на-
грузкасида энг юқори қийматига эришади.

Эффектив қувват, механикавий йўқотишлар, механикавий ф. и. к. двигательни тормозлаш стендида синаш йўли билан аниқланади.

Номинал режимда (нагрузка 100 %) ишлаётган турли двигательлар учун механикавий ф. и. к. нинг қиймати қуйида келтирилган:

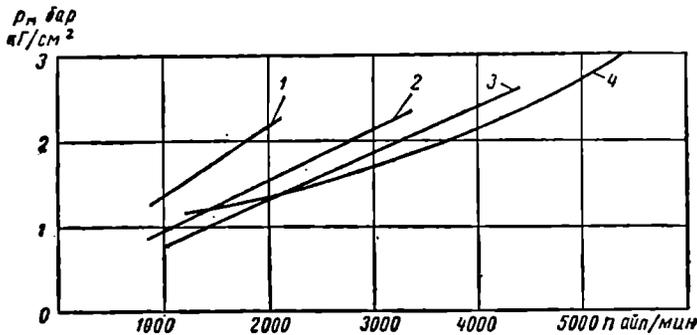
Наддувсиз тўрт тактли двигательлар:	
Учқун билан ўт олдириладиган двигательлар:	0,70 — 0,85
Дизеллар	0,70 — 0,82
Наддувли тўрт тактли дизеллар	0,80 — 0,90
Икки тактли дизеллар	0,70 — 0,85

Бир қатор двигательлар учун механикавий йўқотишлар ўртача босимининг тирсакли валнинг айланишлари сонига қараб ўзгариши 69- расмда берилган.

36- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ТЕЖАМЛИЛИГИ ВА Ф. И. К.

Двигательнинг сифатини характерловчи асосий кўрсаткичлардан бири ёнилғи сарфи ёки унинг тежамлилигидир.

Двигательни стендда маълум режимда ($N_1 = \text{const}$, $p_1 = \text{const}$ ва $n = \text{const}$) синаш вақтида маълум қувват учун сарфланган ёнилғининг миқдори ўлчанади. Ўлчаш натижалари бўйича ҳар соатда кг ҳисобида сарф бўлган ёнилғи миқдори G_e аниқланади.



69- расм. Механикавий йўқотишларнинг ўртача босими p_m нинг айланишлар сонига боғлиқлиги:

1 — ЯМЗ—238 дизели; 2 — ЗИЛ — 130 карбюраторли двигатель; 3 — ГАЗ — 21А карбюраторли двигатель; 4 — тез юрар карбюраторли двигатель

Двигателнинг тежамлилиги 1 *квт* қувват учун ҳар соатда ёки 1 *о. к.* қувватга ҳар соатда сарф бўлган ёнилғининг грамм ҳисобидаги миқдори билан баҳоланади. Бу миқдор ёнилғининг солиштирма сарфи дейилади.

Ёнилғининг солиштирма индикаторий сарфи:

$$g_1 = \frac{G_e}{N_1} \cdot 10^3 \text{ г/ (квт} \cdot \text{соат)}. \quad (246)$$

Ёнилғининг солиштирма эффектив сарфи:

$$g_e = \frac{G_e}{N_e} \cdot 10^3 \text{ г/ (квт} \cdot \text{соат)} \quad (247)$$

ёки $N_e = \eta_m \cdot N_1$ бўлгани учун:

$$g_e = \frac{G_e}{\eta_m N_1} \cdot 10^3 = \frac{g_1}{\eta_m}. \quad (248)$$

(246), (247) ва (248) формулаларда қувват *квт* ҳисобида ифодаланган. Эски бирликлар системасида ҳисобланганда формулаларнинг кўриниши ўзгармайди, лекин N_1 N_e нинг қиймати *о. к.* да ифодаланади. Бу ҳолда g_e ва g_1 *г/ (о. к. соат)* билан ўлчанади.

Агар ёнилғининг солиштирма индикаторий сарфи маълум бўлса, у ҳолда индикаторий ф. и. к. [(174) тенгламага қаранг] қуйидагича аниқланади:

$$\eta_1 = \frac{3600}{H_n \cdot 10^3 g_1 \cdot 10^{-3}} = \frac{3600}{H_n g_1}, \quad (249)$$

бу ерда 3600 *кж/ (квт} \cdot \text{соат)}* — кўчириш коэффициенти, H_n *мж/кг* ҳисобида ва g_1 *г/ (квт} \cdot \text{соат)}* ҳисобида ифодаланган. Эски бирликлар системасида ҳисобланаётганда [H_n *ккал, кг*

ҳисобида ва $g_1 \text{ г}/(\text{о. к. соат})$ ҳисобида] индикатор ф. и. к. қўйидагича аниқланади:

$$\eta_1 = \frac{632}{H_n g_1 10^{-3}},$$

бу ерда, $632 \text{ ккал}/(\text{о. к. соат})$ — ишнинг иссиқлик эквиваленти.

Индикаторий ф. и. к. η_1 циклниң номукамаллиги натижа-сида ҳосил бўладиган қўшимча йўқотишлар туфайли термик ф. и. к. дан кичик бўлади. Бу қўшимча йўқотишлар нисбий ф. и. к. билан баҳоланади. (249) тенгламада қабул қилинган ўлчов бирликларини ҳисобга олганда, нисбий ф. и. к. қўйида-гича ёзилади:

$$\eta_n = \frac{\eta_1}{\eta_t} = \frac{1}{\eta_t} \cdot \frac{3600}{H_n g_1}, \quad (250)$$

бу ердан

$$\eta_1 = \eta_t \cdot \eta_n. \quad (251)$$

Иссиқликнинг эффектив ишга айланган улуши эффектив ф. и. к. бўйича аниқланади. Агар H_n ни $\text{мж}/\text{кг}$ ва g_e ни $\text{г}/(\text{квт} \cdot \text{соат})$ ҳисобида ифодаласак, у ҳолда эффектив ф. и. к. қўйидагича бўлади:

$$\eta_e = \frac{3600}{H_n g_e}. \quad (252)$$

Эски бирликларда [$H_n \text{ ккал}/\text{кг}$ ва $g \text{ г}/(\text{о.к. соат})$ ҳисо-бида]:

$$\eta_e = \frac{632}{H_n g_e} \cdot 10^3.$$

(251) тенгламани ҳисобга олиб, қўйидагича ёзиш мумкин:

$$\eta_e = \eta_t \cdot \eta_n \cdot \eta_m = \eta_1 \eta_m. \quad (253)$$

Ҳозирги замон автомобиль двигателлари учун номинал ре-жимда ёнилгининг солиштира сарфи, индикаторий ва эффек-тив ф. и. к. ларининг қиймати 8- жадвалда берилган.

Агар двигателни синаш натижасида ёнилгининг соатли сар-фи ва қуввати маълум бўлса, ёнилгининг солиштира сарфини юқорида келтирилган формулалар билан аниқлаш мумкин.

Двигателларнинг иш кўрсаткичларига таъсир этувчи фак-торларни анализ қилиш ва кўзда тутилган тежамликни даст-лабки ҳисоблаш учун қўйидаги ифодалардан фойдаланиш маъқул кўрилади. Индикаторий ф. и. к.

$$\eta_1 = \frac{L_1}{H_n} \quad (254)$$

бу ерда L_1 — двигателнинг цилиндрида 1 кг ёнилғи ёнганда ҳосил бўлган индикаторий иш, ж .

Номинал режимда ишлаётган автомобиль двигателлари учун
ёнилғининг солиштира сарфи, индикаторий ва эффектив ф. и. к.

Двигател- нинг тури	Ёнилғининг солиштира сарфи				Индикаторий ф. и. к. η_i	Эффектив ф. и. к. η_e
	индикаторий		эффектив			
	z_i (квт соат)	z_i (о. к. соат)	z_e (квт соат)	z_e (о. к. соат)		
Карбюра- торли	245—300	180—220	330—325	220—260	0,28 — 0,35	0,25 — 0,29
Тез юрар дизеллар	175—205	130—150	220—240	160—180	0,42 — 0,48	0,36 — 0,40
Газ билан ишлайди- ган	—	—	—	—	0,28 — 0,33	0,23 — 0,26

Индикаторий ишни қўйидагича ифодалаш мумкин:

$$L_i = p_i V_h n. \text{ м.},$$

бу ерда p_i — n/m^2 , V_h — m^3 .

Иш ҳажми V_h ни ташқи муҳит шароитлари M_1 моль янги заряд учун ёзилган характеристик тенгламадан аниқлаш мумкин.

$$V_h = 8314 \frac{M_1 \cdot T_0}{p_0 \eta_V}.$$

Бу ҳолда

$$L_i = 8314 \frac{p_i}{p_0} \frac{M_1 T_0}{\eta_V}. \quad (255)$$

L_i нинг қийматини (254) тенгламага қўйгандан кейин (255) тенгламадан қўйидагини оламиз:

$$\eta_i = 8314 \frac{p_i}{p_0} \frac{M_1 T_0}{H_u \eta_V}. \quad (256)$$

(256) тенгламадаги $\frac{T_0}{P_0}$ нинг қийматини газ доимийси R ва характеристик тенглама бўйича ҳавонинг зичлиги ρ_0 орқали ифодалаш мумкин. Наддувсиз двигатель ишлаётганда

$$\frac{T_0}{P_0} = \frac{1}{R \rho_0}.$$

Суюқ ёнилғи билан ишлайдиган барча двигателларда янги заряд фақат ҳаводан иборат деб фараз қилсак, яъни учқун билан ўт олдириладиган двигатель учун $\frac{1}{\mu_a}$ нинг қийматини

ҳисобга олмасак, янги заряднинг миқдори қуйидагича аниқланади:

$$M_1 = \alpha L_0 = \frac{\alpha L_0}{\mu_x}$$

бу ҳолда $\mu_x R = 8314$ ни ҳисобга олсак, қуйидагини ёзишимиз мумкин:

$$\eta_1 = 8314 \frac{p_1 \alpha l_0 \mu_x}{8314 \mu_x \rho_0 \gamma_V H_u} \quad (257)$$

Агар p_1 бар ва H_u *мж/кг* ҳисобида ўлчанса, (257) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\eta_1 = \frac{\alpha l_0 p_1}{10 H_u \rho_0 \gamma_V} \cdot \quad (258)$$

Ҳисоблаш эски бирликлар системасида олиб борилса (p_1 — *кг/см²* ва H_u *ккал/кг*), у ҳолда:

$$\eta_1 = 23,426 \frac{\alpha l_0 p_1}{H_u \rho_0 \gamma_V} \cdot$$

(249) тенгламага кўра

$$g_1 = \frac{36000}{H_u \eta_1} \cdot \quad (259)$$

Бу ерда η_1 нинг ўрнига унинг (258) тенгламадаги қийматини ёзамиз:

$$g_1 = 36000 \frac{\rho_0 \gamma_V}{\alpha l_0 p_1} \text{ з/ (квт} \cdot \text{соат)} \quad (260)$$

Эски бирликлар системасида ҳисобласак, яъни p_1 — *кг/см²* ва зичлик ρ_0 *кг/м³* билан ифодаланса, у ҳолда

$$g_1 = 27000 \frac{\rho_0 \gamma_V}{\alpha l_0 p_1} \text{ з/ (о. к. соат)}^*$$

Ёнилгининг солиштирама эффектив сарфи $g_e = \frac{q_1}{\gamma_M}$ ва ўртача эффектив босим $p_e = \gamma_M \cdot p_1$ бўлганлиги учун

$$g_e = 36000 \frac{\rho_0 \gamma_V}{\alpha l_0 p_e} \text{ з/ (квт} \cdot \text{соат)} \quad (261)$$

ёки эски бирликлар системаси қўлланилганда

$$g_e = 27000 \frac{\rho_0 \gamma_V}{\alpha l_0 p_e} \text{ з/ (о. к. соат)}$$

бўлади.

* Наддувли двигателни ҳисоблашда ҳавонинг зичлиги $\rho_0 = \rho_k$ бўлади ва у ҳавонинг компрессордан кейинги параметрлари билан аниқланади.

23- мисол. Тўрт тактли карбюраторли дроссель заслонкаси тўла очик ҳолда ишлаганда унинг ўртача эффектив босими p_e , ёнилгининг солиштирма эффектив сарфи g_e ва фойдали иш коэффициентлари аниқлансин. Двигатель тирсакли валнинг айланишлар сони $n = 5500$ ай/мин поршеннинг ўртача тезлиги эса $v_n = 13$ м/сек.

Илгариги ҳисоблардан $l_0 = 14,91$ кг; $\alpha = 0,9$; $\rho_0 = 1,21$ кг/см³;

$$p_a = 0,84 \text{ бар (кг/см}^2\text{)}; H_u = 44 \text{ Мж/кг} = 10500 \text{ ккал/кг};$$

$$\gamma_v = 0,78 \text{ ва } p_1 = 9,8 \text{ бар (кг/см}^2\text{)}.$$

(238) тенгламага биноан, ишқаланишга, газ алмашувига ва ёрдамчи механизмларни ҳаракатга келтиришга сарф бўладиган ўртача босимнинг улуши қуйидагича топилади:

$$p_m = 0,45 + 0,145 v_n = 0,45 + 0,145 \cdot 13 = 2,35 \text{ бар} \cdot (\text{кг/см}^2).$$

Ўртача эффектив босим

$$p_e = p_1 - p_m = 9,8 - 2,35 = 7,45 \text{ бар} \cdot (\text{кг/см}^2).$$

Механикавий ф. и. к.

$$\gamma_m = \frac{p_e}{p_1} = \frac{7,45}{9,8} = 0,76.$$

Ёнилгининг индикаторий солиштирма сарфи:

$$g_1 = 36000 \frac{\rho_0 \gamma_v}{\alpha l_0 p_1} = 36000 \frac{0,78 \cdot 1,21}{0,9 \cdot 14,91 \cdot 9,8} = 259 \text{ г/ (квт} \cdot \text{соат)}$$

ёки

$$g_1 = 27000 \frac{\rho_0 \gamma_u}{\alpha l_0 p_1} = 27000 \frac{1,21 \cdot 0,78}{0,9 \cdot 14,91 \cdot 9,8} = 192 \text{ г/ (о. к. соат)}.$$

Ёнилгининг эффектив солиштирма сарфи:

$$g_e = \frac{g_1}{\gamma_m} = \frac{259}{0,76} = 342 \text{ г/ (квт} \cdot \text{соат)}$$

ёки

$$g_e = \frac{g_1}{\gamma_m} = \frac{192}{0,76} = 252 \text{ г/ (о. к. соат)}.$$

Индикаторий ф. и. к.

$$\gamma_1 = \frac{3600}{H_u g_1} = \frac{3600}{44 \cdot 259} = 0,316$$

ёки эски бирликлар системасида:

$$\gamma_1 = \frac{632 \cdot 10^3}{H_u g_1} = \frac{632 \cdot 10^3}{10500 \cdot 192} = 0,315.$$

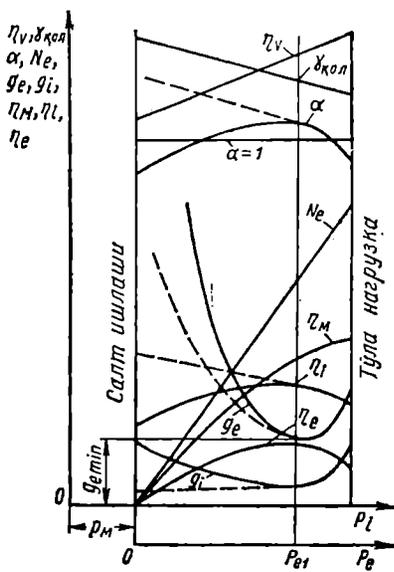
Эффектив ф. и. к.

$$\eta_e = \gamma_1 \cdot \gamma_m = 0,316 \cdot 0,76 = 0,24.$$

37- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ТЕЖАМЛИЛИГИ ВА ҚУВВАТИГА ТАЪСИР ҚИЛУВЧИ ФАКТОРЛАР

1. Двигателнинг тежамлилигига таъсир этувчи факторлар

(260) ва (261) тенгламалар шуни кўрсатадики, ёнилгининг солиштирма сарфи двигателнинг киритиш системасига кираётган янги заряднинг параметрлари ρ_0 га тўлдириш коэффициенти γ_v



70- расм. Карбюраторли двигатель асосий кўрсаткичларининг $n = \text{const}$ бўлганда нагзукага қараб ўзгариши характерли

га, янги заряд миқдори αl_0 га ва ўртача эффектив p_e ёки индикаторий p_1 босимга боғлиқ.

(242) тенгламага кўра, двигатель валининг айланишлар сони ўзгармас бўлса, унинг эффектив қуввати фақат ўртача эффектив босим p_e га боғлиқ бўлади. Масалан, $p_e = 0$ бўлса, $N_e = 0$; карбюраторли двигательнинг максимал қуввати дроссель заслонкаси тўла очилганда, дизелда эса ёнилғи насосининг рейкаси зарур ҳолатга сурилганда ҳосил бўлади. Насоснинг рейкасини суриб, ҳар циклда берилган ёнилғи миқдори двигательнинг тутунсиз ишлаб, максимал қувват ҳосил қилишини таъминлаши лозим: бинобарин, ўртача эффектив босим p_e (ёки p_1) двигательнинг нагзукасини характерлайди.

Шуни айтиш керакки, двигательнинг тежамлилигига юқори

ридаги факторларнинг таъсирини айрим-айрим қараб бўлмайди, чунки бир факторнинг ўзгариши билан бошқалари ҳам ўзгаради. Бу факторлар учқун билан ўт олдириладиган двигательларда ва дизелларда ҳар хил ўзгаради.

Карбюраторли двигатель асосий кўрсаткичларининг нагзукага қараб ўзгариш характери 70- расмда кўрсатилган. Бунда тирсакли валнинг айланишлари сони ($n = \text{const}$) ва ташқи муҳит шароитлари ўзгармас ($p_0 = \text{const}$) деб олинган.

Ўртача эффектив босим $p_e = 0$ ($p_1 = p_m$) ва дроссель заслонкаси салт ишлаш ҳолатига қўйилганда тўлдириш коэффициенти η_v энг кичик қийматга эга бўлади. Дроссель заслонкаси очила бориши билан тўлдириш коэффициенти ҳам катталаша боради ва (ўртача эффектив босим p_e энг) юқори) дроссель заслонкаси тўла очиб бўлганда η_v энг катта қийматга етади. Бунинг натижасида қолдиқ газлар коэффициенти $\gamma_{\text{кол}}$ нагзука камайиши билан ўсади, ёнилғининг ёниш шароити эса ёмонлашади. Дроссель заслонкаси қия ёпилганда ёнувчи аралашманинг ёниши учун уни қуоқлаштириш керак, бунинг учун карбюратор махсус соланади. 70- расмга кўра, двигатель салт ишлаганда, ҳавонинг ортиқлик коэффициенти бирдан кичик бўлади. Нагзука p_{e1} гача ошганда ҳавонинг ортиқлик коэффи-

циенти кўтарилади ва ўзининг энг катта қийматига двигатель тежамли ишлаганда эришади. Двигателнинг нагрукасини яна кўпайтириш зарур бўлганда дроссель заслонкасини очиш билан бир пайтда экономайзер ҳам ишга туширилади ва ёнувчи аралашма қуюқлашади.

Кўрсатиб ўтилганидек (68- расмга қаранг), нагруканинг ошиши билан механикавий ф. и. к. η_m нулдан максимумгача катталашади. Эффе́ктив ф. и. к. $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m$ бўлганлиги учун нагрукасиз ишларда у нўлга тенг бўлади. Нагрукка p_{e1} гача ошиши билан аралашманинг суюқлашиши (бунда индикаторий ф. и. к. η_i ошади) ва айни вақтда ф. и. к. η_m нинг ошиши натижасида эффе́ктив ф. и. к. η_e катталашади. Нагрукка бундан кейин ҳам оширилса, аралашма қуюқлаштирилиб, ёнилғининг иссиқлигидан чала фойдаланилади ва бунинг ўрнини механикавий ф. и. к. η_m нинг ошиши қоплай олмайди, натижада эффе́ктив ф. и. к. η_e пасаяди. η_e бу хилда ўзгарганда унга мос равишда ёнилғининг солиштира эффе́ктив сарфи g_e ҳам ўзгаради.

$g_e = \frac{g_1}{\eta_m}$ бўлганлиги учун двигатель нагрукасиз ишлаганда $\eta_m = 0$ ва g_e чексизга тенг бўлади. Ёнилғининг энг кам солиштира сарфи максимал эффе́ктив ф. и. к. га тўғри келади. Нагруканинг пасайиши билан η_i ва η_m камаяди, бунинг натижасида ёнилғининг солиштира эффе́ктив сарфи кескин ошади.

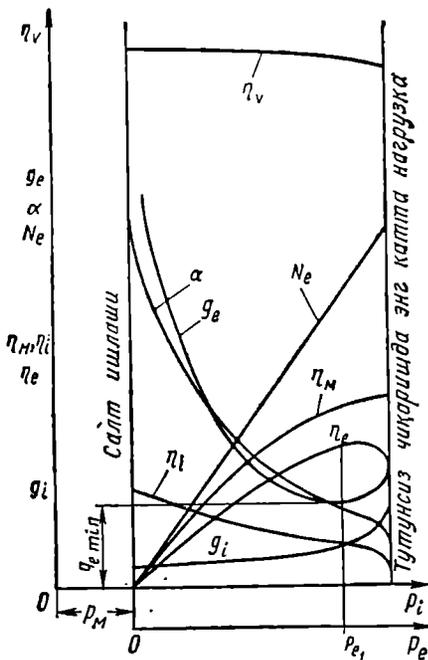
Шуни айтиш керакки, нагрукка камайиши билан тежамликнинг кескин ёмонлашиши карбюраторли автомобиль двигателларининг асосий камчилигидир. Автомобиль двигатели кўп вақт дроссель заслонкаси чала ёпиқ, яъни нагрукка p_{e1} дан кам бўлган ҳолда ишлайди, шунда ёнилғининг солиштира индикаторий сарфи g_1 ошади.

Двигатель p_{e1} дан кам нагруккада ишлаганда унинг тежамлилигини яхшилаш мумкин (70- расмда штрих чизиқлар билан кўрсатилган). Бунинг учун суюқ ёнувчи аралашманинг ($\alpha > 1$) қониқарли ёнишини таъминлаш керак. Суюқ аралашманинг ёнишини аланга билан ёндириш усулини татбиқ этиб яхшилаш мумкин (61- § га қаранг).

$\rho_0 = \text{const}$ ва $n = \text{const}$ бўлганда дизелнинг параметрлари орасидаги боғланиш (71- расмда) кўрсатилган.

Нагрукка камайганда ҳавонинг кам исиши натижасида тўлдириш коэффи́циенти бир оз катталашади.

Шунда ҳавонинг ортиқлик коэффи́циенти ошади, чунки пуркаладиган ёнилғи миқдори камаяди. Нагрукка камайганда ёниш процесси ю. ч. н. яқинида тугалланади ва ёнилғининг кўп қисми деярли ўзгармас ҳажмда ёнади, бу эса иссиқлақдан фойдаланишни яхшилаиди. Натижада дизелда нагрукка пасайганда индикаторий ф. и. к. η_i ошади, ёнилғининг индикаторий солиштира сарфи g_1 эса шунга яраша камаяди.



71-расм. Дизель двигатели асосий кўрсаткичларининг $n = \text{const}$ бўлганда нагрузкага қараб ўзгариши характери

Дизелнинг эффектив ф. и. к. η_e ва ёнилғининг солиштирма сарфи g_e карбюраторли двигателдаги каби, p_{e1} га тўғри келадиган маълум бир нагрузкада (тўла нагрузканинг $0,80 - 0,85$ қисмида) ўзининг оптимал қийматига эга бўлади.

Нагрузканинг бундан кейинги ортишида аралашма ҳосил қилиш шароити бузилиб, ёнилғи процесси ёмонлашади. Бунинг натижасида индикаторий ф. и. к. кескин камаяди ва унинг ўрнини механикавий ф. и. к. нинг ортиши қоплай олмайди, провардида ёнилғининг солиштирма сарфи ошади. Ишлатилган газларда тутун пайдо бўлиш пайти нагрузкани ошириш чегараси ҳисобланади. Дизелнинг бу режимда ишлашига йўл қўйилмайди.

Дизель p_{e1} дан кам нагрузкада ишлаганда ёнилғининг

эффектив солиштирма сарфи g_e карбюраторли двигателлардаги нисбатан анча оҳиста ошади, бу эса дизелнинг афзаллигидир, яъни дизель бундай режимларда ёнилғини нисбатан кам сарфлайди.

2. Двигатель қувватига таъсир қилувчи факторлар

Двигателнинг қуввати (230) тенгламага биноан, ўртача индикаторий босим p_i , цилиндр диаметри D , поршень йўли S , айланишлар сони n ва тактли τ га боғлиқ.

Демак, двигателнинг қувватига таъсир қилувчи факторларни анализ қилиш учун, улар орасидаги боғланишни кўриб чиқиш керак. Бу мақсадда (258) тенгламага кўра қуйидагини ёзамиз:

$$p_i = 10 \cdot \frac{H_n \eta_i}{l_0 \alpha} \eta_v \cdot \rho_0 \text{ бар.} \quad (262)$$

Эски бирликларда:

$$p_i = 0,0427 \frac{H_n}{l_0} \cdot \frac{\eta_i}{\alpha} \eta_v \cdot \rho_0 \text{ кг/см}^2.$$

Ўртача эффектив босим:

$$p_e = \eta_m p_i = 10 \cdot \frac{H_n}{l_0} \cdot \frac{\eta_1}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \rho_0 \text{ бар.} \quad (263)$$

Эски бирликларда:

$$p_e = p_m p_i = 0,0427 \frac{H_n}{l_0} \frac{\eta_1}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_0 \text{ кг/см}^2.$$

(232) тенгламага p_i нинг ва (242) тенгламага p_e нинг ўрнига уларнинг (262) ва (263) тенгламалардаги қийматларини қўйиб, қуйидагиларни оламиз:

$$N_i = \frac{1}{30} \cdot \frac{H_n}{l_0} \cdot \frac{\eta_1}{\alpha} \cdot \eta_v \rho_0 i V_h \cdot \frac{n}{\tau} \text{ квт} \quad (264)$$

ва

$$N_e = \frac{1}{30} \frac{H_n}{l_0} \cdot \frac{\eta_1}{\alpha} \cdot \eta_v \cdot \eta_m \cdot \rho_0 \cdot i \cdot V_h \cdot \frac{n}{\tau} \text{ квт,} \quad (265)$$

бу ерда H_n ҳисобида $Mж/кг$ ҳисобида, V_h $л$ ҳисобида ва n $айл/мин$ ҳисобида олинган.

Эски бирликларда (H_n $ккал/кг$ ҳисобида);

$$N_e = 0,00019 \frac{H_n}{l_0} \cdot \frac{\eta_1}{\alpha} \cdot \eta_v \eta_m \cdot \rho_0 i V_h \frac{n}{\tau} \text{ о. к.}$$

(265) тенгламага кўра, цилиндрлар сони i ва иш ҳажми V_h нинг ортиши билан двигателнинг қуввати ошади. Лекин қувватнинг бундай ортиши двигателнинг массаси ва габарит ўлчамларининг ўсиши билан боғлиқ. Шунинг учун иш ҳажмининг бирлигига тўғри келадиган қувватни ошириш усулларини топиш зарур.

Двигателнинг конструкцияси унинг литравий қуввати билан баҳоланади. (265) тенгламага кўра, двигателнинг литравий қуввати қуйидагича аниқланади:

$$N_l = \frac{N_e}{i \cdot V_h} = \frac{1}{30} \frac{H_n \eta_1}{l_0 \alpha} \cdot \eta_v \eta_m \rho_0 \frac{n}{\tau} \text{ квт/л} \quad (266)$$

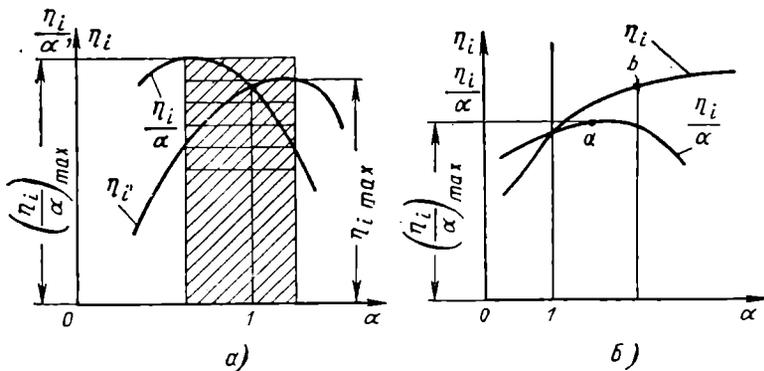
ёки

$$N_l = 0,00019 \frac{H_n \eta_1}{l_0 \alpha} \eta_v \eta_m \rho_0 \frac{n}{\tau} \text{ о.к./л.}$$

(266) тенглама двигателнинг литравий қувватига таъсир этувчи асосий факторларни анализ қилишга ёрдам беради.

1. Двигателларда ишлатиладиган ёнилгилар учун $\frac{H_n}{l_0}$ нинг қиймати кам ўзгаради ва амалда N_l га таъсир этмайди.

2. $\frac{\eta_1}{\alpha}$ нинг қиймати двигателда иш процессининг такомиллашганлигини характерлайди. Индикаторий ф. и. к. ҳақиқий циклда иссиқликдан фойдаланиш даражасини аниқлайди. Двигателнинг қувватини ошириш учун $\frac{\eta_1}{\alpha}$ нисбат мумкин қадар



72- расм. Ёнувчи аралашма таркибининг двигатель қувватига ва тежамлигинга таъсир:

a — карбюраторли двигатель; *b* — дизель

катта бўлиши керак. Бу қийматнинг ёнувчи аралашма таркибига қараб ўзгариш характери карбюраторли двигатель учун 72- расм, *a* да берилган.

$\alpha = 1,05 + 1,15$ бўлганда индикаторий ф. и. к. энг катта қийматга эришади. α нинг қиймати бундан катталашса, ёниш процесси ёмонлашади.

$\alpha = 0,85 + 0,9$ бўлганда $\frac{\eta_i}{\alpha}$ нисбат энг катта қийматга эришади. Ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг ўзгариш чегараси карбюраторни соzлаш диапазонини чеклайди (штрихланган майдон).

Дизеллар учун η_i ва $\frac{\eta_i}{\alpha}$ ларнинг α га боғлиқлиги 72- расм, *b* да кўрсатилган. Маълумки, дизелларда ёнувчи аралашма сифатини соzлаш усули қўлланилади. Ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α нинг катталашishi билан (71- расмга қаранг) индикаторий ф. и. к. ортади. Ёнилғининг тўла ёнишини таъминлайдиган α нинг энг кичик қиймати доим бирдан катта ($\alpha \approx 1,25 + 1,4$) бўлади. Аралашма бундан ортиқ қуюқлаштирилганда, яъни аралашмадаги ҳаво миқдори камайтирилса, ёниш процесси кескин ёмонлашади. Ишлатилган газлардан тутун пайдо бўлади ва двигатель йўл қўйиб бўлмайдиган даражада ортиқча қизийди. η_i/α нисбат энг катта қийматга эришганда (α нуқта) α нинг миқдори аралашманин г йўл қўйилган қуюқлик чегарасига тўғри келади. Бундан кейин α жуда оз миқдорда камайтирилса ҳам, ёниш процесси кескин ёмонлашиб, двигатель қора тутун чиқариб ишлайди. Шунинг учун двигательга бериладиган ёнилғи миқдори чегараланадики, бунда α нинг чекка қиймати *v* нуқтанин г абсциссасига мос келсин (72- расм, *b*).

3. Кўпроқ қувват олиш учун тўлдириш коэффициентини ошириш керак.

4. Тактлик двигатель қувватининг энг катта қийматига таъсир қилади. (206) тенгламага кўра, бир хил шароитларда икки тактли ($\tau = 2$) двигательлар ишлатилса, қувват тўрт тактли ($\tau = 4$) двигатель ишлатилгандагига қараганда икки марта ошади. Аслида қувват бунчалик ошмайди, чунки икки тактли двигательда газ алмашув процесси поршень п. ч. н. га яқинлашганда содир бўлиб, иш ҳажмининг бир қисми бу процесда йўқотилади. Бундан ташқари, компрессорни ҳаракатга келтириш учун қувват сарфланади. Шунинг учун тирсакли валларнинг айланиш сони ва литражлари бир хил бўлган икки тактли двигательларнинг литравий қуввати тўрт тактлиларникидан 40 — 60% кўп бўлади. •

5. Двигателнинг механикавий ф. и. к. қанча катта бўлса, литрий қуввати шунча кўп бўлади. Механикавий ф. и. к. ни ошириш учун ишқаланишга ва қўшимча механизмларни ҳаракатлантиришга қувват сарфини камайтириш керак. Жуфлаштирилган деталларга ишлов бериш ва двигательни йиғиш сифати механикавий йўқотишларнинг қийматига катта таъсир қилади. Бундан ташқари, механикавий йўқотишлар двигательни мойлаш учун ишлатиладиган мойнинг навига ва температурасига, шунингдек, совитувчи сувнинг температурасига ҳам боғлиқ. Двигателни ишлатиш даврида техникавий талабларга қатъий риоя қилиш керак.

6. Двигателнинг айланишлар сони ортиши билан унинг литравий қуввати ортади.

Айланишлар сони ёниш процессининг қониқарли бориш шароитига ва двигатель асосий деталларининг ейилишига қараб чегараланади. Айланишлар сонининг йўл қўйиладиган чекка қиймати поршеннинг ўртача тезлиги билан аниқланади. Ҳозирги замон юк автомобилларининг двигателлари учун номинал режимда поршеннинг ўртача тезлиги $v_n = 9 \div 11$ м/сек, энгил автомобилларнинг двигателлари учун эса $v_n = 11 \div 15$ м/сек ни ташкил этади.

Поршеннинг ўртача тезлигини йўл қўйилган чегарада сақлаган ҳолда тирсакли валнинг айланишлар сонини ошириш мумкин. Бунинг учун поршень йўли камайтирилади, яъни қисқа йўлли поршень конструкциясидан фойдаланилади.

Қисқа йўлли тез юрар двигателлар назариясини СССР Фанлар академиясининг мухбир аъзоси Н. Р. Брилинг яратган. Поршень йўлининг диаметрига нисбати $S/D = 1,0 \div 0,80$ бўлган қисқа йўлли двигатель конструкциясидан фойдаланиш бир қанча афзалликлар тугдиради: 1) поршеннинг ўртача тезлигини рухсат этилган чегарада сақлаб, тирсакли валнинг айланишлар сонини ошириш; 2) совитувчи сувга бериладиган иссиқлик миқдорини камайтириш ва тирсакли валнинг айланишлар сонини оширган ҳолда двигатель тежамлилигини ошириш; 3) кла-

панларнинг ҳаво ўтказувчи юзаларини катталаштириш; 4) тир-сакли валнинг мустаҳкамлигини ошириш; 5) двигателнинг ихчамлиги; 6) двигатель массасининг камайиши.

7. Двигателнинг литравий қуввати цилиндрга кираётган ҳавонинг зичлигига боғлиқ. Двигатель баланд тоғлик районларда ишлаганда шуни ҳисобга олиш зарурки, двигатель денгиз сатҳидан қанча юқорида ишлатилса, ҳавонинг зичлиги ρ_0 шунча кам бўлади. Агар ρ_0 нинг пасайиши наддувни қўлланиш ҳисобига қопланмаса, двигателнинг қуввати баландликка кўтарилиш билан камаяди.

Двигателнинг литравий қуввати наддувни қўлланиб оширилади (60- § га қаранг).

Ҳозирги замон наддувсиз автомобиль двигателларининг литравий қуввати қуйидаги чегарада бўлади: карбюраторли двигателлар $N_n = 20 + 37 \text{ кВт/л} = 27 + 50 \text{ о.к./л}$ ва наддувсиз дизеллар $N_n = 13 + 23 \text{ кВт/л} = 17 + 30 \text{ о.к./л}$.

38- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ИССИҚЛИК БАЛАНСИ

Двигателнинг иссиқлик баланси уни ҳар хил шароитларда текшириш натижасида олинади.

Иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_y = Q_e + Q_{\text{сов}} + Q_r + Q_{\text{ч}} + Q_{\text{кол}}, \quad (267)$$

бу ерда Q_y — двигатель берилган режимда ишлаганда вақт ~~берилган~~ сарф бўлган иссиқликнинг умумий миқдори;

Q_e — двигателнинг эффе́ктив ишига эквивалент иссиқлик;

$Q_{\text{сов}}$ — совитувчи муҳитга берилган иссиқлик;

Q_r — ишлатилган газлар билан чиқиб кетган иссиқлик;

$Q_{\text{ч.е}}$ — чала ёниш натижасида ёнилғи иссиқлигининг фойдаланилмаган қисми;

$Q_{\text{кол}}$ — иссиқлик балансининг қолдиқ қисми бўлиб, у ҳисобга олинмаган йўқотишларни билдиради.

Балансининг ҳар бир ташкил этувчисини киритилган умумий иссиқлик миқдорига нисбатан процент ҳисобида топиш мумкин. Бу ҳолда:

$$q_e = \frac{Q_e}{Q_y} \cdot 100\%; \quad q_{\text{сов}} = \frac{Q_{\text{сов}}}{Q_y} \cdot 100\%; \quad q_r = \frac{Q_r}{Q_y} \cdot 100\%;$$

$$q_{\text{ч.е}} = \frac{Q_{\text{ч.е}}}{Q_y} \cdot 100\%; \quad q_{\text{кол}} = \frac{Q_{\text{кол}}}{Q_y} \cdot 100\%.$$

Бундан кўриниб турибдики,

$$q_e + q_{\text{сов}} + q_r + q_{\text{ч.е}} + q_{\text{кол}} = 100\%. \quad (268)$$

Бир соат давомида сарф бўлган иссиқликнинг умумий миқдори;

$$Q_y = H_n \cdot G_e \cdot \text{кж/соат}, \quad (269)$$

бу ерда G_e — ёнилғининг соатли сарфи, *кг/соат*.

Эффектив ишга эквивалент бўлган иссиқлик миқдори:

$$Q_e = 3600 \cdot N_e \cdot \text{кж/соат}. \quad (270)$$

Калория ҳисобида ўлчанадиган бирликларда $Q_e = 632 \cdot N_e$ *ккал/соат*.

Цилиндр деворлари, цилиндрлар головкаси, поршень ва унинг ҳалқалари орқали совитувчи сувга бериладиган иссиқликни қуйидаги тенглама орқали аниқлаш мумкин:

$$Q_{\text{сов}} = 4,186 G_{\text{сув}} (t_{\text{чик}} - t_{\text{кир}}), \text{кж/соат}, \quad (271)$$

бу ерда 4,186 — сувнинг иссиқлик сифими, *кж/(кг·град)*;

$G_{\text{сув}}$ — бир соат давомида двигатель орқали ўтган сув миқдори, *кг*;

$t_{\text{чик}}$ — двигателдан чиқаётган сувнинг температураси, °C;

$t_{\text{кир}}$ — двигателга кираётган сувнинг температураси, °C.

Ҳисоб калорияларда олиб борилганда (сувнинг иссиқлик сифими $c_c = 1$ *ккал/(кг·град)*):

$$Q_{\text{сов}} = G_{\text{сув}} (t_{\text{чик}} - t_{\text{кир}}), \text{ккал/соат}.$$

Ишлатилган газлар олиб кетган иссиқлик:

$$Q_r = G_e (M_2 \mu_{c_p} t_r - M_1 \mu_{c_p} t_0), \text{кж/соат} \quad (272)$$

бу ерда $G_e \cdot M_2 \cdot \mu_{c_p} t_r$ — 1 соат давомида цилиндрдан ишлатилган газлар билан чиқиб кетган иссиқлик миқдори, *кж/соат*;

$G_e M_1 \mu_{c_p} t_0$ — 1 соат давомида цилиндрга янги заряд билан киритилган иссиқлик миқдори, *кж/соат*;

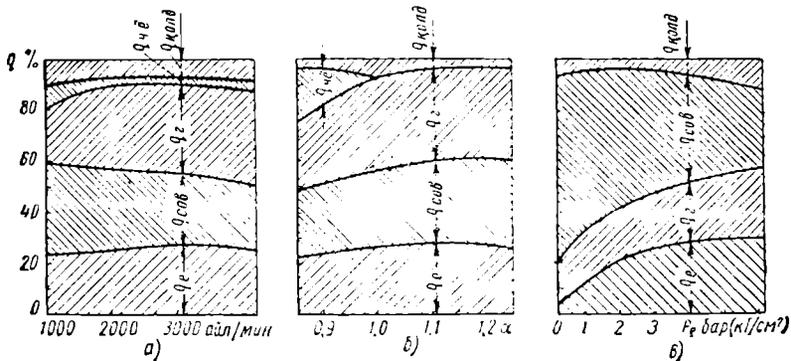
t_r — ишлатилган газларнинг чиқариш труба-дан кейин ўлчанган температураси, °C;

t_0 — двигатель цилиндрига кирган янги заряднинг температураси, °C.

Калорияларга асосланган бирликлар системасида (272) формула ўзгармайди, лекин иссиқлик сифимлари μ_{c_p}' ва μ_{c_p} *ккал/(кг·град)* ҳисобида ифодаланади.

$\alpha \geq 1$ бўлса, Q_e ч. нинг қиймати, одатда, алоҳида ҳисобланмайди, балки $Q_{\text{қол}}$ га қўшилади. Бу ҳолда $Q_{\text{қол}}$ ни қуйидагича аниқлаш мумкин.

$$Q_{\text{қол}} = Q_y - (Q_e + Q_{\text{сов}} + Q_r). \quad (273)$$



73- расм. Двигателларнинг иссиқлик баланси:

а ва б карбюраторли двигателлар; в — дизель

Агар синовлар $\alpha < 1$ да бораётган бўлса, у ҳолда химиявий чала ёниш натижасида фойдаланилмаган иссиқлик миқдори қуйидагича бўлади:

$$Q_{\text{ч. е.}} = \Delta H_{\text{н}} \cdot G_{\text{г}}; \quad (274)$$

бу ерда $\Delta H_{\text{н}}$ — (200) тенглама бўйича ҳисобланадиган, фойдаланилмаган иссиқлик миқдори.

Карбюраторли двигатель дроссель заслонкасини тўлиқ очиб ишлатилганда унинг иссиқлик балансининг айланишлар сонига қараб ўзгариши 73- расм, а да келтирилган. Айланишлар сони 3600 *айл/мин* гача оширилганда самарали фойдаланиладиган иссиқлик миқдори 24% дан 27,5% га етади. Айланишлар сони ошиши билан совитувчи сувга бериладиган иссиқлик миқдори 36% дан 27% га тушади, лекин ишлатилган газлар билан чиқиб кетган иссиқлик миқдори сезиларли даражада ортади.

Шу двигателнинг ўзи $n = 2800$ *айл/мин* тезлик режимида ишлаганда аралашма таркибининг иссиқлик балансига таъсири 73- расм, б да кўрсатилган. Кўриниб турибдики, $\alpha = 1,1 \div 1,15$ бўлганда иссиқликнинг асосий қисмидан самарали фойдаланилади. $\alpha = 0,85$ бўлганда ёнилғининг чала ёниши натижасида фойдаланилмаган иссиқлик миқдори $q_{\text{ч. е.}} = 20\%$ бўлади.

Дизелнинг нагрузкага боғлиқ бўлган иссиқлик баланси 73- расм, в да тасвирланган.

Двигателлар номинал ва унга яқин режимларда ишлаганда иссиқлик баланси ташкил этувчиларининг тахминий қийматлари 9- жадвалда келтирилган.

39- §. ДВИГАТЕЛЬ ИССИҚЛИК ҲИСОБИНИНГ МИСОЛЛАРИ

Двигателларнинг айрим процессларини кўриб чиқиш ва уларни ҳисоблаш циклининг мўлжалланган кўрсаткичларини, шунингдек, қуввати ва тежамлилигини ҳамда газлар босимининг тирсақли вагининг бурилиш бурчаги-

Иссиқлик баланси ташкил этувчиларининг тахминий қийматлари, %

Двигатель тури	$q_{с} = \tau_{е}$	$q_{сов}$	$q_{г}$	$q_{ч. е}$	$q_{қол}$
Учқун билан Ўт олдириладиган Дизель	21—28 29—42	12—27 15—35	30—55 25—45	0—45 0—5	3—10 2—5

га боғлиқлигини аниқлашга имкон беради. Ҳисоб маълумотларига қараб, двигателнинг асосий ўлчамларини (цилиндрнинг диаметрини ва поршень йўлини) аниқлаш ва унинг асосий деталари мустақамлигини текшириш мумкин.

Иссиқлик ҳисобларини олиб боришда баъзи формулаларга кирадиган бошланғич маълумотларни ва тажрибавий коэффициентларни тўғри танлаш зарур.

1. Карбюраторли двигатель

Енгил автомобиль шассисига ўрнатиш учун мўлжалланган тўрт тактли карбюраторли двигателнинг иссиқлик ҳисоби бажарилсин. Двигателнинг мумкин бўлган тежамлилиги ва асосий ўлчамлари аниқлансин.

Ишлатиш шартларига биноан, двигателнинг эффектив қуввати $N_e = 55 \text{ кВт} = 75 \text{ о. к.}$ ва бунда тирсақли валнинг айланишлар сони минутига 5500 бўлиши керак; цилиндрлар сони $l = 4$, сиқиш даражаси $\epsilon = 8$, ҳавонинг оптиқлик коэффициенти $\alpha = 0,9$. Ёнилги А — 76 бензини бўлиб, унинг элементлар таркиби қуйидагича. $C = 0,855$ ва $H = 0,145$; ёнилгининг ёниш иссиқлиги $H_n = 44 \text{ Мж/кг} = 10500 \text{ ккал/кг}$.

Бу бошланғич маълумотлар учун илгари баъзи параметрлар ҳисобланиб, улар 10-жадвалда келтирилган. 10-жадвалдаги ҳисоб маълумотлари бўйича цилиндр диаметрини ва поршень йўлини аниқлаш мумкин.

Двигателнинг иш ҳажми (242) тенгламага биноан:

$$l \cdot V_h = \frac{1200 \cdot N_e}{p_e \cdot n} = \frac{1200 \cdot 55}{7,45 \cdot 5500} = 1,61 \text{ л.}$$

Цилиндр иш ҳажми:

$$V_h = \frac{1,61}{4} = 0,4025 \text{ л.}$$

$\frac{S}{D} = 0,9$ деб қабул қиламиз. Бу ҳолда:

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^3 \cdot S = 0,9 \frac{\pi}{4} \cdot D^3.$$

Цилиндрнинг диаметри:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 V_h}{0,9 \pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,4025}{0,9 \cdot 3,14}} = 0,83 \text{ дм} = 83 \text{ мм.}$$

$D = 84 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз, бунда $S = 0,9 \cdot 84 = 75,5 \text{ мм}$ бўлади. Узил-кесил $S = 76 \text{ мм}$ деб қабул қиламиз, бу ҳолда цилиндрнинг иш ҳажми

$$V_h = \frac{\pi}{4} \cdot 0,84^3 \cdot 0,76 = 0,42 \text{ л.}$$

Айрим катталикларни ҳисоблаш натижалари

Ҳисоблашда қуйидагилар қабул қилинган:

$$p_0 = 1 \text{ бар}; \quad t_0 = 288^\circ \text{ К}; \quad \Delta T = 10^\circ; \quad T_T = 950^\circ \text{ К}; \quad \gamma_{\text{кол}} = 0,06;$$

$$n_1 = 1,34; \quad n_2 = 1,28.$$

Параметрлар	Параметрнинг ҳисобий қиймати
1 кг ёнилғининг ёниши учун зарур бўган ҳавонинг назарий миқдори	$L_0 = 0,515 \text{ кмоль}$
Ёнишда қатнашаётган ҳавонинг ҳақиқий миқдори	$L = 0,463 \text{ кмоль}$
Ёнувчи аралашманинг миқдори	$M_1 = 0,472 \text{ кмоль}$
Ёниш маҳсулотларининг миқдори:	
карбонат ангидрид	$M_{\text{CO}_2} = 0,0497 \text{ кмоль}$
ис гази	$M_{\text{CO}} = 0,0216 \text{ кмоль}$
сув буғи	$M_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0725 \text{ кмоль}$
азот	$M_{\text{N}_2} = 0,366 \text{ кмоль}$
Ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори	$M_2 = 0,5098 \text{ кмоль}$
Киритиш охиридаги босим	$p_a = 0,84 \text{ бар}$
Киритиш охиридаги температура	$T_a = 334^\circ \text{ К}$
Тўлдириш коэффициенти	$\gamma_v = 0,78$
Сиқиш охиридаги босим	$p_c = 13,6 \text{ бар}$
Сиқиш охиридаги температура	$T_c = 680^\circ \text{ К}$
Циклнинг максимал босимидаги ёниш температураси	$T_z = 2630^\circ \text{ К}$
Циклнинг ҳисобий максимал босими	$p_{zp} = 56,4 \text{ бар}$
Циклнинг ҳақиқий максимал босими	$p_z = 48 \text{ бар}$
Босимнинг кўтарилиш даражаси	$\lambda = 4,15$
Кенгайиш охиридаги босим	$p_b = 3,63 \text{ бар}$
Кенгайиш охиридаги температура	$T_b = 1440^\circ \text{ К}$
Циклнинг ҳисобий ўртача индикаторий босими	$p_{1p} = 10,1 \text{ бар}$
Циклнинг ўртача индикаторий босимининг ҳақиқий қиймати (мўлжалланган)	$p_1 = 9,8 \text{ бар}$
Ўртача эффектив босим	$p_e = 7,45 \text{ бар}$
Механикавий ф. и. к.	$\eta_M = 0,76$
Ёнилғининг индикаторий солиштирма сарфи	$g_l = 259 \text{ г/(квт соат)} =$ $= 192 \text{ г/(о.к. соат)}$
Индикаторий ф.и.к.	$\gamma_{li} = 0,316$
Ёнилғининг эффектив солиштирма сарфи	$g_e = 342 \text{ г/(квт соат)} =$ $= 252 \text{ г/(о.к. соат)}$
Эффектив ф.и.к.	$\eta_e = 0,24$

Двигателнинг иш ҳажми:

$$i \cdot V_h = 4 \cdot 0,42 = 1,68 \text{ л.}$$

Поршеннинг ўртача тезлиги:

$$v_n = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{0,76 \cdot 5500}{30} = 13,9 \text{ м/сек.}$$

Литравий қувват:

$$N_n = \frac{N_e}{i \cdot V_h} = \frac{55}{1,68} = 32,3 \text{ квт/л}$$

ёки

$$N_n = \frac{75}{1,68} = 44 \text{ о.к./л.}$$

Номинал режимда ёнилгининг соатли сарфи:

$$G_e = g_e \quad N_e = 342 \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 18,7 \text{ кг/соат.}$$

2. Дизель

Юқ автомобилнинг ўрнатиладиган тўрт тактли дизелнинг иссиқлик ҳисоби бажарилсин. Иссиқлик ҳисоби асосида дизелнинг мумкин бўлган тежамлилиги ва асосий ўлчамлари аниқлансин.

Ҳисоблаш учун маълумотлар: дизелнинг қуввати $N_e = 170 \text{ кВт} = 230 \text{ о. к.}$ двигатель валининг айланишлар сони $n = 3000 \text{ айл/мин}$, сиқиш даражаси $\epsilon = 16,5$; ҳавонинг ортиқлик коэффиценти $\alpha = 1,4$. Двигатель поршенда жойлашган ярим ажралган ёниш камерасига эга. Дизель ёнилгисининг элементар таркиби: $C = 0,87$, $H = 0,126$, $O_e = 0,004$, ёнилгининг ёниш иссиқлиги $H_{и} = 42 \text{ Мж/кг} = 10.000 \text{ ккал/кг}$. Двигателга ҳаво $p_0 = 1 \text{ бар}$ босимда ва $T_0 = 288^\circ\text{К}$ да киради.

Қатор дизелларни синаш натижалари асосида қуйидагиларни қабул қиламиз: заряднинг қизиши $\Delta T = 20^\circ$; чиқариш охиридаги босим $P_r = 1,15 \text{ бар}$, қолдиқ газлар температураси $T_r = 850^\circ\text{К}$; киритиш охиридаги босим $p_\alpha = 0,875 \text{ бар}$; қолдиқ газлар коэффиценти $\gamma_{қол} = 0,03$.

1 кг ёнилгининг ёниши учун керак бўлган назарий ҳавонинг миқдори:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_e \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot 0,87 + 8 \cdot 0,126 - 0,004 \right) = 14,45 \text{ кг};$$

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_e}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,497 \text{ кмоль.}$$

Текшириш:

$$L_0 = \frac{l_0}{\mu_x} = \frac{14,45}{28,97} = 0,498 \text{ кмоль,}$$

Ҳавонинг ҳақиқий миқдори:

$$L = \alpha L_0 = 1,4 \cdot 0,497 = 0,696 \text{ кмоль.}$$

Янги заряднинг миқдори:

$$M_1 = L = 0,696 \text{ кмоль.}$$

Ёниш маҳсулотларининг миқдори:

карбонат ангидрид

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} = \frac{0,87}{12} = 0,0725 \text{ кмоль:}$$

сув буғи

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} = \frac{0,126}{2} = 0,063 \text{ кмоль};$$

кислород

$$M_{O_2} = 0,21 (\alpha - 1) L_0 = 0,21 (1,4 - 1) \cdot 0,497 = 0,0416 \text{ кмоль};$$

азот

$$M_{N_2} = 0,79 \alpha L_0 = 0,79 \cdot 1,4 \cdot 0,497 = 0,55 \text{ кмоль.}$$

Ёниш маҳсулотларининг умумий миқдори:

$$M_2 = 0,727 \text{ кмоль.}$$

Молекуляр ўзгаришнинг назарий коэффициенти:

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,727}{0,696} = 1,045.$$

Молекуляр ўзгаришнинг ҳақиқий коэффициенти:

$$\beta = \frac{M_2 + \gamma_{\text{кол}} M_1}{M_1 (1 + \gamma_{\text{кол}})} = \frac{0,727 + 0,03 \cdot 0,696}{0,696(1 + 0,03)} = 1,043.$$

Киритиш охиридаги температура:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_{\text{кол}} T_r}{1 + \gamma_{\text{кол}}} = \frac{288 + 20 + 0,03 \cdot 850}{1 + 0,03} = 324^\circ\text{K}.$$

Тўлдириш коэффициенти:

$$\eta_v = \frac{T_0}{T_0 + \Delta T} \cdot \frac{\epsilon p_a - p_z}{(\epsilon - 1)p_0} = \frac{288}{288 + 20} \cdot \frac{16,5 \cdot 0,875 - 1,15}{(16,5 - 1) \cdot 1,0} = 0,805.$$

Сиқиш охиридаги температура ва босим ($n = 1,38$ га тенг деб қабул қиламиз):

$$T_c = T_a \epsilon^{n_1 - 1} = 324 \cdot 16,5^{0,38} = 943^\circ\text{K};$$

$$p_c = p_a \epsilon^{n_1} = 0,875 \cdot 16,5^{1,38} = 42 \text{ бар.}$$

Ёниш охиридаги температуранинг (213) тенгламадан аниқлаймиз:

$$\frac{1}{\beta} \left[\frac{\epsilon H_{\text{и}}}{M_1(1 + \gamma_{\text{кол}})} + U^e + 8,314 \lambda T_c \right] = U_z'' + 8,314 T_z$$

$t_c = 670^\circ\text{C}$ бўлган ички энергия $U_c = \mu c_v \Big|_0^{t_c}$ ни аниқлаш учун I-жадвалдаги

маълумотлардан фойдаланамиз. Ҳаво учун 600°C температурада $\mu c_v \Big|_0^{600} =$

$22,09 \text{ кж/(кг} \cdot \text{град)}$; 700°C температурада эса $\mu c_v \Big|_0^{700} = 22,4 \text{ кж/(кг} \cdot \text{град)}$

ва

$$\mu c_v = \frac{22,4 - 22,09}{100} \cdot 70 = 0,2165 \text{ кж/(кг} \cdot \text{град)}.$$

Демак,

$$\mu c_v = \Big|_0^{670} = 22,09 + 0,2165 = 22,307 \text{ кж/(кг} \cdot \text{град)}.$$

Бу ҳолда тенгламанинг чап қисми ($\lambda = 1,8$ ва $\xi = 0,8$ бўлган ҳол учун):

$$\frac{1}{1,043} \left[\frac{0,8 \cdot 42000}{0,696(1 + 0,03)} + 22,307 \cdot 670 + 8,314 \cdot 1,8 \cdot 943 = 77220. \right]$$

Ёниш маҳсулотларининг ички энергиясини аниқлаш учун аралашманинг иссиқлик сизимини (46) тенгламадан топамиз:

$$\mu c_v'' = (\mu c_v)_{\text{CO}_2} \cdot r_{\text{CO}_2} + (\mu c_v)_{\text{H}_2\text{O}} \cdot r_{\text{H}_2\text{O}} + (\mu c_v)_{\text{O}_2} \cdot r_{\text{O}_2} + (\mu c_v)_{\text{N}_2} \cdot r_{\text{N}_2}.$$

бу ерда

$$r_{\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_2} = \frac{0,0725}{0,727} = 0,0998; \quad r_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{0,063}{0,727} = 0,0867;$$

$$r_{\text{O}_2} = \frac{0,0416}{0,727} = 0,0574; \quad r_{\text{N}_2} = \frac{0,55}{0,727} = 0,7561.$$

Текшириш:

$$r_{\text{CO}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{O}_2} + r_{\text{N}_2} = 0,0998 + 0,0867 + 0,0574 + 0,7561 = 1,0.$$

$t_z = 1900^\circ\text{C}$ деб қабул қиламиз. Бу ҳолда айрим таркибий газлар иссиқлик сиграмлирининг 1-жадвалда келтирилган қийматларини эътиборга олсак, қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\mu c_v \Big|_0^{1900} = 45,044 \cdot 0,0988 + 35,224 \cdot 0,0867 + 26,691 \cdot 0,0574 + 24,765 \cdot 0,756 = 27,845 \text{ кж (кг. град)}.$$

Шундай қилиб, ёниш тенгламасининг ўнг қисми сон жиҳатидан қуйидагича бўлади:

$$27,845 \cdot 1900 + 8,314 \cdot 2173 = 71050.$$

Бу сонни (А) тенгламанинг сон қийматига солиштирсак, $71,050 < 77,220$ эканлигини кўрамиз.

Фараз қиламиз. Масалан, $t_z^* = 2000^\circ\text{C}$ бўлсин. Бу ҳолда $t_z = 1900^\circ\text{C}$ учун олиб борилган ҳисобдагига ўхшаш $\mu c_v \Big|_0^{2000} = 28,015 \text{ кж(кг. град)}$ бўлади.

Бинобарин, $28,015 \cdot 2000 + 8,314 \cdot 2273 = 78680 > 77220$.

Температуранинг изланаётган қиймати $1900^\circ\text{C} < t_z < 2000^\circ\text{C}$ оралиғида бўлади. Бу оралиқда ячки энергия билан температура орасида чизигий боғланиш бор деб қабул қилиб, 74-расмда келтирилган график бўйича t_z ни аниқлаш мумкин: $t_z = 1995^\circ\text{C}$ ва $T_z = 2268^\circ\text{K}$.

Ёниш процесси охиридаги босим:

$$p_z = \lambda p_c = 1,8 \cdot 42 = 75,5 \text{ бар (кг/см}^2\text{)}.$$

Дастлабки кенгайиш даражаси:

$$\rho = \frac{\beta}{\lambda} \cdot \frac{T_z}{T_c} = \frac{1,048}{1,8} \cdot \frac{2268}{943} = 1,4.$$

Кейинги кенгайиш даражаси:

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{16,5}{1,4} = 11,8,$$

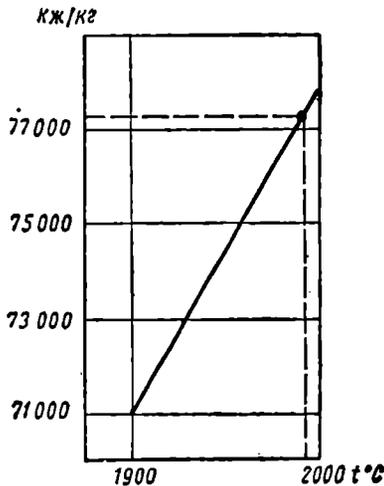
$n_2 = 1,24$ деб қабул қиламиз, бу ҳол кенгайиш охиридаги босим:

$$p_b = \frac{p_z}{\sigma^{n_2}} = \frac{75,5}{11,8^{1,24}} = 4,0 \text{ бар (кг/см}^2\text{)}.$$

Кенгайиш процесси охиридаги температура:

$$T_b = \frac{T_z}{\sigma^{n_2-1}} = \frac{2268}{11,8^{0,24}} = 1250^\circ\text{K}.$$

74- расм. Энтальпиянинг температу-
рага боғлиқлиги



Циклинг ўртача индикаторий босими, диаграмма силлиқлаимаганда

$$p_{1p} = p_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\sigma^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$

$$= 0,875 \cdot \frac{16,5^{1,38}}{16,5 - 1} \left[1,8(1,4 - 1) + \frac{1,8 \cdot 1,4}{1,24 - 1} \left(1 - \frac{1}{11,8^{0,24}} \right) - \frac{1}{1,38 - 1} \right. \\ \left. \left(1 - \frac{1}{16,5 \cdot 1,38 - 1} \right) \right] = 10,1 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)}.$$

Ҳақиқий циклинг ўртача индикаторий босими ($\varphi_n = 0,95$) бўлганда:

$$p_1 = 0,95 \cdot 10,1 = 9,6 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)}.$$

Ярим ажратилган ёниш камерали дизель учун ўртача босимнинг механикавий йўқотишларга сарфланадиган қисми:

$$p_m = 1,05 + 0,12 v_n.$$

$v_n = 10,5$ м/сек деб қабул қабул қиламиз, бу ҳолда

$$p_m = 1,05 + 0,12 \cdot 10,5 = 2,3 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)}.$$

Ўртача эффектив босим:

$$p_e = p_1 - p_m = 9,6 - 2,3 = 7,3 \text{ бар (кГ/см}^2\text{)}.$$

Механикавий ф. и. к.

$$\eta_m = \frac{p_e}{p_1} = \frac{7,3}{9,6} = 0,76.$$

Ёнилгининг индикаторий солиштирма сарфи:

$$g_1 = 36000 \frac{p_o \gamma_v}{\alpha l_o p_1}:$$

$$\rho = \frac{p_o}{R T_o} = \frac{1 \cdot 10^5}{287 \cdot 288} = 1,208 \text{ кг/м}^3,$$

бу ҳолда

$$g_1 = \frac{36 \cdot 000 \cdot 1,208 \cdot 0,805}{1,4 \cdot 14,45 \cdot 9,6} = 180 \text{ г/(квт} \cdot \text{соат)}$$

ёки

$$g_1 = 27 \cdot 000 \frac{p_o \gamma_v}{\alpha l_o p_1} \approx 27000 \frac{1,208 \cdot 0,805}{1,4 \cdot 14,45 \cdot 9,6} = 135 \text{ г/(о.к} \cdot \text{соат)}.$$

Индикаторий ф.и.к.

$$\eta_{11} = \frac{3600}{H_u \cdot g_1} = \frac{3600}{42 \cdot 180} = 0,47.$$

Ёнилгининг эффектив солиштирма сарфи:

$$g_e = \frac{g_1}{\eta_m} = \frac{180}{0,76} = 238 \text{ г/(квт} \cdot \text{соат)}$$

ёки

$$g_e = \frac{136}{0,76} = 180 \text{ г/(о.к} \cdot \text{соат)}.$$

Эффектив ф.и.к.:

$$\eta_e = \eta_{11} \cdot \eta_m = 0,47 \cdot 0,76 = 0,356.$$

Двигатель номинал режимда ишлаганда ёнилғининг соатли сарфи:

$$G_e = g_e \cdot N_e = 238 \cdot 10^{-3} \cdot 170 = 40,5 \text{ кг/соат.}$$

Цилиндрнинг иш ҳажми:

$$V_h = \frac{300 N_e \tau}{P_e \cdot n \cdot t} = \frac{300 \cdot 170 \cdot 4}{7,3 \cdot 3000 \cdot 8} = 1,165 \text{ л.} \quad \checkmark$$

$$\frac{S}{D} = 0,87 \text{ деб қабул қиламиз; } S = 0,87 D; \text{ бу ҳолда}$$

$$V_h = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot S = \frac{\pi}{4} \cdot 0,87 D^3 = 1,165 \text{ л.}$$

бу ердан

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,165}{0,87 \cdot \pi}} = 1,19 \text{ дм} = 119 \text{ мм.}$$

$D = 120$ мм деб қабул қиламиз, бу ҳолда поршень йўли $S = 0,87 \cdot D = 0,87 \cdot 120 \approx 105$ мм бўлади.

Қабул қилинган $D = 120$ мм ва $S = 105$ мм учун цилиндрнинг иш ҳажми:

$$V_h = \frac{\pi}{4} \cdot 1,2^2 \cdot 1,05 = 1,185 \text{ л.}$$

Двигателнинг иш ҳажми:

$$l \cdot V_h = 8 \cdot 1,185 = 9,4 \text{ л.}$$

Кутиладиган литравий қувват:

$$N_l = \frac{170}{9,4} = 18,2 \text{ квт/л.}$$

ёки

$$N_l = \frac{230}{9,4} = 24,5 \text{ о.к./л.}$$



**АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛЛАРИНИНГ ХАРАКТЕРИСТИКА-
ЛАРИ ВА ИШЛАШ РЕЖИМИНИНГ ТУРҒУНЛИГИ****40- §. УМУМИЙ МАЪЛУМОТ**

Автомобиль двигателининг ўзига хос хусусиятларидан бири шундаки, тезлик режими кенг диапазонда ўзгарган ҳолда ишлайди. Тирсақли валнинг айланишлар сони ҳар қандай бўлганда ҳам двигатель барча нагрузкаларда тургун ишлаши керак.

Автомобилнинг қувват баланси шартларига биноан, двигатель куч узатмасидаги ишқаланишларни, йўлда юриш қаршиликларини ва ҳаво қаршиликларини енгилга сарфланадиган қувватдан ташқари, автомобиль тепаликка чиқаётганда, жойидан қўзғалаётганда, юришни тезлаштираётганда ва ҳоказоларда пайдо бўладиган қўшимча қаршиликларни енгилги учун маълум миқдорда ортиқча қувватга эга бўлиши керак. Двигатель барча режимларда тежамли ишлаши керак.

Автомобиль учун двигатель унинг барча сифатларини аниқлайдиган ва ҳар хил шароитларда ишлашга яроқли эканлигини кўрсатувчи характеристикалари бўйича танланади. Бу характеристикалар ҳар хил двигателларни ўзаро солиштиришга ҳам имкон беради.

Двигатель иш шароитларида деярли ҳамма вақт узлуксиз ўзгарувчи турғунлашмаган режимда ишлайди. Лекин двигательнинг бундай режимларда ишлашини характерловчи тўлиқ маълумотларни олиш анча қийин. Шунинг учун умумий қабул қилинган характеристикалар двигательни ГОСТ 491-55 га биноан стенда турғун режимларда ишлатиб синаш пайтида олинади.

Янада тўлароқ маълумотларни олиш, шунингдек, қўшимча тадқиқотлар ўтказиш лозим бўлса, махсус характеристикалар олишни кўзда тутувчи методика ишлаб чиқилади.

1. Тезлик характеристикалари

Ташқи тезлик характеристикаси. Двигателнинг эффектив қуввати Ne , эффектив буровчи моменти M_e , ёнилғининг соатли сарфи G_e ва эффектив солиштирма сарфи g_e нинг айланишлар соғи n га боғлиқлигини кўрсатувчи эгри чизиқлар ташқи тезлик характеристикаси деб аталади; бу характеристика карбюраторли двигателларда дроссель заслонкаси тўла очилган ҳолда ёки дизелда ёнилғи насосининг рейкаси энг кўп ёнилғи бериш ҳолатига қўйилганда олинади. Характеристика олинаётган пайтда двигателнинг бошқа кўрсаткичлари ҳам ёзиб борилади.

Ташқи тезлик характеристикаларини олиш шартлари. Автомобиль двигатели тирсакли валнинг айланишлар соғи кам бўлганда нагрукани қабул қила олмайди. Чунки тирсакли вал жуда секин айланганда иссиқликнинг ортиқча йўқотилиши поршень ҳалқалари орқали газнинг ўтиб кетиши ва газ тақсимлаш фазаларининг мос келмаслиги сабабли массивий тўлдириш кескин пасайиб, ёниш процессини бажариш мумкин бўлмай қолади. Шунинг учун тирсакли вал айланишлар соғининг қуйи чегараси n_{min} белгиланади; бунда двигатель ҳар қандай нагрукаларда ҳам тургун ишлай олади.

Берилган ёнилғи учун киритиш системасидаги шароитлар ўзгармас ва ёниш процесси мукамал бўлганда, айланишлар соғининг барча иш диапазонида (262) тенгламадаги кўпайтма

$$10 \frac{H_u}{l_0} \cdot \frac{\eta_1}{\alpha} \rho_0 = \text{const}$$

деб қабул қилиниши мумкин.

Бу ҳолда ўртача индикаторий босимнинг тирсакли валнинг айланишлар соғига қараб ўзгариш характери, тахминан, тўлдириш коэффициентига ўхшаш деб ҳисоблаш мумкин.

Карбюраторли двигатель учун η_v нинг айланишлар соғига қараб ўзгариш характери 75- расмда кўрсатилган. Ўртача индикаторий босим p_1 ва унга тўғри пропорционал бўлган буровчи момент M_1 ҳам тахминан шундай характерда ўзгаради.

Двигатель ҳосил қилган ўртача индикаторий босим ёки буровчи моментнинг бир қисми механикавий йўқотишлар (p_m ва M_m) га сарф бўлади. Бу йўқотишлар айланишлар соғи ортиши билан катталашади ва у маълум қийматга етганда двигателнинг барча индикаторий иши механикавий йўқотишларга сарфланади. $p_1 = P_m$ бўлгандаги айланишлар соғи ўз чегарасига етган ҳисобланади ва у ҳаддан ташқари катта айланишлар соғи $n_{разн}$ деб аталади.

Тирсакли валнинг айланишлар соғи ҳар қандай қийматга эга бўлганда ҳам айирма $p_1 - p_m = p_e$ ва бунга мос ҳолда $M_1 - M_m = M_e$. Кўриниб турибдики, $n = n_{разн}$ бўлса $p_e = 0$ бўлади. p_1 , p_e ва p_m нинг айланишлар соғига боғлиқлигини ха-

рактерлайдиган эгри чизиқлар буровчи моментларнинг ўзгаришини ҳам кўрсатади. Буни қуйидагилардан кўриш мумкин:

Индикаторий буровчи момент

$$M_1 = \frac{N_1}{\omega} = \frac{N_1}{2\pi n} \text{ н.м.},$$

бу ерда N_1 — индикаторий қувват, *вт*;

ω — тирсакли валнинг бурчагий тезлиги, *рад/сек*;

n — тирсакли валнинг секундига айланишлар сони.

N_1 ўрнига (230) формуладаги қийматини қўйсақ, қуйидагини оламиз:

$$M_1 = \frac{l V_h}{\pi c} p_1 \text{ н.м.}$$

Мазкур двигатель учун $\frac{l V_h}{\pi c} = \text{const}$, бинобарин,

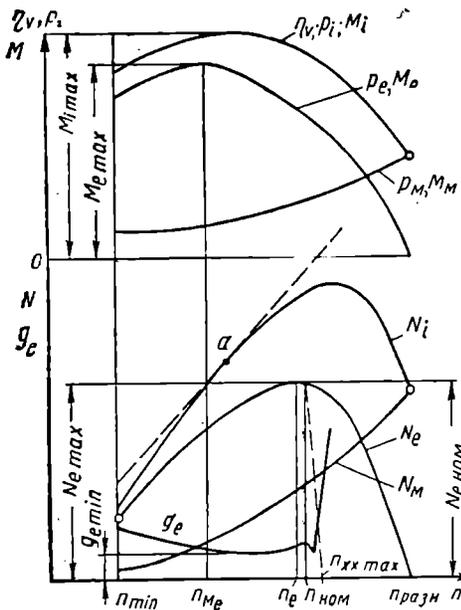
$$M_1 = \text{const } P_1$$

бу ерда p_1 — *н/м²*; V_h — *м³*.

Эски бирликларда индикаторий буровчи момент:

$$M_1 = 716,2 \frac{P_1 \cdot l \cdot V_h}{225 \pi} = \text{const} \cdot P_1 \text{ кгм},$$

бу ерда p_1 — *кг/см²*; V_h — *л*.



75-расм. Карбюраторли двигатель ташқи тезлик характеристикаси асосий кўрсаткичларининг ўзгариш характери

M_e ва M_m учун ҳам формулалар шунга ўхшаш ёзилади.

Ўртача индикатор ва эффектив босимлар орқали индикаторий ва эффектив қувватларни, шунингдек, механикавий йўқотишлар қувватини (231) (242) ва (235) формулалардан ҳисоблаш мумкин.

75-расмдаги штрих чизиқ индикаторий босим доим $p_1 = p_{max}$ бўлганда индикаторий қувватнинг тўғри чизиғий ўзгаришини кўрсатади. Ҳақиқатда индикаторий қувватнинг эгри чизиғи штрихли чизиққа фақат a нуқтада уринади, бошқа айланишлар сонида эса индикаторий қувватнинг қиймати кам бўлади. Индикаторий қувватнинг максиму-

ми ўртача индикаторий босимнинг энг катта қиймати $p_{\text{Iптах}}$ га мос келмайди, балки катта айланишлар сони томонига сурилган бўлади. Эффе́ктив қувватнинг энг катта қийматига индикаторий қувватнинг максимумига нисбатан айланишлар сони n_e нинг кичик қиймати тўғри келади. Ўртача эффе́ктив босимнинг максимал қиймати $p_{e\text{мах}} = p_{\text{Iптах}}$ га қараганда кичикроқ айланишлар сони nM_e да ҳосил бўлади.

Одатда, автомобиль двигателларида номинал айланишлар сони $n_{\text{ном}}$ n_e га нисбатан каттароқ танланади, бу эса максимал тезлик режимида двигателнинг тургун ишлашини таъминлайди. Айланишлар сони $n_{\text{ном}}$ дан орта бориши билан ўртача эффе́ктив босим p_e нинг кескин камайиши натижасида қувват ошмайди, лекин асосий деталларга таъсир этувчи динамикавий нагрузка ва уларнинг ейилиши кўпаяди. Шунинг учун двигателни номиналдан катта айланишлар сонига нагрузка билан ишлатиш маъқул эмас, ҳаддан ташқари катта айланишлар сонига ишлатиш эса ман қилинади. Двигателнинг ҳаддан ташқари катта тезлик режимига ўтишига йўл қўймаслик ва двигател номинал режимда ишлаётганда автомобилни бошқаришни осонлаштириш учун чеклагич—максимал айланишлар сони регулятори ўрнатилади. Бу регулятор нагрузка пасайиши билан дроссель заслонкасини автоматик тарзда ёпади. Бундай чеклагич ўрнатилганда двигателнинг нагрузкаси пасайиши билан айланишлар сони $n_{\text{ном}}$ дан бир оз ортади ва салт ишлаганда максимал қиймат $n_{\text{салтмах}}$ га эришади.

75- расмда, шунингдек, ёнилғининг эффе́ктив солиштирма сарфининг айланишлар сонига қараб ўзгариш характери ҳам кўрсатилган. Номинал айланиш сони $n_{\text{ном}}$ дан салт ишлагандаги максимал айланиш сони $n_{\text{смах}}$ гача бўлган диапазонда айланишлар сонини чеклагич таъсир қилади. Бу диапазонда дроссель заслонкаси ёпилиб α нинг ўсиши натижасида ёнилғининг солиштирма сарфи дастлаб бир оз камаяди, лекин кейинчалик, механикавий ва индикаторий ф. и. к. ларининг пасайиши натижасида (карбюраторли двигателларда) кўпаяди.

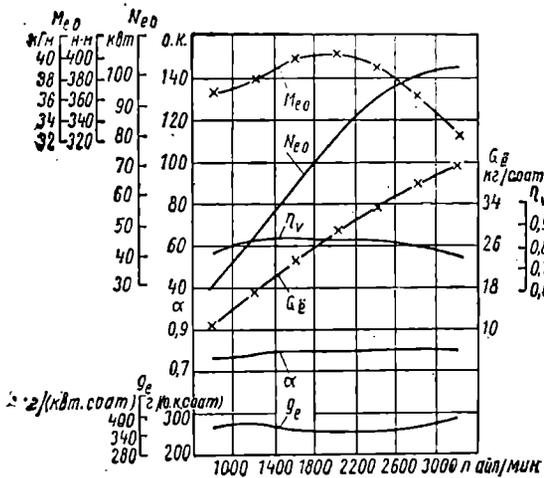
76- расмда саккиз цилиндрли ЗИЛ—130 карбюраторли двигателининг ташқи тезлик характеристикаси, шунингдек, тўлдириш ва ҳавонинг ортиқлик коэффициентларининг эгри чиқиқлари кўрсатилган. Қувват ва буровчи моментнинг ноль индексли қийматлари ГОСТ 491—55 га мувофиқ қуйидаги тенгламалар бўйича нормал шароитларга келтирилган $p_o = 1,013 \text{ бар} = 1,033 \text{ кг/см}^2 = 760 \text{ мм. с.и.м. уст. ва } t_o = 15^\circ\text{C}$;

$$N_{e_o} = AN_{e_i}; \quad (275)$$

$$M_{e_o} = AM_{e_i}, \quad (276)$$

бу ерда
агар p_t бар бўлса,

$$A = \frac{1,013}{p_t} \cdot \frac{530 + t}{545},$$



76- расм. ЗИЛ- 130 карбюраторли двигателнинг ташқи тезлик характеристикаси

агар p_t кг/см^2 бўлса,

$$A = \frac{1,013}{p_t} \cdot \frac{530 + t}{545},$$

агар B_t мм сим. уст. бўлса,

$$A = \frac{760}{B_t} \cdot \frac{530 + t}{545},$$

p_t ва B_t — ташқи муҳит температурасида синаш вақтидаги бо-сим;

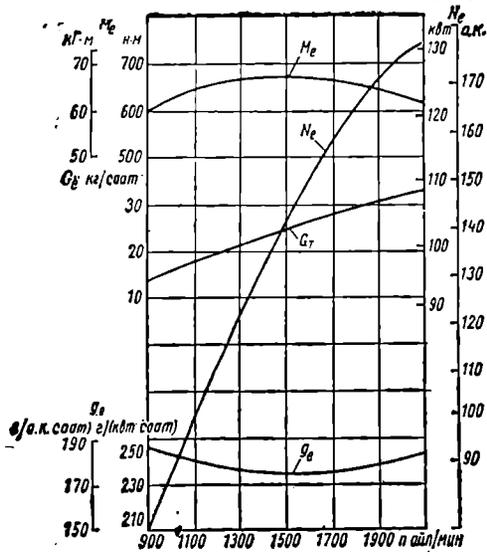
ЯМЗ — 236 автомобиль дизелининг ташқи тезлик характеристикаси 77- расмда келтирилган.

11- жадвалда двигатель ташқи тезлик характеристикаси бўйича ишлагандаги айланишлар сонининг чекка қийматлари келтирилган.

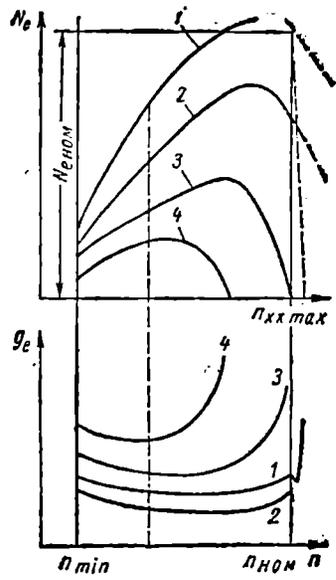
11- жадвал

Автомобиль двигатели ташқи тезлик характеристикаси бўйича ишлагандаги айланишлар сонининг чекка қийматлари

Тезлик режими	Карбюраторли двигатель	Дизель	Тезлик режими	Карбюраторли двигатель	Дизель
$n_{\text{тип}}$ $n_{\text{ном}}$	300—600 4000—6000* 3000—4200**	350—700 200—4500***	n_{Me} n_{max} $n_{\text{разн}}$	(0,4—0,6) $n_{\text{ном}}$ (1,05—1,1) $n_{\text{ном}}$ (1,7—2,0) $n_{\text{ном}}$	(0,4—0,6) $n_{\text{ном}}$ (1,0,5—1,07) $n_{\text{ном}}$ (1,4—1,6) $n_{\text{ном}}$
* — Енгил автомобиллар. ** — Юк автомобиллари.		*** — Енгил автомобилларга ўрнатил- диган дизеллар учун айланишлар сонининг юқори чегараси.			



77-расм. ЯМЗ-236 дизелининг ташқи тезлик характеристикаси



78-расм. Карбюраторли двигателнинг тезлик характеристикалари:

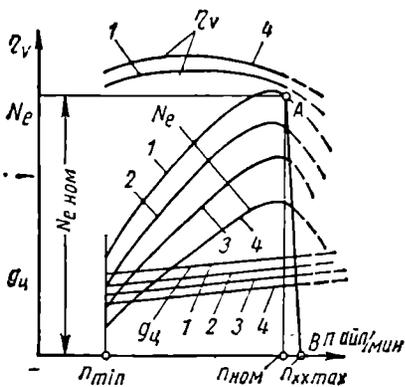
1 — ташқи тезлик характеристика;
 2 — эканомайзер ишламагандаги қисман характеристика; 3 ва 4 — дроссель заслонканинг ҳар хил ҳолатида олинган қисман характеристикалар

Қисмий тезлик характеристикалари. Дроссель заслонкасининг (карбюраторли двигатель) ёки ёнилги беришни бошқариш органининг (дизель) турли ўзгармас ҳолатларида двигатель кўрсаткичларининг айланишлар сонига боғлиқлиги қисмий тезлик характеристикалари деб аталади.

Карбюраторли двигатель ва дизель учун қисмий характеристикаларни олиш шароитлари ҳар хил.

Карбюраторли двигателда қисмий характеристикалар дроссель заслонкасининг ҳар хил ҳолатларида олинади, бу эса тўлдириш коэффициентининг қийматиға таъсир этади. Дроссель заслонкаси ёпила борган сари тўлдириш коэффициенти кескинроқ ўзгаради (48- расмға қаранг). Шунга биноан, қувват 78- расмда кўрсатилгандек ўзгаради. Дроссель заслонкаси ёпила борган сари эффектив қувватнинг максимуми кичик айланишлар сони томонга силжийди.

Дроссель заслонкаси ёпила борганда салт ишлагандаги максимал айланишлар сони пасаяди ва ҳатто номиналдан ҳам кичик бўлиб қолади. Бинобарин, двигателнинг нарузкаси тез пасайганда ҳаддан ташқари катта тезликда ишлашиға йўл



79- расм. Дизелнинг тезлик характеристикалари:

1 — ташқи тезлик характеристика; 2, 3, 4 — қисман характеристикалар;
 АВ — тезлик характеристикаларининг регуляторли қисми

қўймаслик учун бу усулдан фойдаланиш мумкин.

Дизелларда нагрукани ўзгартириш учун ёнилги насосининг рейкаси бошқа ҳолатга қўйилади. Айланишлар сони ортиши билан ёнилги берувчи аппаратура циклда бериладиган ёнилги миқдори g_4 ни бир оз оширади (79- расм). Нагрукка камайиши билан тўлдириш коэффициентини η_v бир оз ортади. Шунинг учун нагрукка камайганда айланишлар сонининг ҳаддан ташқари катта қиймати номинал айланишлар сонидан анча катта бўлиб (75- расмга қаранг) двигателнинг зўрайиб борувчи тезлик билан ишлаш хавфини туғди-

ради.

Нагрукка тўсатдан пасайиб, айланишлар сонининг кескин ошиб кетиши мумкинлиги сабабли двигателнинг авариясига йўл қўймаслик учун дизелнинг салт ишлагандаги максимал айланишлар сони $n_{e, \max}$ ни чеклайдиган регулятор ўрнатиш зарур. Бундай регулятор номиналга яқин режимда ишлайдиган дизелни бошқаришни енгиллаштиради.

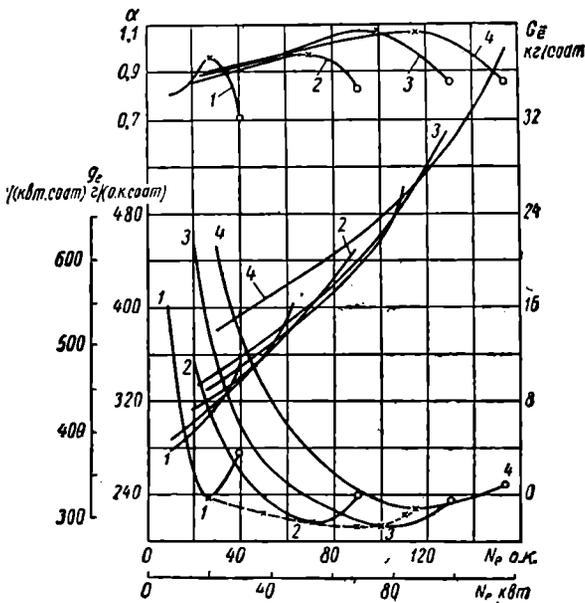
Регуляторни бошқариш органи ўзгармас ҳолатга қўйилиб, нагрукка салт ишлашдан максимал қийматгача оширилганда олинган характеристика регуляторий характеристика дейилади.

2. Нагруккавий характеристика

Двигатель асосий кўрсаткичларининг ўзгармас айланишлар сонидан нагруккага боғлиқлиги нагруккавий характеристика деб аталади. Тормозлаш стендида синаш пайтида нагрукка карбюраторли двигателда дроссель заслонкасини силжитиб, дизелда эса ёнилги беришни бошқариш органини силжитиб ўзгартирилади. Нагруккавий характеристикани олиш усули юқорида келтирилган (37- § ва 70, 71- расмларга қаранг).

Тўла нагруккада ёнилгининг соатли ва солиштира сарфлари, ёнилгининг минимал эффектив солиштира сарфи $g_{e, \min}$ га мос келадиган нагрукка ва двигатель салт ишлагандаги ёнилгининг соатли сарфи нагруккавий характеристикада кўрсатилиб, улар бўйича двигателнинг ишлаш режимини тўлароқ аниқлаш мумкин.

Нагруккавий характеристикалар двигателнинг ташқи ва қисмий тезлик характеристикалари бўйича ҳам тузилиши



80- расм. ЗИЛ—130 карбюраторли двигателнинг нагрузка характеристикалари:

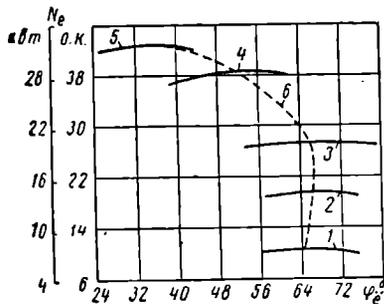
1 — $n = 800$ ай/мин; 2 — $n = 1600$ ай/мин; 3 — $n = 2400$ ай/мин; 4 — $n = 3200$ ай/мин.

мумкин. Бунинг учун бир ўзгармас айланишлар сонига олинган ва тезлик характеристикасидаги бир вертикал чизиқда жойлашган маълумотлардан фойдаланилади (масалан, 78- расмдаги штрихли ординатага қаранг).

Саккиз цилиндрли ЗИЛ-130 карбюраторли двигателнинг ҳар хил айланишлар сониди ва карбюратор стандарт усулда ростланганда олинган нагрузкавий характеристикалар 80- расмда келтирилган. Ҳар бир характеристиканинг доирачалар билан белгиланган нуқталари двигателнинг ташқи тезлик характеристикаси бўйича ишлаш шароитига мос келади. Ҳар бир тезлик режимида ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг энг катта қийматида энг яхши тежамлиликка эришилади. Бунда ёнилғи билан ҳаво аралашмаси энг самарали ёнади.

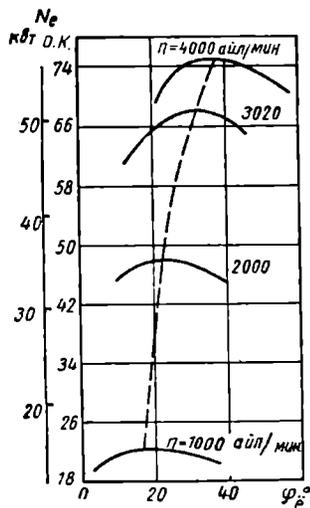
3. Ростлаш характеристикалари

Ёнилғи процессининг ўтиш сифатига таъсир этувчи баъзи параметрлар двигателни синаш пайтида танланиши мумкин. Карбюраторли двигателларда бундай параметрларга ёндиришни илгарилаш бурчаги ва ёнувчи аралашма таркиби дизелларда эса ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги ва аралаш-



81- расм. Автомобиль карбюраторли двигателининг $n = 3450$ ай/мин ва дроссель заслонкасининг ҳар хил ҳолатларида ёндиришни илгарилаш бурчаги бўйича ростлаш характеристикалари:

1 - $\alpha = 1,035$ ва $\tau_V = 0,33$; 2 - $\alpha = 1,10$ ва $\tau_V = 0,48$; 3 - $\alpha = 1,16$ ва $\tau_V = 0,63$; 4 - $\alpha = 1,15$ ва $\tau_V = 0,80$; 5 - $\alpha = 0,88$ ва $\tau_V = 0,77$; б - карбюраторни жуда тежамли ишлашга созланганда ёндириш илгарилаш бурчаги



82- расм. ГАЗ—21 двигатели тирсакли валининг ҳар хил айланишлар сониди ва дроссель заслонка тўлиқ очилганда ёндиришни илгарилаш бурчагини ростлаш характеристикалари

манинг тутунсиз ёнишини таъминлайдиган рейканинг чекка ҳолати кирази. Двигателнинг оптимал кўрсаткичларини шу параметрларга боғлиқ равишда танлаш учун олинадиган характеристикалар ростлаш характеристикалари дейилади.

81- расмда автомобиль двигателининг ростлаш характеристикалари келтирилган. Бундай характеристикалар дроссель заслонкасининг ўзгармас ҳолатида олинади. Бу шароитларда двигателнинг қуввати ва тежамлилиги ёндиришни илгарилаш бурчаги φ_e га боғлиқ ҳолда ўзгаради.

Дроссель заслонкасининг бир қанча ҳолатлари ва тирсакли валнинг турли айланишлар сониди олиб борилган тажриба натижалари бўйича двигателнинг нағрузка ва тезлик режимларига қараб ёндиришни илгарилаш бурчагининг оптимал қиймати танланади.

ГАЗ-21 двигатели тирсакли валининг турли айланишлар сониди ва дроссель заслонкаси тўла очиқ бўлганда ёндиришни илгарилаш бурчагининг двигатель қувватига таъсири 82- расмда кўрсатилган.

Тирсакли валнинг турли айланишлар сониди ёндиришни илгарилаш бурчагининг оптимал қийматлари штрих чизиқ билан бирлаштирилган. Одатда, детонациянинг пайдо бўлишига йўл қўймаслик мақсадида ёндиришни илгарилаш бурчаги кичикроқ қилиб олинади.

42- §. АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛИ ИШЛАШ РЕЖИМИНИНГ ТУРГУНЛИГИ ВА БУРОВЧИ МОМЕНТИ ЗАПАСИ

Двигатель турғун режимда ҳосил қилган буровчи момент автомобилнинг юришига қаршилиқ қилувчи моментлар йиғиндисига тенг. Автомобилни ишлатганда қаршилиқ моменти бир қанча факторлар (йўл профили ва унинг ҳолати, ҳаво қаршилигининг ўзгариши ва ҳоказолар) га боғлиқ бўлиб, кенг кўламда ўзгариши мумкин. Автомобилнинг турғун режимда ҳаракатланишини сақлаш учун ҳаракат қаршилиги ўзгарганда двигателнинг моменти билан қаршилиқ моментининг ўзаро тенглиги двигателнинг тезлик режими жуда оз ўзгарган ҳолда тикланиши лозим.

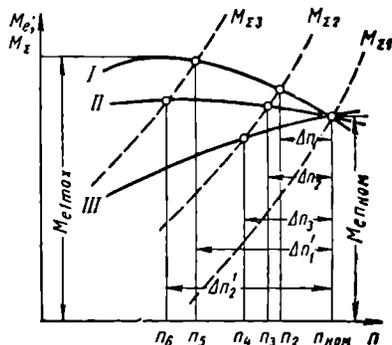
83- расмда учта двигателнинг ташқи тезлик характеристикаларига мос келадиган эффе́ктив буровчи моментларнинг эгри чизиқлари I-III келтирилган. Барча двигателлар номинал режимда бир хил буровчи момент $M_{\text{е}n\text{ном}}$ ҳосил қилади.

Барча двигателлар тирсакли валнинг номинал айланишлар сонида қаршилиқ моменти M_x ни енга олади. Агар ҳаракат шароитларига кўра қаршилиқ моменти ортиб, M_x эгри чизигига мос келса, у ҳолда биринчи двигатель учун турғун режим тирсакли валнинг айланишлар сони Δn_1 қадар камайиб n_2 га етганда, иккинчи двигатель учун Δn_2 қадар камайиб, n_3 га етганда, учинчи двигатель учун эса Δn_3 қадар камайиб, n_4 га етганда қайта тикланади.

Агар автомобилнинг ҳаракат қаршилиги эгри чизиқ M_x га мос келса, у ҳолда биринчи двигатель учун турғун режим тирсакли валнинг айланишлар сони $\Delta n'_1$ қадар камайиб, n_5 га етганда, иккинчи двигатель учун — $\Delta n'_2$ қадар камайиб, n_6 га етганда тикланади, учинчи двигатель эса узатмаларни алмаштириб қўшмасак, бу нагрузкани енга олмайди.

83- расмдан кўришиб турибдики, двигателнинг буровчи моменти тикроқ кўтарилган эгри чизиқ бўйлаб ўзгарса, у ҳолда автомобилнинг ҳаракат қаршилиги ўзгарганда айланишлар сони қисқа чегарада ўзгаради. Бу қаршилиқ кескин ортганда двигателнинг қуввати уни енга олиш учун етарли бўлади.

Карбюраторли двигатель қисмий нагрузкаларда ишлаётганда N_e эгри чизиги тўла



83- расм. Буровчи моментининг айланишлар сонига қараб ўзгаришининг двигателнинг турғун ишлашига таъсири

нагрузкадагига қараганда тикроқ бўлади, шунинг учун қаршиликлар ўзгарганда айланишлар сони қисқа чегарада ўзгаради. Автомобилнинг ҳаракат қаршилигига қараб Δn нинг ўзгариш характери дизелда нагрузкага боғлиқ бўлмайди, чунки унинг ташқи ва қисмий характеристикалари деярли бир хил.

Автомобиль двигатели режимининг турғунлиги буровчи момент запаси билан баҳоланади. Буровчи момент запаси максимал буровчи моментнинг двигатель номинал режимда ҳосил қиладиган буровчи моментга нисбати билан аниқланади. Мослашиш коэффициенти деб аталадиган бу нисбат қуйидагича аниқланади:

$$K = \frac{M_{e_{\max}}}{M_{e_{\text{нном}}}}. \quad (277)$$

Двигателнинг буровчи моменти M_e ўртача эффектив босимга тўғри пропорционал, шунинг учун:

$$K = \frac{P_{e_{\max}}}{P_{e_{\text{нном}}}}.$$

Карбюраторли двигателлар нисбатан турғун режимда ишлайди ва уларнинг мослашиш коэффициенти $K = 1,25 \div 1,35$ бўлади. Дизелларнинг буровчи моменти ётиқроқ эгри чизиқ билан характерланиб, уларнинг мослашиш коэффициенти 1,15 дан ошмайди. Дизелларнинг мослашиш коэффициентини яхшилаш учун айланишлар сони пасайиши билан циклға ёнилғини кўпроқ берадиган махсус корректорловчи мосламадан фойдаланиш зарур (XII бобга қаранг).

КАРБЮРАЦИЯ ВА КАРБЮРАТОРЛАР

43- §. УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ёниш процессининг яхши боришини таъминловчи асосий факторлардан бири карбюраторда бир жинсли ёнувчи аралашма тайёрлашдир.

Карбюраторда ёнилғи тўзиди, қисман буғланади, ва ҳаво билан аралашиб, ёниш процессининг самарали ўтишини таъминлаш учун зарур таркибли ёнувчи аралашма ҳосил бўлади. Двигателнинг тежамлилиги ва ҳосил қиладиган қуввати карбюраторнинг сифатли ишлашига боғлиқ.

Автомобиль двигателига ўрнатиладиган карбюратор автомобилни узоқ ишлатиш жараёнида барча нагрузка ва тезлик режимларида ёнувчи аралашмани тўғри дозалаш ва бу дозалашнинг стабиллигини таъминлаши лозим. Двигателнинг бир режимдан иккинчи режимга тез ўтиши ва ўзгарувчан режимларда нормал ишлаши учун карбюратор қуйидаги талабларни қондириши керак: 1) бир жинсли ёнувчи аралашма ҳосил қилиши лозим. Аралашманинг таркибидаги ёнилғининг мумкин қадар кўп қисми буғланиб, ҳаво билан аралашishi зарур; 2) барча нагрузка ва тезлик режимларида зарур таркибли ёнувчи аралашма ҳосил қилиши лозим; 3) қисқа вақт ичида двигателнинг зарур иш режимини таъминлаши керак. Булардан ташқари, карбюратор пухта ва оддий тузилган, ишлатилиши осон ва қулай бўлиши лозим.

Дроссель заслонкаси тўла очиқ бўлганда двигателнинг янги зарядга кўпроқ тўлиши учун карбюратордаги қаршилиқ мумкин қадар оз бўлиши зарур.

Карбюрация процессини ўрганиш учун ҳавонинг диффузор орқали, ёқилғининг эса жиклёр орқали ўтиш шартларини кўриб чиқиш зарур. Суюқликларнинг оқиш хоссалари гидродинамика курсида ўрганилади. Қуйида гидродинамика курсидан қисқача маълумот келтирилган.

1. Асосий тушунчалар

Суюқликнинг идишдан оқиб чиқиш процессини кўриб чиқамиз (84- расм). Бу идишдаги пастки тешикдан суюқлик оқиб чиқиши билан бир вақтда бошқа тешикдан суюқлик киради, натижада унинг сатҳи H ўзгармайди. Бундай ҳодиса, масалан, карбюраторнинг қалқовучли камерасида содир бўлади. Бу ҳолда суюқлик тешикдан вақт ўтиши билан ўзгармайдиган бир хил тезликда оқиб чиқади. Бундай ҳаракат турғун ҳаракат дейилади. Агар суюқлик оқиб чиқиши билан идиш бўшаб борса, у ҳолда ҳар бир кўрилатган пайтда суюқлик устунининг баландлиги ўзгариб, оқиб чиқиш тезлиги ҳам камаяди. Бундай ҳаракат турғунмас ҳаракат дейилади.

85- расмда суюқлик оқими тасвирланган. Ўзаро параллел бўлган суюқлик оқимлари горизонтал чизиқлар билан кўрсатилган. Оқимнинг ихтиёрий жойидан тик текислик ўтказамиз. Ҳосил бўлган кесим F оқимнинг жонли кесими дейилади. Агар бу кесимда оқимнинг тезлиги w бўлса, у ҳолда кесим орқали оқиб ўтаётган суюқлик миқдори қуйидагича аниқланади.

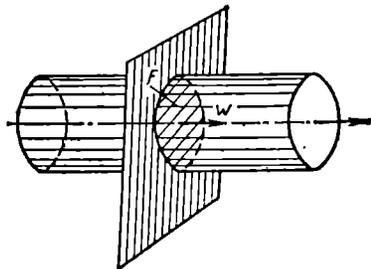
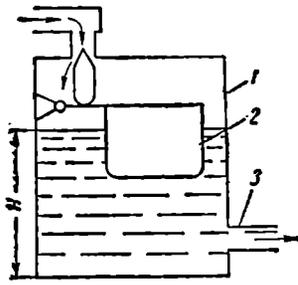
$$Q = Fw, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (278)$$

ёки

$$G = Fw\rho, \text{ кг}/\text{сек}. \quad (279)$$

Найча орқали зичлиги ўзгармас ($\rho = \text{const}$) бўлган идеал суюқлик оқиб ўтпти, деб фараз қиламиз (86- расм). У ҳолда ҳар қандай кўндаланг кесимдан бир хил миқдорда суюқлик оқиб ўтади. Бинобарин:

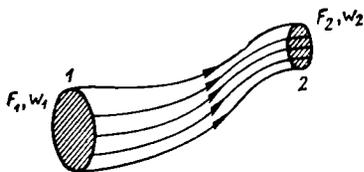
$$Q = F_1w_1 = F_2w_2 = \dots = F_nw_n = \text{const}. \quad (280)$$



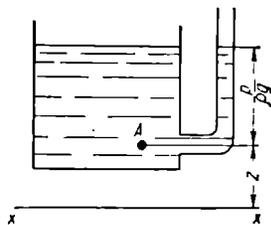
84- расм. Суюқликнинг идишдан оқиб чиқиш схемаси:

1 — идиш; 2 — қалқовуч; 3 — насадка

85- расм. Суюқликнинг трубкадан оқиб чиқиш схемаси



86- расм. Зичлиги ўзгармайдиган суюқликнинг ўзгарувчан кесимли трубкадан оқиш схемаси



87- расм. Суюқликнинг тўла энергиясини аниқлаш

(280) тенглама туташлик тенгламаси дейилади. Бу тенгламадан фойдаланиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$w_2 = \frac{F_1 w_1}{F_2}. \quad (281)$$

Ҳаракатланаётган суюқлик энергиясининг балансини тузиш учун солиштирма энергия e тушунчасини киритамиз. Солиштирма энергия оғирлик кучи бирлиги G га тўғри келадиган энергия E дир. У ҳолда ҳар қандай турдаги энергия учун солиштирма энергия қуйидагича ифодаланади:

$$e = \frac{E}{G} \text{ м.} \quad (282)$$

Бу формулага кўра, солиштирма энергия узунлик бирлигида ўлчанади.

Суюқликнинг энергияси умумий ҳолда ҳолат энергияси, босим энергияси ва кинетикавий энергия йиғиндисидан иборат.

Суюқлик билан тўлдирилган идишни кўриб чиқамиз (87- расм).

Идиш остидан горизонтал xx текислигини ўтказиб, ҳисобни шу текисликка нисбатан олиб борамиз.

А зонасидаги суюқлик заррачасининг xx текисликка нисбатан тўла ҳолат энергияси $E_{\text{хол}} = Gz$, ҳолатнинг солиштирма энергияси эса

$$e_{\text{хол}} = \frac{E_{\text{хол}}}{G} = z \quad (283)$$

бўлади.

Демак, ҳолатнинг солиштирма энергияси сон жиҳатидан нуқтанинг xx координаталар текислигидан бўлган геометрик баландлигига тенг.

Кўриб чиқиляётган заррача А зонада атрофдаги суюқлик босими остида бўлади. Бу босим қуйидагича ҳисобланадиган устун баландлигига тенг:

$$H_{\text{бос}} = \frac{p}{\rho g}.$$

У ҳолда босимнинг тўла энергияси:

$$E_{\text{бос}} = G \frac{p}{\rho g},$$

босимнинг солиштирма энергияси:

$$e_{\text{бос}} = \frac{E_{\text{бос}}}{G} = \frac{p}{\rho g}. \quad (284)$$

Ҳолат ва босим солиштирма энергияларининг йиғиндиси солиштирма потенциал энергия ёки пьезометрик босим дейилади. Пьезометрик босим xx текисликдан пьезометрдаги суюқлик сатҳигача бўлган суюқлик устунининг баландлигига тенг:

$$H = z + \frac{p}{\rho g}.$$

w тезликда ҳаракатланаётган m массали суюқлик заррачасининг кинетик энергиясини қуйидаги тенгламадан аниқлаш мумкин:

$$E_{\text{кин}} = \frac{mw^2}{2}.$$

У ҳолда тезлик босими деб аталувчи солиштирма кинетик энергия қуйидагича аниқланади:

$$e_{\text{кин}} = \frac{mw^2}{2G},$$

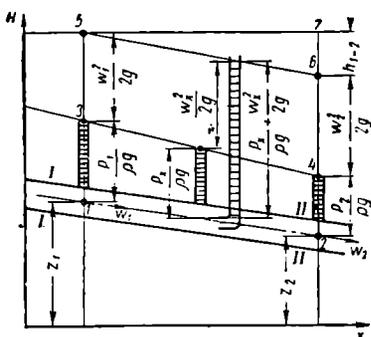
бу ерда:

$$G = mg.$$

Шунинг учун:

$$e_{\text{кин}} = \frac{w^2}{2g}. \quad (285)$$

2. Бернулли тенгламаси



88- расм. Суюқликнинг трубkada ҳаракатланиш схемаси

Суюқлик заррачасининг $I-I$ кесимдаги I нуқтадан $II-II$ кесимдаги 2 нуқтагача бўлган ҳаракатини кўздан кечирамиз (88- расм). $I-I$ кесимда суюқлик заррачасининг тезлиги w_1 , босими p_1 ва заррачаниннг горизонтал текисликдан баландлиги z_1 ; $II-II$ кесимда заррачаниннг параметрлари тегишлича w_2 , p_2 ва z_2 бўлади.

Шундай қилиб, ҳолат, босим ва кинетикавий солиштирма энергияларнинг йиғиндиси мос ҳолда қуйидагича бўлади.

I—I кесимда:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g}, \quad (286)$$

II—II кесимда:

$$z_2 + \frac{p}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g}, \quad (287)$$

I—I кесим билан *II—II* кесим орасидаги участкада суюқлик оққанда босим йўқолмайди, деб фараз қиламиз. Бу ҳолда энергиянинг балансига асосланиб, қуйидагини ёзамиз:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} = \text{const}. \quad (288)$$

Лекин ҳақиқатда суюқлик оққанда энергиянинг бир қисми қаршиликларни енгиш учун сарф бўлади. Босимнинг йўқотилган қисмини h_{1-2} билан ифодалаймиз, у ҳолда (288) тенглама *I—I* кесимдан *II—II* кесимгача бўлган участкада йўқотилган босимни ҳособга олиниб, қуйидагича ёзилади:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + h_{1-2}. \quad (289)$$

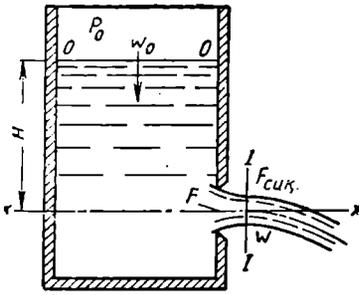
(288) ва (289) тенгламалар кўриб чиқилаётган суюқлик заррачаси учун Бернулли тенгламаси дейилади. Бу тенглама текис, сезиларли даражада огмасдан (86- расмга қаранг) ҳаракат қиладиган суюқлик оқими учун ҳам қўлланилади.

Бернулли тенгламасидаги барча қўшилувчилар узунлик бирлигида ўлчанади. Шунинг учун абсциссалар ўқига кўрилатган участканинг узунлиги, ординаталар ўқига эса солиштирма энергиялар ёки босимлар ёзилган координаталар системасидан фойдаланиб, суюқликнинг ҳаракат чизиги бўйлаб бу қийматнинг ўзгариш характеристикасини олиш мумкин. 88- расмдаги *1—2* чизиқ суюқлик заррачасининг ҳаракат траекториясини, *3—4* чизиқ $z + \frac{p}{\rho g}$ га тенг бўлган пьезометрик босимни, *5—6* чизиқ эса $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}$ га тенг бўлган тўла босимни характерлайди.

Горизонтал чизиқ билан *5—6* чизиқ орасидаги кесма суюқлик оқаётган участкада босимнинг йўқотилган қисмини характерлайди.

Пьезометрик ва тезлик босимларининг қийматларини ўлчаш учун суюқлик оқаётган трубага пьезометр ва эгри най ўрнатиш керак. Эгри найча (Пито найчаси) нинг очиқ учи суюқлик оқимига қарши ўрнатилади. Пьезометрдаги суюқлик устунининг баландлиги $\frac{p}{\rho g}$ қийматга, Пито найчасидаги баландлик эса тўла босимга, яъни $\frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g}$ тўғри келади. Бу тенгламаларнинг айирмаси тезлик босими $\frac{w^2}{2g}$ га тенг бўлади.

3. Суюқликнинг оқиб чиқиши



89- расм. Суюқликнинг резервуардан оқиб чиқиш схемаси

Суюқликнинг идишдан кесим юзи F бўлган тешик орқали ташқарига (атмосферага) оқиб чиқишини кўриб ўтайлик (89- расм).

Суюқлик ўткир қиррали тешик орқали оқиб чиқаётганда тешик яқинида сиқилади ва унинг кўндаланг кесими $F_{\text{сик}}$ тешикнинг кўндаланг кесими F дан кичик бўлади. Кесим юзларининг нисбатини $\frac{F_{\text{сик}}}{F} = \epsilon$ деб белгилаймиз.

Бу қиймат доим бирдан кичик бўлиб, сиқиш коэффициенти деб аталади.

Икки кесимни кўриб чиқамиз: босими p_0 , суюқликнинг оқиш тезлиги w_0 бўлган эркин юза кесими $O-O$ ва оқиш тезлиги w бўлган $I-I$ кесим.

Координаталар ўқини тешик ўқи бўйлаб жойлаштирамиз ва суюқлик сатҳининг шу ўқдан баландлигини H билан белгилаймиз. У ҳолда Бернулли тенгламаси кўрилади икки кесим учун қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$z_0 = \frac{p_0}{\rho g} + \frac{w_0^2}{2g} = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} + h_{\text{ўқот}}$$

бу ерда $h_{\text{ўқот}}$ — суюқлик тешик орқали оқиб чиққанда йўқотилган босим; $h_{\text{ўқот}} = \xi \frac{w^2}{2g}$;

ξ — тешикнинг ўткариш кесимига нисбатан олинган қаршилик коэффициенти;

$z_0 + \frac{p}{\rho g} = H$ — кесим $O-O$ даги суюқлик заррачасининг солиштирма потенциал энергияси (пьезометрик босими);

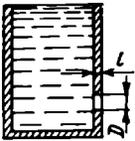
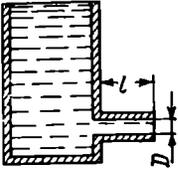
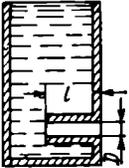
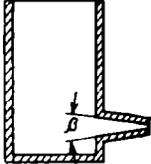
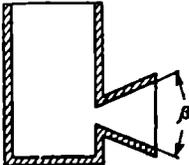
$z + \frac{p_0}{\rho g} = 0$ — кесим $I-I$ даги суюқлик заррачасининг солиштирма потенциал энергияси.

Тезлик w_0 тезлик w га нисбатан жуда кичик бўлгани учун $w_0 = 0$ деб қабул қилиб, қуйидаги ифодани ёзамиз:

$$H = \frac{w^2}{2g} + \xi \frac{w^2}{2g}$$

ёки

$$H = (1 + \xi) \frac{w^2}{2g}$$

Насадка турли	ϵ	ζ	φ	μ
 <p data-bbox="400 255 605 326">$l < 3D$ юпқа деворчадаги тешик</p>	0,64	0,06	0,97	0,62
 <p data-bbox="381 459 624 550">$l = (3+4)D$ Идишдан ташқарида жойлашган цилиндрик насадка</p>	1	0,49	0,82	0,82*
 <p data-bbox="367 683 636 754">$l = (3+4)D$ Идиш ичида жойлашган цилиндрик насадка</p>	1	1	0,71	0,71
 <p data-bbox="370 918 636 989">$l = (3+4)D$ Туташадиган конусавий насадка</p>	0,98	0,06	0,97	0,95
 <p data-bbox="389 1141 624 1212">$l = (3+4)D$ Туташмайдиган кону- савий насадка</p>	1	3,94	0,45	0,45
Кириш қирраларини юмалоқлашда $\mu=0,97$				

Бу ердан суюқликнинг оқиб чиқиш тезлиги:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{1+\xi}} \sqrt{2gH}.$$

Бу формулада $\frac{1}{\sqrt{1+\xi}} = \varphi$ деб белгилаб, уни тезлик коэф-
фициенти деб атаймиз. У ҳолда

$$\omega = \varphi \sqrt{2gH} \quad (290)$$

бўлади. Тажриба маълумотларига кўра

$$\varphi \approx 0,97.$$

Оқиб чиқувчи суюқлик миқдори:

$$Q = F_{\text{сик}} \omega \text{ м}^3/\text{сек}$$

(290) ифодани ва оқимнинг сиқилиш коэффициентини ҳи-
собга олсак:

$$Q = \xi \varphi F \sqrt{2gH} = \mu F \sqrt{2gH} \quad (291)$$

бўлади, бу ерда $\mu = \text{сарфланиш коэффиценти}$;

(291) тенгламага кўра, берилган тешикнинг кесими орқали оқиб чиқувчи суюқлик миқдори $\varepsilon \cdot \varphi$ кўпайтма билан аниқла-
нади. Оқиб чиқувчи суюқлик миқдорини ошириш учун тешик
огзига турли шаклдаги насадкалар ўрнатилади. Насадканинг
узушлиги l диаметри D дан 3—4 марта катта бўлиши лозим.
Насадка ишлатилганда оқим унинг ичида сиқилади. Насадка-
дан чиқишда суюқлик оқими насадканинг бутун кесим юзини
тўлатади ва $\varepsilon = 1$ бўлади.

Насадка ишлатилганда суюқликнинг кўп оқиб чиқишига
асосий сабаб шуки, суюқликнинг энг катта сиқилиш зонасида
сийракланиш ҳосил бўлиб, мазкур кесимда суюқликнинг тез-
лиги ошади.

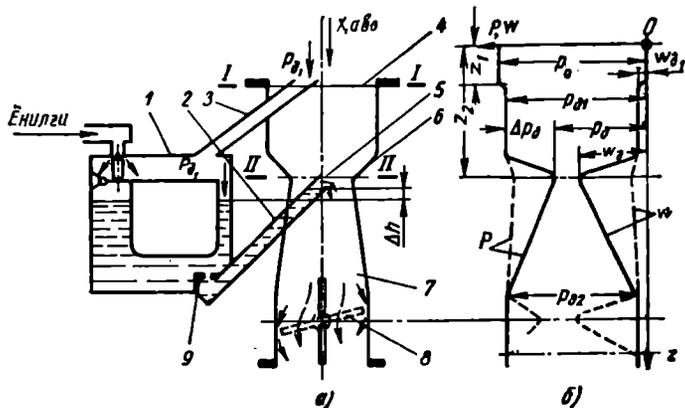
Турли тешиклар ва насадкалар учун тажриба коэффицент-
ларининг қийматлари 12- жадвалда келтирилган.

45- §. ЭЛЕМЕНТАР КАРБЮРАТОР

1. Элементар карбюраторнинг схемаси

Ҳаво оқими юқоридан пастга йўналган элементар ёки од-
дий карбюраторнинг схемаси 90- расм, *a* да кўрсатилган. Унинг
асосий элементлари қуйидагилар:

1. Ҳаво-эмульсия тракти (йўли); бу йўлдан тоза ҳаво ва
унинг ёнилғи билан аралашмаси (ёнилғи эмульсияси) оқади.
Ҳаво-эмульсия йўли ҳаво тозалагичга туташтирилган ҳаво ки-



90-расм. Ҳаво оқими пастга йўналган оддий карбюраторнинг схемаси.

ритувчи патрубок 4, диффузор 6 ва остки қисмида дроссель заслонкаси 8 жойлашган аралаштириш камераси 7 дан иборат. Дроссель заслонкаси 8 ўқда буралади.

2. Ёнилғи-эмульсия йўли. Бу йўлдан соф ёнилғи ва ёнилғи эмульсияси оқади.

Ёнилғи-эмульсия йўли қалқовучли конус шаклидаги беркитувчи клапанли камера 1, калибрланган тешик, яъни жиклёр 9, найча (ёки канал) 2 ва диффузор 6 нинг торайган қисмида жойлашган тўзитгич 5 дан иборат.

Киритиш процессида ҳаво ташқи муҳитдан ҳаво тозалагич ва карбюратор орқали маълум тезлик билан киритиш труба-ларига келади. Диффузор 6 аввал тораювчи, кейинчалик кенгаювчи конусдан иборат. Ҳаво карбюраторнинг диффузоридан ўтганда унинг босими ўзгаради. Дроссель заслонкаси тўла очилган вақтда трактдаги ҳаво босими ва тезлигининг ўзгариш характери 90- расм, б да сидирга чизиқлар билан кўрсатилган.

Диффузор торайиб борган сари у орқали ўтаётган ҳаво босими ҳам камайиб боради ва диффузорнинг энг тор қисмида ўзининг энг кичик қиймати p_d га эришади. Сўнг диффузор кенгайиб борган сари ҳаво босими ҳам орта боради. Қаршиликларнинг мавжудлиги натижасида диффузорнинг охиридаги ҳаво босими p_{d2} диффузор олдидаги ҳаво босими p_{d1} дан кичик бўлади.

Ҳаво ҳаракатланганда босимнинг йўқотилиши натижасида карбюраторнинг ҳаво-эмульсия трактидаги босим атмосфера босимидан доим кичик бўлади. Диффузорнинг энг тор қисмида сийраклик кўп бўлади, чунки бу ерда ҳаво максимал тезликда оқади (ҳаво кўп сарфланганда унинг тезлиги тахминан 150 м/сек га етади).

Ёнилғи қалқовучли камера 1 да жойлашган бўлиб, унинг сатҳи тахминан ўзгармай туради. Қалқовучли камерага ёнилғи тушганда ёнилғи сатҳи кўтарилади, қалқовуч юқорига қалқиб чиқиб, игнасимон клапанни кўтаради, шунда клапан ёнилғи келадиган тешикни беркитади. Ёнилғи сарфланмаса қалқовучли камерага ёнилғи тушмайди, бинобарин ундаги ёнилғи сатҳи ўзгармайди. Қалқовуч шундай ўрнатилиши лозимки, камерадаги ёнилғи сатҳи тўзитгич 5 нинг оғзидан камида $\Delta h = 5 \div 8$ мм паст бўлсин. Тўзитгич бундай жойлашса, двигатель ишламай турганда ёки автомобиль кўп қияланганда ёнилғи камерадан оқиб кетмайди.

Қия қирқимли оғзи ҳаво оқимиға қарши ўрнатилган найча 3 қалқовучли камера 1 ни ҳаво киритиш патрубогига, яъни диффузор олдидаги бўшлиққа туташтиради, шунинг учун ҳам қалқовучли камерада ёнилғи устидаги ҳаво босими диффузор олдидаги ҳаво босими p_d га тенг. Бундай қалқовучли камера мувозанатланган қалқовучли камера дейилади. Бу ҳолда камерадаги босим ҳаво патрубогининг кириш қисмидаги босимға ўхшаган бўлади. Шунинг учун карбюраторнинг олдида жойлашган ҳаво фильтри ифлосланганда ҳам ёнилғи-ҳаво аралашмаси қуюқлашиб кетмайди.

Агар қалқовучли камера атмосфера билан туташган бўлса, у мувозанатланмаган камера дейилади. Бунмай камералар содда тузилган карбюраторларда, масалан, дизелларнинг юргизиб юбориш двигателларида, шунингдек, қизиган двигателларни ишга туширишни осонлаштириш учун оддий карбюраторларда ишлатилади.

Тўзитгич 5 диффузор 6 нинг бўғзига ўрнатилган бўлиб, унинг ёнилғи чиқадиган учи диффузорнинг тор қисмида, яъни энг катта сийракланиш зонасида жойлашган.

Ҳаво-эмульсия трактида ҳаво ҳаракатланганда қалқовучли камерадаги босим диффузордаги босимдан юқори бўлади. Агар қалқовучли камера атмосфера билан боғланган бўлса, ундаги сийраклик нолга тенг бўлади. Диффузордаги босим қалқовучли камерадаги босимға нисбатан кам бўлиб, ёнилғи қалқовучли камера ва диффузор 6 даги босимлар фарқи таъсирида жиклёр 9 ва тўзитгич 5 орқали диффузор 6 га пуркалади. Ёнилғи диффузорда катта тезликда ўтаётган ҳаво оқимиға эргашиб, тўзийди, қисман бугланади, ҳаво билан аралашади ва киритиш трубалари орқали двигателнинг цилиндрларига киради.

Двигатель тирсакли вали секин айланиб салт ишлаётган вақтда, яъни дроссель заслонкаси охиригача ёпилганда қалқовучли камера билан диффузордаги босимлар фарқи жуда оз бўлгани учун ёнилғи диффузорга келмайди.

90- расм, 6 да штрих чизиқлар билан кўрсатилгандек, катта сийраклик ва унга мос катта тезлик дроссель заслонканинг кетида ҳосил бўлади. Бундай сийраклашишдан кам нагрузкада ва салт ишлаш пайтида ёнилғини дозалашда фойдаланилади.

2. Элементар карбюраторнинг характеристикаси

Ёнилги диффузор b га тушишдан олдин (90- расм, a) жиклёр 9 дан ўтади. Тўзитгич 5 дан оқиб тушадиган ёнилгининг миқдори жиклёрнинг олди ва кетидаги босимлар фарқи, жиклёрнинг ўтказиш кесим юзи ва унинг қаршилиги билан аниқланади. Диффузор b орқали ўтаётган ҳавонинг миқдори, ўз навбатида, диффузор олди ва кетидаги босимлар фарқи, диффузор бўғзининг ўтиш кесим юзи ва унинг қаршилиги билан аниқланади.

Диффузор бўғзининг ва жиклёрнинг ўтказиш кесимларини танлаб, ёнувчи аралашманинг талаб этилган таркибини ҳосил қилиш мумкин. Аралашманинг таркиби ҳавонинг ортиқлик коэффиценти билан характерланади. Бу коэффицент қуйидагича ҳисобланади:

$$\alpha = \frac{G_x}{\sigma_a l_0},$$

бу ерда G_x — 1 сек давомида диффузор орқали ўтган ҳаво миқдори, кг;

G_e — 1 сек давомида жиклёр орқали ўтган ёнилги миқдори, кг;

l_0 — 1 кг ёнилгининг тўла ёниши учун керак бўлган ҳавонинг назарий миқдори, кг.

(279) га тенгламага биноан диффузордан ўтаётган ҳаво миқдори оқимнинг сиқилиш коэффицентини ҳисобга олган ҳолда қуйидагича аниқланади:

$$G_x = \epsilon_d E_d \omega_d \rho_0, \quad (292)$$

бу ерда ϵ_d — оқимнинг сиқилиш коэффиценти: $\epsilon_d = 0,95$;

F_d — диффузор бўғзининг ўтказиш кесими юзи, m^2 ;

ω_d — диффузор бўғзидаги ҳавонинг тезлиги, $m/сек$;

ρ — ҳавонинг зичлиги, kg/m^3 .

Ҳавонинг карбюраторга киришидаги кесим $I-I$ ва диффузордаги энг минимал кесим $II-II$ учун (90- расм, a) Бернулли тенгламасини ёзамиз:

$$z_1 + \frac{p_{z1}}{\rho_0 g} + \frac{w_1^2}{2d} = z_2 = \frac{p_1}{\rho_d g} + \frac{w_d^2}{2g} + \xi_{1-II} \frac{w_d^2}{2g}.$$

Кўриб чиқилаётган кесимлар орасидаги сатҳлар фарқи кам, шуниг учун $z_1 = z_2$ деб қабул қилиш мумкин. Босимлар орасидаги фарқ $p_{z1} - p_1 = \Delta p_1$ кам бўлгани учун $\rho_d = \rho_0$ ва киришдаги ҳавонинг тезлиги кичиклиги сабабли $w_1 = 0$ деб қабул қиламиз. Бу ҳолда

$$\frac{p_{z1} - p_1}{\rho_0} = (1 + \xi) \frac{w_d^2}{2}$$

бўлади. $\frac{i}{\sqrt{1-\tau}} \xi = \varphi$ бўлганлиги учун ҳавонинг диффузордаги оқиш тезлиги

$$\omega_x = \varphi_d \sqrt{2 \frac{\Delta p_d}{\rho_0}} \text{ м/сек} \quad (293)$$

бўлади, бу ерда φ_d — диффузордаги тезлик коэффициентини; $\varphi = 0,75 \div 0,9$;

ω_x нинг қийматини (292) тенгламага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$G_x = \varepsilon_d \cdot \varphi_d F_d \sqrt{2 \frac{\Delta p_d}{\rho_0} \rho_0^2}$$

$\xi_d \varphi_d = \mu_d$ — яъни диффузорнинг сарфлаш коэффициентига тенг бўлганлиги учун

$$G_x = \mu_d F_d \sqrt{2 \Delta p_d \rho_0} \text{ кг/сек} \quad (294)$$

бўлади.

Эски бирликларда, яъни Δp_d кг/м^2 ҳисобида ифодаланса,

$$G_x = \mu_d F_d \sqrt{2g \Delta p_d \rho_0}$$

бўлади.

Қалқовучли камерадаги ёнилғи устуни ҳосил қиладиган босимни ҳисобга олмай ва туташлик ҳамда Бернулли тенгламаларидан фойдаланиб, цилиндрга бериладиган ёнилғи миқдорини топамиз:

$$G_e = \mu_{ж} f_{ж} \sqrt{2 \Delta p_d \rho_e} \text{ кг/сек}, \quad (295)$$

бу ерда $\mu_{ж}$ — жиклёрнинг сарфлаш коэффициентини; $\mu_{ж} = 0,70 \div 0,85$;

$f_{ж}$ — жиклёрнинг ўтказиш кесими юзи;

ρ_e — ёнилғининг зичлиги, кг/см^3 .

Эски бирликларда:

$$G_e = \mu_{ж} f_{ж} \sqrt{2g \Delta p_d \rho_e} \text{ кг/сек}.$$

(294) ва (295) тенгламалардан ёнилғининг элементар таркибини билган ҳолда ва ҳавонинг назарий зарур миқдорини ҳисоблаб чиқиб, ҳавонинг ортиқлик коэффициентини аниқлаш мумкин:

$$\alpha = \frac{G_x}{G_e l_0} = \frac{F_d \mu_d \sqrt{2 \Delta p_d \rho_0}}{l_0 f_{ж} \mu_{ж} \sqrt{2 \Delta p_d \rho_e}} = \frac{F_d}{l_0 f_{ж}} \cdot \frac{\mu_d}{\mu_{ж}} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_e}} \quad (296)$$

Диффузор бўғзининг ва жиклёрнинг танланган ўлчамлари ҳамда берилган ёнилғи учун чиқарилган (296) тенгламада:

$$\sqrt{\frac{F_d}{l_0 f_{ж}} \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_e}}} = A,$$

унда

$$\alpha = A \frac{\mu_d}{\mu_j} \quad (297)$$

бўлади.

Ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг элементар карбюратор диффузооридаги сийраклашишга боғлиқлиги 91-расмда келтирилган.

Айланишлар сони ўзгармаган ҳолда двигателнинг нагрукаси ошиб, дроссель заслонкаси очилса ёки дроссель заслонкасининг ҳолати ўзгармасдан, айланишлар сони ошса, диффузооридаги сийраклашиш ортади.

Жиклёр ва диффузоорнинг сарфлаш коэффициентлари турли характерда ўзгарганлиги учун нагрукка ортиши билан ҳавонинг ортиқлик коэффициенти камаяди ва, бинобарин, ёнувчи аралашма узлуксиз қуюқлашиб боради, бу эса ҳавонинг сарфи ошганда ёнувчи аралашма таркибига нисбатан бўлган талабга жавоб бермайди.

46- §. ИДЕАЛ КАРБЮРАТОР

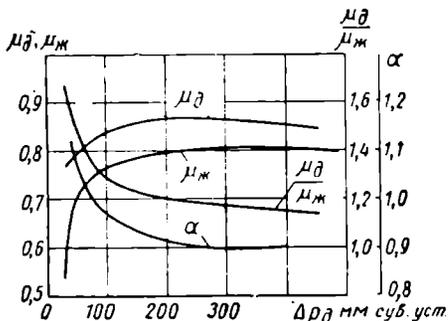
Двигателнинг нагруккасига қараб, ёнувчи аралашманинг энг қулай таркибини белгилаш мумкин. Бунинг учун двигателнинг қуввати ва тежамлигини аралашманинг таркибига қараб текшириш лозим.

Дроссель заслонкасининг бир қанча ўзгармас ҳолатлари учун қувватнинг ва ёнилғи солиштирма сарфининг ҳавонинг ортиқлик коэффициентига боғлиқлик эгри чизиқлари 92-расмда келтирилган.

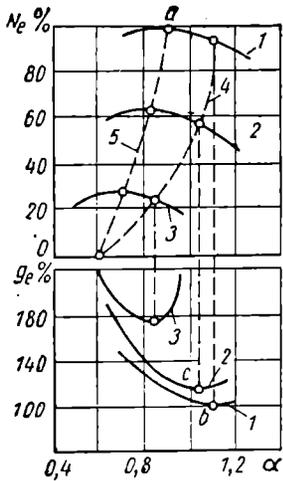
Дроссель заслонкасининг исталган ҳолатида энг катта қувват олиш учун ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг қиймати энг тежамли ишлагандаги қийматидан кичикроқ бўлиши керак.

Двигателнинг энг тежамли ишлаши ёки максимал қувват ҳосил қилиши учун ёнувчи аралашма таркибининг оптимал қийматларининг чегаралари штрих чизиқлар билан бирлаштирилган. Булар карбюраторнинг рационал ростланиш чегараларини аниқлайди.

Энг катта қувват олиш учун дроссель заслонкаси охиригача очилади. Демак, бу ҳолда тежамлиликнинг пасайишини эътиборга олмасдан энг катта қувват олиш учун ёнувчи аралашма қуюқлаштириш керак (α нуқта). Нагрукка камайганда дроссель заслонкаси беркитилади. Бундай шароитларда дви-



91-расм. Оддий карбюраторда ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α нинг ва диффузор ҳамда жиклёр сарфлаш коэффициентлари (μ_d ; μ_j) нинг диффузооридаги сийраклик Δz га боғлиқлиги



92- расм. Двигатель қуввати ва тежамлилигининг ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α га қараб ўзгариши (n -const):

1 — дроссель заслонка тўла очик;
2 ва 3 — дроссель заслонка қисман очик; 4 — двигатель жуда тежамли ишлаганда α нинг чекка қийматлари; 5 — двигатель энг катта қувват ҳосил қилганда α нинг қийматлари

нинг турли режимларда ишлаши учун элементар карбюратор ёнувчи аралашмани керакли таркибда тайёрлаб бера олмайди. Шунинг учун карбюраторга двигателнинг ишлаш режимлари талабига мувофиқ, карбюраторнинг характеристикасини тuzатадиган элементар киришти зарур.

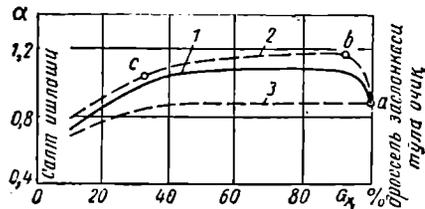
Двигателнинг реал иш шароитларида карбюраторнинг идеал карбюратор характеристикасига ўхшаган характеристикасини олиш учун унга қўшимча мосламалар ўрнатиш керак. Бу мосламалар диффузордаги сийраклиниш етарлича катта бўлиб, ёнилғи қалқовучли камерадан жиклёр ва тўзитгич орқали диффузорга тушаётган ёнувчи аралашманинг таркибини ўзгартириб беради.

гателнинг тежамли ишлашини таъминлаш керак. Тежамли ишлаганда ҳавонинг ортиқлик коэффициентлари b ва c нуқталар билан аниқланади.

Келтирилган анализга кўра, идеал карбюраторнинг характеристикаси 93-расмдаги (2 эгри чизиқ) кўринишида бўлиши лозим. Бу эгри чизиқда белгиланган a , b , ва c нуқталар ва 92-расмдаги худди шундай нуқталардаги α нинг қийматларига тўғри келади.

Амалда, махсус қуюлтириш мосламалари бўлмаган карбюратор шундай ростланадики, унинг характеристикаси 1 эгри чизиқ билан тасвирланади (93-расм). Карбюраторнинг характеристикаси 2 эгри чизиқ кўринишида бўлса ёнувчи аралашманинг тасодифан суюқлашиши ёниш процесининг ёмонлашишига ва қувватнинг камайишига олиб келади. Шунинг учун карбюраторнинг характеристикаси 1 эгри чизиқ кўринишида бўлса, двигатель турғун ишлайди.

Элементар ва идеал карбюраторларнинг характеристикаларини солиштириш шуни кўрсатадики, двигател-



93- расм. Идеал карбюраторнинг характеристикаси (G_x — дроссель заслонка тўла очилганда ҳаво сарфига нисбатан процент ҳисобидаги ҳаво сарфи):

1 — двигатель турғун ишлайдиган характеристика; 2 — эканомайзер ишлай бошлагунга қадар дроссель заслонкасининг барча ҳолатларида двигателнинг тежамли ишлаши таъминланадиган характеристика; 3 — дроссель заслонканинг барча ҳолатларида энг катта қувватга эришилладиган характеристика

Дроссель заслонкаси охиригача берк бўлганда диффузордаги сийраклашиш кескин камайиб кетади, ҳавонинг ҳаракат тезлиги пасаяди ва ёнилғининг тўзитгич орқали диффузорга тушиши тўхтайдди. Бинобарин, двигателнинг салт ва кичик наг-рузкаларда тургун ишлашни таъминлаш учун карбюраторга салт ишлаш системаси деб аталувчи қўшимча мослама киритилади. Двигателни ишга туширишда ва дроссель заслонкаси кескин очилганда автомобиль двигателининг пухта ишлаши учун ҳам карбюраторга махсус ускуналар киритилади.

Шундай қилиб, автомобиль двигателига ўрнатиладиган карбюратор қуйидаги асосий сптемаларга эга: 1) элементар карбюраторнинг характеристикасини тўғрилайдиган компенсацияли асосий дозалаш системаси; 2) салт ишлаш системаси; 3) қуюқлаштиргич (экономайзер); 4) тезлаштириш насоси; 5) юргизиб юбориш ускунаси.

47- §. КАРБЮРАТОРНИНГ АСОСИЙ ДОЗАЛАШ СИСТЕМАСИ

Карбюраторнинг асосий дозалаш системаси орқали цилиндрларга ёнилғи боради. Бу ёнилғи миқдори двигателнинг 2 эгри чизиқдаги b нуқтага (93- расм) мос келувчи нагрузкадан салт ишлашгача бўлган диапазонда нормал ишлаши учун етарли бўлади. Нагрузкаларнинг бу диапазонда элементар карбюратор зарур таркибли ёнувчи аралашма тайёрлаб бера олмайди.

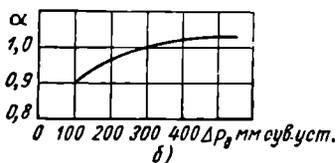
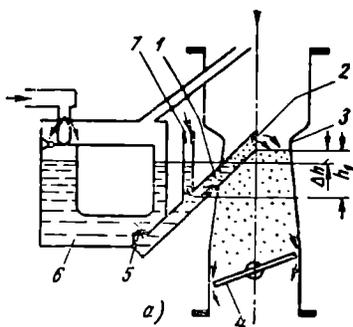
Элементар карбюраторнинг характеристикасини тўғрилаш учун қуйидаги компенсация системалари ишлатилади: ёнилгини пневматик тормозлаш, компенсацион жиклёр, диффузордаги сийраклашишни ростлаш ва жиклёрнинг ўтказиш кесимини ростлаш системалари.

1. Ёнилгини пневматик тормозлаш системаси

Ёнилгини пневматик тормозлаш системаси ҳозирги пайтда кўп ишлатилади. Бундай системали карбюраторда асосий дозалаш системасининг каналларига ёнилғи билан бирга ҳаво жиклёри орқали ҳаво киради, натижада ёнилғи эмульсияси ҳосил бўлади. Бундай карбюраторлар эмульсион деб аталади. Эмульсион карбюраторнинг принципиал схемаси 94- расмда кўрсатилган.

Двигатель ишламаётганда ва дроссель заслонкаси тўла ёпилганда қалқовучли камерада ва тўзитгичнинг найчаси l да ёнилғи бир хил сатҳда бўлади. Двигатель дроссель заслонкаси очилган ҳолда ишлаганда диффузорда сийраклашиш ҳосил бўлиб, ёнилғи тўзитгичдан диффузорга тушади, тўзийди ва ҳаво билан аралашади.

Сийраклашиш нисбатан оз, яъни h_1 дан паст бўлганда диффузорга тўзитгичдан фақат ёнилғи тушади. Диффузордаги сийраклашиш h_1 дан катта бўлганда диффузорга ҳаво жиклёри



94- расм. Ёнилғи пневматик усулда тормозланадиган (эмульсион) карбюраторнинг схемаси:

a — карбюраторнинг схемаси; *б* — ёнувчи аралашма таркибининг характеристикаси; 1 — пуркагич (тўзитгич) трубкаси; 2 — пуркагич; 3 — диффузор; 4 — дроссель заслонкаси; 5 — жиклёр; 6 — қалқовучли камера; 7 — ҳаво жиклёри

боғлиқ. Ҳавонинг сарфи кам бўлса, диффузордаги сийраклашиш ҳам оз, лекин напорнинг таъсири сезиларли бўлади. Диффузорда ҳаво сарфи ва сийраклашиш ошганда ёнилғининг оқиб чиқишига босимнинг таъсири нисбатан кам бўлади. Бунинг натижасида эмульсион карбюраторнинг диффузориди ҳаво сарфи ва сийраклашиш ортиши билан ёнувчи аралашма секин-аста суюқлашади.

Карбюраторларнинг мавжуд конструкцияларида тўзитгичнинг трубкаси 1 да эмульсион трубка ўрнатилади. Эмульсион трубканинг тешиклари бир неча қатор жойлашган. Диффузордаги сийраклашиш ортиши билан кўпроқ тешиклар очила бошлайди. Ёнувчи аралашма аста-секин суюқлашади. Сўнгра диффузорда сийраклашишнинг ва ҳаво сарфининг ўсиши билан қалқовучли камерадаги ёнилғи босимининг нисбатан кам таъсир этиши натижасида ёнувчи аралашма суюқлашишда давом этади, бу эса идеал карбюраторнинг характеристикасига мос келади.

2. Компенсацион жиклёрли система

Компенсацион жиклёрли карбюраторнинг схемаси 95- расм, *a* да кўрсатилган. Бу карбюраторда асосий жиклёр 1 ва тўзитгичнинг трубкаси 5 дан ташқари, яна компенсацион жик-

7 ва тўзитгич орқали ёнилғи билан бирга ҳаво кела бошлайди.

Трубка 1 га ҳаво жиклёри 7 орқали ҳаво кела бошлагандан сўнг унда эмульсия ҳосил бўлади. Бу эмульсиянинг массаси тоза ёнилғининг массасидан бир неча марта кичик бўлади. Шунинг учун ёнилғи жиклёр 5 ва тўзитгич 2 орқали диффузорга фақат қалқовучли камера билан диффузордаги босимлар фарқи таъсирида эмас, балки ёнилғининг қалқовучли камера томонидаги h_1 — Δh баландлиги билан аниқланадиган мусбат босими остида ҳам худди туташ идишлардаги каби оқиб келади.

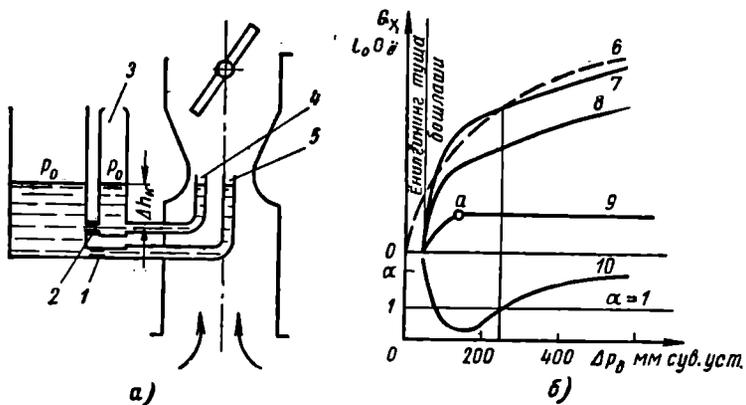
Ёнилғи трубка 1 га босим таъсирида келаётганда эмульсияланиш содир бўлса, ёнилғининг умумий сарфи ошади, яъни карбюратор билан бериладиган ёнувчи аралашма қуюқлашади. Ёнувчи аралашманинг қуюқлашиш даражаси диффузор орқали ўтадиган ҳавонинг умумий сарфига

лёр 2 ва тўзитгич 4 нинг трубкиси ҳам бўлади. Компенсацион жиклёр қалқовучли камера ва компенсацион қудуқча 3 орасидаги каналга ўрнатилган.

Двигатель ишламай турган пайтда қалқовучли камера, компенсацион қудуқча ва тўзитгичлар 4 ва 5 нинг трубкаларида ёнилғининг сатҳи бир хил бўлади. Қалқовучли камерада ва компенсацион қудуқчада ёнилги устидаги ҳавонинг босими p_0 га тенг.

Двигатель ишлаётган вақтда, дроссель заслонкаси очила бориши ва диффузордаги сийраклашишнинг ортиши билан асосий жиклёр орқали ўтаётган ёнилғи миқдори ошади. Ёнилғи миқдори элементар карбюраторнинг дозалаш системасидаги каби ортади.

Компенсацион қудуқчадан босимлар фарқи Δp_d (90-расмга қаранг) таъсирида тўзитгич 4 нинг трубкиси (95-расм, а) орқали диффузорга ёнилги туша бошлайди. Босимлар фарқи Δp_d ошган сари компенсацион қудуқчадан келаётган ёнилғи миқдори ҳам кўпая боради. Ёнилғи миқдорининг кўпайиши компенсацион қудуқча 3 даги ёнилғи сатҳи Δh_k қадар пасайгунча давом этади. Шундан кейин компенсацион қудуқчага ва тўзитгич 4 нинг трубкиси орқали диффузорга тушаётган ёнилғининг миқдори ўзгармай қолади. Ёнилғи миқдори қалқовучли камера ва қудуқча орасида ҳосил бўладиган босим Δh_k нинг баландлиги билан аниқланади ва Δp_d га боғлиқ бўлмайди. Компенсацион жиклёрли карбюраторнинг диффузордаги



95- расм. Компенсацион жиклёрли карбюратор схемаси:

а — карбюраторнинг схемаси; б — ёнувчи аралашма таркибининг характеристикаси: 1 — асосий жиклёр; 2 — компенсацион жиклёр; 3 — компенсацион қудуқ; 4 ва 5 луркагичлар; 6 — диффузор орқали келадиган ҳаво миқдори; 7 — вақт бирлигиде асосий ва компенсацион жиклёрлар орқали келган ҳамма ёнилғининг ёниши учун керак бўлган ҳавонинг назарий миқдори; 8 ва 6 асосий ҳамда компенсацион жиклёрлар орқали ўтаётган ёнилғининг ёниши учун керак бўлган ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг Δp_d га боғлиқлиги

сийраклашиш Δp_1 га боғлиқ равишда ишлашни 95-расм, б да келтирилган эгри чизиқларга қараб билиш мумкин.

Эгри чизиқ 8 вақт бирлигида асосий жиклёр орқали ўтадиган ёнилғининг тўла ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдорини, эгри чизиқ 9 эса вақт бирлигида компенсацион жиклёр орқали ўтадиган ёнилғининг тўла ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдорини белгилайди.

Эгри чизиқ 9 даги a нуқта компенсацион қудуқчадаги ёнилғи сатҳи Δh_k қадар пасайган вақтда тўғри келади. Диффузордаги сийраклашиш Δp_1 яна оша борса, компенсацион қудуқча ва тўзитгич 4 нинг трубкаси орқали ҳаво билан бирга ўзгармас миқдорда ёнилғи келади.

Эгри чизиқ 8 ва 9 ларни қўшиш натижасида ҳосил бўлган эгри чизиқ 7 асосий ва компенсацион жиклёрлар орқали вақт бирлигида келган ҳамма ёнилғининг тўла ёниши учун зарур бўлган ҳавонинг назарий миқдорини кўрсатади.

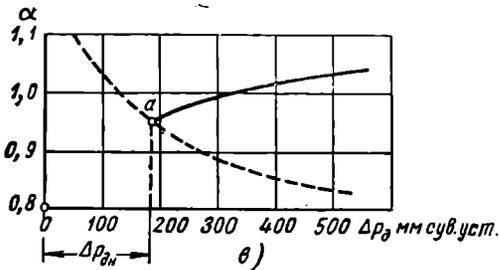
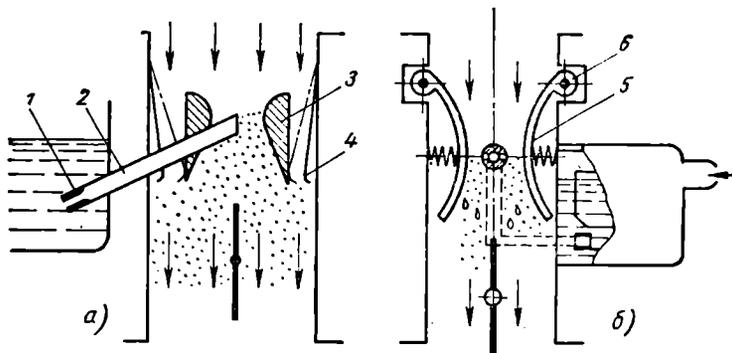
Эгри чизиқ 6 диффузор орқали ўтган ҳаво миқдорини характерлайди. Эгри чизиқ 6 нинг ординаталарини эгри чизиқ 7 нинг мос ординаталарига бўлиш йўли билан дроссель заслонкасининг исталган ҳолати ва унга мос диффузордаги сийраклашиш Δp_d нинг қиймати учун ҳавонинг ортиқлик коэффициентини аниқланади.

Эгри чизиқ 10 ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α нинг Δp_d га боғлиқ равишда ўзгаришини кўрсатади. Ёнилғи кела бошлаган пайтда ёнувчи аралашма аввал тез қуюқлашади, сўнгра Δp ошган сари суюқлашади. Жиклёрларнинг кесимини тўғри танлаб, ёнувчи аралашманинг зарур таркибини ҳосил қилиш мумкин.

3. Диффузордаги сийраклашиш ростланадиган система

Диффузордаги сийраклашишни ўзгартириб, зарур таркибли ёнувчи аралашма олиш мумкин. Бунинг учун, диффузор орқали ўтаётган ҳаво миқдорини ўзгартира оладиган карбюратор ишлатилади (96-расм, а). Карбюраторнинг деворлари билан диффузор 3 оралиғига эластик пластиналар 4 ўрнатилган. Двигатель ишламаганда бу пластиналар диффузорнинг ташқи деворига сиқилиб туради. Ёнилғи элементар карбюратордаги каби, диффузорга жиклёр 1 ва тўзитгич 2 нинг трубкаси орқали тушади. Дроссель заслонкаси кўпроқ очилиши билан, диффузордаги сийраклашиш Δp_{11} қийматига эришганда эластик пластиналар тезлик босими таъсирида очилади, натижада ҳавонинг бир қисми диффузорни четлаб ўтади. Бунда, диффузор орқали ўтаётган ҳавонинг нисбий миқдори камайганлиги учун ёнувчи аралашма суюқлашади.

Двигатель дроссель заслонкаси бутунлай беркитилган ҳолатда ишлаганда ёнувчи аралашмани етарлича қуюқлаштириш учун пластиналарнинг эластиклигини шундай танлаш керакки,



96-расм. Диффузордаги сийраклик ростланадиган карбюраторнинг схемаси:

a — диффузор орқали ўтадиган ҳаво миқдорини ростлаш системаси; *b* — диффузорнинг кесим юзасини ўзгартирадиган система; *в* — ёнувчи аралашма таркибининг характеристикаси.

ўлар ёниш процесси шартларига кўра, ёнувчи аралашманинг суюқлашиши керак бўлган пайтда очила бошласин.

Бундай схемали карбюратор ишлатилганда ҳосил бўладиган ёнувчи аралашманинг таркибий характеристикаси 96-расм, *в* да кўрсатилган.

Бу карбюратор биринчи даврда (*a* нуқтагача) элементар карбюратор каби ишлайди. Сўнгра сийраклашиш орға бориши билан эластик пластиналар ишга тушади ва дроссель заслонкасини яна очганда ёнувчи аралашма суюқлашади.

Двигателнинг ишлаш шароитларига мос равишда ҳаво ўтказувчи кесими ўзгартирилган диффузор ишлатилганда ҳам шундай натижага эришиш мумкин (96-расм, *б*). Бу ҳолда диффузорнинг ўтказувчи кесими ўқлар *б* га маҳкамланган пластиналар *б* нинг ҳолатига боғлиқ бўлади. Дроссель заслонкаси оз очилганда бу пластиналар узаро яқинлашиб ҳаво ўтадиган бўғизнинг кесимини кичрайтиради, шу туфайли бўғизда катта сийраклашиш ҳосил қилинади. Бундай шароитларда диффузорга нисбатан кўпроқ ёнилғи тушади ва ёнувчи аралашма қуюқлашади. Дроссель заслонкаси очила бориши билан пластина-

лар ҳам очилиб, бўғизнинг ўтказиш кесимини катталаштиради, натижада ҳаво сарфи ортади. Диффузордаги сийраклашиш ва унга тушадиган ёнилғи миқдори ҳам ортади, лекин ёнувчи аралашма идеал карбюраторнинг характеристикасига қўйиладиган талабларга мос равишда суюқлашади.

4. Жиклёрнинг ўтказувчи кесими ростланадиган система

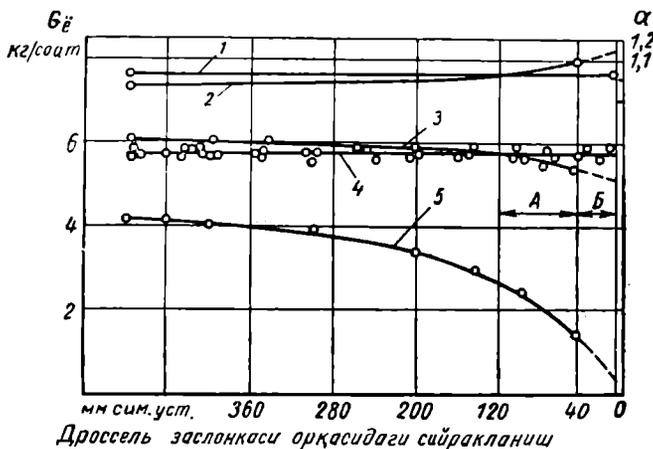
Жиклёрнинг ўтказиш кесими ҳаракатланувчи дозаловчи ниналар ёрдамида ростланади. Ёнувчи аралашмани бу усул билан компенсациялашни кўриб чиқаётганда салт ишлаш системасининг иш шароитларини ҳам эътиборга олиш керак.

Агар салт ишлаш системаси асосий жиклёрдан кейин ўрнатилган бўлса, у ҳолда дроссель заслонкаси ёпилганда реал характеристикалар идеал характеристикаларга катта аниқлик билан яқинлашиши мумкин, салт ишлаш системаси қалқовучли камерага бевосита уланганда реал ва идеал характеристикалар бир-биридан анча фарқ қилади. Салт ишлаш системаси асосий жиклёрдан кейин уланганда ёнилгини дозалаш диффузордаги сийракланишга ва дроссель заслонкаси орқасидаги сийракланишга боғлиқ бўлади. Диффузордаги сийракланиш карбюратор орқали ҳаво сарфига, дроссель заслонка орқасидаги сийраклик эса двигателнинг нагрузкасига, яъни дроссель заслонкасининг очилиш даражасига боғлиқ бўлади. Дроссель заслонкаси орқасида ва салт ишлаш системасида ҳосил бўладиган сийракланиш асосий дозаловчи системанинг ишига таъсир кўрсатади,

Салт ишлаш системасининг ёнилгининг карбюратор орқали сарфланишига таъсири 97-расмда кўрсатилган. Эгри чизиқлар оддий карбюраторли Урал-355 двигателини синаш натижалари асосида чизилган, бунда эгри чизиқ 4 ни олишда карбюратор битта асосий дозаловчи система билан жиҳозланган; эгри чизиқ 3 ни олишда эса ўша карбюраторга асосий жиклёрдан сўнг салт ишлаш системаси уланган.

Биринчи ҳолда, ҳаво сарфи ўзгармаганда, дроссель заслонкасининг ҳолатидан қатъи назар диффузордаги сийраклашиш ўзгармай қолади, шунинг учун ёнувчи аралашма таркиби ҳам ўзгармайди (1 эгри чизиқ). Иккинчи ҳолда, дроссель заслонкаси ёпилганда, яъни салт ишлаш системасида сийраклашиш катта бўлганда ёнилгининг умумий сарфи ортади. Дроссель заслонкаси очила бориши билан унинг орқасидаги сийраклашиш, бинобарин, салт ишлаш системасидаги сийраклашиш ҳам пасаяди. Карбюратор орқали ўтадиган ёнилгининг умумий миқдори ҳам камаяди ва ёнувчи аралашма суюқлашади (2 эгри чизиқ).

Дроссель заслонкаси деярли тўла очилганда икки зонани кўриш мумкин.



97- расм. Урал-355 двигателининг карбюраторда ҳаво сарфи 88 кг/соат ўзгармас бўлганда (НАМИ маълумотлари) салт ишлаш системасининг карбюраторнинг характеристикасига таъсири:

1 — ёнилги сарфи ўзгармас бўлганда ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α нинг қийматлари; 2 — ёнилги β — эгри чизиққа мос сарфланганда ҳавонинг ортиқлик коэффициенти α ; 3 — асосий жиклёрдан сўнг салт ишлаш системаси уланганда ёнилгининг ҳар соатдаги умумий сарфи; 4 — фақат асосий дозалаш системаси бўлганда ёнилгининг соатли умумий сарфи; 5 — салт ишлаш системаси орқали ёнилгининг соатли сарфи

А зонада ёнувчи аралашма суюқлашади, лекин двигатель етарли даражада турғун ишлай олади. Б зонада ёнувчи аралашманинг ўта суюқлашиши сабабли двигатель нотекис ишлайди. Демак, салт ишлаш системаси карбюраторга асосий жиклёрдан кейин қўшилса, дроссель заслонкаси ёпила борганда қисмий нагрузкаларнинг катта диапазонида карбюраторнинг реал характеристикаларини идеал характеристикаларгача яқинлаштиришга имкон тугилади. Дроссель заслонкаси катта очилганда ёнилгининг салт ишлаш системаси орқали кам сарфланиши натижасида ёнувчи аралашма керагидан ортиқча суюқлашади. Бундай суюқлашиш қўшимча ёнилги бериш ҳисобига компенсация қилиниши керак. Бу мақсадда бир қанча карбюраторларда ҳаракатланувчи дозаловчи ниналар ишлатилади. Бу ниналар ёрдамида жиклёрнинг ўтказиш кесими керакли пайтда катталаштирилади.

Дроссель заслонкаси билан механиквий боғланган ҳаракатчан дозаловчи игнали система 96-расм, а да кўрсатилган. Асосий дозаловчи системада дозаловчи игна 10 ли асосий жиклёр 11, ҳаво жиклёри 2 ва диффузор 3 ичига чиқувчи тўзитгич 4 бор.

Асосий жиклёр 11 дан кейин уланган салт ишлаш системасида ёнилги 5 ва ҳаво 1 жиклёрлари бор. Бу жиклёрлар аралаштириш камераси билан тешиклар 7 ва 8 орқали бирлашган. Пастки тешик 8 винт 9 билан ростланади.

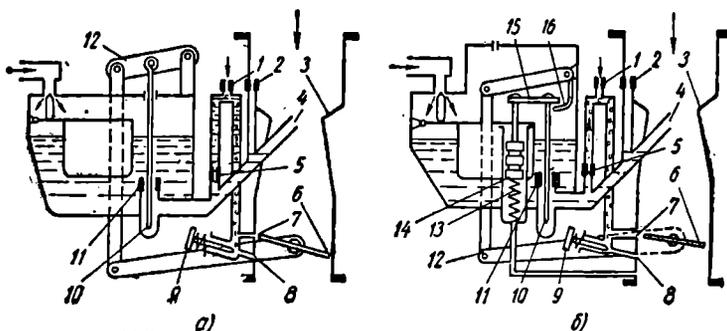
Ёнувчи аралашма дроссель заслонкаси 6 ўзгармас очиқ ҳолатда бўлганда двигатель айланишлар сонининг ёки заслонка ҳолатининг ўзгаришига боғлиқ равишда компенсацияланади.

Масалан, дроссель заслонкасининг ўзгармас тўла очиқ ҳолатида дозалаш игнаси 10 қўзғалмайди ва ёнувчи аралашма эмульсион карбюратордаги каби компенсацияланади, яъни асосий дозалаш системасининг каналларига ҳаво киритиш ҳисобига компенсацияланади. Баъзи карбюраторларда ҳаво жиклери 2 бўлмайди ва асосий дозалаш системаси элементар карбюратор принципи бўйича ишлайди. Бироқ бу ҳолда салт ишлаш системаси қўшимча ҳаво системаси каби ишлайди.

Дроссель заслонкаси 6 тўла очилганда диффузор 3 ва аралаштириш камераси оралигида босимлар фарқи пайдо бўлади, чунки диффузорнинг ўтказиш кесими дроссель заслонкаси 6 жойлашган аралаштириш камерасиникидан кичик. Бунинг натижасида салт ишлаш системасидан асосий дозалаш системасига ҳаво келади. Салт ишлаш системасининг ёнилғи жикллери 5 бу ҳолда асосий дозалаш системасининг қўшимча ҳаво жикллери каби ишлайди.

Дроссель заслонкаси 6 нинг ҳолати ўзгарганда, у билан ричаглар 12 системаси орқали уланган дозалаш игнаси 10 ҳам ҳаракатланади. Дозалаш игнаси 10 нинг конуси шундай танланадики, дроссель заслонкаси катта очилганда салт ишлаш системаси орқали ёнилғининг кам келиши сабабли ёнувчи аралашманинг суyoқлашишни компенсация қилиш мумкин бўлади. Дроссель заслонкаси очилганда игна юқорига ҳаракат қилиб, асосий жиклёр 11 нинг ўтказиш кесимини катталаштиради ва ёнувчи аралашма қуюқлашади.

Баъзи карбюраторларда дозалаш игнаси вакуум ёки вакуум-механикавий ҳаракатга келтирилади (98-расм, б). Асосий дозалаш ва салт ишлаш системалари 98-расм, а да кўрсатилган схемага ўхшайди. Дозалаш игнаси 10 (98-расм, б) планка



98- расм. Ёнувчи аралашмани дозаловчи игна ва асосий жиклёрдан кейин уланган салт ишлаш системаси ёрдамида компенсацияланган карбюраторнинг схемаси:

а — механикавий юртмали система; б — вакуум-механикавий юртмали система.

15 воситасида поршень 14 га уланган. Бу поршеннинг тагида пружина 13 жойлашган.

Двигатель дроссель заслонкасини тўла очиб ишлатилганда заслонканинг орқасида сийраклашиш унча катта бўлмайди, шунинг учун пружина 13 таъсирида поршень 14 дозалаш игниси 10 билан биргаликда кўтарилади ва асосий жиклёр 11 нинг ўтказиш кесими катталашади. Бунда ёнувчи аралашманинг таркиби двигателнинг тўла қувват беришини таъминлайди. Ёнувчи аралашма эмульсион карбюратордаги каби компенсацияланади. Дроссель заслонкаси тўла очилганда салт ишлаш системаси қўшимча ҳаво системаси сифатида ишлайди.

Юқорида кўрсатилганидек, дроссель заслонкаси беркила бориши билан ёнувчи аралашмани суюлтириш зарур бўлади. Дроссель заслонкаси орқасида сийраклашиш катта бўлганда поршень 14 дозалаш игниси 10 билан бирга пастга тушади ва асосий жиклёр 11 нинг ўтказиш кесими кичиклашади. Бу ҳолда ёнувчи аралашманинг таркиби двигателнинг тежамли ишлашини таъминлайди.

Дроссель заслонкаси катта очилганда, салт ишлаш системасининг таъсирида ёнувчи аралашма керагидан ортиқча суюқлашади, айни вақтда дроссель заслонкасининг орқасида сийраклашиш пасаяди. Пружина 13 нинг кучи босим кучидан катта бўлиб қолади ва поршень 14 дозалаш игниси 10 билан юқорига кўтарилади. Асосий жиклёр 11 нинг ўтказиш кесими катталашади ва ёнувчи аралашма А ва Б участкаларда (97-расм) қуюқлашади.

Пружина 13 нинг (98-расм, б) характеристикаси шундай бўлиши керакки, ёнувчи аралашма дроссель заслонкасининг орқасидаги сийраклашиш 100—120 мм симоб устунига тенг бўлганда қуюқлашсин. Игнани дроссель заслонкасидан ҳаракат олиб ричаглар 12 системаси орқали ҳам кўтариш мумкин. Дроссель заслонкаси очилганда ричаг 16 планка 15 билан илашиб, игна 10 ни кўтаради. Игнанинг кўтарилиш пайти шундай танланадики, дроссель заслонкаси катта очилганда А ва Б участкаларда (97-расм) ёнувчи аралашманинг зарур даражада қуюқлашиши таъминлансин.

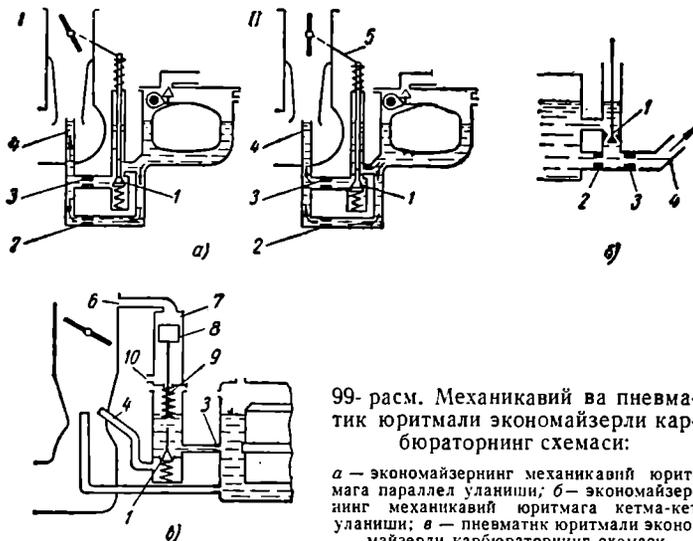
Вакуум-механикавий ҳаракатланувчи игна ЗИЛ-110 енгил автомобилнинг двигателига ўрнатилган МКЗ-ЛЗ карбюраторида ишлатилган.

43-§. КАРБЮРАТОРНИНГ ЁРДАМЧИ ТУЗИЛМАЛАРИ

1. Экономайзер (қуюқлаштиргич)

Экономайзер двигателнинг энг тежамли режимдан энг катта қувват ҳосил қилиш режимига ўтишини дроссель заслонкаси тўла очилган ҳолларда таъминлайди.

Механикавий ҳаракатга келгириладиган экономайзерли карбюраторнинг схемаси 99-расм, а да тасвирланган; экономайзер-



99- расм. Механикавий ва пневматик юритмали экономайзерли карбюраторнинг схемаси:

a — экономайзернинг механикавий юритмага параллел уланиши; *б* — экономайзернинг механикавий юритмага кетма-кет уланиши; *в* — пневматик юритмали экономайзерли карбюраторнинг схемаси

нинг жиклери 3 асосий жиклёр 2 га параллел уланган. Дроссель заслонкаси бир оз ёпилган пайтда (I схема) клапан 1 ёпиқ бўлади ва асосий дозалаш системаси илгари кўрсатилгандек ишлайди. Дроссель заслонкаси тўлароқ очилганда (II схема) рычаг 5 орқали клапан 1 очилади ва экономайзернинг жиклери 3 орқали тўзитгич 4 га қўшимча ёнилғи келади. Бу қўшимча ёнилғи миқдори асосий дозалаш системасидан сарфланадиган ёнилғининг 15—20% ини ташкил этади.

99-расм, *б* да экономайзернинг схемаси кўрсатилган. Бу экономайзернинг жиклери асосий жиклёр билан кетма-кет ўрнатилган. Бундай карбюраторда экономайзернинг клапани 1 берк бўлганда, қалқовучли камерадан тўзитгич 4 га келадиган ёнилғи аввал асосий жиклёр 2 дан, сўнгра экономайзернинг жиклери 3 дан ўтади. Дроссель заслонкаси тўла очилганда экономайзернинг клапани 1 очилади. Бу ҳолда ёнилғи асосий жиклёр 2 дан ўтмай, экономайзернинг жиклери 3 ва тўзитгич 4 орқали диффузорга пуркалади. Бу ҳолда жиклёр 3 дозалаш жиклёрининг вазифасини бажаради ва унинг тешиги асосий жиклёр 2 никидан катта бўлгани учун диффузорга тушаётган ёнилғининг миқдори ортиб, ёнувчи аралашма қуюқлашади.

Пневматик юритмали экономайзернинг схемаси 99-расм, *в* да келтирилган. Цилиндр 7 ичидаги поршень 8 га аралаштириш камераси билан уланган канал 6 да пайдо бўладиган сийраклашиш таъсир қилади. Цилиндр 7 нинг пастки қисми ташқи муҳит билан тешик 10 орқали туташади, шунинг учун поршенга пастдан атмосфера босими таъсир қилади.

Поршеньнинг штогидаги пружина 9 поршень юқорига ҳарат қилганда сиқилади.

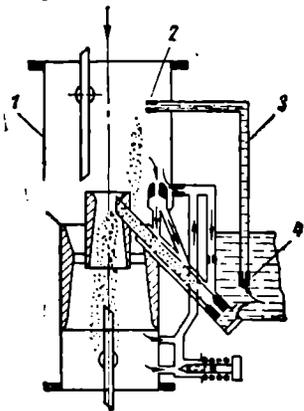
Дроссель заслонкаси ёпилиб, унинг орқасидаги сийраклиниш катта бўлганда поршень цилиндрининг юқори қисмида тутиб турилади. Максималга яқин нагрузкаларга ўтилганда, яъни дроссель заслонкаси деярли тўла очилганда унинг орқасидаги сийраклашиш кескин камаяди. Бу ҳолда поршеньга икки томондан таъсир қилувчи босимлар фарқи пружина ҳосил қиладиган кучдан кам бўлиб қолади, шунинг учун поршень пастга тушади ва штокнинг учи клапан 1 нинг стерженини босади. Клапан очилади ва экономайзернинг жиклери 3 ҳамда тўзитгич 4 орқали диффузорга қўшимча миқдорда ёнилги тушади.

2. Эконостат

Сўнгги йилларда кўпгина совет ва чет эл карбюраторлари моделларида эконостат деб аталувчи махсус қуюқлаштирувчи система ишлатила бошлади. Экономайзер каби, эконостат ҳам двигатель тўла нагрузкада ишлаганда, лекин ҳаво сарфи катта бўлган ҳолларда ёнувчи аралашмани қуюқлаштириш учун хизмат қилади.

Эконостат (100-расм) алоҳида дозаловчи системани ташкил қилади. У пастки қисми калибрланган тешик 4 (жиклёр) ли трубка 3 (ёки канал) ёрдамида бевосита қалқовучли камерага уланган. Трубканинг тўзитгич вазифасини бажарувчи юқори қисми кичик диффузordan юқорида жойлашган ҳаво киритиш патрубoги 1 га чиқади. Кўпинча, тўзитгичда яна бир жиклёр 2 ўрнатилади.

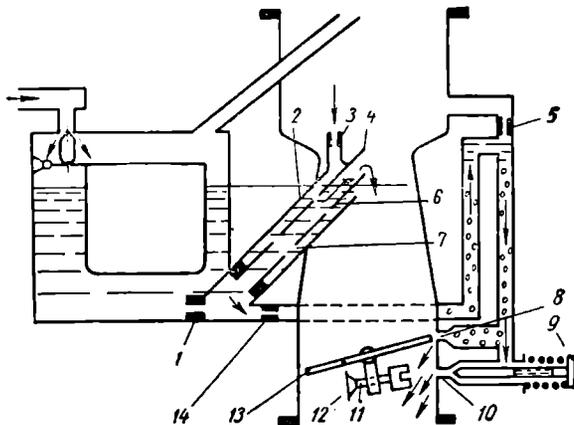
Эконостатнинг тўзитгичи, ҳаво киритиш патрубoгида диффузordan узоқда жойлашган, шунинг учун дроссель заслонкасининг тўла ёки чала очилганлигидан қатъи назар, ёнилгининг эконостат орқали пуркалиши учун ҳавонинг сарфи катта бўлиши лозим. Эконостат, двигатель энг катта кувват билан ишлаётганда, унинг асосий дозалаш системаси ёнувчи аралашмани ортиқча компенсация қилиб, суюқлаштириб юборадиган ҳолларда ишлатилади. Ёнувчи аралашманинг ортиқча компенсацияланишига асосий сабабларидан бири паст температурада қайнайдиган бензин ишлатилишидир.



100-расм. Эконостат-ҳаво кўп сарфланганда аралашмани қуюқлаштириш мосламаси

3. Салт ишлаш системаси

Двигатель салт ва кичик нагрузкаларда ишлаётган пайтда дроссель



101-расм. Салт ишлаш системаси билан жиҳозланган эмульсион карбюраторнинг схемаси:

1 — асосий жиклёр; 2 — эмульсион қудуқ; 3 — ҳаво жиклёр; 4 — пуркагич; 5 — салт ишлаш системасининг ҳаво жиклёр; 6 — эмульсия трубкаси; 7 — эмульсия трубкасидаги ташиқлар; 8 ва 10 — салт ишлаш системасининг чиқиш тешиқлари; 9 — аралашма тиркибининг ростлаш винти; 11 — дроссель заслонкаси таянадиган винт; 12 — тирак; 13 — дроссель заслонкаси; 14 — салт ишлаш жиклёр

заслонкаси деярли берк бўлиб, карбюратор орқали жуда оз ҳаво ўтади. Бундай шароитларда, 90-расм, б да кўрсатилганидек диффузордаги сийраклашиш оз бўлиб, ҳаво кичик тезликда ҳаракатланади. Бунинг натижасида ёнилғи асосий дозалаш системаси орқали тушмайди ёки ўта суюқлашган ёнувчи аралашма ҳосил бўлади.

Кўрсатилган режимларда двигателнинг турғун режимда ишлашини таъминлаш учун дроссель заслонкасининг орқасида карбюратор бўшлиғида ҳосил бўладиган сийраклашишдан фойдаланилади.

Салт ишлаш системаси асосий жиклёрдан сўнг уланган эмульсион карбюраторнинг схемаси 101-расмда кўрсатилган.

Салт ишлаш пайтида дроссель заслонкаси 13 охиригача беркитилганда унинг орқасида кучли сийракланиш ҳосил бўлади. Бу ҳолда ёнилғи асосий дозалаш системасидан салт ишлаш жиклёр 14 (расмда стрелкалар билан кўрсатилганидек) орқали каналлар бўйлаб чиқиш тешиги 10 га келади. Ёнилғи салт ишлаш системасининг каналлари бўйлаб ҳаракатланганда унга жиклёр 5 орқали ўтган ҳаво аралашиб, эмульсия ҳосил қилади. Чиқиш тешиги 10 да конуссимон ростлаш винти 9 ўрнатилган. Бу винтнинг ҳолати ўзгартирилганда эмульсия ўтайдиган чиқиш тешигининг ўтказиш кесими ўзгаради, бу эса ёнувчи аралашма таркибининг ўзгаришига олиб келади.

Баъзи кнотрукциядаги карбюраторларда ростлаш винти 9 салт ишлаш системасининг ҳаво жиклери 5 тешигига ўрнатилади, бу ҳолда ёнилгини эмульсиялаш учун киритиладиган ҳавонинг миқдори ўзгартирилади.

Салт ишлаш системасидаги тешик 8 дроссель заслонкаси очила бориши билан двигателнинг турғун ишлашига ёрдам беради. Дроссель заслонкаси очила борганда салт ишлаш системасидан берилаётган ёнилғи асосий дозалаш системасидан берила бошлайди. Дроссель заслонкаси тўла беркитилганда тешик 8 ундан юқорида, яъни сийраклиниш жуда кичик бўлган жойда қолади. Бу тешик орқали ҳаво келади, натижада тешик 10 орқали ёнилғи эмульсияси кам миқдорда чиқади. Дроссель заслонкаси озроқ очилганда тешик 8 кучли сийраклиниш зонасида бўлади ва ёнилғи эмульсияси тешиклар 8 ва 10 орқали келиб, ёнувчи аралашманинг зарур таркибини таъминлайди.

Тирак 12 нинг винти 11 дроссель заслонкасининг энг кичик очилиш бурчагини ростлаш учун, винт 9 эса двигателнинг кичик айланишлар сонидан нагрукасиз турғун ишлашини таъминлайдиган ёнувчи аралашманинг зарур таркибини ҳосил қилиш учун мўлжалланган.

4. Тезлатиш насоси

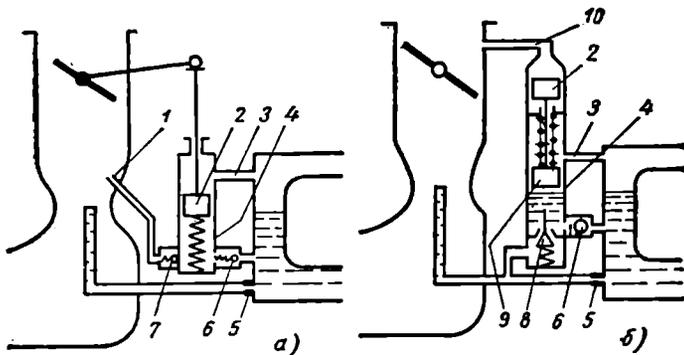
Карбюраторнинг юқорида кўриб ўтилган ёрдамчи мосламалари двигателнинг аниқ, барқарор режимда равон ишлашини таъминлаб беради. Автомобилни ишлатиш шароитларида, кўпинча, айланишлар сонини ёки нагрукани тезлик билан оширишга тўғри келиб қолади. Тажрибаларнинг кўрсатишича бундай ҳолларда ёнувчи аралашма кескин суюқлашади.

Дроссель заслонкасини тез очганда, ёнувчи аралашманинг ортиқча суюқлашмаслиги учун тезлатиш насоси тезда қўшимча миқдорда ёнилғи беради.

Механикавий юритмали тезлатиш насосининг схемаси 102-расм, а да кўрсатилган.

Дроссель заслонкаси ёпиқ бўлганда, поршень 2 цилиндр 4 нинг юқори қисмида туради ва поршень остидаги ҳажм ёнилғи билан тўла бўлади. Баъзи конструкциядаги карбюраторларда поршень цилиндрга зазор билан шундай ўрнатиладиги, дроссель заслонкаси секин очилганда поршень остидаги ёнилғи унинг юқори қисмига оқиб ўтади. Поршень юқорига ҳаракат қилганда бу ёнилгини канал 3 орқали қалқовучли камерага ҳайдаб чиқаради.

Дроссель заслонкаси тез очилганда ёнилғи зазор орқали поршень устига оқиб ўтишга улгурмайди. Пастга қараб тез ҳаракатланаётган поршень 2 ҳайдаш клапани 7 ва тўзитгич 1 орқали ёнилгининг бир қисмини ҳаво оқимида пуркаб, қуюқ ёнувчи аралашма ҳосил қилади.



102- расм. Тезлатиш насоси карбюраторнинг схемаси:

a — механикавий юритмали; *б* — пневматик юритмали:
 1 — пуркагич; 2 ва 9 — поршеньлар; 3 ва 10 — каналлар; 4 — цилиндр; 5 — асосий жиклёр; 6, 7 ва 8 — клапанлар

Юқорига ҳаракатланганда поршень остида сийракланиш ҳосил бўлади ва ёнилғи киритиш клапани *б* орқали тезлатиш насосининг цилиндрига киради.

Карбюраторларда пневматик юритмали тезлатиш насоси ҳам ишлатилади (102-расм, *б*). Бу тезлатиш насосининг ишлаш схемаси пневматик юритмали экономайзернинг ишлашига ўхшайди (99-расм, *в* га қаранг). Дроссель заслонкаси кескин очилганда (унинг орқасида сийракланишнинг камайиши натижасида) поршень 9 (102-расм, *б*) пастга тушиб, ёнилғининг клапан 8 орқали тез ҳайдалишини таъминлайди.

5. Юргизиб юбориш тузилмаси

Совуқ двигателни ишга туширишда ёнувчи аралашма тайёрлаш процесси қониқарсиз боради. Бундай шароитларда ёнилғининг бир қисми суёқ ҳолда қолади, киритиш трубопроводларининг деворларига ёнилғи томчилари ўтиради ва ёниш камерасида ўта суёқ ёнувчи аралашма ҳосил бўлади, натижада двигателни юргизиб юбориш қийинлашади.

Двигателни ишга тушириш учун цилиндрга берилаётган ёнилғи миқдорини ошириш зарур. Бу ҳолда ёнилғининг енгил фракциялари бугланиб, қуюқ ёнувчи аралашма ҳосил қилади ва двигателни юргизиб юбориш осонлашади.

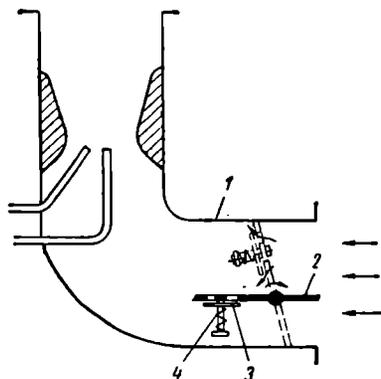
Энг кўп тарқалган юргизиб юбориш тузилмасининг схемаси 103-расмда кўрсатилган. Бу тузилма карбюраторнинг ҳаво киритиш патрубogi 1 га ўрнатилган ҳаво заслонкаси 2 дан иборат. Двигателни ишга туширишда заслонка ёпилади. Шунда карбюраторнинг дозаловчи системаларида пайдо бўладиган сийракланиш кескин кучайиб, ёнилғи кўп миқдорда келади ва ёнувчи аралашма қуюқлашади.

Ёнувчи аралашманинг ортиқча қуюқлашишига йўл қўймаслик учун ҳаво заслонкасига пластина шаклидаги сақлаш клапани 3 ўрнатилади. Бу клапан пружина 4 ёрдамида ёпиқ ҳолда сақланади ва двигатель ишга тушиб ҳаво сарфи ҳамда айланишлар сони орта бошлаши билан очилади.

Карбюраторларда бундан бошқа юргизиб юбориш мосламалари ҳам ишлатилади.

Масалан, Солекс карбюраторида шундай ускуна борки, двигательни қиздириш режимида у асосий карбюратордан ташқарида қўшимча миқдорда ёнилғи-ҳаво аралашмасини тайёрлаб беради. Қўшимча миқдордаги аралашма двигательнинг киритиш труба­сига карбюратордаги махсус канал орқали тушади. Бу канал двигатель қизий бошлаганда золотникли диск билан беркила бошлайди. Дискни қўл билан ёки биметалл пружина ёрдамида автоматик тарзда ҳаракатга келтириш мумкин.

Бундай юргизиб юбориш тузилмаларида ҳаво заслонкаларига қараганда ишқаланувчи жуфтлар кўпроқ бўлиб, уларнинг ишончли ва ра­вон ишла­шини таъминлаш қийин.



103- расм. Ишга тушириш мосламасининг схемаси

49- §. ЁНИЛҒИНИНГ КАРБЮРАЦИЯЛАНИШ ХОССАЛАРИ

Карбюрациялаш процессининг сифати ёнилғининг карбюрацияланиш хоссалари деб аталувчи хоссалари билан аниқланади. Бу хоссаларнинг асосийлари: буғланувчанлик, зичлик, буғланиш иссиқлиги, сирт таранглиги.

1. Бугланувчанлик

Буғланувчанлик ёнилғининг асосий карбюрацияланиш хос­сасидир, чунки у ёнилғининг суюқ ҳолатдан газ шаклига ўтиш процессини характерлайди. Ёнилғининг бугланиш процесси унинг фракцион таркибига, буғларнинг эластиклигига, сирт таранглигига ва буғ ҳосил қилиш иссиқлигига боғлиқ.

Ёнилғининг фракцион таркиби ГОСТ да бензиннинг буғланиш хоссаларини, двигательнинг наг­рузканинг ўзгаришига тез мослашувини ва двигательнинг ейилишига таъсирини ҳисобга олган ҳолда белгиланган.

Бугларнинг эластиклиги енгил фракцияларнинг миқдорига боғлиқ. Енгил фракцияларнинг буглари анча эластик бўлади. Бугларнинг эластиклиги жуда катта бўлса, уларнинг босими

атмосфера босимига тенг ёки ундан катта бўлганда трубопроводларда буғ пробкалари ҳосил бўлиши мумкин. Айни вақтда шуни кўзда тутиш керакки, буғларнинг эластиклиги катта бўлса, бензиннинг двигателни юргизиш юбориш сифатлари ҳам яхши бўлади.

2. Зичлик

Бензиннинг зичлиги ҳам ёнилғининг карбюрацияланиш хоссаларига таъсир қилади. Бензиннинг зичлиги ўзгарганда қалқовучли механизмни ростлаб, қалқовучли камерадаги ёнилғининг сатҳини техникавий шартларда айтилган даражага келтириш зарур.

3. Буғланиш иссиқлиги

Буғланиш иссиқлиги¹ ёнилғининг буғланиш суръатига катта таъсир қилади. Катта буғланиш иссиқлигига эга бўлган ёнилғилар ишлатилганда киритиш трубопроводларини кўпроқ қиздириш керак бўлади.

Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ёнилғининг яхши ёниши учун цилиндрга келаётган ёнилғи алангаланиш пайтигача тўла буғланган бўлиши керак.

Ёнилғи карбюраторга пуркалиши биланоқ буғлана бошлайди. Тажрибаларнинг кўрсатишича, карбюраторда ёнилғининг бир қисми буғланади ва буғланиш процесси киритиш трубасида ва двигателнинг цилиндрида давом этади.

Ёнувчи аралашма карбюратордан цилиндрга ҳаракатланганда буғланмай қолган бензин киритиш трубасининг деворларида суюқ парда ҳосил қилиб ўтириб қолади ва двигателнинг айрим цилиндрларига ҳар хил таркибли ёнувчи аралашма киради. Двигателнинг цилиндрларига ҳар хил таркибли ёнувчи аралашманинг тушиши унинг қувватини ва тежамлилигини пасайтиради. Шунинг учун ёнилғининг мумкин қадар кўпроқ қисми киритиш трубаларида, ёнувчи аралашма киритиш клапанларига етиб келмасдан, буғланиши керак.

Ёнилғи киритиш трубасида ҳаводан олинadиган иссиқлик ҳисобига буғланади. Ҳисобларнинг кўрсатишича, ҳаводан олиш мумкин бўлган иссиқлик миқдори ёнилғининг тўла буғланиши учун етарли эмас. Ёнилғининг буғланишини кучайтириш учун ҳавони ёки ёнувчи аралашмани киритиш трубасида қиздириш маъқул.

¹ 1 кг суюқликни тўла буғлатиб юбориш учун сарфлаш зарур бўлган иссиқлик миқдори буғланиш иссиқлиги деб аталади. Бензин учун буғланиш иссиқлиги $\chi = 315 \text{ кж/кг}$ 75 ккал/кг.

50- §. К-88А карбюраторнинг тузилиши ва ишлаши

Ҳозирги замон автомобиль двигателларида кўпинча ҳаво оқими юқоридан пастга йўналган карбюраторлар ўрнатилди. Бундай карбюраторлар қисқа, қаршилиги кам киритиш трубалари ишлашига имкон беради, бу эса двигателнинг янги зарядга тўлишини яхшилайти ва бинобарин, литравий қувватини оширади. Бундан ташқари, бу ҳолда айрим цилиндрларга келадиган ёнувчи аралашма таркиби деярли бир хил бўлади, карбюратор эса техникавий хизмат кўрсатишга қулайроқ ясади.

V-симон ЗИЛ-130 двигателига ўрнатилдиган икки камерали К-88А карбюраторнинг схемаси 104-расмда кўрсатилган. Карбюраторда битта умумий киритиш патрубogi 10 бор. Патрубogдаги ҳаво заслонкаси 11 га пружинали клапан 12 ўрнатилган.

Мувозанатлаш канали 9 ҳаво тозалагич ифлосланиб қолганда аралашма таркибининг ўзгармаслигини таъминлайди. Ёнилғи қалқовучли камерага кириш тешиги 2 ва ёнилғи фильтри 3 орқали тушади. Иккала камера учун битта умумий тезлатиш насоси ва механикавий юритмали экономайзер бор.

Кириш патрубogi 10 иккита бир хил камерага тармоқланган камераларда кичик диффузорлар 8, катта диффузорлар 30 ва дроссель заслонкалари 31 жойлашган.

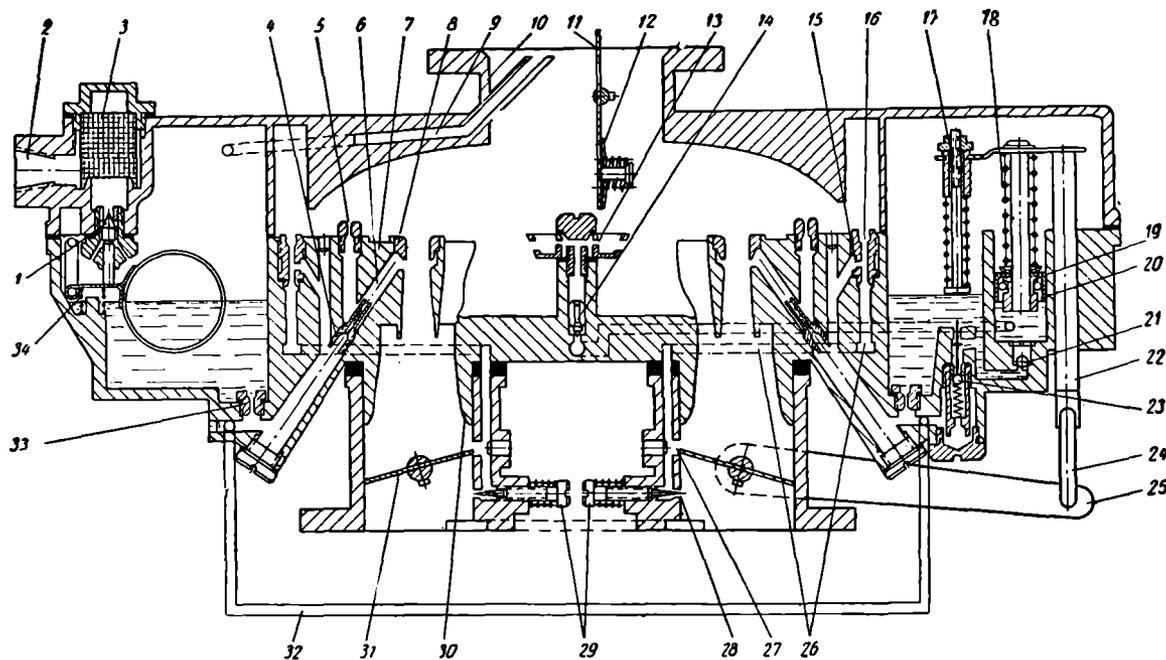
Кичик диффузорлар карбюраторнинг трактидаги симметрик перемичкалар 7 да ўрнатилган, бу эса аралашманинг двигатель цилиндрларига текисроқ тақсимланишига шароит яратади.

Асосий дозалаш системаси қалқовучли камерадан жойлашган, асосий жиклёрлар 33, каналлар 6 да жойлашган тўла қувват жиклёрлари 4 ва ҳаво жиклёрлари 5 дан иборат. Каналлар 6 нинг юқори қисми кичик диффузорлар 8 га қўшилган.

Салт ишлаш системаси ҳаво 16 ва ёнилғи 15 жиклёрлари, каналлар 26, ростлаш винтлари 29 билан жиҳозланган чиқиш тешиклари 27 ва 28 дан иборат.

Тезлатиш насоси механикавий ҳаракатга келтирилади. Дроссель заслонкаси очилганда ричаг 25 ва тортқи 24 ёрдамида поршень 19 манжета 20 билан бирга силжийди. Бунда поршень остида ёнилғининг босими ортади. Шарикли киритиш клапани 21 ёнилғининг қалқовучли камерага ўтишига тўсқинлик қилади, иғнали чиқариш клапани 14 эса ёнилғини тезлатиш насосининг тўзитувчи тешиклари 13 га ўтказиб юборади. Шундай қилиб, дроссель заслонкаси тез очилганда аралашманинг қуюқлашиб ва қувватнинг камайиб кетишига йўл қўймаслик учун зарур бўлган қўшимча миқдор ёнилғи берилади.

Қўшимча миқдор ёнилғини пуркаш фақат дроссель заслонкалари кескин очилганда керак бўлганлиги учун дроссель заслонкалари дастлабки учдан бир қисмга бурилганда поршень тўла йўлни ўтади. Дроссель заслонкаларининг бундан кейинги



104-расм. К-88А карбюраторининг схемаси:

1 — қалқовучли механизмнинг ёнилги клапани; 2 — кириш тешиги; 3 — ёнилги фильтри; 4 — тўла қувват жиклери; 5 — асосий системанинг ҳаво жиклери; 6 — асосий дозалаш системасининг канали; 7 — перемичка; 8 — кичик диффузор; 9 — мувозанатлаш канали; 10 — киритиш патрубкиси; 11 — ҳаво заслонкаси; 12 — клапан; 13 — тезлатиш насосининг пуркаш тешикклари; 14 — тезлатиш насосининг игнасимои клапани; 15 — салт ишлаш системасининг ёнилги жиклери; 16 — салт ишлаш системасининг ҳаво жиклери; 17 — турткич; 18 — тезлатириш насоси пружинаси; 19 — поршень; 20 — чарм манжета; 21 — шарсимон киритиш клапани; 22 — шток; 23 — экономайзер клапани; 24 — тортқи; 25 — ричаг; 26 — салт ишлаш системасининг бирлаштириш каналлари; 27 — салт ишлаш системасининг юқори тешиги; 28 — салт ишлаш системасининг пастки созланадиган тешиги; 29 — салт ишлаганда аралашма таркибининг ростлаш ишчилари; 30 — катта диффузор; 31 — дроссель заслонкаси; 32 — бирлаштирувчи ёнилги канали; 33 — асосий жиклёр; 34 — қалқовуч пружинаси

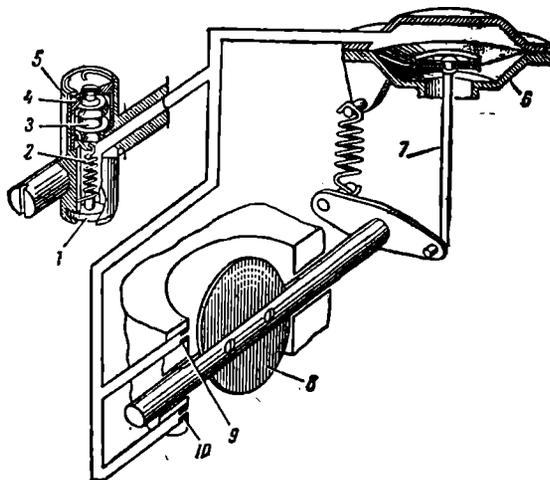
очилишида поршень 19 қўзғалмайди ва пружина 18 сиқилган ҳолатда бўлади. Пружина 18 ёнилғини пуркаш вақтини узайтиради ва бу билан автомобилнинг нагрзукага яхши мосланишини таъминлайди.

Механикавий ҳаракатга келтириладиган экономайзер ҳам тезлатиш насоси каби ўша ричаг ва тортқилар системаси ёрдамида туртгич 17 орқали бошқарилади. Дроссель заслонкаси катта очилганда турткич 17 клапан 23 ни очади. Шунда қўшимча миқдор ёнилғи қалқовучли камерадан асосий жиклёрга ўтмасдан, клапан 23 орқали чиқиб, тўла қувват жиклёрларидан ўтади, қия қаналлар орқали эса кичик диффузорларнинг ҳалқасимон чиқиш тешикларига келади.

К-88А карбюраторига пневматик марказдан қочма турдаги, айланишлар сонини чегараловчи механизм ўрнатилган. Бу механизм қуйида баён этилган.

51-§. КАРБЮРАТОРЛИ ДВИГАТЕЛНИ ЭНГ КАТТА ТЕЗЛИК РЕЖИМИДА ВА МАЖБУРИЙ САЛТ ИШЛАШИДА РОСТЛАШ

Карбюраторли двигателларда энг катта тезлик режимини чегаралаш учун айланишлар сони регулятори (ёки чеклагич) ишлатилади. Ҳозирги замон V-симон ЗИЛ ва ГАЗ двигателларида пневмомарказдан қочма турдаги айланишлар сонини чеклагичлар ишлатилади (105-расм). Чеклагич ўриндиқ 4 ва пружина 2 ли клапан 3 ўрнатилган ротор 5 дан ва ростловчи заслонка 8 ни ҳаракатга келтирувчи диафрагма 6 дан иборат.



105- расм. Пневмомарказдан қочма турдаги айланишлар сони чеклагичнинг схемаси:

1 — ростлаш винти; 2 — пружина; 3 — клапан; 4 — ўриндиқ; 5 — ротор; 6 — диафрагма; 7 — тортқи; 8 — ростловчи заслонка; 9 ва 10 — жиклёрлар.

Диафрагманинг устида жиклёрлар 9 ва 10 ёрдамида ҳосил қилинадиган сийракланиш клапан 3 орқали ҳавонинг келиши ҳисобига пасаяди. Ротор айланганда клапан 3 ўриндиқ 4 да силжиб пружина 2 ни чўзади. Пружинанинг таранглигини ростлаш учун унинг кичик диаметрли пастки ишламайдиган қисми ростлаш винти 1 га буралади.

Маълум айланишлар сонига эришилгандан сўнг клапаннинг ҳаво ўтиш кесими шундай бўладики, айланишлар сони бир оз ошганда ҳам диафрагма юқорига эгилиб, тортқи 7 силжийди. Шунда клапан 3 нинг ҳаво ўтиш кесими кичраяди ва заслонка 8 ёпила бошлайди, бу эса двигателнинг янги зарядга тўлиши-ни камайтиради. Двигателнинг тўлишини бу усулда камайтириш процесси двигатель ҳосил қиладиган момент қаршилиқлар моменти (нагрузка) га тенг бўлгунча давом этади. Двигатель номиналь ёки ростланадиган айланишлар сонига эришгандан кейин айланишлар сонининг яна бир оз ошиши (чекланиши) шу усулда таъминланади.

Кўриб ўтилган айланишлар сонини чеклагич воситали таъсир этувчи чеклагичдир, чунки унда айнишлар сонининг ўзгаришини сезувчи элемент — клапан 3 билан ростловчи орган — заслонка 8 орасида тўғридан-тўғри механикавий боғланишлар йўқ. Шу туфайли бу чеклагичлар илгари ишлатилган, сезгир ва ростловчи элементи пружинали заслонкадан иборат бўлган чеклагичларга нисбатан анча аниқ ишлайди.

Мажбурий салт ишлаш режими ёки двигатель билан тормозлаш автомобиль ҳаракати умумий вақтининг 20 % ини ташкил қилади. Карбюраторли двигателнинг киритиш трубасида бу режимда катта сийракланиш ҳосил бўлади. Двигателнинг иш процесси шунчалик ёмонлашадикки, цилиндрлардаги барча циклларнинг 90 процентиди алангаланиш содир бўлмайди. Ишлатилган газларнинг захарлилиги бир неча марта ортиб кетади. Бундан ташқари, катта сийракланиш таъсирида қартер мойи ёниш камерасига кўплаб ўта бошлайди, цилиндрларда қурум ҳосил бўлади ва двигатель тутун чиқариб ишлайди.

Бу салбий ҳодисаларни йўқотишининг энг самарали усули двигателнинг киритиш трубасини атмосфера билан сийракланишни чеклагич деб аталувчи махсус клапан орқали боғлаш ва экономайзер орқали ёнилғи беришни тўхтатишдан иборат. Бу ҳолда ёниш процесси бутунлай тўхтади, бунинг натижасида ис гази ажралиб чиқмайди ва ёниш камерасига мойнинг ўтиб кетиши камаяди.

Бундай сошлашда ҳавонинг ортиқлик коэффиценти шундай ўзгарадими, унинг баъзи қийматларида нотўғри ростланган карбюраторларга ҳос ҳодисалар содир бўлиши мумкин, масалан, қайтувчи алангалар, чиқариш трубасида содир бўладиган „қарсиллаб“ портлашлар ва бошқалар ана шундай ҳодисалардир. Шунинг учун сийракланишнинг камайишига қарамасдан, клапаннинг кескин очилиши ва очик ҳолатда тутиб турилиши

жиклёрининг олдидаги сийракланишни камайтириш керак. Бунга бир неча йўллар билан, масалан, салт ишлаш системасининг каналини механикавий беркитиш; уни атмосфера билан туташтириш салт ишлаш системасининг чиқиш тешиклари олдидаги сийракланишни пасайтириш йўли билан эришиш мумкин. Охири усул бошқаларга нисбатан қулай, чунки бунда салт ишлаш системаси одатдагича ясалади (қўшимча тузилмалар талаб қилинмайди) ва унинг пухта ҳамда тез ишлаши сақланиб қолади. Экономайзерли тузилмаларни амалда фақат пневмоавтоматик тарзда сийракланишни чеклагичлар билан бирга ишлатиш мумкин бўлиб қолади. Бу ҳолда экономайзерли тузилмани-синхрон бсшқариш чеклагичнинг бошқарувчи камерасидаги сийракланишни кескин кўтариш йўли билан амалга оширилади. Клапан очилганда бошқарувчи камерадаги сийракланиш 45—90 дан 200—400 мм *симоб устуни* гача кўтарилади.

Ҳозирги пайтда комплекс ростилаш системаси ишлаб чиқилган. Бу система пневмомарказдан қочма айланишлар сони регулятори ва бошқарувчи камерали сийракланишни чеклагичдан тузилган.

52- §. ЁНИЛГИ БЕВОСИТА ПУРКАЛАДИГАН ДВИГАТЕЛЛАРДА АРАЛАШМА ҲОСИЛ ҚИЛИШ

Сўнгги пайтларда учқун билан ўт олдириладиган автомобиль двигателларининг баъзи модификацияларида ёнилгини бевосита пуркаш усули қўлланилмоқда.

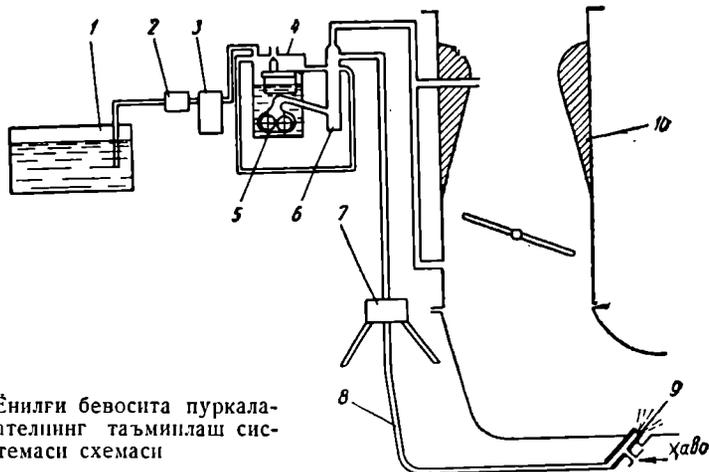
Ёниги бевосита пуркаладиган двигателлар карбюраторли двигателларга нисбатан қуйидаги афзалликларга эга: 1) ёнилгини ҳар бир цилиндрга ёки киритиш патрубогига пуркашда унинг аниқроқ дозаланиши туфайли ҳар хил цилиндрлардаги ёнувчи аралашманинг бир жинсли ва бир хил таркибли бўлиши; 2) двигателнинг номинал қуввати катта бўлади, бунга сабаб шуки, киритиш трактидаги қаршиликлар камайиб (карбюратор бўлмади, киритиш трубагининг кесими катта), тўлдириш коэффициенти катта қийматга эришади; 3) бир хил сиқиш даражасида октан сони 2—3 бирлик кам бўлган ёнилгиларни, шунингдек, оғирроқ фракцияли ёнилгиларни ишлатиш мумкин; 4) сиқиш процессида ёнилгини цилиндрга пуркаб, икки тактли цикли татбиқ этиш мумкин. Бунда цилиндрга ҳаво ҳайдашда (цилиндрни тозалашда) ёнилги йўқотилмайди.

Бензин пуркашнинг қуйидаги усуллари қўлланади:

1) киритиш процессининг бошида, сиқиш процессининг бошида ёки унинг охирида двигателнинг цилиндрига пуркаш;

2) киритиш трубага (узлуксиз ёки вақт-вақти билан) пуркаш.

Маълум афзалликларига қарамасдан енгил ёнилгини пуркаш усули ҳозирги пайтгача нисбатан кам қўлланилади, бунга сабаб шуки, двигателларни ўзгарувчан режимларда ростилаш қийин бўлади.



107- расм. Ёнилғи бевосита пуркаладиган двигателнинг таъминлаш системаси схемаси

107-расмда двигателнинг таъминлаш системаларидан бири кўрсатилган. Бу системада бензин бевосита пуркалади.

Бензин бак 1 дан диафрагмали насос 2 ёрдамида ёнилғи фильтри 3 орқали қалқовучли камера 4 га узатилади. Бу камерада шестерняли насос 5 жойлашган бўлиб, у пуркаш учун керакли босимни ҳосил қилади. Пуркаш босими двигателнинг берилган иш режимига мос равишда автоматик дозатор 6 ёрдамида ростланади. Бу дозатор дроссель заслонкасининг орқасидаги ва диффузор 10 даги сийракланиш таъсирида бўлади. Бензин дозатор 6 дан иш босими остида тақсимлагич 7 га берилади, бундан эса трубкалар 8 орқали форсункалар 9 га келади. Форсункалар киритиш клапани яқинида жойлашган бўлиб, ҳар бир цилиндрнинг киритиш патрубогига узлуксиз бензин пуркаб туради. Бензиннинг ортиқчаси ўтказиб юбориш трубаси бўйлаб қалқовучли камерага қайтиб тушади.

Мазкур системада форсунка орқали ҳаво билан эмульсияланган ёнилғи тўхтовсиз пуркалиб туради. Пуркаш тезлиги киритиш трактидаги сийракланишга боғлиқ. Тажрибаларнинг кўрсатишича, бундай система турли режимларда керакли таркибдаги аралашма тейёрлашни таъминлайди. Бунда пуркаш босими 0,5–15 бар атрофида ўзгаради.

Дизелларда аралашма ҳосил қилиш ва уларнинг ёнилғи бериш аппаратураси

Дизелда ёнилғи пуркаш юқори чекка нуқтага бир неча градус етмасдан бошланади. Алангаланишнинг кечикиш даврига мос вақт ичида цилиндрга ёнилғининг фақат бир қисми тушади. Кўпчилик ҳолларда, айниқса дизель тўла ва унга яқинроқ нагрузка билан ишлаганда ёнилғи пуркаш, олдинроқ пуркалган ёнилғи алангаланиб бўлганда тугайди. Дизелда пуркаш процессига ажратилган вақт жуда чегараланган бўлиб, тирсакли валнинг $15-30^\circ$ буралишига тўғри келади.

Пуркалган ёнилғи жуда майда заррачалардан иборат бўлиб, камеранинг ҳамма ҳажмини эгалласа ва ҳаво аралашма ҳосил қилиш ҳамда ёниш даврида жадал ҳаракатланса, ёниш процесси яхши ривожланади. Ёнилғини пуркаш ва ҳаво билан иш аралашмасини ҳаракатга келтириш усули ёнилғи бериш аппаратурасига ҳамда ёниш камерасига боғлиқ.

53- §. ДИЗЕЛЛАРНИНГ ЁНИШ КАМЕРАЛАРИ

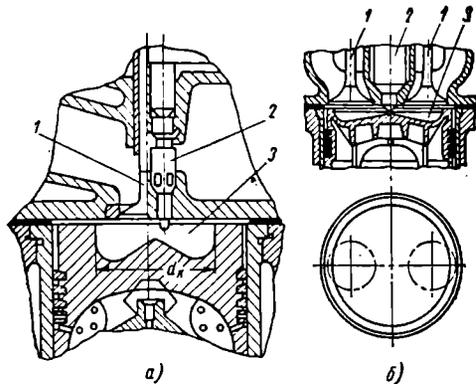
Ҳозирги замон автомобиль ва трактор дизелларида икки хил ёниш камералари: ажратилмаган (бир бўшлиқли) ва ажратилган камералар қўлланилади.

1. Ажратилмаган ёниш камералари

ЯМЗ тўрт тактли дизелнинг ажратилмаган¹ (бир бўшлиқли) ёниш камераси 108-расм, *a* да кўрсатилган. Ёниш камераси *Э* нинг катта қисми поршенда жойлашган. Камера бўғзининг

¹Катта ҳажмли поршендаги махсус чуқурчада жойлашган ва поршень устидаги бўшлиқ билан кенг $d_k/D=0,3+0,75$ бўғиз орқали туташган ёниш камералари ярим ажратилган камералар деб ҳам аталади.

диаметри d_k цилиндриг диаметри D дан кичик ($d_k/D=0,615$) бўлганлиги учун поршень сиқиш процессида ю. ч. н. га ҳаракат қилганда заряд цилиндрдан поршенда жойлашган ёниш камерасига оқиб ўтади. Поршень ю. ч. н. га яқинлашган сари оқиб ўтиш тезлиги оша бошлайди ва ю. ч. н. га $10-15^\circ$ қолганда эса юқори тезликка эришади.



108-расм. Ажратилмаган бир бўшлиқли ёниш камераси:

a — тўрт тактли дизель ЯМЗ-236; *b* — икки тактли дизель ЯАЗ-М204А,
1 — чиқариш клапани; 2 — форсунка; 3 — ёниш камераси

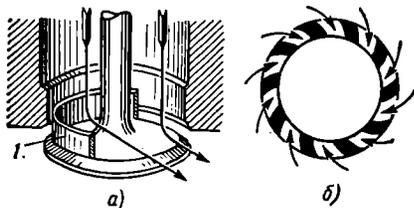
Пуркалган ёнилгининг кўп қисми ёниш камерасининг ўзида буғланади. Катта нагрузкаларда ва, бинобарин ҳар циклга ёнилғини кўп берганда ёнилгининг бир қисми камеранинг тубига етиб, унинг сиртига юпқа парда шаклида ёйилади ва буғланади. Камера ҳажмида ва деворларидан буғланган ёнилғи ҳаво оқимига эргшиб, у билан жадал аралашади ва ёнади.

Бир бўшлиқли ёниш камераси ($d_k/D=0,75-0,85$) 108-расм, *b* да тасвирланган. Поршень тубининг шакли сопло тешикларидан пуркалаётган ёнилғининг конусига мос ясалган. Бундай ёниш камераси икки тактли ЯАЗ-М204А ва тўрт тактли Д-12А дизелларида ишлатилади.

Аралашма ҳосил қилиш ва ёниш процессининг яхши бориши учун юқорида кўрсатилган камераларда йўналган ҳаво оқими ҳосил қилиш керак. Ҳаво оқимининг тезлигини форсунка тўзитгичининг сопласидаги тешикларнинг сонига қараб белгилаш лозим.

Тўрт тактли ЯМЗ дизелининг ёниш камерасида ва шунга ўхшаш бошқа ёниш камераларида ҳаво оқимининг йўналган ҳаракати энг аввал киритиш каналининг шаклига боглиқ бўлади (49-расмга қаранг). Ҳавонинг киритиш пайтида ҳосил бўладиган айланма ҳаракати сиқиш тактида сақланиш билан бирга кучаяди. Бунга ҳавонинг поршень тепасидан асосий ёниш камерасига оқиб чиқиши сабаб бўлади.

Баъзи тўрт тактли дизелларда ҳавонинг уюрма ҳаракатини ҳосил қилиш учун киритиш клапанига экран *1* (109-расм, *a*), киритиш клапанининг ўриндиги билан цилиндрлар головкаси орасига йўналтирувчи пластинка ўрнатилади ёки киритиш каналларининг айрим қисми торайтирилади ёки винт шаклида ясалади.



109- расм. Ҳавони уюрма ҳаракатлантириш усуллари:

a — клапанга экран ўрнатиш; *б* — ҳавони ҳайдаш тешиклари орқали тангенциал (уринма) киритиш

Икки тактли ЯАЗ-М204А двигателида ҳаво цилиндрга доиравий дарчалар (109- расм, *б*) орқали ўтади. Бу дарчаларнинг ўқлари бурчак остида цилиндрнинг радиусларига 30° бурчак ҳосил қилиб жойлашган; дарчалар бундай жойлашганда ҳаво сиқиш процессида ва ёнилғи пуркаш даврида айланма ҳаракатга келади.

Автомобиль дизелларида ажратилмаган ёниш камераларининг бошқа схемалари ҳам қўлланилади.

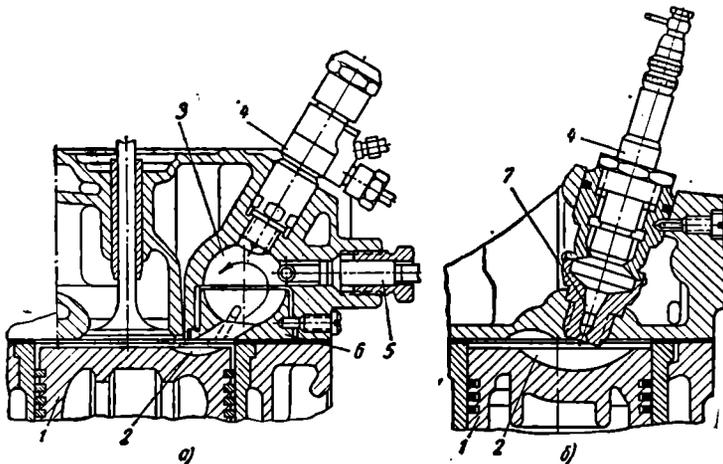
Ажратилмаган ёниш камерали дизеллар жуда тежамли ишлайди ва уларни юргизиб юбориш осон бўлади. Бундай ёниш камераларининг камчиликлари шундан иборатки, бошқа ёниш камераларига нисбатан алангаланишнинг кечикиш даври катта бўлганидан, бу давр ичида кўп ёнилғи буғга айланиб, ёниш процесси шиддатли ўтади.

2. Ажратилган ёниш камералари

Сиқиш вақтида зарядни уюрма ҳаракатга келтириш учун канал воситасида ўзаро бирлаштирилган икки (ёрдамчи ва асосий) ҳажмдан тузилган ёниш камераси ишлатиш керак. Автомобиль дизелларида ёрдамчи ёниш камералари сифатида уюрмавий ёниш камералари (уюрма камерали дизеллар) шунингдек олд камералар (олд камерали дизеллар) кўп ишлатилади.

110-расм, *a* да уюрмавий камера кўрсатилган. Поршень юқори чекка нуқтага ҳаракат қилганда заряднинг бир қисми поршеннинг устидаги бўшлиқдан бирлаштирувчи канал орқали уюрмавий камера 3 га ўтади.

Каналнинг йўналиши, шунингдек, уюрмавий камеранинг шакли унинг ичида ҳавонинг айланма ҳаракатга келишини таъминлайди. Оқиб ўтаётган заряднинг тезлиги сиқиш пайтида ошади ва поршень юқори чекка нуқтага яқинлашганда тезлик энг катта қийматига эришади. Сиқиш охирида уюрмавий камерага пуркалган ёнилғи уюрма ҳаракатга келган ҳаво билан аралашади, буғланади ва қисман ёнади, натижада уюрмавий камерадаги босим ошади. Бу босим поршеннинг юқори қисмидаги босимдан анча катта бўлади ва ёнмаган ёнилғи ёниш маҳсулотлари билан бирга катта тезликда асосий ёниш камераси 2 га ўтади ва ёнилғи билан ҳавонинг аралашшига ҳамда иш аралашманинг яхши ёнишига қулай шароит яратади. Асосий камера 2 да ёнилғининг ёнишини таъминлаш учун поршень 1 да бирлаштирувчи канал тагида махсус чуқурча бўлади.



110-расм. Ажратилган ёниш камералари:

1 — поршень; 2 — асосий ёниш камераси; 3 — уюрмавий камера; 4 — форсупка;
 5 — чўғланиш свечаси; 6 — олинадиган ярим сфера; 7 — олдкамера

Уюрмавий камерадан оқиб чиқаётган ёнилғи шу чуқурчага тушади, бу жойда ҳавонинг кўп қисми тўплангани учун ёнилғи ҳаво аралашмаси тез ёнади.

Кўриб чиқиладиган ёниш камерасининг хусусияти шундаки, пастки ажраладиган ярим сфера *б* цилиндрлар головкасига зазор билан ўрнатилган. Уюрмавий камеранинг фақат пастки торец сирти зичланган. Двигатель ишлаганда бу ярим сфера кучли қизийди, тўла нагрузкада унинг алоҳида жойларидаги температураси 700°C га етади. Бундай қизиган деталнинг бўлиши алангаланишнинг кечикиш даврини анча қисқартиришга ва ёниш процессини яхшилашга ёрдам беради.

Чўғланиш свечаси *б* дизелни паст температураларда юргизиб юборишни осонлаштириш учун ишлатилади. Дизелни юргизиб юборишда свечанинг металл спирали аккумуляторлар батареясидан электр токи келиб, кучли қизийди ва уюрмавий камерадаги ҳавони қиздиради. Бу билан дизелни ишга туширишда ёнилғи тез алангаланади.

Ҳозирги замон дизелларида уюрмавий камеранинг ҳажми ёниш камераси умумий ҳажмининг ярмига тенг бўлади.

110-расм, *б* да олд камерали дизелнинг схемаси кўрсатилган. Олд камера асосий ёниш камераси билан битта ёки бир нечта канал орқали бирлашади. Сиқиш процессида ҳавонинг бир қисми поршеннинг устки қисмидан олд камерага оқиб ўтади. Оқиб ўтишнинг энг катта тезлиги поршень ю. ч. н. га яқинлашганда бўлади. Тахминан шу пайтда олд камерага ёнилғи пуркалади. Олд камеранинг ҳажми нисбатан кичик бўлгани

учун унда ёнилғининг бир қисми ёнади, натижада бу камерада босим тез кўтарилади ва ёнмаган ёнилғи ёниш маҳсулотлари билан бирга катта тезликда асосий ёниш камераси 2 га отилиб чиқади, бу ерда ҳаво билан аралашади ва ёнади. Олд камеранинг ҳажми ёниш камераси умумий ҳажмининг 25 — 40 % ини ташкил қилади.

Ажратилган ёниш камералари ишлатилганда, уларда ҳавонинг тезлиги жуда катта бўлганлиги учун, ёнилғи билан ҳаво яхши аралашади. Бу эса ажратилмаган ёниш камераларидагига нисбатан ёнилғини паст босимда пуркашга шунингдек, битта каттароқ тешикли тўзитгичли форсунка ишлатишга имкон беради.

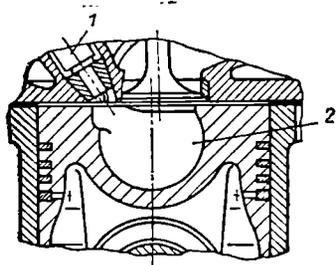
Ажратилган ёниш камерали дизелларда ёрдамчи камераларда иссиқ зоналар борлиги учун алангаланишнинг кечикиш даври ажратилмаган камерали дизеллардагига нисбатан анча кам бўлади. Бу эса ҳеч қандай қийинчиликсиз бундай дизелларда ҳар хил ёнилғилар ишлатишга имкон беради. Бу дизелларнинг асосий камерасидаги циклнинг энг юқори босими, шунингдек, ёниш процессининг шиддати, ажратилмаган камерали двигателларникидан анча кучсиз бўлади.

Ажратилган ёниш камерасида заряднинг оқиб ўтиш пайтида иссиқликнинг йўқотилиши ва деворларга қўшимча иссиқлик берилиши сабабли бундай камерали дизелларнинг тежамлилиги ажратилмаган камерали дизелларникига қараганда ёмонроқ бўлади.

Уюрмавий камерада аралашма ҳосил қилиш усули энгил автомобилларга ўрнатиладиган катта тезликда ишлайдиган дизелларда, шунингдек, трактор дизелларида ишлатилади.

3. Пардали аралашма ҳосил қилиш

Ҳозирги пайтларда баъзи автомобиль дизелларида пардали аралашма ҳосил қилувчи ёниш камераси ишлатилади. Бундай ёниш камералари, тажриба маълумотларига кўра, бир камерали дизеллардаги каби яхши тежамлиликни таъминлайди ва ёниш шиддати паст бўлади. Бундай ёниш камераларида турли сорт дизель ёнилғиларини, шунингдек, бензин ва керосинни ҳам ишлатиш мумкин.



111-расм. Пардали аралашма ҳосил қилинадиган ёниш камерасининг схемаси

Пардали аралашма ҳосил қилувчи ёниш камерасининг схемаси 111- расмда кўрсатилган. Поршень ю. ч. н. га келганда ҳавонинг энг кўп (70% ча) қисми ёниш камерасининг поршень тубидаги бўшлиғи 2 да жойлашади. Поршень ю. ч. н. га яқинлашганда ҳаво бу бўшлиқ-

қа поршень устидаги бұшлиқдан киради. Форсунка 1 орқали ёнилғи пуркаш шундай олиб бориладики, камеранинг бұшлиғи 2 га фақат 5% ёнилғи пуркалади, ёнилғининг қолган қисми эса юпқа парда шаклида ёниш камерасининг деворлари бўйлаб тарқалади. Ёниш камерасига пуркалган ёнилғи, бу ерда температура юқори бўлгани учун биринчи навбатда алангаланadi. Ёниш камерасининг деворларида парда ҳолида бўлган ёнилғи секин-аста буғланади ва ҳаракат қилаётган ҳаво билан аралашади, бу эса ёнишни шовқинсиз равон боришини таъминлайди. Бундай ёниш процесси М- процесс деб аталган ва МАН фирмаси (ГФР) чиқарадиган дизелларда амалга оширилган.

Автомобиль дизелларида юқорида кўриб ўтилган ёниш камералари турига кирувчи бошқа ёниш камералари ҳам ишлатилади, лекин улар бир оз бошқача тузилган бўлади.

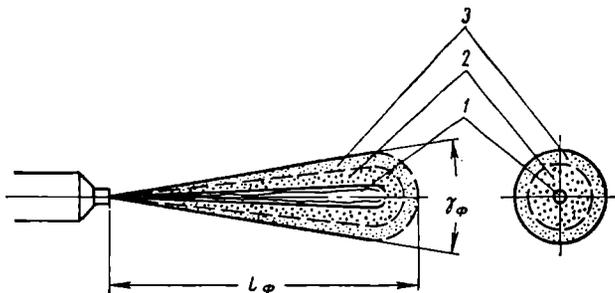
54- §. ЁНИЛҒИНИ ПУРКАБ ТЎЗИТИШ

Ёнилғи форсункадаги тўзитгич сопласининг тешиги орқали босим остида пуркалади.

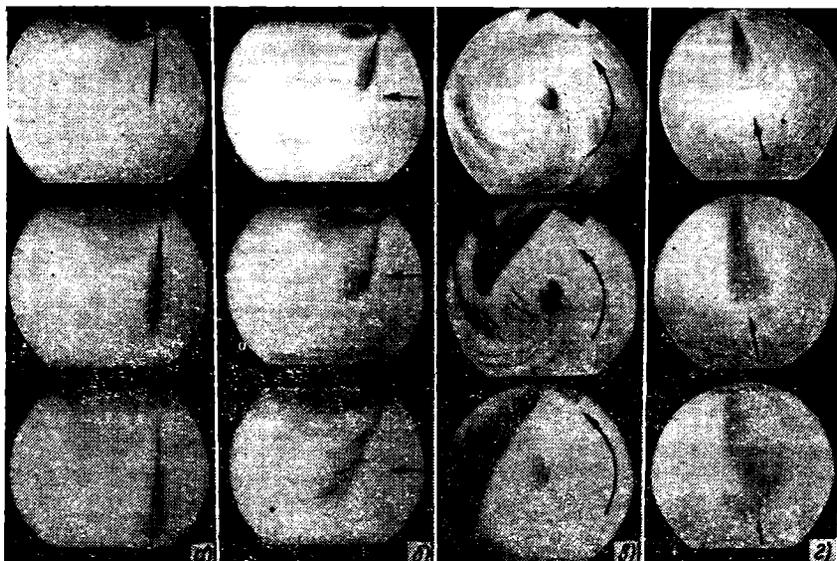
Пуркаш процессини жуда қисқа вақтлар оралиғида расмга олиб шу нарса аниқландики, ёнилғи сопло тешигидан чиқаётганда майда зарраларга парчаланиб, тўзиган ёнилғи факелини ҳосил қилади. Пуркалган ёнилғининг тўзиши ва факелнинг ёниш камерасининг ичига кириши ёнилғининг қовушоқлиғига, сиртий таранглик кучига, пуркаш босимига, камеранинг ичидаги муҳитнинг қарши босимига, сопло тешигининг ўлчамига, шаклига ва тайёрланиш сифатига ҳамда ҳавонинг пуркаш пайтидаги ҳаракатига боғлиқ.

Форсункадан пуркалган ёнилғи ҳаракатланувчи жуда кўп ($5 \cdot 10^5 - 20 \cdot 10^6$) майда зарраларга парчаланиб, тўзиган ёнилғи факелини ҳосил қилади. Зарралар факелда сони ва ўлчами жиҳатидан жуда нотекис тақсимланган бўлади.

Пуркалган ёнилғи факелининг тешикдан чиқиш пайтидаги тузилиши 112- расмда тасвирланган. Факель йирик томчилар ва парчаланиб улгурмаган ёнилғи оқимлари ҳаракатланувчи



112- расм. Пуркалган ёнилғи факелининг тузилиши



113- расм. Ёнилғи ҳаволи муҳитга пуркалганда факел (машъал) нинг фотосуратлари:

a — ҳаракатсиз ҳаволи муҳитга пуркаш; *б* — 22 м/сек тезликдаги газ оқимига тик пуркаш; *в* — уюрмавий камерага пуркаш; *г* — олд камерага пуркаш

Ўзак 1 дан, йирик заррали ўрта қисм 2 дан ва майда заррали ташқи қисм 3 дан иборат.

Факелнинг узунлиги l_{ϕ} ва конус бурчаги γ_{ϕ} ёниш камерасининг шакли ҳамда турига қараб танланади. Ёнилғи пуркаладиган соплло тешикларининг сони ҳам шу факторларга боғлиқ.

Ёнилғи ҳаракатланаётган ҳавога пуркалганда факел ўз йўналишини ўзгартиради.

Турли ёниш камераларига пуркалган факелнинг фотосуратлари 113- расмда кўрсатилган.

Ёнилғи ҳаракатсиз муҳитга пуркалса (113- расм, *a*), факел форсунка тўзиггичининг ўқи бўйлаб ҳаракат қилади; ҳаво факелга нисбатан тик ҳаракат қилганда (113- расм, *б*) бунинг ташқи қатламлари ҳавонинг ҳаракати бўйлаб йўналади; ҳаво уюрмавий камерага хос айланма ҳаракат қилганда (113- расм, *в*) факелнинг йўналиши ўзгариб, ёнилғининг бир қисми деворга сачрайди. Факелнинг ташқи қатламларидаги майда томчилар ҳавога эргашиб, қисман бугланади ва алангаланиш зонасига тушади. Факел олд камерага хос ҳаво оқимига қарши ҳаракатланганда (113- расм, *г*), факел ўз йўналишини ўзгартиради ва унинг ташқи қатламларидаги майда томчилар ҳавога эргашиб алангаланиш зонасига тушади.

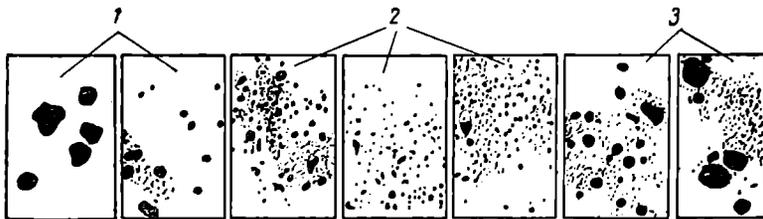
Ёнилғи аппаратураси ёнилғининг яхши тўзишини, яъни унинг майда ва мумкин қадар бир хил ўлчамли зарраларга парчаланишини таъминлаши керак. Айниқса, ажратилмаган ёниш камераларида аралашма ҳосил қилиш учун ёнилғининг майда ва бир хил зарраларга парчаланиб тўзиши катта аҳамиятга эга. Ҳосил бўладиган зарраларнинг катталиги ҳавонинг уярма ҳаракат тезлигига ва ёниш камерасининг конструкциясига мос бўлиши керак. Жуда майда зарралар тез буғланади ва ҳосил бўлган ёнилғи буғи тўзитгич атрофида тўпланиб, ёниш камерасининг шу зонасидаги аралашманинг ортиқча қуюқлашишига сабаб бўлади. Пуркаш охирида ҳосил бўладиган йирик зарралар аралашма ҳосил қилиш ва ёниш процессларининг ёмонлашишига ва двигателнинг тутун чиқариб ишлашига сабаб бўлади.

Ёнилғи ёниш камерасига нисбатан катта босимда пуркалади, шунинг учун у тўзитгич соплоларидан чиқа бошлаши билан майда зарраларга парчаланadi.

Пуркаш босими ошиши билан ёнилғининг тўзиш сифати яхшиланади. Пуркаш босими, ўз навбатида ёнилғи бериш аппаратурасининг тузилишига, двигателнинг айланишлар сонига ва бир хил цикл учун бериладиган ёнилғи миқдорига боғлиқ. Айланишлар сонининг ва ҳар циклда бериладиган ёнилғи миқдорининг ортиши пуркаш босимининг катталашшишига ва ёнилғининг бир хил ҳамда майда зарраларга парчаланишига олиб келади. Двигатель салт ишлаганда ёнилғининг тўзиш сифати анча ёмонлашади. Икки тактли ЯАЗ двигателларида айланишлар сони 2000 *айл/мин* бўлганда ва энг кўп ёнилғи берилганда насос-форсунка билан ёнилғи пуркаш максимал босими 1250—1500 *бар* (кг/см^2) га етади. Тўрт тактли ЯМЗ двигателларида тирсакли валнинг айланишлар сони 2100 *айл/мин* бўлиб, ёнилғи тўла миқдорда берилганда, оддий форсунка билан пуркаш босими 400—500 *бар* (кг/см^2) га тенг. Бундай двигателнинг ёнилғи бериш системаси ажратилган типда, яъни насос ва форсунка алоҳида-алоҳида ясалган.

Ёнилғи цилиндрга берилаётганда пуркаш босими ва ёнилғи зарраларининг ҳаракат шароити ўзгаради, бинобарин, пуркаш пайтида ёнилғининг парчаланиш сифати ҳам ўзгариб туради. Майда зарраларга парчаланган ёнилғи ёниш камерасига пуркаш даврининг ўрталарида тушади; пуркаш бошланиши ва тугашида ёнилғининг тўзиш сифати ёмонлашади. Пуркашнинг бундай характери ёнилғи томчиларининг ҳар хил диаметрда (бир неча микрондан тортиб миллиметрнинг ўндан биригача йирикликда) парчаланишига сабаб бўлади. Тажрибаларнинг кўрсатишича, зарраларнинг кўпчилигининг диаметри 0,01—0,03 *мм* бўлади.

ЯМЗ дизелининг ёнилғи бериш системаси билан ёнилғи пуркалганда тўзишнинг ўзгариш характери 114- расмда келтирилган.



114- расм. Ёнилғи ЯМЗ-236 форсункаси билан пуркалганда ёнилғи насоси кулачокли валининг бурилиш бурчагига қараб ёнилғининг тўзиш характери:

1 — пуркаш бошланишида; 2 — пуркаш ўртасида; 3 — пуркаш охирида

Тўзитгичнинг соплло тешигидан чиқаётган ёнилғи босими ёнилғининг тўзиш сифатига катта таъсир қилади: пуркаш босими ошганда, айниқса пуркашнинг боши ва охирида томчилар тез майдаланади.

Пуркаш босими ошиши билан кичик айланишлар сониди ва ҳар циклга бериладиган ёнилғи миқдори кам бўлганда ёнилғининг тўзиш сифати анча яхшиланади.

55- §. ПУРКАШ ХАРАКТЕРИСТИКАСИ ВА ЁНИЛҒИ БЕРИШНИНГ ДАВОМ ЭТИШ ВАҚТИ

Ёнилғи бериш аппаратурасининг иш сифати асосий кўрсаткичларидан бири ёниш камерасига берилаётган ёнилғи миқдорининг вақтга боғлиқлигидир.

Бундай маълумотларни тажриба йўли билан форсунка орқали пуркалаётган ёнилғи миқдорини жуда қисқа вақт оралиғида (ёнилғи насосининг кулачокли вали 1° буралганда) ўлчашга имкон берадиган махсус ускунада аниқлаш мумкин. Ёнилғи порциясини ажратиб олиш пайтини ўзгартириш пуркаш характеристикасини аниқлашга имкон беради. Бундай характеристика ҳар бир пайтда берилган ёнилғи миқдорининг ёнилғи насоси кулачокли валининг бурилиш бурчагига боғлиқлигини кўрсатади. Бу характеристикадан бир пуркашда берилган ёнилғининг миқдорини, пуркашнинг бошланиш ва тугаш пайтларини, умумий давом этиш вақтини аниқлаш мумкин. Ёнилғини тўзитиш сифати, дизелнинг ёниш камерасида факелнинг ривожланиши ва бинобарин, иш процессининг бориш сифати ҳам ана шу характеристикага боғлиқ.

Алангаланишнинг кечикиш даврида ёниш камерасида ёнилғининг кўп тўпланиб қолмаслиги ва ёниш процессининг шиддатсиз бориши учун пуркаш бошланишида ёнилғи бериш тезлиги камроқ бўлиши лозим. Ёнилғи бериш тезлиги жуда кичик бўлса, пуркаш бошида ёнилғи ёмон тўзийди ва факел

узоққа отилмайди, бу эса алангаланишнинг кечикиш даврини узайтириб юборади.

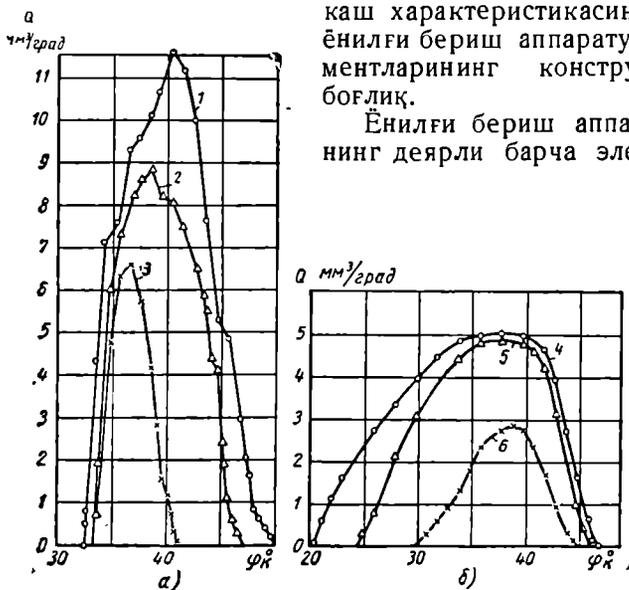
Ёнилгининг асосий қисми тобора ошиб борувчи тезликда берилиши керак, чунки бу ҳолда ёнилғи зарралари ёниш камерасининг энг узоқдаги зоналарига ҳам бориб етади ва бинобарин ёниш камерасидаги ҳаводан тўла фойдаланилади.

Пуркаш иложи борича кескин тугаши зарур. Пуркашни кичик тезликда тугаллаш маъқул эмас. Ёнилгининг асосий қисми пуркалгандан кейин қўшимча ёнилғи пуркамаслик керак. Пуркаш охирида ёки асосий пуркашдан кейин сопло тешигидан кичик тезликда берилган ёнилғи тўзитгич атрофида тўпланиб қолиб аралашманинг тўла ёнишини ёмонлаштиради ва двигатель тутун чиқариб ишлайди.

Наддувли двигателда ёнилғи тўла миқдорда берилганда пуркашнинг давом этиш вақти, тирсакли валнинг $35-40^\circ$ бурилишидан ошиб кетмаслиги керак. Ёнилғи бериш бундан узоқ дақт давом этса, ёниш процесси узайиб кетади ва иш цикли самарасиз бўлади. Бериладиган ёнилғи миқдори камайганда пуркашнинг давом этиш вақти қисқаради.

Ёнилгининг тўла ва тез ёнишини таъминлай оладиган пуркаш характеристикасини танлаш ёнилғи бериш аппаратураси элементларининг конструкциясига боғлиқ.

Ёнилғи бериш аппаратурасининг деярли барча элементлари



115- расм. Дизель номинал тезлик режимида ишлаганда рейканинг ҳар хил ҳолатларида ёнилгини пуркаш характеристикалари:

а — ЯМЗ-236 дизелининг ёнилғи узатувчи аппаратураси; б — ЯАЗ-М204А дизелининг АР-21 насос-форсункаси;
 1 — цикл давомида пуркалган ёнилғи миқдори $Q_{ц} = 115,5 \text{ мл}^3$; 2 — $Q_{ц} = 85,6 \text{ мл}^3$; 3 — $Q_{ц} = 30,6 \text{ мл}^3$; 4 — $Q_{ц} = 83,6 \text{ мл}^3$; 5 — $Q_{ц} = 73,2 \text{ мл}^3$;
 6 — $Q_{ц} = 34,3 \text{ мл}^3$

унификацияланган, янги конструкцияларни яратишда ишлатиш мумкин бўлган асосий деталларнинг ўлчамлари эса стандартлаштирилган. Икки тактли дизелда ёнилги тўла миқдорда ва қисмий берилганда кулачокли вал маълум бурчакка бурилганда ёниш камерасига пуркаладиган ёнилги миқдори Q ни кўрсатувчи пуркаш характеристикаси 115- расмда берилган. Ёнилги тўла миқдорда берилганда АР- 21 насос-форсунка билан ёнилги пуркашнинг давом этиш вақти тирсакли валнинг $26,5^\circ$ бурилишига, ЯМЗ дизелларида эса 28° бурилишига тўғри келади. Ҳар циклга берилаётган ёнилги миқдори камайиши билан ҳар иккала системада ҳам пуркаш эрта тугайди, бошланиши эса, айниқса насос-форсунка учун, кечикиш томонга силжийди.

56-§. АВТОТРАКТОР ДИЗЕЛЛАРИНИНГ ЁНИЛГИ БЕРИШ АППАРАТУРАСИ

1. Умумий маълумот

Дизелларнинг ёнилги бериш аппаратураси қуйидагиларни таъминлаши керак:

1) ёниш камерасининг шаклига боғлиқ бўлган факелни ҳосил қилиш ва ёниш процессининг самарали ўтиши учун зарур бўлган даврда ёнилгини цилиндрга юқори босимда пуркаши лозим;

2) ёнилгини майда зарраларга тўзитиб, уни ҳаво билан аралаштириш керак;

3) автомобилнинг берилган режимда ишлашига зарур бўлган қувватни ҳосил қилиш учун дизелга етарли миқдорда ёнилги бериши лозим; автомобилнинг режими, бинобарин дизелнинг нагрузкаси ўзгарганда ёнилги берувчи аппаратура жуда қисқа вақт ичида цилиндрга пуркаладиган ёнилгининг миқдорини нагрузкага қараб ўзгартира олиши зарур;

4) ҳамма цилиндрларга бир хил миқдорда ёнилги узатиш керак.

Ёнилги бериш аппаратураси қуйидаги асосий элементлардан иборат:

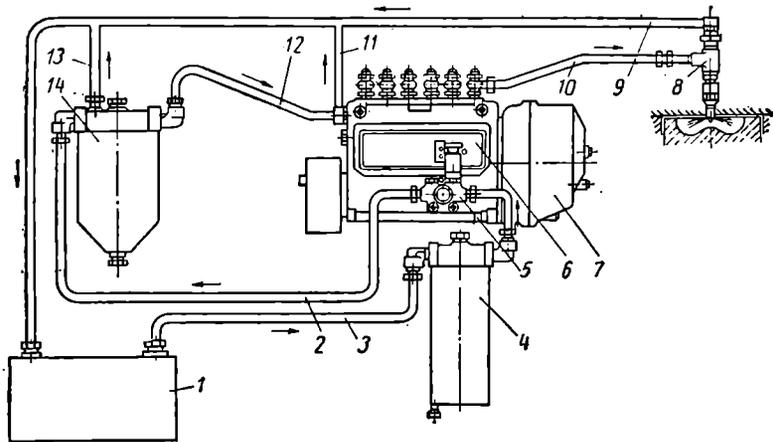
1) ёнилги баки, паст босимли ёнилги йўллари ёрдамчи ёнилги ҳайдаш насоси ва фильтрлар;

2) пуркаш пайтини ва бериладиган ёнилги миқдорини ростлаш тузилмалари билан жиҳозланган юқори босим ёнилги насоси;

3) форсункалар;

4) регулятор.

Автомобиль дизелларида ёнилги бериш аппаратурасининг икки хили кўпроқ ишлатилади: 1) ёнилги алоҳида юқори босимли насосдан юқори босимли трубопроводлар орқали форсункаларга келади ва 2) юқори босимли ёнилги насоси ва фор-



116- расм. ЯМЗ-236 дизелининг таъминлаш системаси

1 — ёнилғи баки; 2, 3, 9, 11, 12 ва 13 — паст босимли ёнилғи трубкалари; 4 — дағал тозалаш фильтри; 5 — ёрдамчи ҳайдаш насоси; 6 — юқори босимли ёнилғи насоси; 7 — регулятор; 8 — форсунка; 10 — юқори босимли ҳайдаш трубкаси; 11 — майин тозалаш фильтри.

сунка битта асбобга бириктирилган бўлиб, у насос-форсунка дейилади, бунда юқори босимли ёнилғи трубаи бўлмайди.

ЯМЗ-236 дизелининг ажратилган турдаги ёнилғи системаси 116- расмда кўрсатилган. Ёнилғи ёрдамчи насос 5 билан 1,5—1,7 бар ($\text{кг}/\text{см}^2$) босим остида юқори босим насоси 6 га берилади. Ортиқча ёнилғи насосдан ўтади ва редукцион клапан пружинасининг кучини енгиб, ёнилғи трубкालари 11 орқали бақка қайта қўйилади.

Ёнилғини форсункага келишидан олдин механикавий аראлашмалардан тозалаш учун системада тўртта фильтр ўрнатилган.

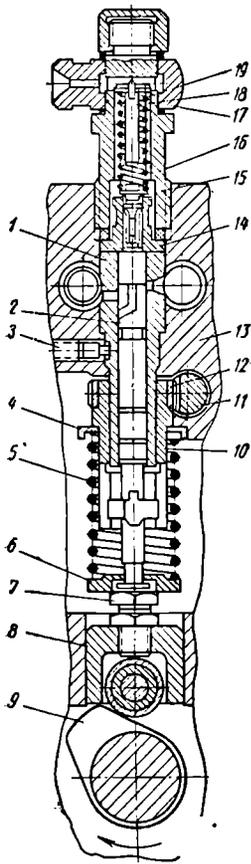
Д-12А двигателида ҳам шунга ўхшаш ёнилғи системаси ишлатилган.

ЯМЗ ва Д-12А тўрт тактли дизелларнинг ёнилғи бериш аппаратурасида ёпиқ типдаги форсунка ишлатилади.

Автомобилларнинг икки тактли ЯАЗ дизелларида ажратилмаган турдаги ёнилғи бериш аппаратураси ўрнатилган. Насос-форсункада клапан-соплоли тўзитгич бор.

2. Юқори босимли ёнилғи насоси

Насоснинг тузилиши. Юқори босимли ёнилғи насоси — дизелларнинг таъминлаш системасининг энг мураккаб асбобларидан бири. У двигателнинг нағрузкасига мос ҳолда ҳамма цилиндрларга форсунка орқали бир хил миқдорда ёнилғи бериш учун хиамат қилади.



Юқори босимли ёнилғи насослари кўп секцияли ва тақсимловчи бўлади.

Кўп секцияли насосларда ҳар бир иш секцияси ёнилғини двигателнинг фақат бир цилиндрига етказиб беради. Тақсимловчи насослар бир ва икки плунжерли бўлиши мумкин. Уларнинг битта иш секцияси двигателнинг бир нечта цилиндрларига ёнилғи етказиб беради.

Автотрактор дизелларида кўп секцияли золотникли ёнилғи насослари кўп ишлатилади. Бундай насосларда двигатель цилиндрига бериладиган ёнилғи миқдори плунжерли жуфт ёрдамида ўзгартирилади. Бунда плунжернинг тўла юриш йўли ўзгармас, унинг устидаги ҳажм эса ёнилғи билан деярли доим тўла бўлади.

ЯМЗ-236 дизели ёнилғи насосининг битта секцияси 117- расмда кўрсатилган. Ҳар бир секциянинг иш элементи гильза 1 ва плунжер 2 дан тузилган плунжерли жуфтдан иборат.

117- расм. ЯМЗ-236 дизелининг юқори босимли ёнилғи насоси секцияси:

1 — гильза; 2 — плунжер; 3 — стопор винт; 4 ва 6 — тарелкалар; 5 — пружина; 7 — ростлаш болти; 8 — туртгич; 9 — кулачок; 10 — буриш втулкаси; 11 — рейка; 12 — тишли гардиш; 13 — насос корпуси; 14 — ўриндик; 15 — ҳайдаш клапани; 16 — штуцер; 17 — ниппель; 18 — чеклагич; 19 — пружина

Ёнилғи насосининг вали билан яхлит ясалган кулачок 9 туртгич 8 ни, бу эса плунжер 2 ни кўтаради. Туртгичнинг ролиги кулачокдан пружина 5 таъсирида пастга юмалаганда плунжер бошланғич ҳолатига қайтади.

Плунжернинг гильзаси 1 га эркин айланадиган буриш втулкаси 10 ўрнатилган.

Ёнилғи насосининг юқори қисмида ўриндиқ 14 га ҳайдаш клапани 15 ўрнатилган.

118- расмда насос секциясининг деталлари алоҳида кўрсатилган. Плунжернинг юқори қисмида иккита винтавий ариқча 3 бор (118- расм, а). Бу ариқчалар плунжернинг тореци билан марказий 2 ва кўндаланг каналлар воситасида бирлаштирилган. Ариқчаларнинг бирида жуда аниқ ишланган қирра 1 бор. Бу қирра цилиндрга бериладиган ёнилғи миқдорини ростлаш учун мўлжалланган.

Плунжернинг пастки қисмидаги иккита чиқиқ 4 уни буриш втулкаси билан бириктириш учун, айлана чиқиқ (буртик) 5 эса қайтариш пружинасининг пастки тарелкасини ўрнатиш учун мўлжалланган.

Плунжернинг гильзасида қарама-қарши жойлашган иккита тешик 6 бор (118-расм, б).

Буриш втулкасининг иккита чуқурчаси 7 га, плунжернинг чиқиқлари 4 киргизилади. Тортиш винти 8 тишли гардиш 10 ни маҳкамлайди. Тишли гардиш ёнилғи насосининг рейкаси 9 билан тишлашган.

Насос секциясининг ишлаши.

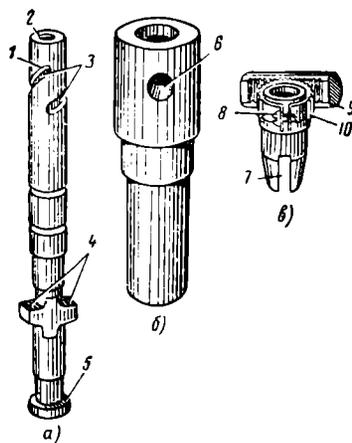
Насос секциясининг ишини учта процессга бўлиш мумкин: тўлдириш, ҳайдаш ва қайта чиқариш.

Плунжер пастга ҳаракат қилганда (119-расм, а) ва кириш тешиги очилганда, гильза ичидаги плунжернинг устидаги бўшлиқ ёнилғи билан тўлади. Шу пайтдан бошлаб, ёнилғи ёрдамчи насос ҳосил қиладиган паст босимда плунжер устидаги бўшлиққа ва айна вақтда канал 2 орқали (118-расм, а га қаранг) плунжердаги винтавий ариқчалар 3 га (119-расм, а, 2-схема) кела бошлайди.

Плунжер юқорига қараб ҳаракат қилганда ёнилғининг бир қисми аввал гильзадаги киритиш дарчаси орқали ёнилғи келадиган каналга қайтиб чиқади. Плунжернинг торец юзаси гильзадаги киритиш дарчасини беркитганда ёнилғининг қайтиб чиқиши тугайди (3-схема). Плунжер юқорига ҳаракатда давом этганда унинг устидаги ёнилғининг босими тез кўтарилиб, ҳайдаш клапани 15 (117-расмга қаранг) очилади ва ёнилғи юқори босимли трубкалар орқали форсункаларга келади.

Плунжернинг винтавий қирраси гильзасидаги қайта чиқариш тешигини очганда (4-схема) насосдан ёнилғи юбориш тўхтайтиди ва плунжер юқорига ҳаракатда яна давом этса, ёнилғи қайтариш каналига чиқариб юборилади. Бунинг натижасида плунжер устидаги босим тез пасаяди, ҳайдаш клапани насоснинг штуцеридаги қолдиқ босим ва пружина таъсирида ўриндиғига ўтиради ҳамда насос билан форсункага ёнилғи ҳайдаш тўхтайтиди.

Киритиш тешиги ёпилган пайтдан бошлаб, гильзадаги қайта чиқариш дарчаси очилган пайтгача плунжернинг ўтган йўли плунжернинг актив йўли S_a деб аталади. Актив йўлни плунжер юзаси f_n га кўпайтирсак, актив йўл даврида плунжер би-



118-расм. ЯМЗ-236 дизели ёнилғи насоси секциясининг деталлари:

а — плунжер; б — гильза; в — буриш втулкаси ва рейка

лан сиқиб чиқарилган ёнилғининг ҳажмини топамиз (насос секцияси берган ёнилғининг назарий миқдори:

$$V_e = S_a \cdot f_n. \quad (298)$$

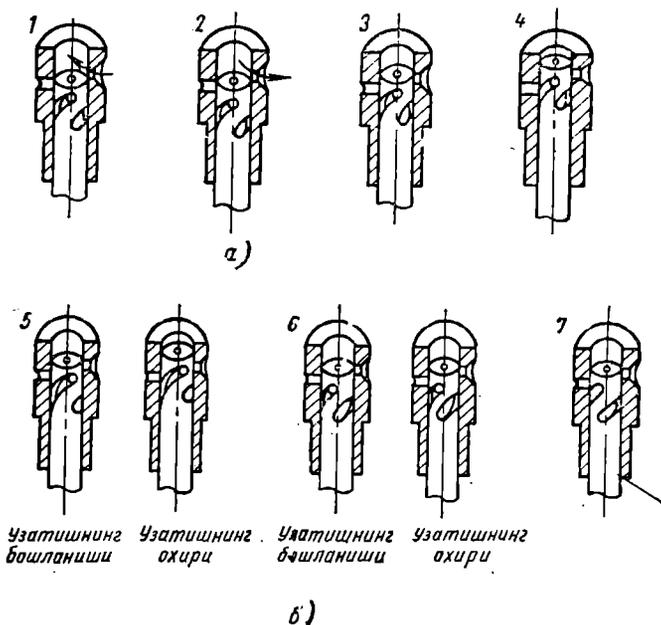
Бир пуркашда двигателнинг цилиндрига бериладиган ёнилғининг ҳақиқий миқдори назарий миқдордан фарқ қилади. Бунга ёнилғининг плунжерли жуфтдаги ва тўзитгичдаги зазорлар орқали сизиши, шунингдек, ёнилғининг сиқилувчанлиги ва ёнилғи узатиш процессида учрайдиган бошқа ҳодисалар сабаб бўлади. Циклда бериладиган ёнилғининг ҳақиқий ва назарий миқдорлари орасидаги фарқ ёнилғи бериш коэффиценти η_n билан ҳисобга олинади. Ёнилғи бериш системасидан берилган ёнилғининг ҳақиқий миқдори:

$$V_{\text{ҳақ}} = V_e \eta_n = S_a \cdot f_n \cdot \eta_n. \quad (299)$$

Тўла қувватли режимда $\eta_n = 0,75 \div 0,9$.

Двигателнинг нагрузкаси ўзгариши билан цилиндрга узатилаётган ёнилғи миқдори ҳам ўзгариши керак. Кўриб чиқилаётган насосда плунжернинг тўла йўли, двигателнинг ишлаш режимидан қатъи назар, ўзгармай қолади.

Узатилаётган ёнилғининг миқдорини ўзгартириш учун плунжер бурилади, натижада унинг актив йўли ўзгаради (119-расм, б).



119- расм. Насоснинг ишлаш ва пуркалаётган ёнилғи миқдорини ростлаш схемалари:

а — насоснинг ишлаш схемаси; б — пуркалаётган ёнилғи миқдорини ростлаш схемаси; 1 — тўлдириш; 2—қайта ўтказиб юбориш; 3—узатишнинг бошланиши; 4—узатишнинг тугаши; 5—энг кўп узатиш; 6—оралиқ узатиш; 7—узатиш йўқ

Ёнилғи бера бошлаш пайти мазкур конструкцияли плунжерда жуда оз ўзгаради.

Мазкур двигателда насос билан энг кўп ёнилғи бериш керак бўлганда плунжернинг винтавий қирраси қайта чиқариш дарчасини кечроқ очади, унинг актив йўли эса энг катта қийматга эга бўлади. Қирранинг бу ҳолати 5- схемада кўрсатилган.

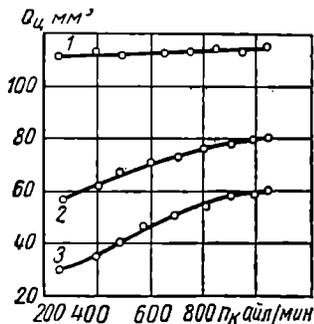
Цилиндрга узатилаётган ёнилғи миқдорини камайтириш учун рейка тортиб чиқарилади, шунда плунжер бурилади. Бу ҳолда плунжер юқорига ҳаракат қилганда, плунжернинг винтавий қирраси гильзанинг қайта чиқариш дарчасини олдинроқ очади (6- схема), плунжернинг актив йўли қисқаради ва цилиндрга камроқ ёнилғи тушади.

Рейка тўла тортиб чиқарилса, цилиндрга ёнилғи пуркаш тўхтади. Бу ҳолда плунжернинг торец сирти киритиш дарчасини беркитишдан олдин винтавий қирра қайта чиқариш дарчасини очади (7- схема). Натижада плунжер устидаги ҳажм келтириш ва қайта чиқариш каналлари билан доим қўшилган бўлиб, ёнилғи форсункага бормайди.

Двигателнинг нагрукаси ўзгарганда рейка регулятор ёрдамида автоматик тарзда сурилади ёки уни шофёр ёнилғи беришни бошқариш педали билан силжитади.

Энг кўп ёнилғи беришни чеклаш учун рейканинг ёки регулятордаги бошқариш ричагининг силжиши мос чеклагич ўрнатиб чегараланади,

Плунжердаги иккинчи винтавий ариқча шу ариқчаларни тўлатувчи ёнилғининг ёнлама босимни мувозанатлаш учун керак. Бу винтавий ариқчанинг қирраси ёнилғи бериш ва чиқаришда қатнашмайди, шунинг учун плунжерни втулкага ўрнатишда 180° га буриш рухсат этилмайди.



120- расм. ЯМЗ-236 дизелининг ёнилғи насоси учун ҳар циклда бериладиган ёнилғи миқдори Q_c нинг кулачокли валнинг айланишлар сони n_k га боғлиқлиги

ЯМЗ-236 дизелида ёнилғи насосининг рейкаси уч ҳолатга қўйиб, кулачокли валнинг турли айланишлар сони n_c да ёнилғи бериш характеристикаси 120- расмда кўрсатилган.

Рейканинг ёнилғини тўла узатиш ҳолатида айланишлар сони оширилса, циклда бериладиган ёнилғи миқдори бир оз кўпаяди (1 эгри чизиқ). Кам нагрукаларда айланишлар сони ошиши билан циклда бериладиган ёнилғи миқдори кўп ошади (2 ва 3 эгри чизиқлар).

Ёнилғи узатиш тўхтаган пайтда юқори босимли ёнилғи трубкасида босим тез камайиши керак. Акс ҳолда

ёнилғи бериш тез тугамайди ва пуркаш охирида ёниш камера-сига ёнилғи томчилаб оқиши мумкин. Бу томчилар парчаланмаган бўлиб, цилиндрда ёнмайди ва қурум ҳосил қилади.

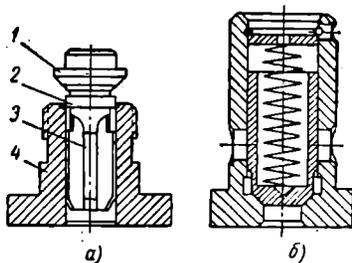
Ёнилғи беришни кескин тугатлаш учун ёнилғи насосига ҳайдаш клапани ўрнатилади. Плу-нжер пастга ҳаракатланганда бу клапан берк бўлади, шунинг-дек плунжернинг устки ҳажми-ни юқори босим трубкalarидан ажратиб, ёнилғининг бу труб-калардан сўрилишига йўл қўй-майди.

Мамлакатимизда ишлаб чиқариладиган автотрактор дизел-ларининг ёнилғи насосларида қўзиқорин шаклидаги ҳайдаш клапанлари ишлатилади (121- расм, а). Ҳайдаш клапаннинг юқори қисмида зичловчи конусли қалпоқ 1 ва бўшатувчи белбоғ 2, пастки қисмида эса ёнилғи ўтказувчи тўртта ариқ-чали хвостовик 3 бор.

Плу-нжер тепасидаги иш ҳажмини ёнилғи билан тўлдириш пайтида ҳайдаш клапани ўриндиқ 4 га пружина ва юқори бо-симли ёнилғи трубкасидаги қолдиқ босим таъсирида зич сиқил-ган бўлади. Плу-нжер юқорига ҳаракат қилганда, иш ҳажми-даги ёнилғининг босими клапанни ўриндиққа қисувчи пружина кучидан катта бўлиши билан клапан юқорига кўтарила бош-лаб, штуцердаги ёнилғини юқори босим трубкalarига сиқиб чиқаради. Бўшатувчи белбоғ ўриндиқдан чиқиши билан ёнилғи плунжернинг устидаги ҳажмдан насоснинг штуцерига, сўнгра юқори босим трубкasi бўйлаб форсункага келади.

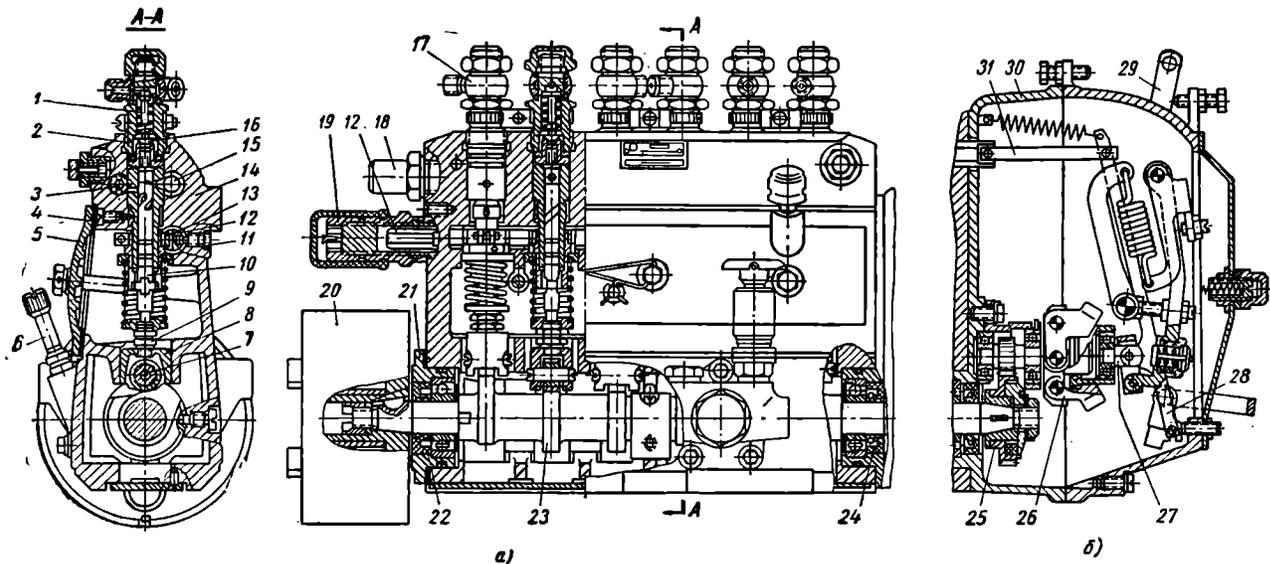
Пуркаш охирида, қайта чиқариш дарчasi очилганда плун-жер устидаги босим пасаяди ва ҳайдаш клапани пружинанинг кучи ва насоснинг штуцеригаги ёнилғининг босими таъсирида ўриндиққа ўтира бошлайди. Клапан пастга ҳаракатланганда унинг ўриндиққа ўтиришидан олдин бўшатиш белбоғининг пастки қирраси йўналтирувчи тешикка киради. Шу пайтдан бошлаб юқори босимли ёнилғи йўли плунжер устидаги ҳажм-дан ажралади. Клапан пастга ҳаракатида давом этганда шту-цер 16 (117- расмга қаранг) ичидаги ҳажм бўшайди, натижада насос билан форсунка орасидаги ёнилғи йўлида босим кескин пасаяди. Шу усулда ёнилғи бериш кескин тугалланади ва қай-та пуркаш ҳодисалари йўқотилади. Штуцер ичидаги ҳажм қанча кўп бўшаса, юқори босимли ёнилғи трубкasiдаги қолдиқ бо-сим ҳам шунча пасаяди.

Клапан ва ўриндиқ биргаликда тайёрланади, шунингдек, за-рур бўлганда улар комплект ҳолда алмаштирилади.



121 - расм. Ҳайдаш клапан-ларининг конструкциялари:

а—қўзиқоринсимон клапан; б—зо-лотникли клапан



122- расм. ЯМЗ-236 двигателига ўрнатиладиган юқори босимли олти секцияли ёнилги насоси (пуркашни илгарилдовчи автоматик муфта ва регулятор билан жиҳозланган):

a — ёнилги насоси; *б* — регулятор;
 1 — ҳайдаш клапанининг таянчи; 2 — штуцер; 3 ва 15 — каналлар; 4 — плунжернинг втулкасини ўрнатиш винти; 5 — ёл қопқоқ; 6 — мой сатҳини кўрсаткич; 7 — турткич роллигининг ўқи; 8 — плунжернинг туткичи; 9 — ростлаш болти; 10 — плунжер; 11 — стопор винти; 12 — рейка; 13 — тишли гардин; 14 — насос корпуси; 16 — ҳайдаш клапани; 17 — шпиль; 18 — қайта ўтказиб юбориш клапани; 19 — рейканинг қонқоқчаси; 20 — ёнилги пуркашни илгарилаш автоматик муфтаси; 21 — подшипник қонқоғи; 22 ва 24 — ўзи еиқувчи салыниклар; 23 — кулачокли вал; 25 — етакчи нестерия; 26 — регуляторнинг юки; 27 — таянч; товон 28 — рейканинг ричаги; 29 — регуляторни бошқариш ричаги; 30 — регуляторнинг корпуси; 31 — рейканинг тортқиси

Қўзиқорин шаклидаги клапанлардан ташқари, золотникли ҳайдаш клапанлари (121- расм, б) ҳам ишлатилади ва улар бир хил ишлайди.

ЯМЗ-236 дизелининг ёнилги насоси. 122- расмда мисол тариқасида ЯМЗ-236 дизелига ўрнатиладиган юқори босимли олти секцияли золотникли ёнилги насоси кўрсатилган.

Олтита секция насос корпуси 14 нинг юқори қисмидаги уяларда жойлашган. Плунжерларнинг гильзалари стопор винтлар 11 билан бир хил ҳолатда ўрнатилади. Гильзалардаги тешиклар сатҳида корпус бўйлаб иккита горизонтал канал ўтган: канал 3 орқали ёнилги секцияларга юборилади, канал 15 бўйлаб эса ёнилги бериш кескин тугаганидан сўнг секциядан қайта олиб кетилади.

Ён тарафда корпус бўйлаб ўтган каналда втулкалар воситасида насос рейкаси 12 ўрнатилган. Бу рейка ҳар бир секциянинг тишли гардиши билан илашган.

Насоснинг корпусидаги гильзалар ўрнатиладиган уялар остида чуқурчалар бор. Бу чуқурчаларга буриш втулкаларининг гишли гардиши 13 киритилади. Чуқурчаларнинг пастки қисмида ўтказиш белбоғлари ясалган бўлиб, уларга пружиналарнинг юқори тарелкалари таянади.

Насос секцияларининг бўшлиғини кулачокли валнинг бўшлиғидан ажратадиган тўсиқда турткичлар 8 ни ўрнатиш учун уялар ясалган.

Насоснинг кулачокли вали 23 да олтита тангенциал профилли кулачок ва эксцентрик бор. Кулачоклар турткичларни ҳаракатга келтиради, эксцентрик эса ёнилги ҳайдовчи ёрдамчи поршенли насосни ишга солади.

Насоснинг кулачокли валига пуркашни илгарилаш муфтаси 20 ўрнатилган, унинг қарама-қарши томонига регуляторни ҳаракатлантирувчи етакчи шестерня 25 нинг гупчаги маҳкамланган. Регуляторнинг ўзи насоснинг корпусига бириктирилган.

Агар пуркашни илгарилаш муфтаси 20 томонидан қаралса, кулачокли вал соат стрелкаси юрадиган томонга айланганда ёнилги насоси секцияларининг ишлаш тартиби 1—4—2—5—3—6 бўлади. Цилиндрлар блоклари орасидаги бурчак 90° бўлган V-симон тўрт тактли олти цилиндрли дизелда иш йўлларининг такрорланиши каби, секцияларнинг ёнилги ҳайдаш йўллари ҳам кулачокли вал ҳар 45° ва 75° бурилганда такрорланади.

Ёнилги насоси битта секциясининг максимал иш унуми ҳар циклда 111—113 мм³ ни ташкил қилади.

Саккиз ва ўн икки цилиндрли ЯМЗ дизелларида, шунингдек, Д-12А дизелларида ҳам худди шу конструкцияли насослар ишлатилади.

Кўриб чиқилган ёнилги насосларида ҳайдаш секцияларининг сони двигатель цилиндрининг сонига тўғри келади. Кейинги йилларда тақсимловчи типдаги насослар ишлатила бош-

лади. Бундай насосларда битта секция ёнилғини навбат билан икки—олти цилиндрга беради. Уларнинг кулачокли вали бир марта айланганда плунжернинг юриш сони двигатель цилиндрларининг сонига мос келади. Цилиндрлар сони олти—саккиз бўлганда бундай насосларга 2 та секция ўрнатилади.

3. Форсункалар

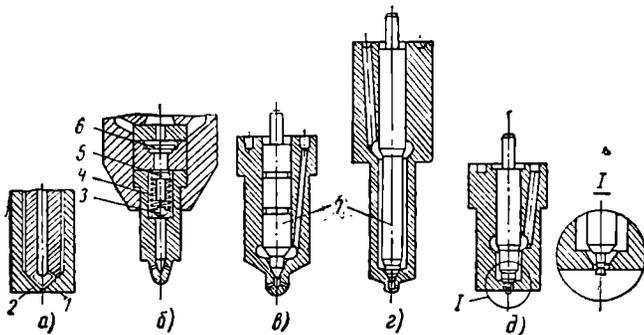
Форсункалар икки асосий турга бўлинади, яъни улар очиқ ва ёпиқ бўлади.

Ёпиқ форсункалар тўзитгичнинг конструкциясига қараб, клапан-соплоли, штифтсиз ва штифтли бўлади.

123- расмда тўзитгичларнинг конструкциялари кўрсатилган. Очиқ форсунка орқали ёнилғи пуркаш (123- расм, *а*) тўзитгич ичидаги босим цилиндрдаги босимдан юқори бўлганда бошланади. Босимлар фарқи шундай бўлиши керакки, у тўзитгичнинг сопло тешиklarининг қаршиликларини енга олсин. Ёнилғи сопло тешигига каналлар *1* ва *2* орқали келтирилади.

123- расм, *б* да насос-форсункада ишлатиладиган ёпиқ клапан-соплоли тўзитгич кўрсатилган. Тўзитгичда пластинасимон клапан *б* бор. Тўзитгичдаги ёнилғи босими цилиндрдаги босимдан кам бўлса, газлар босими остида клапан тешикка қисилади ва газлар насос-форсункага ўта олмайди. Очиқ форсункаларга хос камчиликни, яъни пуркаш охирида ёнилғининг томчилашини камайтириш учун, тўзитгичда контрол клапан *в* бор. Бу клапан юриш йўлини чеклагич *з* ва пружина *4* билан жиҳозланган бўлиб, босим 40—65 бар (кг/см^2) бўлганда очилади. Бу босим пуркаш босимдан анча кам бўлганлиги учун кўпинча бундай форсунка очиқ форсунка дейилади.

Ёпиқ тўзитгичларнинг схемаси 123- расм, *в* ва *г* да келтирилган. Ёпиқ тўзитгичли форсунканинг ишлаш схемаси 124- расмда кўрсатилган.



123- расм. Форсункаларга ўрнатиладиган тўзитгичларнинг конструкциялари:

а — очиқ тўзитгич; *б* — клапан-соплоли тўзитгич; *в* ва *г* — ёпиқ тўзитгич; *д* — штифтли тўзитгич

Ёпиқ форсунканинг хусусияти шундан иборатки, унда беркитадиган орган—игна 7 бор (123- расм, *в* ва *г*). Бу игна цилиндрга ҳар гал ёнилги пуркалгандан кейин юқори босимли ёнилги бериш йўлини ёниш камерасидан ажратиб қўяди.

Ёнилги тўзитгич корпуси 3 нинг юқори торецидаги айланма ариқча 6 дан (124- расм) каналлар 5 бўйлаб ички бўшлиқ 8 га ўтади. Қисилган пружина 5 таъсирида игна 7 ўзининг конуси 1 билан тўзитгичнинг корпусидати ўриндиққа сиқилади. Насосдан ёнилги келиши билан юқори босимли трубқадаги, шунингдек, тўзитгичнинг ичидаги босим жуда тез кўтарилади. Игнанинг конуссимон сирти 2 га таъсир қилувчи бу босим пружинанинг кучидан ошганда игна кўтарилади ва ёнилги сопло тешиклари 9 орқали ёниш камерасига катта босим ва тезликда келади.

Насосдан ёнилги ҳайдаш тўхтатилгач трубқалардаги, шунингдек, тўзитгич корпусининг ички қисмидаги босим пасаяди ва пружинанинг босимидан кичик бўлиб қолади. Бунинг натижасида игна пружина таъсирида уяга зич ўтиради ва цилиндрга ёнилги бериш тугалланади.

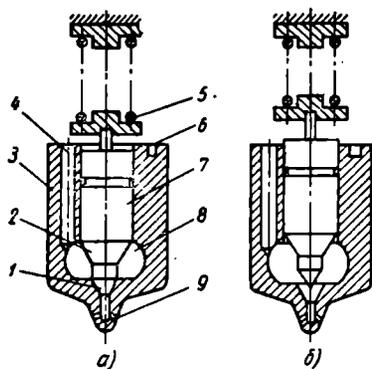
Пуркаш охирида цилиндрга ёнилгининг томчилashiга ва тўзитгич тешиklarининг коксланиб қолишига йўл қўймаслик учун игна уяга жуда тез ўтириши керак, бу вазифани ҳайдаш клапани бажаради.

Ёнилги пуркаш босимини, бинобарин, ёнилгининг сопло тешиklarидан оқиш тезлигини форсункадаги игна пружинасининг таранглигини ростлаш йўли билан ўзгартириш мумкин. Форсунка дизель ёниш камерасининг шакли ва турига боғлиқ ҳолда танланади.

Форсункаларнинг мавжуд конструкцияларида тўзитгичнинг игнаси ва корпуси узунроқ қилиб ясалади (123- расм, *г* ва *д*), бу эса уларнинг ишлаш муддатини узайтиради ва игнанинг ишлаш шароитини яхшилади.

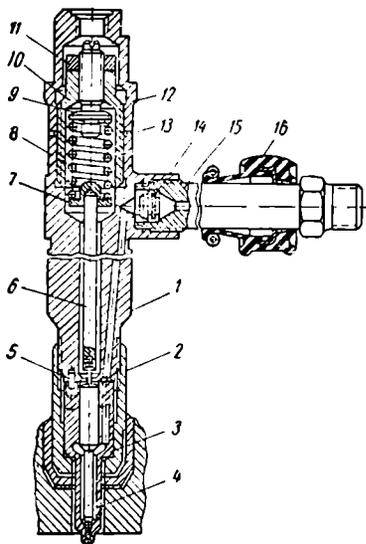
Тез ишловчи дизелларнинг форсункаларида ишлатиладиган тўзитгичлар игнанинг ва соплонинг тузилишига қараб фарқ қилади. Тўзитгич соплосида бир ёки бир неча тешик бўлиши мумкин. Бу тешиklar тўзитгичнинг ички ҳажмини ёниш камераси билан туташтиради.

Диаметри $0,15 \div 0,45$ мм ли 4—10 дона тешиги бўлган тў-



124- расм. Ёпиқ форсунканинг ишлаш схемаси:

a — тўзитгичнинг игнаси туширилган (ёнилги берилмайди); *б* — игна кўтарилган (ёнилги пуркалади)



125- расм. Тўрт тактли ЯМЗ-дизелига ўрнатиладиган ёпиқ форсунка:

1 — форсунка корпуси; 2 — тўзитгичнинг гайкаси; 3 — тузатгич; 4 — тўзитгичнинг игнаси; 5 — штифт; 6 — турткич; 7 — пружинанинг тарелкаси; 8 — пружина; 9 — пружинанинг соzлаш винти; 10 — стакан; 11 — соzлаш винтининг контргайкаси; 12 — қалпоқча; 13 — қистирма; 14 — тўр фильтр; 15 — штуцер; 16 — резинали втулка

Юқорида кўриб ўтилган барча ёпиқ тўзитгичларда игнанинг юриш йўли 0,3—0,45 мм, игна билан тўзитгичнинг корпуси орасидаги зазор 2,5 мм; ўриндиқ конусининг бурчаги 59—60°, игна конусининг бурчаги эса мос ҳолда 1° катта қилиб тайёрланади.

Мисол тариқасида, тўрт тактли ЯМЗ дизелларида ишлатиладиган форсунканинг конструкцияси 125- расмда кўрсатилган.

Игна 4 ли тўзитгич гайка 2 ёрдамида форсунканинг корпуси 1 га маҳкамланади, игна эса пружина 8 ва турткич 6 воситасида ўриндиққа сиқилади. Пружинанинг пастки қисми тарелка 7 га, юқори қисми эса ростлаш винти 9 га таянади. Винг стакан 10 га буралиб, контргайка 11 билан маҳкамланган. Стакан 10 га бураладиган қалпоқ 12 билан корпус орасида қистирма 13 бор. Пружинанинг таранглигини ростлаш винти ёрдамида ўзгартириш мумкин.

Ёнилғи форсункага штуцер 15 ва сим тўрлардан тузилган фильтр 14 орқали келади. Ёнилғи форсунканинг корпусидаги қия каналдан айланма ариқчага, сўнг тўзитгичнинг каналлари бўйлаб беркитувчи конус олдидаги бўшлиққа, игна кўтарилганда эса сопло тешикларига ўтади.

зитгичлар сир ҳажмли ажратилмаган ёниш камераларининг форсункаларида ишлатилади.

Ажратилган ёниш камераларида, шунингдек, бир ҳажмли ажратилмаган ёниш камераларининг баъзиларида битта тешикли тўзитгичлар ўрнатилади. Айрим ҳолларда, бу тўзитгичларда (123- расм, д) беркитиш конусидан ташқари, бир-бири билан учрашадиган конус шаклидаги иккита штифт ҳам бўлади. Булар штифтли тўзитгичлар дейилади. Игна кўтарилганда ёнилғи ўтадиган юзанинг кесими ўзгаради, бу эса дизелнинг ҳамма нагрузкаларида форсунканинг турғун ишлашини таъминлайди. Игна ҳаракатланганда штифт тўзитгичнинг соплотешигини қурумдан тозалайди. Штифт конусининг бурчаги 40—45° бўлиши мумкин. Сопло тешигининг диаметри 1,0; 1,5; 2,0 мм га тенг қилиб олинади.

Игна ва тўзитгичнинг корпуси оралигидан сизган ёнилғи резьбали тешикка бураб ўрнатилган штуцер орқали йиғиш каналига ўтади.

Форсунка цилиндрлар головкасига скоба билан маҳкамланади. Бу скоба қалпоқ 12 нинг айлана чиқиғига тиралади.

Ёнилғи келтирувчи штуцерга резина втулка 16 кийгизилган. Бу втулка штуцернинг двигатель головкасидан чиқиш жойини зичлайди.

Диаметри 0,34 мм бўлган тўртта сопло тешиги тўзитгичда нотекис жойлашган бўлиб, ёниш камерасидаги ҳаводан тўла фойдаланишни таъминлайди. Тўзитгич форсунканинг корпусида ёниш камерасига нисбатан аниқ ҳолатда ўрнатилиб, иккита штифт 5 билан мустаҳкамланади. Игнанинг тўзитгичда кўтарилиши 0,28—0,38 мм бўлиб, у форсунканинг корпусидаги торец юза билан чекланади. Игнанинг пружинаси шундай сиқилиши керакки, пружинанинг игнага босими 150±5 бар (кг/см^2) бўлсин.

Икки тактли ЯАЗ дизелларида насос-форсункалар ишлатилади. Буларда золотникли типдаги юқори босимли насос ва клапан-соплоли тўзитгичли форсунка бир агрегатга бирлаштирилган.

Насос-форсунканинг плунжери юқорида кўриб ўтилган ЯМЗ двигатели насосининг плунжеридан иккита иш винтавий қирраси борлиги билан фарқ қилади. Бу қирраларнинг бири (юқоридагиси) ёнилғи пуркашнинг бошланиш пайтини, иккинчиси (пасткиси) эса ёнилғи пуркаш охирини рейканинг ҳолатига қараб бошқаради.

Насос-форсунка плунжериди иккита винтавий қирранинг мавжудлиги шунга олиб келадики, плунжер бурилганда ёнилғи миқдорининг ўзгариши билан бир вақтда, пуркашнинг бошланиш ва тугаш пайтлари ҳам ўзгаради. АР-20А₃ насос-форсункада бериладиган ёнилғи миқдорининг камайиши билан ёнилғи бериш кечроқ бошланиб ю. ч. н. га яқинлашади. Айни вақтда ёнилғи пуркаш илгарироқ тугайди. Шунинг учун, бериладиган ёнилғи миқдорининг камайиши билан ёниш эффективлиги, бинобарин, кичик ва ўрта нагрузкаларда двигателнинг тежамлилиги ёмонлашмайди.

Ҳайдовчи бериладиган ёнилғи миқдорини бошқариш педали воситасида ўзгартиради. Бу педаль ричаглар ва тортқилар системаси орқали насос-форсунканинг рейкасига боғланган. Узатилаётган ёнилғи миқдори икки режимли марказдан қочма регулятор ёрдамида автоматик равишда ўзгартирилиши мумкин.

4 Юқори босимли ёнилғи насоси ва форсунканинг бирга ишлаши

Ёнилғи насосининг ишлаши кўриб чиқилганда аниқланганидек, плунжернинг актив йўли (бунда ёнилғи форсункага узатилади) плунжернинг тореци киритиш тешикларини беркитган

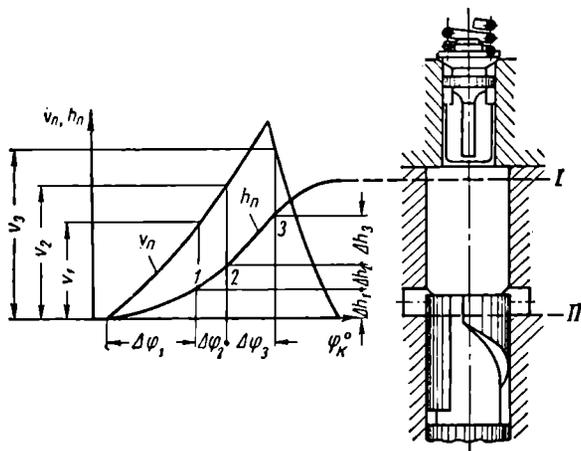
пайтдан бошланиб, винтавий қирра қайтариш тешигини очиб, ёнилғи бериш тугалланган пайтгача давом этади.

Бундай тахмин ёнилғи насосининг плунжери жуда ҳам секин ҳаракат қилган ва ёнилғи плунжернинг устидаги бўшлиқдан қўшимча қаршилиқлар йўқ муҳитга сиқиб чиқарилганда тўғри бўлади. Ҳақиқатда эса ёнилғи системасида содир бўладиган ҳодисалар баъзи сабабларга кўра мураккаблашиб, ёнилгини цилиндрга пуркаш боши ва охири плунжер актив йўлининг бошланиши ва тугашига тўғри келмайди.

Ёнилғи насосининг плунжери билан ҳайдаш клапанининг бирга ишлаши 126- расмда кўрсатилган.

Плунжер пастки чекка ҳолатдан бошлаб дарчалар беркилгунча ҳаракатланганда фойдали иш бажармайди. Бу даврда ёнилғи плунжернинг устидаги бўшлиқдан насоснинг ёнилғи келтирувчи каналига қайта оқиб чиқиб кетади. Графикда абсциссалар ўқи бўйлаб ёнилғи насоси валининг бурилиш бурчаги φ_k , ординаталар ўқи бўйлаб эса плунжер йўли h_n ва тезлиги V_n кўйилган. Координаталар бошидан I нуқтагача бўлган участка плунжернинг салт йўли ҳисобланади. Агар кулачокнинг профили мос танланган бўлса, бу давр ичида ёнилғи насоси валининг кулачоги $\Delta\varphi_1$ бурчакка бурилади, плунжер Δh_1 йўлни босиб ўтади ва унинг тезлиги 0 дан v_1 гача ўзгаради.

Дарчалар беркилган пайтдан бошлаб ҳайдаш клапани кўтарила бошлайди. Ҳайдаш клапани кўтарилиб бўшатувчи белбоғ йўналтирувчи каналдан чиққунча ёнилғи плунжернинг устидаги бўшлиқдан ҳайдаш клапанининг штуцерига ўтмайди. Бу даврнинг охири 2 нуқта билан белгиланади.



126- расм. Ёнилғи насосидаги плунжер ва сўриш клапанининг бирга ишлаши:

I ва *II* — плунжернинг юқори ва пастки чекка ҳолатлари.

Демак, 1 нуқтадан 2 нуқтагача плунжер қўшимча йўл Δh_2 босади, бу давр ичида ёнилғи насосининг вали $\Delta\varphi_2$ бурчакка бурилади, плунжернинг тезлиги эса v_2 га етади.

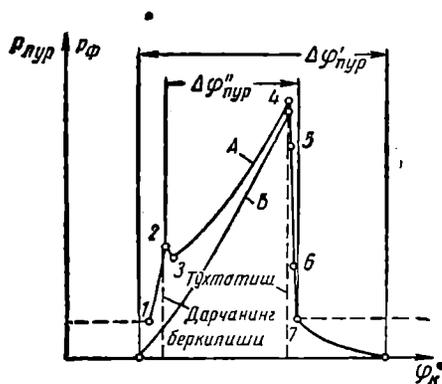
Плунжер 2 нуқтага мос ҳолатда бўлганда, ҳайдаш клапанининг бўшатувчи белбоғи йўналтирувчи каналдан тўла чиққанда, ёнилғи юқори босимли трубкаларга ўта бошлайди. Плунжернинг винтавий қирраси қайта қайтариш дарчасини очган пайтда ёнилғининг юқори босимли трубкага ўтиши тўхтайтиди, бу пайт плунжернинг йўли h_n ни ифодаловчи эгри чизиқдаги 3 нуқтага тўғри келади. Бу давр ичида кулачокли вал $\Delta\varphi_3$ бурчакка бурилади, плунжер тезлиги эса v_2 дан v_3 гача ўзгаради. 3 нуқтанинг ҳолати берилаётган ёнилғи миқдорига боғлиқ.

Шуни айтиш керакки, ҳақиқатда бўшатувчи белбоғ плунжернинг устидаги ёнилғининг босими таъсирида ҳайдаш клапани ўриидигининг йўналтирувчи каналдан бир оз илгари чиқади ва шунинг учун ёнилғи штуцерга 2 нуқтада эмас, балки илгарироқ ўта бошлайди. Плунжернинг гильзасидаги узинш дарчасидан ёнилғи оқимининг дросселланиши натижасида ёнилғи 3 нуқтадан анча кейин тўхтайтиди, яъни ёнилғи бериш узокроқ вақт давом этади, плунжер устидаги ёнилғи босими юқори босимли насосинг ва форсунканинг конструктив хусусиятларига ҳамда ёнилғи системасининг ишлаш режимига боғлиқ.

Форсунка орқали ёнилғи пуркаш характеристикаси тўзитгич сопласининг олдидаги босим p_c ва пуркаш даврида цилиндрдаги босим p_c нинг айирмаси билан аниқланади, яъни $p_{нур} = p_c - p_c$.

Очиқ форсункада пуркаш босими $p_{нур}$ нинг ўзгариши ва ёпиқ форсунка учун тўзитгичдаги босим p_ϕ нинг ўзгариши 127- расмда кўрсатилган.

Ёпиқ форсунка учун горизонтал штрихавий чизиқ ҳайдаш клапанининг бўшатувчи белбоғи ўтиргандан сўнг, юқори босимли трубкада олдинги циклдан қолган босимни ҳарактерлайди, ҳайдаш клапанининг кўтарилиши натижасида юқори босимли трубкадаги ёнилғи босимининг ошиш пайти 1 нуқта билан ифодаланади, 2 нуқтада ёнилғининг босими пружинанинг кучидан



127- расм. Очиқ ва ёпиқ форсункалар учун пуркаш босимининг ўзгариши:

A — ёпиқ форсунка; B — очиқ форсунка; $\Delta p_{нур}^{оч}$ — очиқ форсунка билан пуркашнинг давом этиши; $\Delta p_{нур}^{ёп}$ — ёпиқ форсунка билан пуркашнинг давом этиши

катта бўлиб, форсунканинг игнаси ўриндиқдан кўтарилади. Шу пайтдан бошлаб тўзитгичнинг очилган тешиги орқали ёнилғи пуркаш бошланади, шунда босим 2 ва 3 нуқталар орасида бир оз пасаяди.

Бу участкада пуркаш процессининг ривожланиши плунжернинг ҳаракат тезлигига боғлиқ. Агар унинг тезлиги кичик бўлса, тўзитгичдаги босим p_{ϕ} ортиқча камайиб, игна ўриндиққа қайта ўтириши мумкин. Ҳайдаш клапанининг бўшатувчи белбоғи ўриндиқнинг йўналтирувчи каналидан чиқиб, ёнилғи плунжернинг бўшлиғидан кела бошлайдиган пайт 3 нуқта билан ифодаланади. Бундан кейинги босқичда плунжер маълум тезликда ҳаракатланганда босим p_{ϕ} ошади.

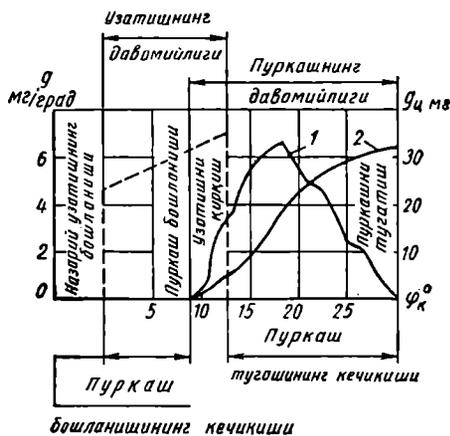
4 нуқтада ёнилғи бериш узилади, плунжер усти бўшлиғидаги босим тез пасаяди, Ҳайдаш клапани ўриндиқ томонга ҳаракат қилади. Бўшатувчи белбоғ ўриндиқнинг йўналтирувчи каналига ўтирганда (5 нуқта) юқори босимли трубка плунжер усти бўшлиғидан ажралади ва босим p_{ϕ} тез пасаяди. Маълум вақт давомида (6 нуқтагача) ёнилғи бериш узиб қўйилганига қарамай, юқори босимли трубкада қолган ёнилғи форсунка орқали цилиндрга пуркалади. 6 нуқтада форсунканинг игнаси ўз ўрнига ўтиради ва босим p_{ϕ} нинг бундан кейинги пасайишига фақат Ҳайдаш клапанининг ишлаши сабаб бўлади.

Очиқ форсунка ишлатилганда пуркаш босими $p_{\text{пур}}$ нинг ўзгариши 127- расмда кўрсатилган (Б эгри чизиқ). Форсункада беркитувчи игна бўлмаганлиги учун пуркаш чўзилиб, паст босимда тугайди, бу эса ёнилғининг ёмон тўзишига сабаб бўлади.

Ёнилғи насоси билан форсунканинг биргаликда ишлашини кўриб чиқишдан маълум бўлишича, босим ёнилғи насосида ва форсунканинг соплосида бир вақтда ўзгаради. Ҳақиқатда эса ёнилғини пуркаш бошлаш вақти насосдан ёнилғи бера бошлаш пайтига тўғри келмайди.

Юқори босимли ёнилғи насоси ва форсунка ишлатилган ҳол учун ёнилғи пуркаш характеристикаси 128- расмда кўрсатилган (1 эгри чизиқ; g — кулачокли вал 1° бурилганда цилиндрга пуркалган ёнилғи миқдори, мг).

1 эгри чизиқ билан ифодаланувчи ёнилғи миқдорларининг йиғиндис (2 эгри чизиқ), кулачокли вал маълум бур-



128- расм. Ёнилғи пуркаш характеристикаси

чакка бурилганда цилиндрга пуркалган ёнилгининг умумий миқдорини кўрсатади.

Графикдан кўриниб турибдики, пуркашнинг бошланиши ва тугаши насос орқали ёнилғи бериш фазаларидан кейин содир бўлади.

Пуркашнинг узоқ давом этиши насос валининг айланишлар сонига, форсункадаги игна пружинасининг сиқиш кучига, ёнилғи узатиш трубкаларининг узунлигига, сопло тешикларининг кесим юзига ва бериладиган ёнилғи миқдорининг кўпайишига боғлиқ. Насос-форсунка ишлатилганда пуркаш характеристикаси (асосан пуркашнинг бошланиши) насосдан ёнилғи бериш характеристикасига жуда мос келади. Ажратилган типдаги ёнилғи системаларида ҳам, агар юқори босимли ёнилғи трубкалари қисқа бўлса, насосдан ёнилғи бериш ва форсунка билан пуркаш характеристикалари вақт жиҳатидан ўзаро мос келади.

Кўп цилиндрли дизелларга ўрнатиладиган ёнилғи насосларининг кўпчилигида тирсакли валнинг айланишлар сони ошиши билан циклда бериладиган ёнилғи миқдори ҳам кўпаяди (120- расмга қаранг). Ёнилғи бериш характеристикасини ўзгартириш ва уни иш шароитларига мослаштириш учун бундай системаalarda махсус корректорлар ишлатилади (57- § га қаранг).

ДИЗЕЛЛАРНИНГ ЁНИЛҒИ БЕРИШ РЕГУЛЯТОРЛАРИ ВА КОРРЕКТОРЛАРИ

57- §. РЕГУЛЯТОРЛАР

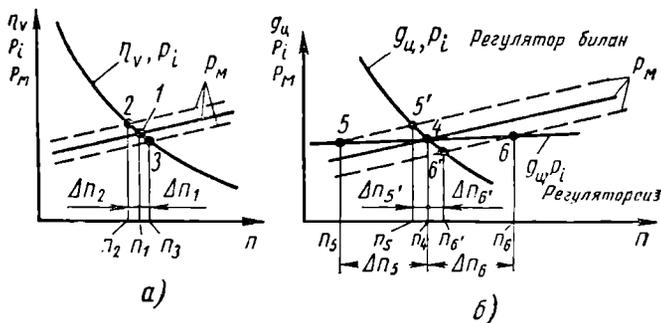
Тезлик характеристикаларини кўриб чиқиш шуни кўрса-тадики, двигателнинг энг катта тезлик режими унинг энг кўп қувват ҳосил бўладиган номинал айланишлар сониди ишлашига тўғри келади. Айланишлар сонини номиналдан ошириш тавсия этилмайди, чунки бунда механикавий ва термик нагрузкалар ошиб кетиб, двигателда авария содир бўлиши мумкин.

Дизелларда ёнилғи насоси рейкасининг барча ҳолатларида, нагрузка тез камайтирилганда тирсакли валнинг айланишлар сони кескин ошиб кетади ва, агар регулятор бўлмаса, ҳаддан ташқари катта $n_{\text{разн.}}$ қийматга етиши мумкин (79- расмга қаранг).

Номиналдан катта айланишларда дизелларнинг ишлашига йўл қўйилмайди, чунки бу ҳолда ёниш процесси кескин ёмонлашади ва механикавий йўқотишлар кўпаяди. Дизелларнинг ҳаддан ташқари катта тезликда ишлашига йўл қўймаслик учун, максимал айланишлар сони регулятори ўрнатилади.

Транспорт двигателининг минимал айланишлар сониди тур-ғун салт ишлаши катта аҳамиятга эга. Двигателнинг бундай режимда ишлаши қуйидаги ҳолларда: автомобиль қисқа вақтга тўхтаганда, узатмалар қутисидagi узатмаларни қайта улашда, тишлашиш муфтасини ажратган ҳолда тепаликдан пастга қараб ҳаракат қилганда ва ҳоказоларда зарур бўлади. Двигатель нагрузкаси ишлаганда унинг индикаторий иши механикавий йўқотишлар ишига тенг бўлса, равон ишлайди.

Карбюраторли двигателларнинг нагрузкасииз ишлагандаги энг кичик айланишлар сони дроссель заслонкаси охиригача беркитилганда ҳосил бўлади. Бундай шароитларда тўлдириш коэффиценти η_v айланишлар сонига боғлиқ ҳолда 129- расм,



129- расм. Минимал айланишлар соннда турғун салт ишлаш шартлари:
 а — карбюраторли двигатель; б — дизель.

а да кўрсатилгандек ўзгаради. Ўртача индикаторий босим ҳам тахминан шундай ўзгаради.

Двигателнинг нагрукасиз раван ишлагандаги айланишлар сони унинг иссиқлик ҳолатига боғлиқ, бунда механикавий йўқотишларнинг ўртача босими $p_m = p_i$ бўлади. 129- расм, а да кўрсатилган ҳол учун, бундай шартлар 1 нуқта билан аниқланади деб фараз қилайлик. Бу нуқтадан ўтувчи эгри чизиқ мазкур иссиқлик режимидаги механикавий йўқотишларни характерлайди. Агар двигателнинг иссиқлик режими ўзгарса, (p_m катталашади — 2 нуқта ёки камаяди — 3 нуқта у ҳолда p_i ва p_m босимларнинг ўзаро тенг бўлиши учун айланишлар сони Δn_1 ёки Δn_2 қадар ўзгариши керак.

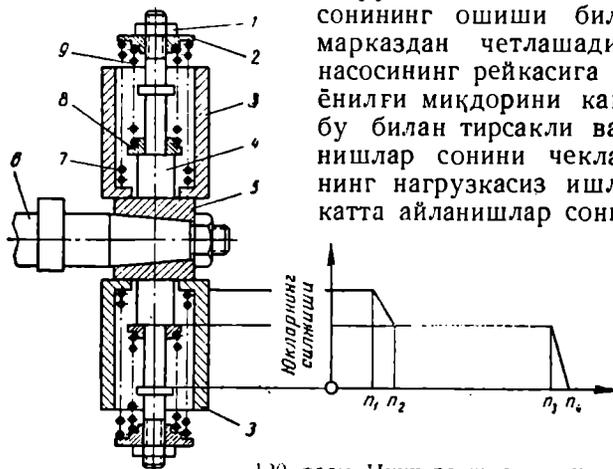
Дизелда ҳаво миқдори ростланмайди, нагрукасиз ишлагандаги ўртача индикаторий босим p_i ёнилғи насосининг рейкаси салт ишлаш ҳолатига қўйилганда цилиндрга берилган ёнилғи миқдори g_u нинг характеристикаси билан аниқланади (129- расм, б). Салт ишлашдаги айланишлар сони 4 нуқтага тўғри келади. Механикавий йўқотишлар ўзгарса (масалан, двигатель совитилганда) ва унга мос ҳолда сув ҳамда мойнинг температуралари пасайса, мувозанат 5 нуқтада бўлади. Бу пайтда тирсакли валнинг айланишлар сони кўп, яъни Δn_5 қадар ўзгаради ва дизель жуда ҳам нотекис ишлайди. p_m ҳаддан ташқари катталашса, дизель тўхтаб қолиши мумкин. Агар механикавий йўқотишлар камайса, ўзаро тенглик 6 нуқтада содир бўлади, бунда айланишлар сони анча Δn_6 қадар ўзгаради.

Дизелнинг тургун ишлаши учун салт ишлаш минимал айланишлар сони регулятори керак. Бу регулятор ёнилғи насосининг рейкасига таъсир қилиб, ёнилғи бериш характеристикасининг 129- расм, б да (5' ва 6' нуқталар) кўрсатилгандек бўлишини таъминлайди. Бу ҳолда двигателнинг айланишлар сони $\Delta n_{5'}$ ёки $\Delta n_{6'}$ қадар ўзгаради. Бинобарин, транспорт дизелига иккита регулятор: максимал айланишлар сони ва тур-

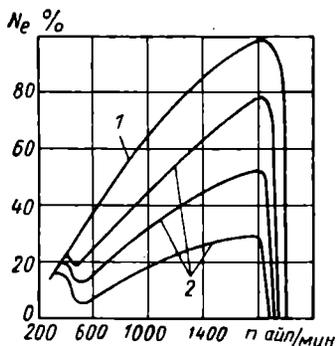
гун ишлаш минимал айланишлар сони регуляторлари ўрнатилиши лозим. Иккала регулятор бирлаштирилиб, яхлит ясалган бўлади ва икки режимли регулятор деб аталади.

Икки режимли регуляторнинг схемаси 130- расмда кўрсатилган. Ёнилги насосининг кулачокли вали 6 охирига регуляторнинг ўқий втулкаси 5 ўрнатилган. Бу втулкага юкчалар 3 билан жиҳозланган иккита стержень 4 бураб киргизилган. Юкчалар втулка билан бирга айланиб, стерженлар бўйлаб силжиши мумкин. Стерженларга пружиналар 7 ва 9 ўрнатилган, улар тарелкалар 2 ёрдамида гайкалар 1 билан сиқилган. Пружиналар 7 нинг пастки торец юзаси юкчаларнинг чиқиқларига, пружиналар 9 эса, тарелкалар 8 га таянади. Регуляторнинг юкчалари мос тортқилар воситасида ёнилги насосининг рейкасига таъсир қилади.

Вал 6 айланганда регуляторнинг юкчалари 3 марказдан қочма кучлар таъсирида силжишга ҳаракат қилади. Юкчаларнинг силжишига пружина 7 нинг дастлабки таранглиги қаршилиқ қилади. Пружинанинг таранглиги шундай танлаб олиндики, регулятор нагрукасиз ишлашнинг минимал айланишлар сониди таъсир қила бошласин. Айланишлар сони n_2 қадар ошганда юкчаларнинг чиқиқлари тарелкаларнинг торец юзасига уринади. Бу тарелкаларга дастлаб тарангланган пружиналар 9 таянади ва юкчаларнинг бундан кейинги силжиши тўхтайтиди. Регуляторнинг бу участкадаги ҳаракати дизелнинг салт ишлаш режимига тўғри келади. Айланишлар сони n_2 дан $n_3 = n_{\text{ном}}$ гача ўзгарганда регулятор ишламайди, двигателнинг ишлаш режимини ҳайдовчи ўзгартириши мумкин. Дизелнинг айланишлар сони номиналга етганда, юкчаларнинг марказдан қочма кучи пружина 9 нинг дастлабки тарангланиш кучига тенг бўлади. Шу пайтдан бошлаб нагрузка камайиши ва айланишлар сонининг ошиши билан юкчалар марказдан четлашади ва ёнилги насосининг рейкасига таъсир этиб, ёнилги миқдорини камайтиради ва бу билан тирсакли валнинг айланишлар сонини чеклайди. Дизелнинг нагрукасиз ишлагандаги энг катта айланишлар сони $n_4 = n_{\text{мах}}$.



130- расм. Икки режимли регуляторнинг схемаси



131- расм. Икки режимли регуляторли дизелнинг тезлик характеристикалари:

1 — ташқи характеристикаси; 2 — кичик характеристикалари

звено-пружина 5 орқали бошқарилади. Шофёр педаль ёрдамида бу пружинанинг таранглигини ўзгартириб, дизель ишлай оладиган максимал айланишлар сонини ўзгартиради.

Двигателнинг максимал ва минимал айланишлар сони пружина 5 нинг таранглигига боғлиқ ва таянчлар 4 ва 1 ҳамда ричаглар 2 ва 3 ёрдамида ростланади.

Барча режимли регулятор ишлатилганда дизелнинг ташқи тезлик характеристикаси ва бу характеристиканинг регулятор тармоқлари 133- расмда кўрсатишган.

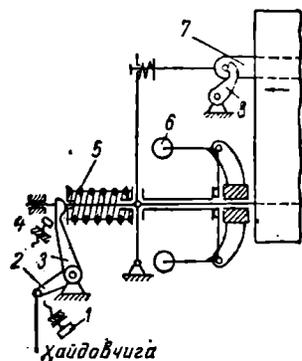
Нуқта 1 дизелнинг номинал айланишлар сонидagi энг катта қувватига тўғри келади. Агар дизель бу режимда ишлаганда нагрузка камайса, тирсакли валнинг айланишлар сони ортади ва регулятор таъсир қила бошлайди. Нагрузканинг камайиши билан регуляторнинг юкчалари очила бошлайди ва салт ишлаш айланишлар сонида шундай ҳолатда бўладик, бунда ёнилғи энг кам миқдорда берилади.

Бу ҳолда қувват характеристика 1 нинг регулятор тармоғи бўйича ўзгаради ва дизель ҳамма нагрузкаларда айланишлар сони нисбатан кам ўзгаргани ҳолда тўла нагрузкадан то салт юриш нагрузкасигача тургун ишлайди.

Бошқа, кичикроқ айланишлар сонига кўчиш зарур бўлса, ёнилғи беришни бошқариш педалини оралиқ

Дизелнинг икки режимли регулятор билан ишлагандаги тезлик характеристикалари 131- расмда келтирилган. 200 — 500 ай/мин оралиғида минимал айланишлар сони регулятори ишлайди. Максимал айланишлар сони регулятори $n = 1800$ ай/мин дан бошлаб таъсир қилади. Бу айланишлар сони дизелнинг номинал режимига мос келади.

Дизель ишлаш режимининг эксплуатация шароитларига тўла-роқ мос келиши ва ҳамма эксплуатация режимларида тургун ишлаши учун барча режимли регулятор ишлатилади (132- расм). Бундай регуляторнинг хусусияти шундаки, ёнилғи бериш эластик



132- расм. Барча режимли механикалий регуляторнинг схемаси:

1 ва 4 таянчлар; 2 ва 3 — ричаглар; 5 — пружина; 6 — юклар; 7 — ёнилғи насоснинг рейкаси; 8 — ёнилғи беришни тамоман тўхта-тиш учун тортиқига уланган оинчаг

ҳолатга қўйиш керак, бунда пружинанинг таранглиги камаяди. Бу ҳолда двигатель тўла қувват билан ишлашда ва рейка таянчга тиралганда ҳосил қилиши мумкин бўлган максимал айланишлар сони 2, 3, 4 ва ҳоказо нуқталарга мос келади. Педаль маълум ҳолатга келтирилганда нагрузка камайса, дизелнинг характеристикалари II, III, IV ва ҳоказо регулятор тармоқлари билан ифодаланади.

58-§. ЁНИЛҒИ БЕРИШ КОРРЕКТОРЛАРИ

Ажратилган ёнилғи бериш аппаратураси билан жиҳозланган дизелларда айланишлар сони ошиши билан циклда насос орқали берилган миқдори ортади. Агар бериладиган ёнилғи миқдори номинал режим учун тўғриланган бўлса, у ҳолда айланишлар сони камайиши билан буровчи момент жуда оз катталашади.

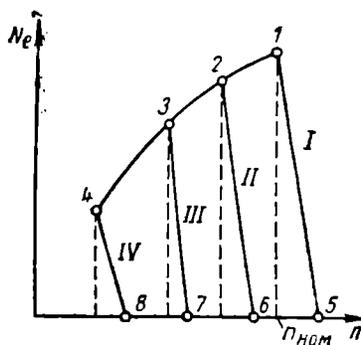
Агар айланишлар сони камайиши билан цилиндрга бериладиган ёнилғи миқдори оширилса, буровчи момент запасини ошириш мумкин. Ёнилғи беришни бундай ўзгартириш учун корректор ишлатилади.

Д-12А дизелининг ёнилғи насосига ўрнатиладиган пружинали корректорнинг тузилиши 134-расмда кўрсатилган.

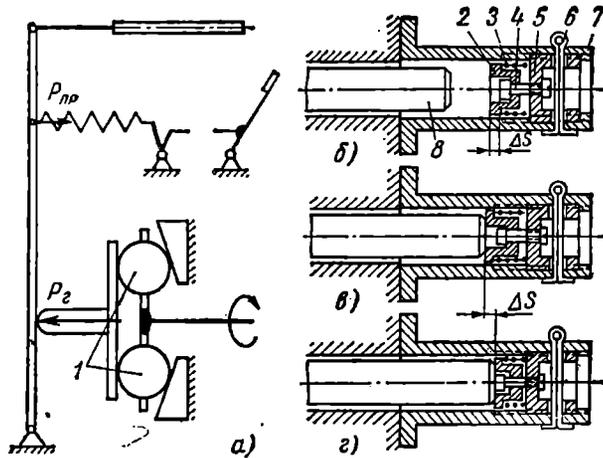
Стакан 7 да (134-расм, б) корректорнинг қалпоқчаси 2, пружина 3 ва қўзғалмас тирак 4 жойлашган. Корректорнинг қалпоқчаси стакан ичида силжиши мумкин. Қўзғалмас тирак стаканга буралган ва шплинт 6 билан маҳкамланган пробка 5 га бириктирилган.

Дизель нотўлиқ нагрузкада ишлаганда ёнилғи насосининг рейкаси 8 корректорнинг қалпоқчасига етмайди (134-расм, б) ва нагрузка ошганда эркин силжиши мумкин, бунинг натижасида ёнилғи кўп берилади. Пробка 5 шундай бураб киритилиш керакки, дизель номинал режимда тутунсиз ишлаб, энг катта қувват ҳосил қилсин.

Бу режимда ёнилғи беришни бошқариш педали таянчга босилган бўлиши, рейка эса пружинани сиқмасдан, корректорнинг қалпоқчасига тиралиши керак (134-расм, б). Агар автомобилнинг ҳаракат қаршилиги ошса ва уни енгил учун дизель ҳосил қилиши мумкин бўлган қувватдан кўпроқ қувват зарур бўлса, бу ҳолда айланишлар сони камайиши билан буровчи момент жуда оз катталашади, пружинанинг таранглик кучи $P_{пр}$ юкларнинг марказдан



133-расм. Дизелнинг барча режимли регулятор билан ишлагандаги ташқи тезлик характеристикаси ва унинг регуляторий тармоқлари



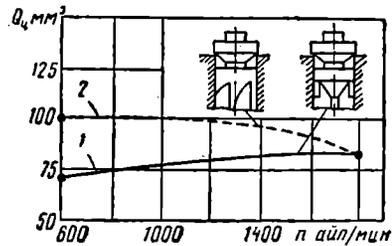
134- расм. Ёнилғи узатишни ростловчи пружинали корректор (ΔS -корректор пружинасининг энг кўп сиқилиши):

a — корректор схемаси; *b* — рейканинг ёнилғини чала узатишдаги ҳолати; *в* — номинал режимда ёнилғини тўла узатишда рейканинг ҳолати; *г* — энг кўп ёнилғи узатилганда рейканинг ҳолати

қочма кучи $P_{ю}$ дан катта бўлиб қолади ва ричаг ўнгга бурилади-да, рейкани яна киритиб корректорнинг пружинаси 3 ни сиқади (134- расм, *г*). Бунда ёнилғи кўп берилади ва двигателнинг қуввати ортади. Рейка тирак билан бирга пробка 5 га теккунча ёнилғи кўп берилаверади.

Пружинанинг биқрлиги шундай танланадики, уни тирсакли валнинг айланишлар сонига ва педалнинг ҳолатига боғлиқ равишда сиққанда аралашма ортиқча қуюқлашмаслиги, ёниш процесси ёмонлашмаслиги лозим.

Баъзи насосларда ёнилғи беришни ростлаш учун ҳайдовчи клапан-корректор ишлатилади. Бундай корректорда ёнилғи ўтадиган ўзгарувчан кесимли ариқчалар бўлади. Бундай клапан-корректор ўрнатилган двигатель ташқи тезлик хараактеристикаси бўйича ишлаганда, циклда бериладиган ёнилғи миқдори айланишлар сонига 135- расмда кўрсатилганидек (2 эғри чизиқ) боғлиқ бўлади, 134- расмда тасвирланган пружинали корректордан фойдаланилганда ҳам шунга ўхшаш боғланиш бўлади.



135- расм. Циклда бериладиган ёнилғи миқдорининг тезлик режимига қараб ўзгариши:

1 — оддий бўшатиш клапани билан; 2 — клапан-корректор билан

АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛЛАРИНИНГ КЎРСАТКИЧЛАРИНИ ОШИРИШ УСУЛЛАРИ ВА УЛАРНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

59- §. УМУМИЙ МАЪЛУМОТ

Автомобиль транспорти ҳозирги тараққиётининг асосий йўналишларидан бири двигатель қуввати диапазонини кескин оширишдан иборат. Оғир юк кўтарадиган автомобиль ва автопоездлар учун қуввати 450 *квт* (~600 *о. к.*) бўлган двигателлар керак, келажакда эса уларнинг қувватини 750 *квт* (~1000 *о. к.*) га етказиш ва ундан ҳам ошириш мўлжалланган. Ҳаракат тезлигининг катталариши ва бошқа динамикавий кўрсаткичларининг яхшиланиши муносабати билан энгил автомобиллар двигателларининг қуввати ҳам оширилиши лозим.

Двигателлар қувватининг диапазонини ошириш билан боғлиқ бўлган тадбирлар уларнинг ишга чидамлилигини, пухталигини ва бошқа эксплуатацион кўрсаткичларини яна ҳам яхшилашга имкон бериши керак.

Ҳозирги пайтда автомобиль ва ер устида юрадиган бошқа транспорт воситаларида куч установаки сифатида поршенли ички ёнув двигателлари ишлатилмоқда. Ер устида ҳаракатланувчи транспорт воситаларининг ривожланишини анализ қилиш шуни кўрсатадики, бу двигателлар яқин келажакда энг кўп тарқалган двигателлар бўлиб қолади.

Автомобиль, трактор ва бошқаларнинг кўпайиши ва уларга ўрнатиладиган двигателлар қувватининг ошиши суюқ ёнилғининг кўпроқ ишлатилиши билан боғлиқ. Шунинг учун двигателларнинг ёнилғи тежашини ошириш масалаларига катта эътибор бериш керак. Двигателларнинг янги конструкцияларини яратишда, уларнинг массаси ва габаритларини камайтириш мақсадида ҳам бу факторларни ҳисобга олиш лозим.

Йирик шаҳарларда автомобиль паркиннинг ўсиши ва автомобилларнинг очиқ карьерларда ишлатилиши муносабати билан

двигателнинг шовқинини камайтириш ва ҳавонинг заҳарли, ишлатилган газлар билан ифлосланишининг олдини олиш проблемаси пайдо бўлади.

60- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ҚУВВАТИНИ ОШИРИШ УСУЛЛАРИ

1. Айланишлар сонини ошириш

(266) тенглама анализ қилинганда литравий қувватнинг қандай факторларга боғлиқлиги кўрсатилган эди. Ҳозирги замон двигателларининг ривожланишида литравий қувватни айланишлар сонини катталаштириш ҳисобига ошириш тенденцияси кучаймоқда. Тўлдириш коэффициенти етарли даражада катта қийматга эга бўлганда, айланишлар сонини ошириш самарали бўлади. Бу мақсадда, киритиш ва чиқариш системаларидаги йўқотишларни камайтириш, улардаги инерцион ҳодисалардан фойдаланиш ва газ тақсимлаш системасини такомиллаштириш керак. Эффе́ктив қувватни ошириш учун айланишлар сони катталашини билан механикавий йўқотишларни камайтириш зарур.

Маълумки, айланишлар сони катта бўлган двигателларда воршеннинг йўли қисқа бўлиши лозим (81- § га қаранг). Айланишлар сонининг катталашини ёниш процессининг бориши билан чегараланмайди ва двигатель конструкциясининг такомиллаштирилиши мумкинлиги ҳисобга олиниб, двигателнинг айланишлар сонини бундан кейин ҳам оширишни кўзда тутиш мумкин.

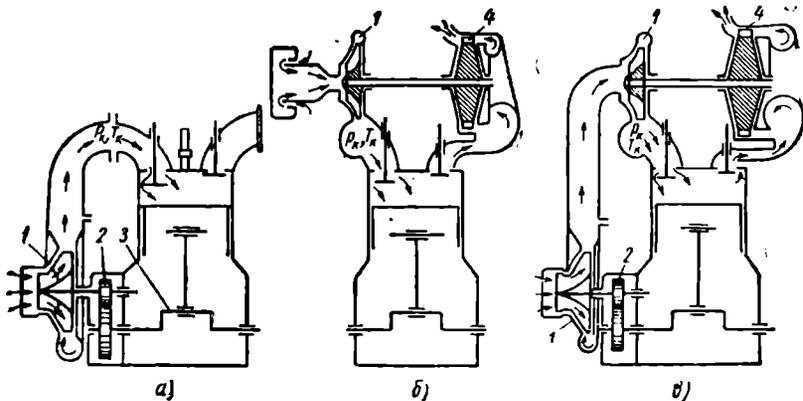
2. Двигателлар цилиндрига ҳаво ёки ёнувчи аралашма ҳайдаш

Двигателнинг қувватини цилиндрларга ташқаридан ҳаво ёки ёнувчи аралашма ҳайдаш йўли билан ошириш мумкин. Ҳайданг учун махсус компрессорлар ишлатилади. Ҳаво ёки ёнувчи аралашма двигателнинг цилиндрига киритилишдан аввал шу компрессорларда сиқилади. Двигателларнинг ҳайдаш схемалари 136- расмда кўрсатилган.

Ҳаво ташқи муҳитдан компрессорга кириб p_k босимгача сиқилади, бунда ҳавонинг температураси T_k га етади. Шундан сунг ҳаво двигател цилиндрига киради.

Компрессор ичидаги ҳаво босими температурага нисбатан тез ошгани учун компрессордан кейинги заряднинг зичлиги ρ_k дастлабки зичлик ρ_0 дан катта бўлади. Бунинг натижасида, двигателнинг цилиндрига цикл давомида кирадиган заряднинг массавий миқдори атмосферадан киргандагига қараганда кўп бўлади.

Агар компрессор ҳаракатни тирсақли валдан олса (136- расм, а) у ҳолда двигатель қувватининг маълум қисми ҳавони сиқишга сарфланишини ҳисобга олиш керак.



136- расм. Двигателларга ҳаво ҳайдаш ёки ёиувчи аралашма ҳайдаш схемалари:

a — юритмали компрессор билан; *b* — турбо-компрессор билан; *v* — араташ усулда ҳайдаш; 1 — компрессор; 2 — компрессорни ҳаракатга келтирадиган редуктор; 3 — тирсакли вал; 4 — газавий турбина

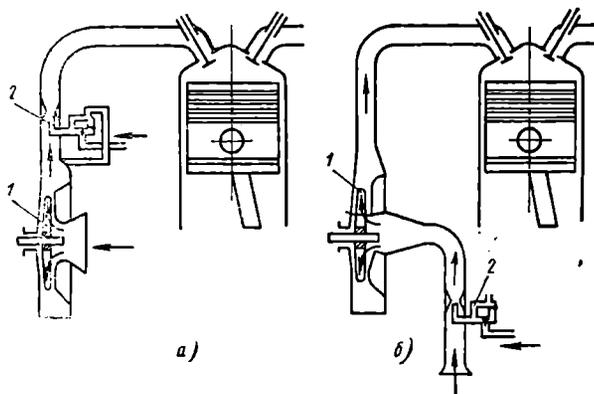
Компрессорни ҳаракатга келтириш учун ишлатилган газларнинг иссиқлигидан фойдаланиладиган газавий турбиналар ишлатиш маъқул кўрлади. Газавий турбинали ҳайдаш схемаси 136- расм, *b* да кўрсатилган. Чиқариш трубасидан чиқётган газлар соплולי аппарат орқали газавий турбина 4 нинг куракчаларига тушади ва компрессорни ҳаракатга келтириб фойдали иш бажаради. Ҳаво ташқи муҳитдан компрессорга келади ва p_k босимгача сиқилгандан кейин двигателнинг кириш трубасига узатилади.

Баъзи ҳолларда комбинациялаштирилган ҳайдаш усули қўлланилади (136- расм, *v*). Бу ҳолда ҳаво тирсакли валдан ҳаракатланувчи компрессордан чиқиб, газавий турбина билан ҳаракатга келтириладиган компрессорга ўтади, сўнг двигателга боради.

Ҳайдашдан фойдаланилганда сиқишнинг охирида босим ва температуранинг кўтарилиши сабабли ёниш процессининг характери бир оз ўзгаради. Бундан ташқари, кўп миқдордаги аралашманинг бошлангич юқори параметрлар билан ёниши натижасида цилиндрдаги газларнинг максимал босими анча ошади ва двигателнинг умумий термик зўриқиши кўпаяди. Кўрсатилган ҳолатлар ҳайдаш қўлланилганда ҳисобга олиниши керак.

Карбюраторли двигателларда детонацияли ёнишнинг пайдо бўлиши ҳайдашнинг қўлланилишини чеклайди.

Нисбатан катта босимда ($p_k > 2 \text{ бар}$) ҳайдаш усулини татиқ этиш газ тақсимлаш фазаларини ўзгартиришни талаб қилади.



137- расм. Карбюраторли двигателда ҳаво ҳайдайдиган компрессорни жойлаштириш схемалари

Карбюраторли двигателда компрессорнинг жойлашиш схемаси 137- расмда кўрсатилган.

Компрессор 1 карбюратор 2 нинг олдига жойлаштирилиши мумкин (137- расм, а). Бу ҳолда дроссель заслонкаси берк бўлганда ёнилғи бугларининг конденсатланиш имконияти йўқолади. Ҳаво карбюраторга босим остида киргани учун карбюраторнинг бўшлиқлари жипс бўлиши зарур.

Компрессор 1 карбюратордан кейин ўрнатилса (137- расм, б), ёнилғи компрессор орқали ўтганда унинг парчаланиши яхшиланади, лекин куракчаларга ёнилғи сачраши сабабли уларнинг ишлаш шароити ёмонлашади.

Дизелларда ҳайдаш усулидан фойдаланиш самарали бўлади, чунки уларда ҳайдаш босимини ошириш дизелнинг термик ва механикавий мустаҳкамлиги билан чекланади, халос.

Тўрт тактли автомобиль дизелларида газавий турбина билан ҳайдаш усули қўлланилади. Ҳозирги замон автомобиль дизелларида ҳайдаш босими 2 бар га етади. Двигателнинг конструкциясига ҳеч қандай ўзгариш киритмаган ҳолда, газавий турбина билан ҳайдаш усулидан фойдаланиш мумкин. Бунда двигателнинг қуввати 20—30% ошади ($p_k \approx 1,5 \text{ бар}$) ўртача эффектив босим эса 9—9,5 бар га етади.

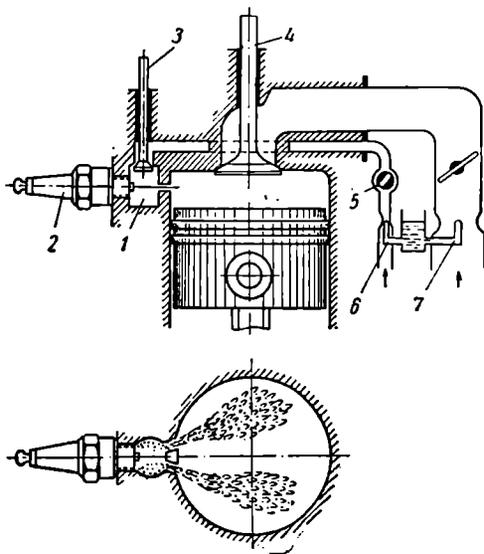
61- §. АВТОМОБИЛЬ ТРАНСПОРТИДА ЁНИЛЎНИ ТЕЖАШ УСУЛЛАРИ

1. Аланга билан ўт олдириш

Карбюраторли двигателларда аланга билан ўт олдириш усулини қўлланиб, уларнинг тежамлилигини яхшилаш ва айни вақтда чиқинди газларнинг заҳарлилигини камайтириш мумкин. Аланга билан ўт олдириш учун ёниш камерасининг СССР ФА химиявий

физика институтида ишлаб чиқилган схемаси 138- расмда келтирилган.

Ёниш камераси икки қисмга бўлинган. Ёниш камераси умумий ҳажмининг 5 проценти ташкил этувчи олд камера 1 га алоҳида карбюратор 6 дан махсус трубка бўйлаб клапан 3 орқали осон алангаланадиган қуюқ ёнувчи аралашма келади. Асосий ёниш камерасига карбюратор 7 дан суюқ ёнувчи аралашма киритиш клапани 4 орқали келади. Олд камерада жойлашган ўт олдириш свечаси 2 дан учқун чиқиши билан қуюқ ёнувчи



138- расм. Аланга билан ўт олдириш усули қўлланилган двигатель ёниш камерасининг схемаси

аралашма ёнади. Ёнилғи ёнганда олд камерадаги босим асосий камерадагидан анча ошиб кетади. Ҳосил бўлган босимлар фарқи натижасида аланга юқори тезликда бирлаштирувчи канал орқали асосий камерага отилиб чиқади. Олд камерадаги кучли аланган асосий камерадаги суюқ ёнувчи аралашманинг $\alpha = 1,4 \div 1,8$ бўлганида ҳам тўла ёнишни таъминлайди. Олд камерага кирувчи аралашма миқдори кран 5 билан ростланади.

Аланга билан ўт олдириш усули қўлланилганда, 70- расмда штрих чизиқ билан кўрсатилгандек, дроссель заслонкаси беркитилганда ёнувчи аралашма қуюқлашмайди. Натижада двигателнинг нагрузкаси камайиши билан индикатор ф. и. к. ошади, эффектив ф. и. к. эса секин камаяди. Бундан ташқари, двигателнинг суюқ аралашмада ишлаши натижасида ёниш маҳсулотларида СО деярли бўлмайди.

Аланга билан ўт олдириш усули қўлланилган двигателларнинг тажриба нусхалари Москвадаги Лихачев номли автомобиль заводида ЗИЛ-130 автомобили асосида ва Горький автомобиль заводида ишлаб чиқилган.

2. Дизеллар ишлатиш соҳасининг кенгайиши

Охириги ўн йилликда дизель ўрнатилган автомобиллар сони анча кўпайди. Дизеллар фақат юк кўтариш қобилияти катта бўлган автомобиллардагина эмас, балки ўртача юк кўтариш

қобилиятига эга бўлган автомобилларда ва автобусларда ҳам ишлатилмоқда. Ёнилғи ишлаб чиқариш имкониятига эга бўлмаган Ғарбий Европа ва Японияда дизеллар кичик юк автомобилларида, кам ўринли автобусларда ҳатто енгил машиналарда (асосан таксиларда) ҳам ишлатилади.

Автомобиль дизеллари ишлатиш соҳасининг кенгайиб боришига сабаб шуки, улар карбюраторли двигателларга қараганда анча (тахминан 30—40%) кам ёнилғи сарфлайди.

Мам.лакатимизда, яқин ўн йилликда, дизелларни юк кўтариш қобилияти 4 *m* ва ундан ортиқ бўлган автомобилларга ва автобусларга ўрнатиш мўлжалланган. Юк автомобиллари ва енгил автомобиллар (такси) учун дизеллар яратиш юзасидан тажрибалар олиб боришмоқда.

62- §. БОШҚА ТИП ДВИГАТЕЛЛАРНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

1. Ротор-поршенли двигателлар

Охирги йилларда автомобиль двигателларининг янги типи, жумладан, айланувчи поршенли ёки ротор-поршенли двигателлар ривожланмоқда.

Ротор-поршенли двигателнинг (139- расм) махсус (циклоида) шаклли бўшлиғи бўлган корпуси 1 бор. Корпуснинг бўшлиғи икки ён корпусларнинг текис юзаларига қўшилиб, иш бўшлиғини ҳосил қилади. Бу иш бўшлиғида қавариқ учбурчак шаклли ротор 3 (поршень) ҳаракат қилади. Ротор 3 билан бир ўқда цилиндрик шестерня 10 ўрнатилган. Бу шестернянинг ички тишлари корпуснинг қопқоғи 9 га маҳкамланган қўзғалмас шестерня билан тишлашган, қўзғалмас шестерня ротор ўрнатилган эксцентрикли вал 2 билан бир ўқда жойлашган. Эксцентрикли валнинг ўқи иш бўшлиғининг марказидан ўтади. Ротор шестерняси тишлари сонининг қўзғалмас шестерня тишлари сонига нисбати 3:2 каби, шунинг учун ротор қувват олинадиган эксцентрикли валдан 3 марта секин айланади.

Двигатель ишлаётганда ротор эксцентрикли вал билан бирга айланади. Шу билан бирга, ротор қўзғалмас шестерня устида думаловчи шестерня 10 га қаттиқ маҳкамлангани учун, у подшипникларда ўз ўқи атрофида айланиб, планетар ҳаракат қилади. Ротор ҳаракат қилганда унинг учала чўққиси корпуснинг циклоидавий юзасига тегади ва бир-биридан ажралган учта кўчувчан ўроқсимон камера ҳосил қилади.

Роторнинг чўққилари орасига жойлашган камерада тўрт тактли циклниг боришини кўриб чиқайлик (140- расм).

1 ҳолатда бу камеранинг ҳажми минимал, камеранинг чап қисмида ёниш маҳсулотларини чиқариш тугалланади, ўнг қисмида эса янги иш арағашмасини киритиш бошланади. 2 ва 3

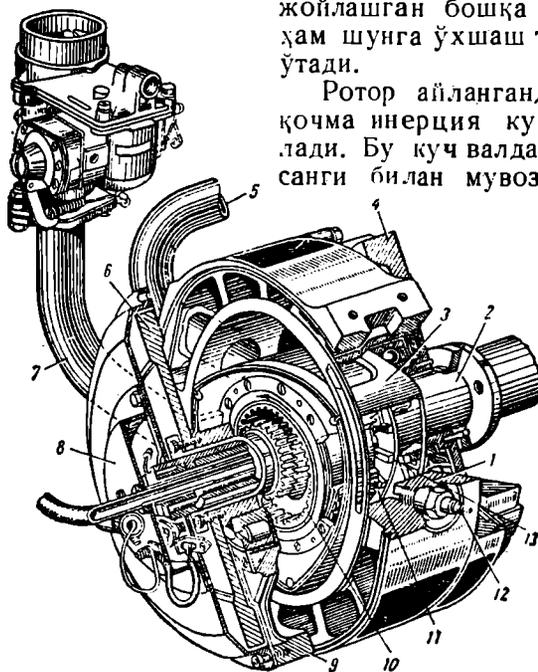
ҳолатларда камеранинг ҳажми ошади ва иш аралашмасини киритиш давом этади. 4 ҳолатда камеранинг ҳажми максимумга этади. Ротор соат стерелкаси айланадиган томонга бурилишда давом этганда унинг чўққилари камерани киритиш дарчасидан ажратади ва киритиш тўхтайдди. Айни вақтда камеранинг ҳажми қисқара боради, яъни сиқиш такти содир бўлади (5 ва 6 ҳолатлар).

7 ҳолатда камера ҳажми минимумга этади, сиқиш тугайди ва сиқилган иш аралашмаси учқун билан ёндирилади. Ротор соат стерелкаси айланадиган томонга айланишни давом эттиради, камера ҳажми катталашади, ёниш маҳсулотларининг кенгайиши ёки иш юриши бошланади (8 ва 9 ҳолатлар). 10 ҳолатда камера ҳажми максимумга этади, кенгайиш тугайди. Сўнгра ротор чўққиси чиқариш дарчасини очади ва ёниш маҳсулотларини чиқариш бошланади. 11 ва 12 ҳолатларда камеранинг ҳажми камаяди ва чиқариш давом этади.

Ротор айланишда давом этганда, 1 ҳолат такрорланади, чиқариш тамом бўлиб, янги цикл бошланади.

Роторнинг чўққилари орасида жойлашган бошқа камераларда ҳам шунга ўхшаш тактлар бўлиб ўтади.

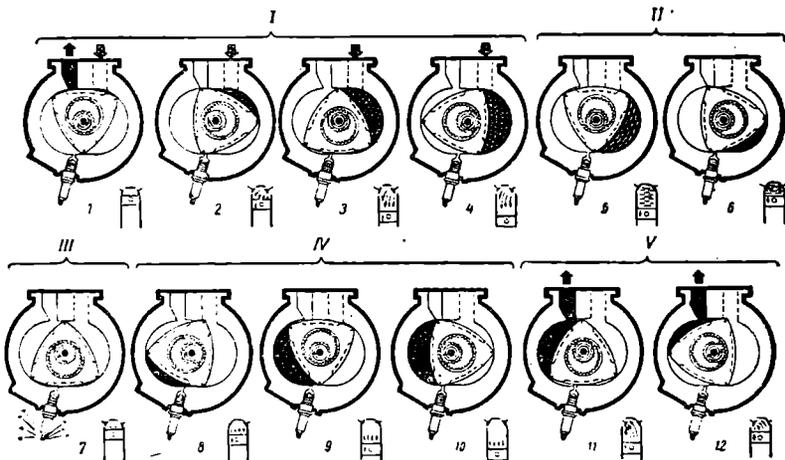
Ротор айланганда марказдан қочма инерция кучи ҳосил бўлади. Бу куч валдаги иккита посанги билан мувозанатланади.



139- расм. Ротор-поршеньли двигатель:

1 — корпус; 2 — эксцентрикли вал; 3 — ротор; 4 — кейинги посанги; 5 — чиқариш труба; 6 — олд посанги; 7 — киритиш по-
трубоги; 8 — узғич; 9 — корпус қопқоғи; 10 — ички илашши
шестеряси; 11 — ротор подшипниги; 12 — ёндириш свечаси; 13 —
мой қаптарувчи диск

Ротор-поршенли двигателда камера ларнинг шакли ва камералар юзасининг ҳажмига нисбати термодинамикавий нуқтаи назаридан қониқарсиз тузилган. Шунга қарамасдан, ўртача эффектив босими, ёнилғи тежамлилиги, литравий қуввати каби параметрлари бўйича РПД ҳозирги замон карбюраторли двигателларига яқин туради. Аммо ротор-поршенли двигатель поршенли двигателларга қараганда анча оддий тузилган. РПД да фақат иккита деталь, яъни ротор ҳамда вал ҳаракатланади,



140- расм. Ротор-поршенли двигатель иш циклининг схемаси (ён томонда поршенли двигателда бажариладиган мос процесслар кўрсатилган)

булар бир текис айланади. РПД нинг массаси ва габаритлари поршенли двигателниқидан кичик ва ундан тўла мувозанатлашганлиги ҳамда тебранишларнинг йўқлиги билан фарқ қилади.

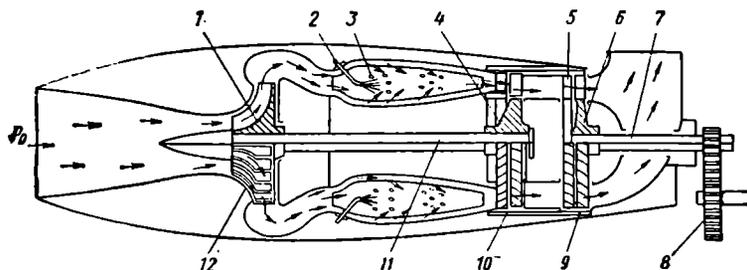
2. Газавий турбинали двигателлар

Кейинги йилларда газавий турбинали двигателлардан автомобилнинг куч установкаси сифатида фойдаланиш устида ишлар олиб борилмоқда. Бу фақат турбинали двигателларнинг ўзига хос хусусиятлари билан боғлиқ бўлмай, балки катта юк автомобилларини яратиш ва автопоездлар ишлатиш учун катта (750 кВт, яъни 1000 б. к. дан ортиқ) қувватли двигателлар зарурлигидан келиб чиққан. Газавий турбинали двигателда иш процессини дизелга нисбатан катта айланишлар сонида ҳам ҳосил қилиш, бинобарин, нисбатан кичик масса ва габаритли двигателдан катта қувват олиш мумкин.

Оддий газавий турбинали автомобиль двигателининг схемаси 141- расмда кўрсатилган. У марказдан қочма компрессор

12, ёниш камераси 3, компрессор турбина 10, куч турбинаси 9 дан тузилган.

Турбина 10 нинг диски 4 ва компрессор 12 нинг куракчаси 1 бир вал 11 да жойлашган. Куч турбинаси 9 нинг диски 6 вал 7 га ўрнатилган. Бу вал редуктор 8 орқали автомобилнинг трансмиссияси билан боғланган. Узаро кинематикавий боғланмаган валлар 11 ва 7 сони жиҳатидан бундай схемали двигатель икки валли дейилади. Ҳозирги вақтда у автомобиль газавий турбинаси ишлаб чиқаришда кенг тарқалган.



141- расм. Одини икки валли газтурбинали автомобиль двигателининг схемаси

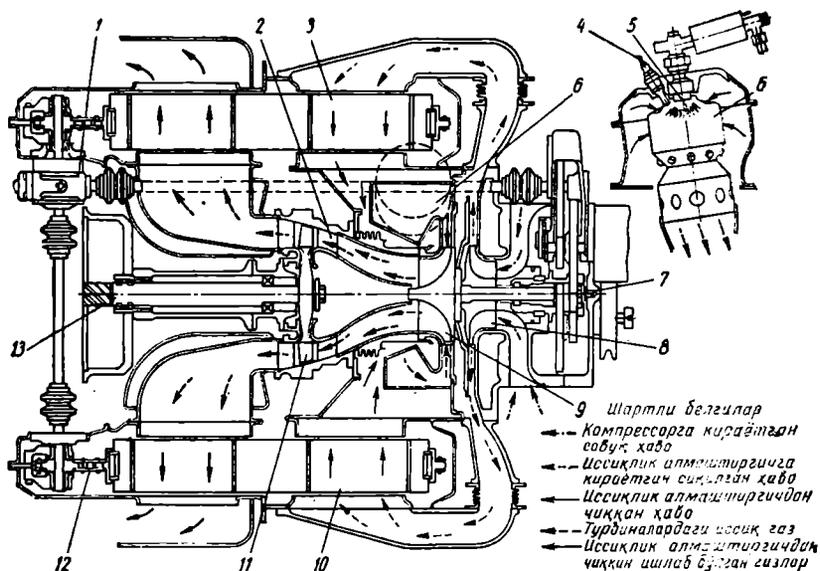
Газавий турбинали двигательнинг асосий агрегатлари компрессор, турбина ва ёниш камерасидир. Бундан ташқари, двигателда айланишлар сони регулятори, мой насоси, стартер ва бошқа ёрдамчи жиҳозлар бор. Автомобиль газавий турбинали двигательларида, одатда, ҳаво босимини 3,5—4 марта ошириб берадиган бир поғонали марказдан қочма компрессор ишлатилади. Кўрсатилган босимга эришиши учун компрессорнинг иш ғилдираги мустақкамлик шартига кўра максимал рухсат этилган бурчагий тезлик билан айланиши шарт. Автомобиль газавий турбинали двигательларида ишлатилаётган куракчаларнинг бурчагий тезлиги 420—450 м/сек ни ташкил этади.

Ёниш камераси 3 оловбардош лист материалдан тайёрланади ва труба ёки ҳалқа шаклида бўлади.

Турбина диски материалнинг оловбардошлиги газ температурасини чеклайди (900 — 925°C), шунинг учун ёнилғининг ёниш маҳсулотларини компрессордан келаётган совуқ ҳаво билан аралаштириш зарур бўлади. Бунинг натижасида ёниш $\alpha = 1,0 \div 1,5$ қийматда содир бўлса ҳам, ҳавонинг ортиқлик коэффициентининг ўртача қиймати газавий турбинали двигательларда поршенли двигательлардагига қараганда анча ортиқ бўлиб, 4—6 га етади.

Автомобиль газавий турбинали двигательларида марказга интилувчи ва ўқий турбиналар ишлатилади. 142- расмда кўрсатилган компрессорли турбина марказга интилувчи типдаги, тортиш турбинаси эса ўқий турбинадир. Турбина қандай типда эканлигидан қатъи назар, у соплони аппарат 5 ва иш ғил-

дирагидан иборат. Соплоли аппарат доира бўйлаб жойлашган қўзғалмас махсус шакли куракчалар системасидан иборат. Ёнма-ён турган куракчалар аппаратнинг каналлини чеклайди. Газлар бу каналлардан оқаётганда кенгайди, бунинг натижасида газларнинг босими камаяди, тезлиги эса 600 — 750 м сек га стади.



142-расм. Иссиқлик алмашигич билан жиҳозланган икки бадали газтурбинали двигателнинг схемаси:

1—иссиқлик алмаштиргичнинг чарьякли юритмаси; 2—тортиш турбинасининг соплони аппарати; 3 ва 10—иссиқлик алмаштиргичлар; 4—свеча; 5—форсунка; 6—ённиш камераси; 7—иссиқлик алмаштиргични ҳаракатлантириш редуктори; 8—компрессор; 9—компрессор турбинаси; 11—тортин турбинаси; 12—запжирли узатма; 13—чиқарилган вал

Ўқий турбинада газ иш ғилдирагининг каналларидан оқиб ўтаётганда куракчаларнинг шакли таъсирида ўз ҳаракат йўналишини ўзгартиради. Газ куракчаларга босиб, иш ғилдирагини айлантирадиган куч ҳосил қилади.

Марказга интилма турбинада газ иш ғилдирагининг айланувчи канали бўйлаб ҳаракат қилган пайтда, каналнинг айланувчи ўқидан узоқлиги камайиши натижасида кориолис кучи пайдо бўлади. Бу куч ғилдиракни айлантирадиган асосий куч ҳисобланади.

Ғилдиракнинг айланиш тезлиги газнинг соплони аппаратдан чиқишдаги тезлигининг 0,5 — 0,6 қисмини ташкил қилганда турбинада юқори ф. и. к. олиш мумкин. Бинобарин, газ тезлиги юқорида кўрсатиб ўтилган қийматда бўлса, турбина ғилдирагининг айланиш тезлиги 350 — 420 м/сек ни ташкил қилиши керак. Бу вақтда ҳосил бўладиган марказдан қочма кучлар

турбинанинг диски ва куракчаларида катта кучланиш ҳосил қилади. Диск ва куракчалар иш вақтида қаттиқ қизийди, шунинг учун булар тайёрланган материал катта кучланишларга қарши туриши учун иссиқбардош бўлиши керак. Турбиналар тайёрлаш учун ишлатиладиган қотишмалар вольфрам, молибден, никель ва бошқалардан иборат бўлади.

141-расмда кўрсатилган газавий турбинали двигатель қуйидагича ишлайди. Компрессорнинг вали стартёр билан ҳаракатга келтирилади. Юргизиб юборишдаги айланишлар сони номинал айланишлар сонининг 25—30% ни ташкил қилади. Компрессор сиқилган ҳавони ёниш камераси 3 га узата бошлайди. Бу камерага форсунка 2 орқали шестерняли насос ёрдамида ёнилги ҳайдалади. Сўнгра электрик чўғланиш свечаси ишга туширилади ва ёнилги ёндирилади.

Бир текис ёниш зонаси ҳосил бўлганда ёнилгининг кейинги улушлари ана шу аланга таъсирида ёнади ва свеча ўчириб қўйилади.

Ёниш маҳсулотлари камера 3 дан компрессорли турбина 10 га ўтиб, бу ерда компрессордан кейинги босим билан муҳитнинг босими орасида бўлган оралиқ босимгача кенгайди. Бу кенгайиш турбинанинг компрессорни ва у билан боғлиқ бўлган ёрдамчи механизмларни айлантириши учун етарли бўлади.

Ёниш маҳсулотлари тортиш турбинаси 9 да узил-кесил тўла кенгайди. Бунда ҳосил бўладиган механикавий энергия автомобилни ҳаракатга келтириш учун сарф қилинади.

Ишлатилган газлар чиқариш трубаси орқали ҳавога чиқариб юборилади.

Газавий турбинали автомобиль двигателларининг схемасидан кўриниб турибдики, унда қайтма-илгариланма ҳаракат қиладиган деталлар йўқ. Бу эса мазкур типдаги двигатель валининг айланишлар сонини поршенли двигателларникига нисбатан анча ошириш (20—25 минг *айл мин* га етказиш) имконини беради. Бунинг натижасида двигателнинг массаси ва габарит ўлчамларини камайтириш мумкин бўлади. Схемада кўрсатилган газавий турбинали автомобиль двигателининг солиштирма массаси 0,35—0,5 *кг квт*, яъни 0,5—0,7 *кг о. к.* дан ошмайди.

Газавий турбинали двигателда қувватнинг бир қисми фақат валнинг подшипникларидаги ишқаланишгагина кетади, шунинг учун мойлаш системаси соддалашади ва механикавий ф. и. к. юқори қийматга эга бўлади. Ёниш процессининг узлуксизлиги ва унинг нисбатан кўп давом этиши оддий ёнилги бериш аппаратурасидан фойдаланишга имконият туғдиради.

Газавий турбинали двигатель тез ишга тушиш хусусиятига эга. Нисбатан кам қувватли стартёр ишлатилгани ҳолда турбина ташқи муҳит температураси — 50°С гача бўлганда ҳам осон ишга тушади ва 1—2 минутдан сўнг нагрузка олиши мумкин. Газавий турбинали двигателнинг бу хусусияти автомобилларни арктика шароитида ишлатишда жуда қулайдир.

Газавий турбинали двигатель тўла мувозанатлашган, шунинг учун мотор ости рамасининг массаси поршенли двигатель рамасининг массасига қараганда анча кичик қилиниши мумкин.

Бундан ташқари, газавий турбинали двигатель автомобилга ўрнатилганда муҳим қулайликларга эришилади. Бу ҳолда тишлашни муфтаси керак бўлмайди, чунки уни ишга туширишда компрессорнинг валини айлантираётганда тортиш турбинаси ҳаракат қилмайди. Шу сабабли (икки вал ажратилганлигидан) турбинанинг тортиш характеристикаси жуда қулай бўлади. Автомобилнинг жойидан қўзғалишидаги буровчи моменти номинал режимдагидан 2 баравар катта бўлади. Бу ҳол узатмалар қутисидagi поғоналар сонини қисқартиришга имкон беради ва шофёрнинг ишини енгиллаштиради; шофёр узатмаларни кам алмаштириб қўшади, двигательни бошқаришда эса фақат ёнилғи бериш педалига таъсир этади.

Кўриб чиқиладиган схемадаги газавий турбинали двигательнинг бир қанча камчиликлари бўлиб, улар кейинги пайтда двигательни мураккаблаштириш ҳисобига йўқотилмоқда. Бу камчиликлар қуйидагилар: 1) номинал режимда поршенли двигательга нисбатан тежамсиз ишлайди; 2) бир хил қувватда кўп ҳаво сарфлайди; 3) сўриладиган ҳаво жуда тоза бўлиши керак; 4) қисман нагрузкаларда ишлаганда тежамлилиги кескин пасаяди; 5) автомобилни, двигатель билан тормозлаш мумкин бўлмайди.

Номинал режимда тежамлилиқнинг пасайиши компрессордаги босимнинг нисбатан оз даражада ошиши билан аниқланади. Бунинг натижасида ишлатилган газларнинг температураси катта бўлиб, улар билан бирга кўп миқдорда иссиқлик чиқиб кетади. Чиқиб кетадиган иссиқлик миқдорини камайтириш учун иссиқлик алмаштиргичлар ишлатилади.

Дискавий айланувчи иккита иссиқлик алмаштиргичли двигательнинг схемаси 142-расмда кўрсатилган. Ишлатилган газлар ҳавога чиқиб кетишдан олдин металл лента, сим ўрамлари ва бошқа иссиқлик сиғимли тиқин билан тўлдирилган иссиқлик алмаштиргичнинг секин айланувчи бўлиммаси орқали ўтади. Тиқин қизийди ва тўплаган иссиқлигини диск бурилганда компрессордан ёниш камерасига келаётган ҳавога беради. Шундай қилиб, компрессордан узатиладиган ҳаво ёниш камерасида ёнадиган ёнилғи ҳисобига қизиш билан бирга, ишлатилган газларнинг иссиқлиги таъсирида ҳам қизийди. Бу эса ёнилғини анча тежашга олиб келади. Ёнилгининг солиштирма сарфи иссиқлик алмаштиргичи бор двигательда иссиқлик алмаштиргичи йўқ двигательдагига қараганда 1,5 марта кам бўлади. Иссиқлик алмаштиргичлари булган газавий турбинали двигательнинг тежамлилиги дизелларникига яқин.

Иссиқлик алмаштиргичли двигательнинг камчилиги шундаки, иссиқлик алмаштиргични тайёрлаш қийин, шунингдек, ис-

сиқлик алмаштиргич ва ҳаво-газ йўллари борлигидан двигателнинг массаси ва габарит ўлчамлари анча ошади.

Газавий турбинали двигатель орқали худди шу қувватга эга бўлган поршенли двигателдан ўтганига қараганда 8 марта кўп ҳаво ўтади. Бунинг сабаби шуки, иссиқлик алмаштиргичи бўлмаган двигателларда ҳавонинг ортиқлик коэффициенти ва ёнилғининг солиштирма сарфи катта бўлади. Бунинг натижасида ҳаво ва газ йўлларининг кесим юзи ошади. Ёниш камераси, чиқариш трубаси, ҳаво тозалагич, иссиқлик алмаштиргич ва уларнинг газ йўллари турбинанинг габарит ўлчамларини катталаштириб юборади.

Газавий турбинали қурилманинг габарит ўлчамларини кичрайтириш мақсадида газнинг рухсат этилган температураси оширилади. Ҳозирги газавий турбинали автомобиль двигателларида сопо аппаратининг ва иш ғилдирагининг куракчалари ҳаво билан совутилганда газнинг йўл қўйиладиган температураси 1200°C ни ташкил қилади. Двигатель ишлаб чиқариш технологиясининг мураккаблиги, унинг ихчамлиги, тежамлиги ва ҳавонинг оддий усулда тозаланиши ҳисобига қопланади. Газавий турбинали двигателга келадиган ҳавонинг тозалик даражаси катта аҳамиятга эга. Компрессор ва турбина иш ғилдиракларининг айланишлар сони жуда катта бўлгани учун чанг заррачаларининг оқим йўлига тушиб қолиши двигателни тез ишдан чиқаради. Шунинг учун компрессорга кириш йўлига ҳаво тозалагич қўйиш лозим. Бу ҳаво тозалагич ортиқча гидравлик қаршилик ҳосил қилмасдан ҳавони чангдан тўла тозалаши лозим.

Иссиқлик алмаштиргич ишлатиш ва циклнинг терпературасини ошириш номинал режимда ёнилғининг солиштирма сарфини камайтиришга имкон берса ҳам, лекин автомобиль двигатели учун хос бўлган қисман нагрзукаларда ишлаш вақтида ёнилғининг солиштирма сарфи кескин ошади ва қониқарсиз бўлиб қолади. Бу қуйидаги сабабларга кўра содир бўлади. Нагрзука камайганда ёниш камерасига ёнилғи оз берилади ва газ температураси пасаяди. Айни вақтда компрессорнинг айланишлар сони ўз-ўзидан камаяди ва, демак, унинг орқасидаги босим ҳам пасаяди. Бунинг натижасида циклни термик ф. и. к. ва двигателнинг тежамлиги камаяди.

Икки валли газавий турбинали двигателда нагрзука камайганда термик ф. и. к. ни ва унга яраша тежамликни қуйидаги усуллар билан ошириш мумкин. Биринчи усул тортиш турбинасига буриладиган сопо куракчалар ўрнатишдан иборат. Нагрзука ва ёнилғи сарфи камайтирилганда сополи аппаратнинг куракчалари ёпилади, двигатель орқали ҳаво сарфи камаяди, циклни температураси эса ўзгармайди. Бу тадбирлар иссиқлик алмаштиргичли двигатель учун самарали бўлиб, қувват номинал қийматнинг 50 процентигача пасайганда ҳам ёнилғининг солиштирма сарфи деярли ўзгармайди.

Иккинчи усул — тортиш турбинаси ва компрессор турбинаси орасига ўзиш муфтаси ўрнатиш. Двигатель қисман нагзулка билан ишлашга ўтганда турбиналар ўзаро уланиб, двигатель бир валли бўлиб ишлай бошлайди. Бу эса қисман нагзулкали режимга ўтганда циклнинг температурасини бир хил тутишга ва, шу билан, тежамлиликни сақлашга имкон беради.

Бу усуллардан фойдаланиш автомобилни двигатель билан тормозлашга имкон беради. Биринчи усул қўлланилганда автомобилни двигатель билан тормозлаш учун соплולי аппарат куракчаларининг огиш бурчагини ўзгартириб, тортиш турбинасининг шу ғилдирагини тескари томонга айлантириш кифоя.

Иккинчи усулда автомобилни двигатель билан тормозлашда автомобиль ғилдиракларининг айланиш энергияси компрессордаги ҳавони сиқиш учун фойдаланилади.

Шундай қилиб, дастлабки жуда оддий схемани мураккаблаштириш ҳисобига газавий трубинали двигателдан автомобилларнинг куч агрегати сифатида фойдаланиш мумкин. Ҳозирги вақтда газавий трубинали двигателларни оғир юк автомобилларининг ва автопоездларнинг куч қурилмаси сифатида жорий этиш бўйича катта ишлар олиб борилмоқда.

3. Электрохимиявий энергия ўзгартиргичлар

Ҳозирги вақтда электромобиллар ишлатиш масаласи кўрилмоқда, буларда куч агрегати сифатида электрик двигатель ўрнатилади. Электрик двигателни таъминлаш учун зарур бўлган электр энергияси олиш учун электрохимиявий ўзгартиргичлар ишлатилади.

Электрик двигателлар ишлатилганда шаҳарларда ҳавони ишлатилган газлар билан заҳарлаш даражаси ва кўча шовқини камаяди.

Электромобиллар учун электр ўзгартиргичлар сифатида аккумуляторлар батареяси ишлатилади. Бу соҳада кислотали, қўрғошинли ва ишқорли темир-никелли ва кадмий-никелли аккумуляторлар батареяси кўпроқ ишлатилади.

Шаҳар шароитида кичик юк электромобили 40—50 км соат тезлик билан ҳаракатланади ва навбатдаги зарядлаш вақтигача 50—70 км масофани босиб ўта олади. Нисбатан кам йўл ўтиши ва қўрғошинли ҳамда темир-никелли аккумуляторлар батареясининг вазминли бўлиши электромобилларнинг кенг кўламда ишлатилишига тўсқинлик қилмоқда. Электромобилларнинг тажриба нусхалари бор. Буларда кумуш-рухли аккумуляторлар батареяси ишлатилиб, электромобилнинг юриш йўли 3—4 марта оширилган. Бу аккумуляторлар батареяси жуда қиммат, шунинг учун уларни перспектив электрохимиявий ўзгартиргичлар деб қараш ярамайди.

Ҳозирги вақтда қўргошинли ва темир-никелли аккумуляторлар батареясини такомиллаштиришга кўпроқ эътибор берилмоқда.

Кейинги пайтда электромобиль учун электр энергияси манбаи сифатида ёнилғи элементларидан фойдаланиш масаласи кўрилмоқда.

Ёнилғи элементда ҳам аккумулятордагидек ҳодиса рўй бериб, химиявий энергия электр энергиясига узлуксиз айланади. У гальваник элементдан иборат бўлиб, унинг манфий электродига табиий ёнилғи ёки унинг ҳосилалари келади. Оксидловчи сифатида ҳаво кислороди ёки тоза кислород ишлатилади. Ёнилғи элементларида ёнилғининг оксидланиши ва кислороднинг қайтарилиши турли электродларда электр йўли билан амалга оширилади ва реакциянинг химиявий энергияси бевосита электр энергиясига айланади.

Электр энергиясини ҳосил қилиш процессининг давом этиш вақти актив материалларнинг узлуксиз келиб туришига боғлиқ.

Ёнилғи элементларининг ф. и. к. ички ёнув двигателини кидан тахминан 2 марта катта бўлади.

Олимларнинг ва тадқиқотчиларнинг фикрича, энергияни электрохимиявий ўзгартириш усулларида фойдаланишга оид ишларни анализ қилиш келажакда электромобиллардан фойдаланиш мумкинлигини кўрсатади.

ДВИГАТЕЛЛАРНИ СИНАШ**63- §. УМУМИЙ МАЪЛУМОТ**

Двигателнинг асосий кўрсаткичларини аниқлаш учун у лабораторияда зарур ускуналар ва ўлчов асбоблари билан жиҳозланган махсус синаш стендида синалади.

Синаш стендининг жиҳозлари лаборатория синовларининг турига қараб танланади.

Автомобиль двигателларини ГОСТ 14846—69 га кўра синаш, шунингдек, махсус лаборатория тадқиқотлари учун синаш стендида қуйидаги ускуналар бўлиши керак:

1) двигателда мувозанатланмаган инерция кучлари ва бу кучларнинг моментларидан пайдо бўладиган тебранишларни сўндириш учун фундамент ҳамда двигатель ва тормоз ўрнатиладиган плита;

2) двигателни фундамент плитасига ўрнатиш ва маҳкамлаш учун устунлар;

3) двигателда ҳосил бўлган қувватни ўзига олувчи тормоз ва буровчи моментни ўлчайдиган жиҳозлар;

4) двигателнинг тирсакли валини тормознинг валига улаш учун махсус муфтлар ҳамда вал;

5) двигателга мой совитувчи сув бериш¹, ишлатилган газларни ҳамда картердаги газларни атмосферага чиқариш тузилмалари ва коммуникациялар; бу тузилмалар температурани ўлчаш асбоблари билан таъминланган бўлиши керак;

6) двигателни ёнилги, ҳаво билан таъминлаш тузилмалари ва коммуникациялари ҳамда сарфланган ёнилги ва ҳавони ўлчаш асбоблари;

7) двигателнинг иш процессига ва кўрсаткичларига таъсир этувчи параметрларни (масалан, учқун билан ўт олдирилади-

¹ Сув билан совутиладиган двигатель учун.

ган двигателларда ёндиришни илгарилаш бурчагини, аралашма таркибини ёки дизелларда ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги ва бошқаларни) ростлаш ҳамда аниқлаш учун махсус тузилмалар;

8) синаш процессида двигателни ростлаш ва бошқариш системалари;

9) двигателни ишга тушириш ва бошқариш органлари жойлашган пульт, двигателнинг ишини текшириш ва ўлчанадиган қийматларни қайд қилиш асбоблари;

10) двигателнинг айрим параметрлари (масалан, дизелларда ишлатилган газларнинг тутунлилиги, заҳарлилиги, шовқин, тебранишлар, термик кучланишлар, айрим деталларнинг ейлиши ва ҳоказоларни аниқлаш мақсадида махсус тадқиқотлар учун мўлжалланган қўшимча тузилмалар ва асбоблар.

Двигателлар айниқса ГОСТ 14846—69 га мувофиқ синалса, унинг кўрсаткичлари турғунлашган режимда ўлчанади. Бу ҳолда двигателнинг тезлик режими, термик ҳолати ва нагрукасини аниқловчи асбоблар кўрсатувлари вақт ичида ўзгармайди.

Двигателларни автомобилнинг иш шароитларида учрайдиган турғунлашмаган режимларда синаш жуда қийин. Бундай синовлар махсус жиҳозларни, яъни двигателнинг вақт бўйича ўзгарувчи тезлик режимларида ва нагрукаларда ишлашини имитация қилувчи (масалан, автомобилни тезлатиш шароитларини ва ҳоказоларни имитация қилувчи) ускуналар ишлатиб бажарилади.

ГОСТ га кўра синаш ҳолларида, жумладан ташқи ва қисман тезлик характеристикаларини (41- § га қаранг), нагрукка характеристикаларини ва бошқа кўрсаткичларини аниқлашда, маълум турғунлашган режимда қуйидаги қийматлар ўлчанади ва махсус протоколлар тарзида ёзиб борилади¹.

1) буровчи момент; 2) тирсакли валнинг минутига айланишлар сони n ва тажриба вақти τ сек ичидаги умумий айланишлар сони $n_{ум}$; 3) $\tau_{сек}$ вақт ичида ёнилғи ва ҳаво сарфи. 4) ташқи ҳавонинг, двигателга кираётган ва ундан чиқаётган сувнинг (сув билан совитилганда) двигатель картерининг поддонидagi мойнинг, чиқариш трубасидаги ишлатилган газларнинг температураси °С; 5) ташқи муҳитнинг, мой магистралдаги мойнинг босими, шунингдек, киритиш трубасидаги сийракланиш; 6) ёндиришни ёки ёнилғи пуркай бошлашни илгарилаш бурчаги.

Кўпгина ҳолларда махсус асбоб ёрдамида двигателнинг индикаторий диаграммаси ёзиб олинади (68- § га қаранг).

¹ Двигателни синашда ишлатиладиган барча асбоблар эски бирликлар системасида даражалангани учун, бу бобда ўлчанадиган миқдорларнинг ўлчамлари ва формулалар МКГСС системасида берилган. Графикларни СИ системасида қуриш учун ўтказиш коэффициентларидан фойдаланиш керак.

Протоколга ёзилган ўлчов маълумотлари асосида двигателнинг кўрсаткичларини аниқлаш ва унинг мос характеристикаларини, жумладан IX бобда келтирилган характеристикаларини график тарзда тасвирлаш мумкин.

64- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ҚУВВАТИНИ АНИҚЛАШ

Двигателнинг эффектив қуввати:

$$N_e = \frac{M_e \cdot n}{716,2} \text{ о. к.}$$

Демак, эффектив қувватни аниқлаш учун двигателнинг буровчи моменти M_e ни ($\kappaГ \cdot м$ да) ва тирсакли валнинг минутига айланишлар сони n ни ўлчаш керак.

Двигателни стенда синашда унинг буровчи моменти тормознинг айлана кучи $P_{\text{тор}}$ нинг тормознинг елкаси l га кўпайтмасига тенг. Куч тормозга шу елка орқали берилади, у ҳолда

$$N_e = \frac{M_e \cdot n}{716,2} = \frac{P_{\text{тор}} \cdot l \cdot n}{716,2} \text{ о. к.}$$

бўлади.

Одатда тормознинг елкаси 716,2 мм га тенг қилиб олинади. Агар тормознинг тарозиси $\kappaГ$ ҳисобида даражаланган бўлса, двигателнинг эффектив қуввати қуйидагича ҳисобланади:

$$N_e = 10^{-3} P_{\text{тор}} \cdot n \text{ о.к.} \quad (300)$$

1. Буровчи моментни ўлчаш

Двигателни синаш вақтида юклаш учун ҳар конструкциядаги махсус тормозлар ишлатилади. Гидравлик ва электрик тормозлар кўпроқ тарқалган.

Гидравлик тормозлар ўзининг оддий тузилганлиги, ишга чидамлилиги ва турғун ишлаши билан фарқ қилади.

Электрик тормозлар мураккаб тузилган бўлиб, гидравлик тормозлардан қимматроқ, аммо унда бир қанча афзалликлар бор. Улар қайтувчанлик хусусиятига эга, яъни двигателнинг тирсакли ваolini тормоз ёрдамида айлантиришга имкон беради ва двигателнинг механикавий энергиясини электр энергиясига айлантириб, электр тармоғига узатади.

Оддий гидравлик тормознинг (143- расм) корпуси 5 чўяндан қўйилган бўлиб, корпуснинг ичида подшипникларда вал 1 айланади. Бу валга пўлат диск 2 маҳкамланган. Дискнинг ишқаланиш сиртини ошириш учун у гофрли ёки тешиқ-тешикли қилиб ясалади.

Тормознинг корпуси шарикавий подшипникларга ўрнатилган ва эркин бурила олади. Корпуснинг юқори қисмидаги махсус чўнтаклар орқали тормозга босим бакидан трубка 3

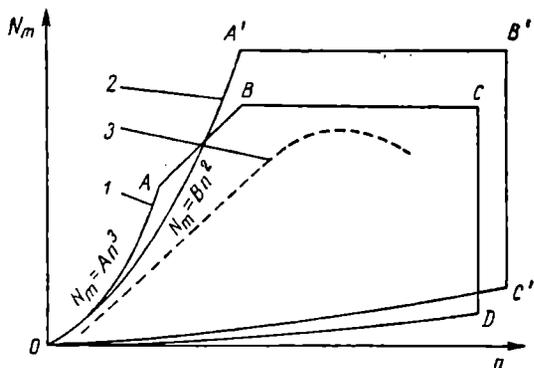
бўйлаб сув тўлдирилади. Қўйил-
диган сувнинг миқдори вентиль 4
билан ростланади. Диск 2 айлан-
ганда тормоздаги сув марказдан
қочма куч таъсирида ҳалқа шакли-
да ёйилади, ҳалқанинг қалинлигини
оқизиш потрубоклари 8 ни бураб
ростлаш мумкин. Патрубокни чиз-
ма текислигига перпендикуляр те-
кисликда маховик 7 билан буриш
мумкин. Ортиқча сув труба 6 ор-
қали канализацияга оқизилади.

Синалаётган двигатель диск 2
нинг сирти билан тормозни тўлди-
рувчи сув орасидаги ишқаланиш
ҳисобига тормозланади. Тормознинг
корпусига таъсир қиладиган реак-
тив моментни исталган куч ўлчаш
асбоби (кўпроқ маятникли асбоб)
ёрдамида ўлчаш мумкин. Бу асбоб
ричаг ёрдамида корпусга уланади.

Тормозлаш қувватининг қиймати тормоздаги сувнинг сат-
ҳини патрубок 8 ни бураш йўли билан ўзгартириш ҳисобига
ростланади.

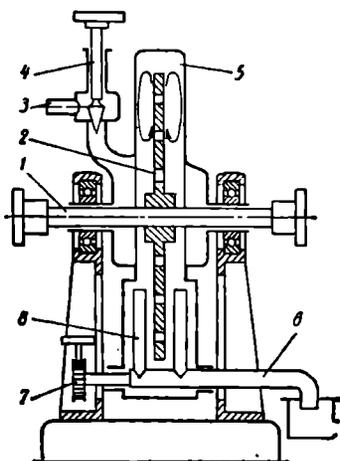
Двигателнинг тормозга бериладиган қуввати тормоздаги
сувни қиздиришга кетадиган иссиқликка айланади. Тормознинг
кавитация бўлмаслиги ва бузилмаслиги учун сувнинг темпера-
тураси 50—60°C дан ошмаслиги керак.

Тормоз қуввати билан айланишлар сони орасидаги боғланиш
тормознинг харак-
теристикаси билан
аниқланади (144-
расм). Бундай харак-
теристика тормоз-
нинг сув билан тўл-
дирилган ҳолда оли-
нади ва у бўйича
тормознинг синала-
диган двигательга
мос келиш-келмас-
лиги аниқланади.



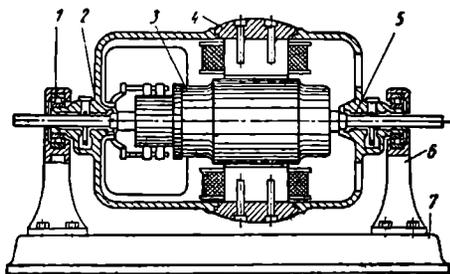
144- расм. Тормозлар ва двигательнинг харак-
теристикалари:

1 — гидротормознинг характеристикаси; 2 — электротормоз-
нинг характеристикаси; 3 — двигательнинг ташқи харак-
теристикаси



143- расм. Дискли гидротормоз-
нинг принципиал схемаси

Айланишлар сони
ошганда тормозлаш
қуввати OA участ-
када (1 эгри чизик)
куб даражада орта-
ди, яъни $N_m = A \cdot n^3$



145- расм. Ўзгармас ток электротормозининг схемаси:

1 — статор подшипниги; 2 — статор; 3 — якорь; 4 — статорнинг уйғотиш ўрамли қутби; 5 — якорнинг под-
шипниги; 6 — стойка; 7 — станина

бўлади. Шунинг учун ҳам тормоз турғун ишлайди.

А нуқтада тормозлаш momenti тормознинг механикавий мустаҳкамлиги билан чегараланади ва бундан кейин қувват фақат айланишлар сони ҳисобига ортади, буровчи момент эса ўзгармайди (*AB* участка). *B* нуқтада қувват сувнинг энг юқори температураси билан чегараланади ва бундан кейин айланишлар сони қувват ўзгармай тормозлаш momenti камайган

ҳолда ошади. *C* нуқта энг катта айланишлар сонини билдиради ва у тормоз дискининг инерция кучларига боғлиқ бўлган механикавий мустаҳкамлик шартига биноан аниқланади.

OD чизиги тормозда сув йўқ вақтидаги тормозлаш қувватининг ўзгаришини билдиради. Бу қувват подшипниклардаги ишқаланишга ва дискнинг ҳавога ишқаланишига сарф бўлади. Двигателни барча айланишлар сони диапазонида тормозлаш учун двигателнинг ташқи характеристикаси (*3* эгри чизик) тормоз характеристикаси *OABCD* нинг ичида ётиши керак.

Электрик тормоз мустақил уйғотилувчи ўзгармас ток машинасидан иборат. Электрик тормоз (балансирли динамомашина) нинг оддий ўзгармас ток машинасидан фарқи шундаки, тормознинг статори станинанинг стойкаларига маҳкамланган шарикли подшипникларга ўрнатилган бўлиб, ўз ўқи атрофида бурилади (145- расм).

Двигатель эластик муфта орқали тормоз якорининг валига уланган. Двигатель якорь ва статор магнитавий майдонларининг ўзаро таъсири натижасида тормозланади. Двигателнинг айланишлар сони ва нагрукаси тормознинг ўзгармас ток манбадан таъминланувчи уйғотиш чулғамларидаги ток кучини ўзгартириш йўли билан ростланади.

Реактив буровчи момент гидравлик тормоздагига ўхшаш, тормознинг статорига маҳкамланган ва тормозли механизмга уланган ричаг ёрдамида ўлчанади. Тарозининг шкаласи килограмм ёки килограммометрларга даражаланади. Двигателни тормозлаганда электрик тормоз ишлаб чиқарган электр энергияси нагрукка бериш реостатларига ёки махсус ускуналар ёрдамида электр тармоғига узатилади. Кейинги ҳолда синалаётган двигателнинг энергиясини қайтариш ҳисобига иқтисодий самарадорликка эришилади.

Электрик тормоз характеристикаси гидравлик тормознинг характеристикасидан бирмунча фарқ қилади (144- расм, 2 эгри чизиқ). Айланишлар сони катталашishi билан уйғотиш токи тўла берилганда тормозлаш қуввати квадрат даражасида ошадди, яъни $N_m = B \cdot n^2$. A' нуқтада тормозлаш қуввати якорь ўрамларининг қизиши билан чегараланади ва айланишлар сонини бундан кейинги катталаштиришда қувват ўзгармаслиги, буровчи момент ва уйғотиш токи эса камайтирилиши лозим. B' нуқтада айланишлар сони якорь чулғамларининг механикавий мустаҳкамлиги билан чегараланади. OC' чизиқ уйғотиш бўлмагандаги тормозлаш қувватини характерлайди. Тормозлаш статор ва ротордаги қолдиқ магнитавий майдонларнинг ўзаро таъсири натижасида, шунингдек, ротор подшипникларидаги ва тормоз коллекторининг чўткаларидаги ишқаланиш ҳисобига содир бўлади.

2. Айланишлар сонини ўлчаш

Айланишлар сонини ўлчаш асбобларини икки турга бўлиш мумкин:

а) қисқа вақт ишловчи асбоблар — „Горн“ типидagi тахометрлар ва тахоскоплар тузилиши жиҳатидан бир корпусга жойлашган умумий айланишлар сони счётчиги ва секундомердан иборат;

б) узок вақт ишловчи асбоблар — механикавий ҳаракатга келтириладиган (магнитли ва марказдан қочма) тахометрлар, ўзгармас ва ўзгарувчан ток билан ишлайдиган дистанцион электрик тахометрлар.

Электрик тахометрлар кўп ишлатилади. Улар тормоз ёки двигательнинг валига ўрнатиладиган датчик (тахогенератор) ва бошқариш пультада жойлашадиган қабул қилгичдан иборат. Датчик ва қабул қилгич электр симлари билан уланган бўлиб, двигатель валининг айланишлар сонини масофадан ҳисоблаш имконини беради.

3. Индикаторий ва эффектив қувватни ҳамда механикавий йўқотишлар қувватини аниқлаш

Двигателни синаш учун ўзгармас токли электрик тормоздан фойдаланилганда, тормозни электрик двигатель режимида ишлатиб, у билан синалаётган двигательнинг тирсакли валини айлантириш ва берилган айланишлар сонидан уни айлантиришга сарф бўлган қувватни аниқлаш мумкин. Агар двигатель нагрузка билан ишлагандан кейин, ундан нагрузкани олиб, мой ва совитувчи сувнинг температураси пасаймасдан дарҳол тирсакли вални тормоз ёрдамида айлантирсак, у ҳолда тирсакли вални электрик двигатель билан айлантиришга сарфланадиган

қувватни механикавий йўқотишлар қуввати N_M га тенг деб олиш мумкин. (300) тенгламага биноан:

$$N_M = 10^{-3} P_{\text{тор}} \cdot n \text{ о. к.}$$

бу ерда $P_{\text{тор}}$ — двигателнинг тирсақли валини электрик двигателдан айлантириш пайтида тормоз тарозисининг кўрсатиши, $\kappa\Gamma$.

Сўнгра синов маълумотлари асосида двигателнинг индикаторий қувватини аниқлаш мумкин:

$$N_I = N_e + N_M = 10^{-3} (P_{\text{тор}} + P_M) \cdot n \text{ о. к.}$$

Агар двигателнинг иш ҳажми $i V_h$ ва унинг тактлилиги τ маълум бўлса, у ҳолда ўртача эффектив босим қуйидаги формуладан аниқланади:

$$N_e = 10^{-3} P_{\text{тор}} \cdot n = \frac{p_e \cdot i V_h \cdot n}{225 \tau},$$

бундан

$$p_e = \frac{225 \cdot 10^{-3} \tau P_{\text{тор}}}{i V_h} = C \cdot P_{\text{тор}}, \kappa\Gamma/\text{см}^2$$

бу ерда берилган двигатель учун:

$$C = \frac{225 \cdot 10^{-3} \tau}{i V_h}.$$

Ўртача индикаторий босим:

$$p_I = C (P_{\text{тор}} + P_M) \kappa\Gamma/\text{см}^2$$

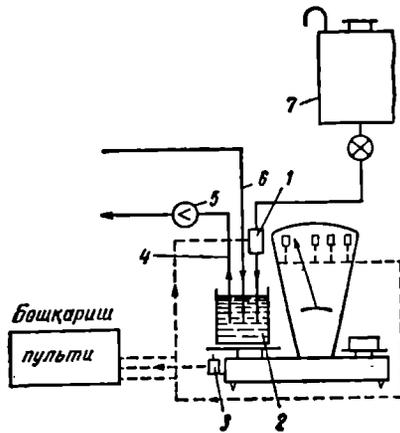
65-§. ЁНИЛҒИНИНГ СОАТЛИ САРФИНИ ЎЛЧАШ ВА УНИНГ СОЛИШТИРМА САРФИНИ АНИҚЛАШ

Двигателнинг текширилаётган режимдаги тежамлилигини аниқлаш учун вақт бирлигида сарф бўладиган ёнилғини ўлчаш керак. Бунинг учун двигателни берилган режимда синашда g ҳисобидаги маълум g миқдор ёнилғини сарфлаш вақти τ_g (сек) ни ўлчаб, бу кўрсаткичларни синов журнаliga ёзиш керак. У ҳолда бир соатда сарфланган ёнилғи миқдори қуйидагича бўлади:

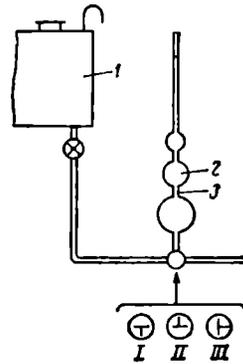
$$G_g = \frac{g}{\tau_g} = 3,6, \kappa\Gamma/\text{соат}.$$

Ёнилғи миқдорини массавий ёки ҳажмий бирликларда ўлчаш мумкин.

Ёнилғи сарфини массавий усулда ўлчаш схемаси 146-расмда кўрсатилган. Тарозининг бир палласига идиш 2 ўрнатилиб, у бак 7 дан келадиган ёнилғи билан тўлдирилади. Ёнилғи насос 5 билан трубка 4 бўйлаб двигателга берилади.



146- расм. Ёнилғи сарфини массавий усулда ўлчаш мосламасининг схемаси



147- расм. Ёнилғи сарфини ҳажмий усулда ўлчаш мосламасининг схемаси

Двигатель ишлаб турган вақтда ёнилғи сарфи ўлчанмаса, идишдаги ёнилғи сатҳи бир хилда сақланади. Бунинг учун электромагнитли кран 1 ўчиргич 3 ёрдамида вақт-вақти билан ишга туширилади. Ўлчашдан олдин бакдан ёнилғи бериш тўхтатилади. Тарозининг стрелкаси ҳисобни бошлаш керак бўлган шкала бўлинмасига келганда секундомер автоматик равишда (масалан, фотоэлемент ёрдамида) ишга тушади. Тарозининг стрелкаси маълум миқдордаги ёнилғи сарфига тўғри келганда секундомер автоматик равишда тўхтайтиди. Секундомер ёнилғини сарфлаш вақти τ_e ни кўрсатади. Кейин, юқорида келтирилган тенгламадан бир соатда сарфланган ёнилғи миқдори ҳисобланади.

Ёнилғи сарфини ҳажмий усулда ўлчаш асбобининг схемаси 147- расмда кўрсатилган. Двигатель ишлаётганда кран I ҳолатда бўлса, ёнилғи сарфлаш баки 1 дан ўлчов ҳажмлари 2 (штихпробер) га ўтмай, тўғри двигателга боради. Агар ўлчов ҳажмларини тўлдириш керак бўлса, кран II ҳолатга қўйилади. Бу ҳолда ёнилғи бир вақтда ҳам двигателга, ҳам штихпроберга келади. Штихпробер ўзаро кичик диаметрли найлар билан бирлаштирилган турли ҳажмдаги бир неча ўлчов шарларидан тузилган.

Ёнилғи сарфини ўлчаш вақтида кран III ҳолатига қўйлади, бунда ёнилғи двигателга штихпробердан берилади.

Ўлчаш пайтида ёнилғи сатҳи ўлчов олиб бориладиган ҳажм олдидаги бирлаштириш трубкаси 3 даги белги рўпарасида бўлиши лозим. Бу пайтда қўл билан ёки автоматик тарзда се-

кундомер ишга туширилади; ёнилғи сатҳи ўлчов ҳажмидан¹ кейинги бирлаштириш трубкасининг белгиси қаршисига келганда секундомер тўхтатилади.

Двигателнинг бир соатда сарфлаган ёнилғиси қуйидагича ҳисобланади:

$$G_e = 3,6 \frac{V_e \rho_e}{\tau_e} \quad \text{кг/соат};$$

бу ерда V_e — двигатель τ_e секунд вақт ичида сарфлаган ёнилғи ҳажми, см^3 ;
 ρ_e — тажриба вақтидаги ёнилғининг зичлиги, г/см^3 .

Ёнилғининг бир соатдаги сарфини, эффе́ктив ва индикаторий қувватларни ҳамда ёнилғининг ёниш иссиқлиги H_u ни билган ҳолда, ёнилғининг солиштирма сарфини, индикаторий ва эффе́ктив ф. и. к. ларни аниқлаш мумкин:

$$g_l = \frac{G_e \cdot 10^3}{N_l} \quad \text{г/ (о. к. соат)};$$

$$g_e = \frac{G_e \cdot 10^3}{N_e} \quad \text{г/ (о. к. соат)}^*;$$

$$\eta_{\text{и.к.}} = \frac{632 \cdot 10^3}{H_u \cdot g_l} \quad \text{ва} \quad \eta_e = \frac{632 \cdot 10^3}{H_u \cdot g_e}.$$

Механикавий ф. и. к.:

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_l}.$$

66- §. ҲАВО САРФИНИ ЎЛЧАШ ВА ҲАВОНИНГ ТЎЛДИРИШ ВА ОРТИҚЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛАРИНИ АНИҚЛАШ

Тўлдириш коэффи́циенти μ_v ва ҳавонинг ортиқлик коэффи́циенти α ни аниқлаш учун двигатель истеъмол қиладиган ҳаво миқдорини билиш керак.

Ҳавонинг сарфи дроссель асбоблар (нормал диафрагмалар, сопло ва Вентури трубки) ёрдамида ёки ҳажмий ўлчагичлар билан ўлчанади.

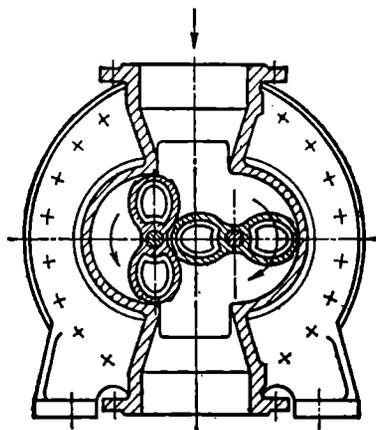
Дроссель асбобларнинг бир қатор камчиликлари бор: босим кўп йўқолади, ўлчаш диапазо́ни кичик, мослама қўпол ясалган ҳамда асбобдаги босимлар фарқи бўйича ҳаво сарфини ҳисоблаш қийин.

Охи́рги пайтда айланадиган поршенли ҳажмий ўлчагичлар кенг кўламда ишлатилмоқда. Ҳаво сарфини ўлчайдиган бундай ҳажмий асбобнинг тузилиши 148- расмда кўрсатилган.

¹ Дизель сарфлайдиган ёнилғи миқдорини массавий усулда ўлчганда форсункадан ортиб қолган ёнилғи қайтариш трубкиси б орқали ўлчаш идишига қайта туширилади. Шундай қилиб, фақат двигатель сарфлаган ёнилғи миқдори ўлчанади.

* Қувват *квт* ҳисобида ўлчанганда ҳам формулалар ўз кўринишида қолади.

Қуйма чўян корпус ичида ўзаро шестернялар билан боғланган алюминийдан ясалган ковак иккита ротор жойлашган. Роторга кириш ва чиқишдаги босимлар (15—30 мм сув устуни) таъсирида роторлар айланиб, корпуснинг ички юзаси билан роторнинг юзаси оралиги ҳажмидаги ҳавони сиқиб чиқаради.



Ҳаво сарфини ўлчаш асбобидан ўтган ҳаво ҳажмини (m^3 ҳисобида) кўрсатувчи ҳисоблаш механизми ротор ўқларининг бири билан боғланган.

Бундай асбобларнинг аффаликлари қуйидагилардан иборат: ортиқча босим 20 кг/см^2 гача бўлганда ҳам ҳаво сарфини ўлчаш мумкин, босим кам йўқолади, қисқа вақт давомида 20% гача ортиқча нагрузка бериш мумкин, пухта ишлайди, асбоб тежамли датчиклар билан жиҳозланганда ҳаво сарфини масофадан ўлчаш мумкин.

148-расм. Ҳавонинг ҳажмий сарфини ўлчигич схемаси

Мамлакатимиз sanoатида 40—2000 $m^3/\text{соат}$ гача ҳаво сарфини ўлчайдиган ҳажмий асбоблар чиқарилади.

Ҳавонинг бир соатдаги массавий сарфи қуйидаги формуладан аниқланади:

$$G_x = \frac{V \cdot \rho_x}{\tau_0} \cdot 3600, \text{ кг/соат},$$

бу ерда V — ўлчаш асбоби орқали τ_0 вақт ичида ўтган ҳаво ҳажми, m^3 ;

τ_0 — ўлчанган вақт, *сек*;

ρ_x — ҳавонинг зичлиги, $\text{кг}/m^3$.

Ҳавонинг зичлиги:

$$\rho_x = 0,465 \frac{B_0}{273 + t_0}$$

бу ерда B_0 — барометрик босим, *мм симоб устуни*;

t_0 — ташқи муҳитнинг температураси, $^{\circ}\text{C}$.

Дроссель асбоблар ва ҳажмий асбоблар ҳаво сарфини стационар оқим шароитида ўлчашга мўлжалланган.

Двигателлар учун характерли бўлган, пульсацияланувчи оқимдаги ҳаво сарфини ўлчаш учун, двигатель билан ўлчаш асбоби орасига пульсацияланишни пасайтирувчи демферли ора-

лиқ сиғим (ресивер) қўйилади. Ресивернинг сиғимини қуйидаги формуладан тахминан аниқлаш мумкин:

$$V_{\text{рес}} = \frac{200 \cdot V_h}{i}$$

бу ерда V_h — двигатель цилиндрининг иш ҳажми, л;
 i — цилиндрлар сони.

Агар ҳавонинг бир соатдаги сарфи аниқ бўлса, у ҳолда тўрт тактли двигателнинг тўлдириш коэффициенти қуйигагича аниқланади:

$$\eta_v = \frac{G_x}{i V_h \frac{n}{2} 60 \cdot \rho_x}$$

Касрнинг махражи тўрт тактли двигателга бир соат давомида берилиши мумкин бўлган ҳавонинг назарий миқдорини билдиради.

Икки тактли двигателда ёки тўрт тактли наддувли двигателда тўлдириш коэффициентини аниқлаш қийин, чунки наддув (ҳаво ҳайдаш) вақтида ҳавонинг бир қисми ишлатилган газлар билан чиқиб кетади.

Ҳавонинг ортиқлик коэффициентини аниқлаш учун ёнилғининг элементар таркибини билиш керак, чунки:

$$\alpha = \frac{G_x}{G_e \cdot l_0},$$

бу ерда l_0 — 1 кг ёнилғининг ёниши учун керак бўлган ҳавонинг назарий миқдори, кг. У (143) тенгламадан ҳисоблаб топилади.

67- §. ТЕМПЕРАТУРАНИ ЎЛЧАШ

150° С гача бўлган температурани ўлчаш учун оддий симобли ёки турли махсус дистанцион термометрлар (қаршилик термометрлари, манометрик термометрлар) ишлатиш мумкин.

Юқори температуралар (ишлатилган газларнинг температураси) термопаралар ёрдамида ўлчанади.

Термопара турли металллар ёки қотишмалар (темир-константан, мис-константан, хромель-копель ва бошқалар) дан ясалган иккита симдан иборат бўлиб, уларнинг бир учи бир-бирига кавшарланган бўлиб, бошқа учлари эса милливольтметрга уланган. Термопаранинг кавшарланган учи қиздирилганда, совуқ ва иссиқ учлар орасидаги температуралар фарқи натижа-сида термоэлектр юритувчи куч ҳосил бўлади. Бу куч қизиш температурасига пропорционал бўлиб, °С га даражаланган милливольтметр билан аниқланади.

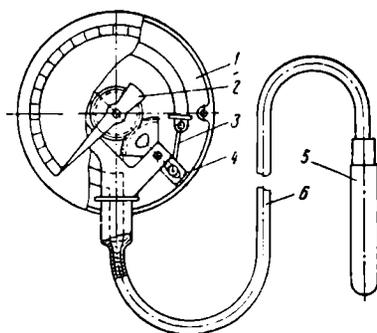
Ишлатилган газлар температурасини ўлчаш учун термопаранинг кавшарланган қисми ҳимоя қилувчи керамикавий ко-

биққа жойлаштирилиб, чиқариш трубаси ичига ўрнатилади.

Совитиш суви ва мойнинг температурасини ўлчаш учун, асосан, қаршилик термометрлари ва манометрик термометрлар (азротермометрлар) ишлатилади.

Манометрик термометрда (149- расм) температураси ўлчанадиган муҳитга жойлаштирилувчи датчик 5 бор. Датчик осон бугланадиган суюқлик билан тўлдирилган баллончадан иборат. Бу датчик узунлиги 4—6 м ли капилляр най 6 воситасида манометр шаклидаги ва °С га даражаланган қабул қилгичга уланган.

Датчикдаги суюқлик температура таъсирида бугланади, шунда буғ босими ўлчанаётган муҳит температурасига пропорционал равишда ошади.



149- расм. Манометрик термометр:
1 — корпус; 2 — кўрсаткич стрелкаси; 3 — Бурдон трубкасининг тортиқиси; 4 — сектор; 5 — датчик; 6 — капилляр трубка

68- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ИНДИКАТОРИЙ БОСИМИНИ ЎЛЧАШ

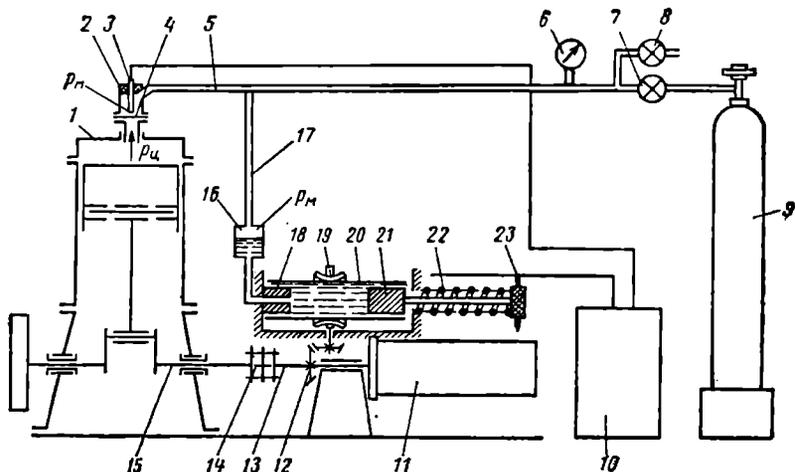
Двигателнинг иш процессини характерловчи айрим кўрсаткичларни анализ қилиш учун индикаторий диаграммаси бўлиши керак. Индикаторий диаграмма олиш учун индикатор деб аталувчи махсус асбоб ишлатилади. Бу асбоб ёрдамида цилиндрдаги босимнинг тирсакли валнинг бурилиш бурчаги бўйича ($p - \varphi$ координаталарда) ёки поршень йўлига қараб ($p - V$ координаталарда) ўзгариши ёзилади.

Двигателнинг индикаторий босимини ўлчаш учун ишлатиладиган индикаторларни икки гурпуга бўлиш мумкин: бир хил индикаторлар фақат бир цикл давомидаги процессларни диаграмма кўринишида ёзади (бир циклли диаграммалар), бошқалари эса кетма-кет келадиган бир қанча циклни ёзиб олади (кўп циклли диаграммалар). Кўп циклли диаграммаларнинг ўртача қиймати жуда кўп циклар учун предметларнинг ўртача миқдорини анализ қилиш имконини беради.

Тез юрар двигателларнинг индикаторий диаграммаларини хатосиз олиш учун кичик массали, бинобарин, ҳаракатланувчи деталарининг инерцияси кам механикавий юритмали индикаторлар ёки деярли инерциясиз осциллографлар ишлатиш лозим.

Тез юрар двигателларда кўп циклли диаграмма олиш учун пневмоэлектрик индикаторлар ишлатилади. МАИ-2 типдаги индикаторнинг ишлаш принципи ва тузилишини тушунтирувчи схема 150- расмда кўрсатилган.

Цилиндрлар головкаси 1 га сезгир элементли босим қабул қилгич 2 ўрнатилади. Сезгир элемент юпқа пўлат мембрана



150- расм. МАИ-2 типдаги пневмоэлектрик индикаторнинг схемаси

4 дан иборат бўлиб, баллон 9 га ҳаво магистрали 5 воситасида уланган қабул қилгичнинг юқори қисмини цилиндрга қўшилган пастки қисмидан ажратиб туради.

Ҳаво магистралига манометр 6, тўлдириш крани 7 ва босимни пасайтирувчи кран 8 ўрнатилган. Магистрал 5 да ҳосил бўлган босим шахобча 17 орқали суяқлик билан тўлдирилган кенгайтириш бакчаси 16 га узатилади.

Индикаторнинг ёзувчи қисми ўлчаш механизми ва барабан 11 дан иборат. Барабан махсус муфта 14 билан двигателнинг тирсақли вали 15 га уланади. Ўлчаш механизми сифатида пружина-поршенли манометр ишлатилади. Бу манометр гильза 20 шаклида бўлиб, унинг ичида ҳаракатланмайдиган ковак плунжер 18 ва ҳаракатланмайдиган плунжер 21 жойлашган. Плунжер 21 ўқига изоляция қилинган разрядли штифт 23 ўрнатилган. Пружина 22 билан юкланган штифт 23 нинг силжиши плунжер 21 га таъсир қилаётган босим p_m га тўғри муносиб бўлади.

Ўлчаш аниқлигига плунжер 21 нинг ишқаланиш таъсирини камайтириш учун гильза барабаннинг вали 13 дан шестернялар системаси 12 ва червякли узатма 19 орқали айланма ҳаракатга келтирилади.

Индикаторнинг электрик системаси қўзғалмас контакт 3 дан иборат бўлиб, у электр симлар орқали тиратрон ўзгартгич 10 ва разрядли штифт 23 га уланган.

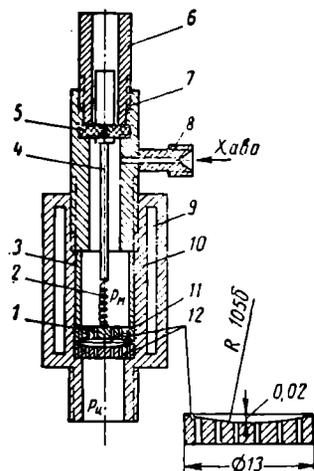
Двигателдаги босимни индикатор билан ўлчашда муфта 14 уланади ва кран 8 ёпиқ бўлгани ҳолда баллон 9 дан аста очилаётган кран 7 орқали магистрал 5 га ҳаво берилади, шунда манометр 6 орқали босим p_m нинг ўзгариши кузатилади.

Бундай босим қабул қилгичнинг мембранаси устидаги бўшлиғида ҳам бўлади (151- расм). Агар босим p_m цилиндрдаги максимал босим p_c дан катта бўлса, мембрана пастки ўриндиқ 12 га сиқилади (151- расм). Кран 8 ни очиб (150- расм), магистралдаги босим камайтирилса (кран 7 берк), шундай ҳолат ҳосил бўладики, унда босим p_m бирмунча вақт босим p_c га тенг ёки ундан бир оз кичик бўлади. Бу ҳолда мембрана аввал пастки ўриндиқдан кўчади ва нейтрал ҳолатни олади, сўнгра эса юқоридаги ўриндиқ 12 га қисилади (151- расм). Мембрананинг бундай силжиши амалда оний вақт ичида содир бўлади, чунки поршень ю. ч. н. га ҳаракатланганда босим p_c кескин ошади, аммо босим p_m цикл давомида жуда кам ўзгаради.

Кенгайиш процессида босим p_c камаяди ва мембрана юқори ўриндиққа қисилиши ва босим p_m цилиндрдаги босим p_c дан катта бўлиши биланоқ мембрана тескари томонга ҳаракат қилиб, яна пастки ўриндиққа қисилади.

Мембрананинг юқори ўриндиққа сиқилиш пайтини қўзғалмас контакт 4 билдиради. Мембрана, цилиндрдаги p_c ва магистралдаги p_m босимлар фарқига қараб контактга уринади ёки ундан узоқлашади. Шунда мембрана электрик импульс ҳосил бўлади. Импульслар тиратронли реле-ўзгартгич 10 да (150- расм) 12—18 кВ гача кучайтирилиб, разрядли штифт 23 га узатилади. Натижада учқунли разряд ҳосил бўлади. Бу учқун айланётган барабанга маҳкамланган қоғозда нуқта қолдиради, нуқтанинг ҳолати мазкур босимда тирсакли валнинг бурилиш бурчагини ҳам билдиради. Нуқтанинг ординатаси пружинанинг масштабани ҳисобга олганда бу босимнинг миқдорини аниқлайди.

Шундай қилиб, бир циклда магистралдаги босим p_m маълум бўлганда, индикаторий диаграммада фақат икки нуқта олиш мумкин: бири сиқиш чизигида, иккинчиси эса кенгайиш чизигида. Кран 8 ни очиб, магистралдаги ҳавони секин чиқариш йўли билан босим p_m ни ўзгартириш ва учқун қолдирган нуқталарни кўплаб ҳосил қилиш мумкин. Нуқталарнинг ҳар бири тирсакли вал маълум бурчакка бурилганда сиқиш процессида



151- расм. Пневмоэлектрик қабул қилгичнинг схемаси:

1 — изоляцияланган контакт; 2 — контакт пружинаси; 3 — оралиқ втулка; 4 — қўзғалмас контакт; 5 — изоляцияловчи қистирма; 6 — зичловчи втулка; 7 — сиқувчи втулка; 8 — магистралдан сиқилган ҳавони келтириш штуцери; 9 — сув ғилофи; 10 — корпус; 11 — мембрана; 12 — мембрана ўриндиғи

АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛЛАРИ КИНЕМАТИКАСИ, ДИНАМИКАСИ ВА КОНСТРУКЦИЯСИ

XV боб

КРИВОШИП-ШАТУНЛИ МЕХАНИЗМ КИНЕМАТИКАСИ

69- §. АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР ВА БЕЛГИЛАР

Поршенли двигателнинг кривошип-шатунли механизми (153- расм, *a*) кривошип 1, шатун 2 ва поршень 3 дан тузилган бўлиб, поршеннинг илгарилама-қайтар ҳаракатини кривошипнинг айланма ҳаракатига айлантириб беради.

Кривошип тузилиши жиҳатдан двигатель тирсакли валининг бир тирсагидан иборат, у подшипникларда айланувчи ўзак бўйинлар 4 дан ва ўзак бўйинларга иккита жағ 6 воситасида бириктирилган шатун ёки кривошип бўйни 5 дан тузилган. Иккита ўзак подшипник орасида икки кривошип жойлашган тирсакли вал ҳам бўлади. Жағларнинг давомида посангилар 7 ўрнатилади. Шатуннинг пастки головкаси кривошипнинг шатун бўйни билан шарнирли, юқори головкаси эса поршень бармоғи воситасида поршень билан боғланган.

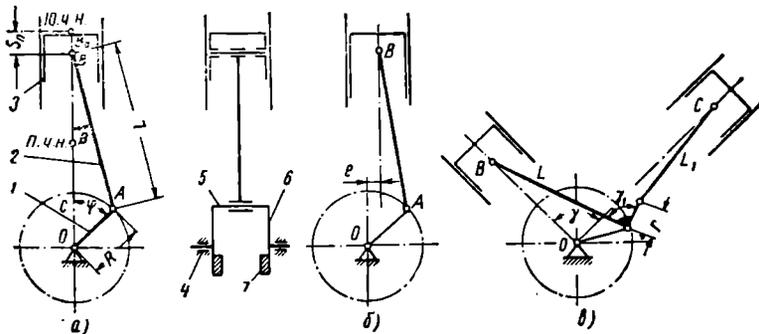
Кривошип-шатунли механизмлар конструктив схемаси жиҳатидан қуйидагиларга бўлинади:

1. Марказий ёки аксиал кривошип-шатунли механизм (153- расм. *a*); бундай механизмларда цилиндрнинг ўқи тирсакли валнинг ўқи билан кесишади.

2. Дезаксиал кривошип-шатунли механизм (153- расм. *b*), бунда цилиндрнинг ўқи тирсакли валнинг ўқи билан кесишмайди.

Дезаксиал кривошип-шатунли механизм билан жиҳозланган двигателда цилиндрнинг ўқи, одатда, тирсакли валнинг ўқиға нисбатан унинг айланиш тарафига қараб e масофаға (дезаксаж) сурилган бўлади. Бу сурилиш миқдори поршень йўлининг 10 процентидан ошмайди. Автомобиль двигателларида нисбий дезаксаж $k = 0,04 \div 0,1$ чегарада ўзгаради, бу ерда $k = e/R$ (R — кривошип радиуси).

Дезаксажни қўлланиб, қуйидагиларға эришилади: 1) иш



153- расм. Кривошип-шатунли механизмларнинг схемалари:

а — марказий (аксналь); б — дезаксналь; в — тиркама шатунли

йўли вақтида поршеннинг цилиндр деворига босими камаяди ва бу босим сиқиш йўли вақтида ортади, бу эса двигателнинг бир текис ейилишини таъминлайди; 2) поршеннинг йўли қисман катталашади, бунинг натижасида двигателнинг иш ҳажми, бинобарин, унинг қуввати ҳам оширилиши мумкин; 3) поршеннинг тезлиги юқори чекка нуқта яқинида камаяди; бунинг натижасида ўзгармас ҳажмда ёниш процесси яхшиланади; 4) тирсакли вал билан тақсимлаш вали орасидаги масофа катталашади, бу эса шатун пастки головкасининг бемалол айланиши учун керак бўлган бўшлиқнинг катталашига олиб келади; 5) газ тақсимлаш яхшиланади ва двигателнинг картери кам деформацияланади (бу масала ҳали тўла ўрганилган эмас).

Двигателларнинг айланишлар сони ошиб бориши билан юқорида кўрсатилган афзалликларнинг баъзилари ўз қийматини йўқотади, чунки ишқаланиш иши, асосан, инерция кучларининг қиймати билан аниқланади. Бу кучлар дезаксажга деярли боғлиқ бўлмайди.

Поршень бармоғи поршеннинг ўқиға нисбатан силжитилган кривошип-шатунли механизм билан жиҳозланган двигателлар (буларда цилиндр ва тирсакли валнинг ўқлари бир текисликда жойлашади), худди дезакснал кривошип-шатунли механизмли двигателлардаги афзалликларга эга бўлади. Бундай двигателлар борган сари кенг қўлланилмоқда. Бундай двигателлардаги дезаксаж тахминан $0,02R$ ни ташкил этади.

Поршеннинг дезаксажи кичик бўлгани учун дезакснал кривошип-шатунли механизмни кинематик ҳисоблашда марказий кривошип-шатунли механизм формулаларидан фойдаланиш мумкин.

3. Тиркама шатунли кривошип-шатунли механизм (153-расм, а); бундай механизмда икки ёки бир неча шатун тирсакли валнинг битта бўйнига ўрнатилган бўлиб, шатун бўйни билан шарнирли боғланган шатун ва унга мос келган цилиндр

бош шатун ва бош цилиндр дейилади. Бош шатуннинг пастки головкасига махсус бармоқ ёрдамида шарнирли боғланган бошқа цилиндр шатуни тиркама шатун дейилади, унга мос келган цилиндр эса ён цилиндр деб аталади. Бундай типдаги кривошип-шатунли механизмларга баъзи V-симон двигателларнинг механизмлари мисол бўла олади (Д-12А¹). Цилиндрлари V-симон жойлашган двигателнинг узунлиги бир қаторли двигателниқидан қисқа бўлади.

Марказий кривошип-шатунли механизмнинг асосий геометрик ўлчамлари кривошипнинг радиуси R (153-расм, a) ва шатуннинг узунлиги L дан иборат. Дезаксиал механизмда силжиш (дезаксаж) қиймати e (153-расм, b) қўшилади, тиркама шатунли механизм ишлатилганда эса бош цилиндрнинг ўлчамларидан ташқари тиркама шатунга тегишли ўлчамлар ҳам берилади (153-расм, a); L_1 — тиркама шатуннинг узунлиги, r — бош шатун пастки головкасининг марказидан тиркама шатун бармоғининг марказигача бўлган масофа ёки тиркама радиуси, γ — цилиндрлар ўқларининг орасидаги бурчак (огиш бурчаги) ва γ_1 — бош шатун пастки головкасининг ўқи ва тиркама шатун бармоғининг ўқи орқали ўтказилган текислик билан бош шатуннинг ўқи орасидаги бурчак (тиркаш бурчаги). Лойиҳаланаётган двигатель учун поршеннинг берилган қувват ва тирсакли валнинг айланишлари сонига мос бўлган йўли S тахминан танланган қуйидаги параметрлар билан аниқланади:

1) двигатель цилиндрлари сони i ; 2) поршень йўли S нинг цилиндр диаметри D га нисбати, яъни S/D ; 3) двигательнинг литравий қуввати.

Марказий кривошип-шатунли механизм ишлатилганда $S = 2R$ ва R нинг топилган қиймати бўйича шатуннинг узунлиги L аниқланади, бунда нисбат $\lambda = \frac{R}{L}$ нинг қиймати танлаб олинади. Ҳозирги замон автомобиль двигателлари учун $\lambda = \frac{1}{3} \div \frac{1}{3,8}$.

Одатда, кривошип-шатунли механизмнинг кинематикаси текширилаётганда тирсакли валнинг айланишидаги бурчагий тезлиги ўзгармас деб ҳисобланади, ва бинобарин, унинг бурилиш бурчаги вақтга мутаносиб бўлади. Ҳақиқатда валнинг бурчагий тезлиги ўзгарувчан бўлади, бу двигатель буровчи моментининг нотекислиги билан тушунтирилади. Двигатель турғунлашган режимда ишлаганда тирсакли валнинг бурчагий тезлиги ниҳоятда кичик оралиқда ўзгаради. Фақат динамика-

¹ Автомобилларнинг кўпчилик V-симон двигателларида шатулар шатун бўйинларида ёнма-ён жойлашади. Бунда кривошип-шатунли механизм марказий бўлади ва бир қатор цилиндрларнинг ўқи бошқа қатордаги цилиндрларнинг ўқларига нисбатан шатуннинг кривошипли головкасининг эшига теги катталиқка силжийди.

нинг махсус масалалари текширилаётганда, жумладан тирсакли вал системасининг буралма тебранишлари кўрилганда бурчагий тезликнинг ўзгариши ҳисобга олинади.

70- §. МАРКАЗИЙ КРИВОШИП-ШАТУНЛИ МЕХАНИЗМДАГИ КИНЕМАТИК МУНОСАБАТ

1. Кривошипнинг бурчагий кўчиши, бурчагий тезлиги ва бурчагий тезланиши

Бурчагий тезлик кривошипнинг бурчагий кўчишидан вақт бўйича биринчи даражали ҳосила олиш йўли билан топилади. Агар бурчагий тезлик ўзгармас бўлса, у тирсакли валнинг берилган минутига айланишлари сони орқали қуйидагича ифодаланади:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{2\pi n}{60} \approx 0,1047 n \text{ рад/сек.} \quad (301)$$

Кривошипнинг бурчагий кўчиши $\omega = \text{const}$ бўлганда текис ҳаракат формуласидан аниқланади:

$$\varphi = \omega \cdot t \text{ рад.}$$

ёки

$$\varphi = \frac{180}{\pi} \omega \cdot t = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot t = 6nt^\circ. \quad (302)$$

Кривошипнинг шатун бўйни ўқининг айлана тезлиги:

$$v_a = \omega \cdot R. \quad (303)$$

Кривошип айланганда, қиймати ўзгармас ва кривошипнинг радиуси бўйлаб марказга йўналган марказга интилма тезланиш вужудга келади:

$$w_a = \omega^2 \cdot R. \quad (304)$$

2. Поршеннинг кўчиши

Кривошип φ бурчакка бурилганда поршень юқори чекка нуқтадан (153- расм, a) қуйидаги масофага кўчади:

$$S_n = B_0B = OB_0 - OB = OB_0 - (OC + CB),$$

бу ерда

$$OB_0 = R + L,$$

тўғри бурчакли ACB ва ACO учбурчакликлардан эса

$$OC = OA \cdot \cos \alpha = R \cdot \cos \alpha;$$

$$CB = AB \cdot \cos \beta = L \cos \beta,$$

бўлгани учун:

$$S_n = R + L - (R \cdot \cos \varphi + L \cdot \cos \beta).$$

R ни қавс ташқарисига чиқарсак:

$$S_n = R \left[1 + \frac{L}{R} - \left(\cos \varphi + \frac{L}{R} \cos \beta \right) \right]$$

ёки $\lambda = \frac{R}{L}$ деб қабул қилсак:

$$S_n = R \left[1 + \frac{1}{\lambda} - \left(\cos \varphi + \frac{1}{\lambda} \cos \beta \right) \right]. \quad (305)$$

Ҳосил бўлган тенгламани соддалаштириш учун $\cos \beta$ ни φ бурчакнинг функцияси тарзида ифодаalayмиз. ACB ва AOC уч-бурчакликлардан маълумки:

$$R \cdot \sin \varphi = L \cdot \sin \beta,$$

бу ердан $\sin \beta = \lambda \cdot \sin \varphi$,

Маълумки:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \lambda^2 \cdot \sin^2 \varphi},$$

шунинг учун:

$$S_n = R \left[1 + \frac{1}{\lambda} - \left(\cos \varphi + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi} \right) \right]. \quad (306)$$

Олинган тенглама поршеннинг кўчиши билан кривошипнинг бурилиш бурчаги орасидаги аниқ боғланишни беради. Тезланишни топиш учун бу тенгламани икки марта дифференциалласак, ишлатилиши қўпол бўлган ифодани оламиз. Шунинг учун бу тенглама тахминий, лекин етарли даражада аниқ ифода билан алмаштирилиб, соддалаштирилади.

Бунинг учун (306) тенгламага кирган $(1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}$ ифода Ньютон бинoми бўйича қаторга ёйилади.

Умумий ҳол учун бинoминал қатор қуйидаги кўринишда бўлади:

$$(a - b)^n = a^n - n a^{n-1} b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2} b^2 - \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} a^{n-3} \times \\ \times b^3 + \dots$$

Кўрилатган мисолда:

$$a = 1; b = \lambda^2 \sin^2 \varphi \text{ ва } n = \frac{1}{2};$$

Демак:

$$(1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \varphi - \frac{1}{8} \lambda^4 \sin^4 \varphi - \dots$$

$\lambda = \frac{1}{3}$ ва $\varphi = 90^\circ$ бўлган жуда ноқулай ҳолда ҳам қаторнинг иккинчи ҳади биринчи ҳаднинг кўпи билан 5 процентини, учинчи ҳад эса фақатгина 0,02% га яқинини ташкил этади. Шунинг учун етарли аниқликда қаторнинг дастлабки икки ҳади билан чекланиш, яъни қуйидагича ҳисоблаш мумкин:

$$(1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \varphi$$

Бу ҳолда (306) тенглама қуйидаги кўринишда бўлади:

$$S_n = R \left\{ 1 + \frac{1}{\lambda} - \left[\cos \varphi + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{2} \lambda^2 \sin^2 \varphi \right) \right] \right\},$$

лекин

$$\sin^2 \varphi = \frac{1 - \cos 2\varphi}{2}$$

у ҳолда:

$$S_n = R \left(1 + \frac{1}{\lambda} - \cos \varphi - \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{4} \lambda - \frac{1}{4} \lambda \cdot \cos 2\varphi \right)$$

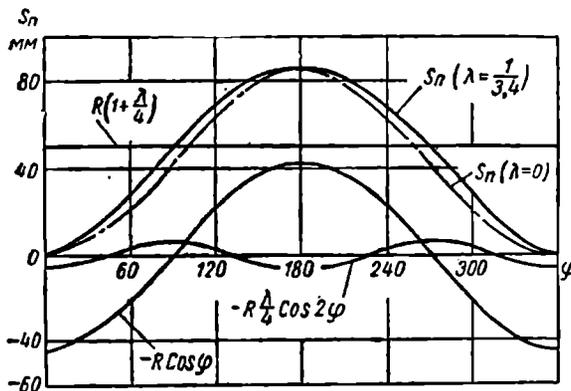
ёки

$$S_n = R \left[1 + \frac{\lambda}{4} - \left(\cos \varphi + \frac{\lambda}{4} \cdot \cos 2\varphi \right) \right]. \quad (307)$$

(307) тенгламани қуйидагича ифодалаш ҳам мумкин:

$$S_n = R \left(1 + \frac{\lambda}{4} \right) - R \cos \varphi - R \cdot \frac{\lambda}{4} \cos 2\varphi.$$

154-расмда поршеннинг кўчиши, унинг ташкил этувчилари ҳамда λ нинг турли қийматлари учун поршень кўчишининг тирсақли валнинг бурилиш бурчагига боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиқлар келтирилган.



154-расм. Поршеннинг ҳаракатини ифодаловчи эгри чизиқ

(307) тенгламадан қуйидагиларни оламир:

$$\varphi = 0^\circ \text{ да } S_n = 0;$$

$$\varphi = 90^\circ \text{ да } S_n = R \left(1 + \frac{\lambda}{2} \right);$$

$$\varphi = 180^\circ \text{ да } S_n = 2R.$$

Булардан кўрииб турибдики, кривошип ю. ч. н. дан дастлабки 90° ($\varphi = 90^\circ$) га бурилганда поршеннинг кўчиши (йўли) кривошипнинг кейинги 90° ($\varphi = 180^\circ$) га бурилгандаги поршеннинг кўчишидан анча катта бўлади. Бунинг сабаби қуйидагича. Поршеннинг ҳаракати икки сабаб таъсирида содир бўлади: шатуннинг цилиндр ўқи бўйлаб кўчиши ва шатун ўқининг цилиндр ўқидан оғиши; поршень ю. ч. н. да бўлганда шатун цилиндр ўқи бўйлаб жойлашади. Мана шу икки фактор поршеннинг бир йўналишда кўчишини таъминлайди, натижада кривошип ю. ч. н. дан дастлабки 90° га бурилганда поршень ўз йўлининг ярмидан кўпини ўтади.

Кўрииб турибдики, шатуннинг узунлиги қанча катта, яъни λ нинг қиймати қанча кичик бўлса, шатун ўқининг цилиндр ўқидан оғиши поршеннинг кўчиш қийматига шунча кам таъсир этади. Шатуннинг узунлиги чексиз катта бўлганда бу таъсир чексиз кичик бўлади. Шунинг учун поршеннинг ҳаракати шатуннинг тирсакли валга боғланган учининг цилиндр ўқи бўйлаб кўчиши билан аниқланади.

3. Поршеннинг тезлиги

Поршеннинг тезлигини ифодаловчи аниқ формула қуйидаги кўринишда бўлади:

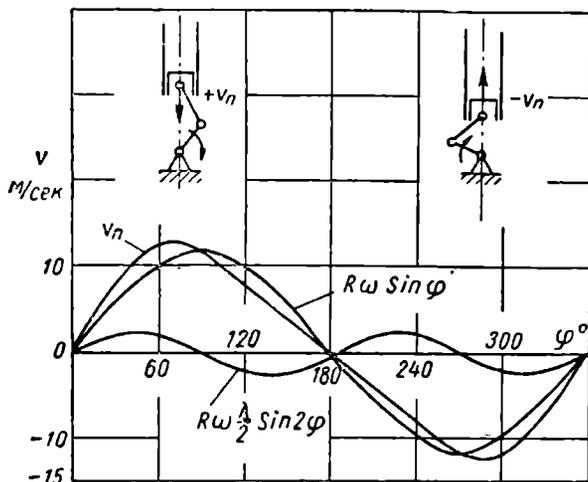
$$v_n = R \cdot \omega \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} \quad (308)$$

Ҳисоблаш учун етарли даражада аниқликка эга бўлган тезлик тенгламаси (307) тенгламани вақт бўйича дифференциаллаш йўли билан ҳосил қилинади:

$$v_n = \frac{dS_n}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{dS_n}{d\varphi} = R \cdot \omega \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right). \quad (309)$$

Поршень тезлигини ва унинг ташкил этувчиларипи ифодаловчи эгри чизиқлар 155- расмда келтирилган. Агар поршень тезлигининг вектори ю. ч. н. дан п. ч. н. га йўналган бўлса, поршеннинг тезлиги мусбат, тескари йўналганда манфий бўлади.

Ю. ч. н. ва п. ч. н. да поршеннинг ҳаракат йўналиши ўзгариш туфайли бу нуқталарда поршеннинг тезлиги нолга тенг. $\varphi = 90^\circ$ да $v_n = R \cdot \omega$, яъни поршеннинг тезлиги шатун бўйни ўқининг айлана тезлигига тенг бўлади. Аммо бу тезлик максимал тезлик бўла олмайди.



155- расм. Поршеннинг тезлигини ифодаловчи эгри чизик

Поршеннинг тезлиги максимал қийматга етгандаги валнинг бурилиш бурчаги (309) тенгламадан аниқланади. Бунинг учун тенгламани φ бўйича дифференциаллаб, биринчи даражали ҳосила нолга тенг деб олинади, яъни:

$$\frac{dv_n}{d\varphi} = R\omega^2 (\cos \varphi_{v_n \max} + \lambda \cdot \cos 2 \varphi_{v_n \max}) = 0$$

Ҳисобларнинг кўрсатишича:

$$\lambda = \frac{1}{3} \text{ да } \varphi_{v_n \max} = 73,5^\circ \quad \text{ва} \quad v_{n \max} \approx 1,05 R \omega;$$

$$\lambda = \frac{1}{4} \text{ да } \varphi_{v_n \max} = 75^\circ \quad \text{ва} \quad v_{n \max} \approx 1,03 R \omega;$$

$$\lambda = 0 \text{ да } \varphi_{v_n \max} = 90^\circ \quad \text{ва} \quad v_{n \max} \approx R\omega$$

Поршеннинг классификацион параметрни ифодаловчи ўртача тезлиги двигателларнинг ўхшашлик назарияси асоси қилиб олинган. Бу кўрсаткичдан кўпинча двигателларнинг сифатини баҳолашда фойдаланилади.

1 минут давомида двигателнинг вали n марта айланади, поршень эса $2 S_n$ йўлни ўтади, шунинг учун

$$v_{n \text{ ўрт}} = \frac{2S_n}{60} = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{2}{\pi} R \cdot \omega \quad (310)$$

Автомобиль двигателлари учун $v_{n \text{ ўрт}} = 10 \div 16$ м/сек га тенг. Пойга автомобилларининг двигателларида тирсакли валнинг айланишлар сони минутига 6 000 ÷ 14 000 бўлганда поршеннинг ўртача тезлиги 22 ÷ 36 м/сек га етади.

4. Поршеннинг тезланиши

Поршеннинг тезланишини аниқ ифодаловчи формула (308) тенгламани вақт t бўйича дифференциаллаш йўли билан ҳосил қилинади. Дифференциал тенгламани тегишлича ўзгартиришлардан сўнг қуйидаги ифодани оламиз:

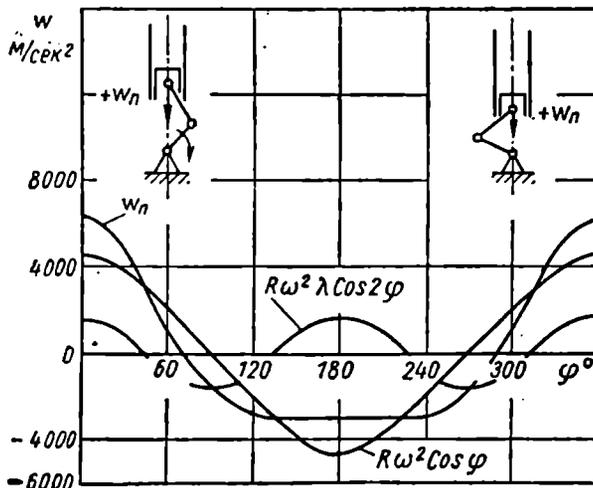
$$w_n = \frac{dv_n}{dt} = R \cdot \omega^2 \left[\frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta} + \lambda \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \beta} \right]. \quad (311)$$

Ҳисоблаш учун етарли даражада аниқ бўлган тенглама — поршеннинг тезланиш тенгламаси (309) тенгламани вақт t бўйича дифференциаллаш йўли билан ҳосил қилинади:

$$w_n = \frac{dv_n}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{dv_n}{d\varphi} = R\omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) \quad (312)$$

Поршеннинг тезланиши ва унинг ташкил этувчиларининг (биринчи ва иккинчи гармоника) тирсакли валнинг бурилиш бурчагига боғлиқлигини ифодаловчи эгри чизиқлар 156-расмда келтирилган.

Агар поршеннинг тезланиш вектори тирсакли валнинг ўқи-га йўналган бўлса, поршеннинг тезланиши мусбат бўлади. Поршень ҳаракатининг йўналишидан қатъи назар, ю. ч. н. да тезланиш доим мусбат, п. ч. н. да эса манфий бўлади. Шатун билан кривошип тўғри бурчак ҳосил қилган пайтда поршеннинг тезланиши нолга тенг.



156-расм. Поршеннинг тезланишини ифодаловчи эгри чизиқ

Поршень тезланишининг экстремал қийматларини (312) тенгламадан аниқлаш мумкин; бунинг учун тенгламанинг ҳосиласини нолга бараварлаймиз:

$$\frac{d\omega_n}{dt} = -(\sin \varphi + 2\lambda \sin 2\varphi)\omega = -\sin \varphi(1 + 4\lambda \cos \varphi) = 0$$

Ҳисобларнинг кўрсатишича:

$$\begin{aligned} \varphi = 0^\circ & \quad \text{да} & \quad \omega_{n \max} &= R \cdot \omega^2 (1 + \lambda); \\ \varphi = 180^\circ & \quad \text{да} & \quad \omega_{n \min} &= R \omega^2 (1 - \lambda); \\ \cos \varphi = -\frac{1}{4\lambda} & \quad \text{да} & \quad \omega_n &= -R \omega^2 \left(\frac{1}{8\lambda} + \lambda\right). \end{aligned}$$

Енгил автомобилларнинг карбюраторли двигателларида поршеннинг тезланиши 22 000 m/sec^2 га, пойга автомобилларининг двигателларида эса тирсакли валнинг айланишлари сони минутига 6000 ÷ 14000 бўлганда 36 000 ÷ 93 000 m/sec^2 га етади.

Марказий кривошип-шатунли механизмларнинг кинематикавий параметрларини ҳисоблашни тезлатиш учун $\frac{S_n}{R}$; $\frac{W_n}{R \cdot \omega^2}$ ва $\frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$ катталикларнинг қийматлари тирсакли валнинг бурилиш бурчаги φ бўйича λ нинг турли қийматлари учун жадваллардан топилади¹.

¹ М. М. Вихерт ва бошқалар. Конструкция и расчет автотракторных двигателей (Автотрактор двигателларининг конструкцияси ва ҳисобланиши) 2- нашри. М., Машгиз. 1964, 544 ва 546- бетлар.

КРИВОШИП-ШАТУНЛИ МЕХАНИЗМ ДИНАМИКАСИ

Двигатель ишлаётганда кривошип-шатунли механизмга газларнинг босим кучи ва инерция кучлари таъсир қилади. Катталиги ва йўналиши жиҳатидан ўзгарувчан тезлик билан ҳаракат қилувчи кривошип-шатунли механизм массаларининг инерция кучлари двигателнинг ҳамма иш режимларида пайдо бўлади ва механизмнинг баъзи бир деталлари учун асосий ҳисобий кучлар сифатида қабул қилинади. Инерция кучлари айланишлар сони катта бўлган двигателларда газларнинг босим кучидан анча катта бўлади, шунинг учун деталларни чидамликка (чарчаш мустаҳкамлигига) ҳисоблашда улар асосий кучдир.

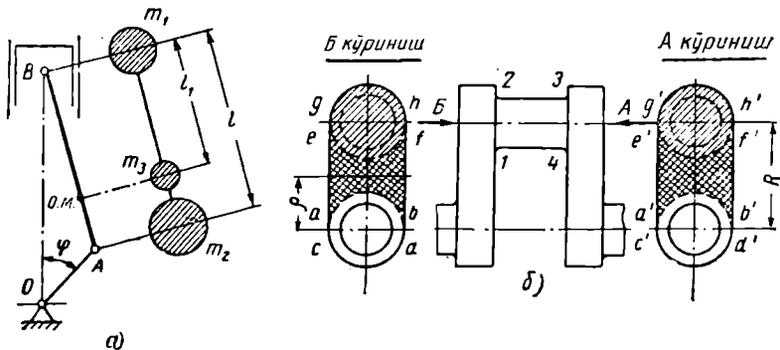
Кривошип-шатунли механизм массаларининг инерция кучлари ҳаракатнинг характерига қараб уч хил бўлади: 1) қайтарилгариланма ҳаракат қилувчи массаларнинг инерция кучлари; 2) айланувчи массаларнинг инерция кучлари; 3) мураккаб ҳаракат қилувчи массаларнинг инерция кучлари.

Бу кучларнинг қийматини аниқлаш учун деталь ва механизм массаларини билиш керак.

71- §. КРИВОШИП-ШАТУНЛИ МЕХАНИЗМНИНГ МАССАЛАРИНИ КЕЛТИРИШ

1. Шатун массасини келтириш

Шатун тирсакли валнинг ўқиға тик текисликда мураккаб қайтар-илгариланма-тебранма ҳаракат қилади. Кривошип-шатунли механизмни динамикавий ҳисоблашни соддалаштириш мақсадида шатуннинг инерция кучларини аниқлашнинг тахминий усули қўлланилади. Бунинг учун механика қонунлари асо-



157- расм. Массаларни келтириш:

a — шатуннинг массасини келтириш; *б* — кривошипнинг массасини келтириш

сида шатуннинг ҳақиқий массасининг ҳаракати икки ёки учта шартли масса ҳаракати билан алмаштирилади.

Шатуннинг массасини учта массага келтирганда улардан бири m_1 масса (157- расм, *a*) шатуннинг юқори головкаси ўқида, иккинчиси m_2 масса шатуннинг пастки головкаси ўқида, учинчисини m_3 масса эса шатуннинг оғирлик марказида жойлаштирилади.

Шатуннинг уч массали система билан динамикавий ўхшашлигини таъминлаш учун қуйидаги шартларга амал қилиш керак:

1) ҳамма массаларнинг йиғиндиси шатун массаси $m_{ш}$ га тенг бўлиши;

2) учта массанинг умумий оғирлик маркази шатуннинг оғирлик маркази билан мос жойлашиши;

3) ҳамма массаларнинг шатун оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моментларининг йиғиндиси шатуннинг худди шу ўққа нисбатан инерция momenti $J_{ш}$ га тенг бўлиши;

4) массалар шатуннинг оғирлик марказидан ўтувчи битта тўғри чизиқда ётиши керак.

Дастлабки учта шарт қуйидаги тенгламалар билан ифодаланиши мумкин:

$$1) m_{ш} = m_1 + m_2 + m_3;$$

$$2) m_1 l_1 = m_2 (l - l_1);$$

$$3) J_{ш} = m_1 l_1^2 + m_2 (l - l_1)^2.$$

Бу тенгламалар системасини ечиб, қуйидагиларни топамиз:

$$m_1 = \frac{J_{ш}}{l_1 l}; \quad m_2 = \frac{J_{ш}}{(l - l_1) l}; \quad m_3 = m_{ш} - \frac{J_{ш}}{l_1 (l - l_1)}. \quad (313)$$

m_3 масса m_1 ва m_2 массаларга қараганда жуда кичик бўлгани учун уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади. Бу эса ҳисобни анча осонлаштиради.

Автомобиль двигателлари учун статистик маълумотлар асо-
сида қуйидагиларни тавсия этиш мумкин:

$$m_1 = (0,2 \div 0,3) m_{ш}; \quad m_2 = (0,7 \div 0,8) m_{ш}; \quad l_1 = (0,7 \div 0,8) l$$

2. Айланма ҳаракат қилувчи массаларни келтириш

Кривошип-шатунли механизмнинг айланувчи массаларига кривошипнинг мувозанатлашмаган қисмларининг массаси m_k ва шатун массасининг бир қисми m_2 киради.

Кривошипнинг мувозанатлашмаган қисмларининг массаси шатун бўйнининг ўқиға келтирилади. Бунда келтирилган масса m_k нинг марказдан қочма кучи кривошипнинг мувозанатлашмаган ҳамма қисмларининг марказдан қочма кучларининг йиғиндисига тенг бўлиши керак: шунда кривошипнинг айланиш бурчагий тезлиги ω ўзгармас бўлиши шарт.

157- расм, б да валнинг битта тирсаги оддий схема билан кўрсатилган. Бу тирсақда чап жағнинг $aghb$ контур белгиланган қисми, ўнг жағнинг $a'g'h'b'$ контур билан белгиланган қисми ва шатун бўйни 1234 мувозанатлашмаган.

Агар валнинг жағлари симметрик $aghb$ ва $a'g'h'b'$ контурлардан иборат деб тахмин қилинса, уларнинг массаларини битта жағга келтириш мумкин. Масалан, чап жағнинг контурини қуйидаги икки қисмга бўлиш мумкин: $ghfe$ ва $efba$.

Массаси m' бўлган $ghfe$ контурнинг огирлик маркази айланиш ўқидан R масофада, массаси m'' бўлган $efba$ участканинг огирлик маркази эса ρ масофада жойлашган.

m'' массани шатун бўйнининг ўқиға келтираемиз. Келтирилган m''_R массанинг марказдан қочма кучи бурчагий тезлик ω нинг худди ўша қийматида m'' массанинг марказдан қочма кучига тенг бўлиши керак

$$m''_R R \omega^2 = m'' \rho \omega^2,$$

бу ердан

$$m''_R = \frac{m'' \rho}{R}.$$

У ҳолда чап жағ учун:

$$m_{к, чап} = m' + m''_R.$$

Демак, жағлар симметрик бўлганда кривошипнинг мувозанатлашмаган қисмларининг массаси:

$$m_k = m_{п.к} + 2m_{к, чап}$$

бўлади, бу ерда $m_{п.к}$ — шатун бўйнининг массаси.

Валнинг тирсагида посангилар бўлса, уларнинг массасини ҳам шатун бўйнининг ўқиға келтириш лозим. Посангилар m_k массанинг бир қисмини ёки ҳаммасини мувозанатлайди.

Кривошип-шатунли механизмнинг шатун бўйнининг ўқиға

келтирилган мувозанатлашмаган айланувчи қисмларининг умумий массаси қуйидагича бўлади:

$$m_R = m_k + m_2.$$

Биринчи яқинлашишда (посангиларсиз) $m_R = m_k$ деб ҳисоблаш мумкин.

3. Қайтар-илгариланма ҳаракатланувчи қисмлар массаси

Кривошип-шатунли механизмнинг қайтар-илгариланма ҳаракат қилувчи қисмларининг массаси:

$$m = m_n + m_1$$

бу ерда m_n — комплектланган поршеннинг массаси; бу шахсан поршеннинг, поршень ҳалқаларининг, поршень бармоғининг ва қопқоқларнинг ёки стопор ҳалқаларнинг массасини ўз ичига олади;

m_1 — шатун массасининг поршень бармоғи ўқига келтирилган бир қисми.

Масса m поршень бармоғининг марказига қўйилган деб тахмин қилинади.

Лойиҳаланаётган двигателни динамикавий ҳисоблаш вақтида m_n , $m_{ш}$ ва m_k массалар прототип двигателдаги мос қисмларнинг массасига тенг деб қабул қилинади ёки чизмалар бўйича ҳисобланади. m_n ва $m_{ш}$ массаларнинг қийматини тахминан аниқлаш учун 13-жадвалдаги маълумотлардан фойдаланиш мумкин.

13-жадвал

Автомобиль двигателлари поршень ва шатунларининг нисбий массалари қиймати

Двигатель тури	Поршень материали	$\frac{m_n}{F_n}$, г/см ²	$\frac{m_{ш}}{F_n}$, г/см ²
Карбюраторли	Енгил қотишма	8—12	9—20
	Кул ранг чўян	12—28	9—20
Дизель	Енгил қотишма	20—25	30—40
	Кул ранг чўян	25—40	30—40
Э с л а т м а. F_n орқали поршеннинг юзи белгиланган.			

72-§. КРИВОШИП-ШАТУНЛИ МЕХАНИЗМДА ТАЪСИР ЭТУВЧИ КУЧЛАР

1. Қайтар-илгариланма ҳаракат қилувчи массаларнинг инерция кучи

Қайтар-илгариланма ҳаракат қилувчи массаларнинг инерция кучи P_w цилиндрнинг ўқи бўйлаб таъсир қилади ва у тирсақли валнинг ўқига қараб йўналган бўлса, мусбат, валнинг ўқидан йўналган бўлса, манфий ҳисобланади.

Марказий кривошип-шатунли механизм учун инерция кучи қуйидагича бўлади:

$$P_w = -mW_n = -mR\omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi) \quad (314)$$

ёки

$$P_w = P_{wI} + P_{wII}$$

бу ерда P_{wI} — биринчи даражали инерция кучи; бу кучнинг ўзгариш даври тирсақли валнинг бир айланиш даврига тенг: $P_{wI} = -mR\omega^2 \cos \varphi$;

P_{wII} — иккинчи даражали инерция кучи бўлиб, унинг ўзгариш даври тирсақли валнинг ярим айланиш даврига тенг:

$$P_{wII} = -mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi.$$

Тўрт тактли двигателнинг битта цикли учун P_{wI} , P_{wII} ва P_w кучларнинг тирсақли валнинг бурилиш бурчагига боғлиқ диаграммаси 158- расм, б да кўрсатилган.

2. Айланувчи массаларнинг инерция кучи

Айланувчи массаларнинг инерция кучи кривошипнинг радиуси бўйлаб таъсир этади ва қуйидаги формуладан аниқланади:

$$P_R = -m_R \cdot R\omega^2 = \text{const.} \quad (315)$$

3. Газларнинг босим кучи

Газларнинг поршенга босимининг поршеннинг юриш йўли бўйича ёки тирсақли валнинг бурилиш бурчаги бўйича ўзгариш қонуни одатда индикаторий диаграмма билан берилади. Индикаторий диаграмма двигателни иссиқликка ҳисоблаш маълумотлари бўйича тузилади ёки тажриба йўли билан олинади.

Индикаторий диаграмма 158- расм, а да келтирилган, унинг тирсақли валнинг бурилиш бурчаги бўйича ёйилмаси эса 158- расм, б да кўрсатилган.

Ёйилган диаграмманинг ордината ўқи бўйлаб қўйиладиган, поршенга таъсир этувчи ортиқча босим кучининг вертикал ташкил этувчиси қуйидаги формуладан топилади:

$$P_z = (p_z - p_o) \cdot F_n \quad (316)$$

бу ерда p_z — цилиндрдаги газларнинг индикаторий диаграмма бўйича босими;

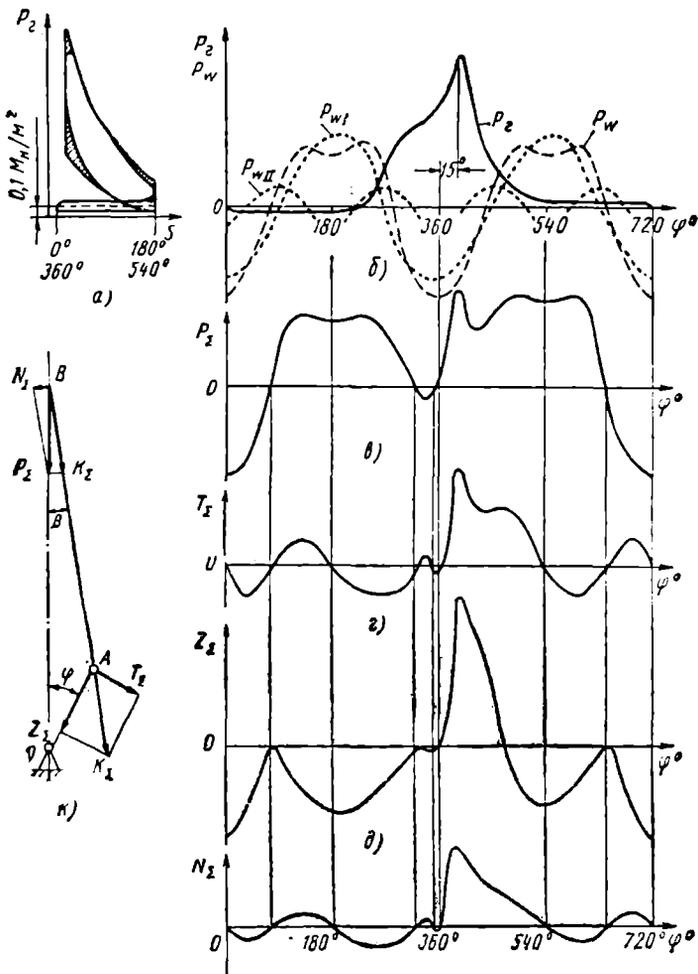
p_o — двигателнинг қартердаги босим;

F_n — поршеннинг юзи.

p_z куч тирсақли валнинг ўқига қараб йўналган бўлса, мусбат ҳисобланади.

4. Кривошип-шатунли механизмда таъсир қилувчи йиғинди кучлар

Цилиндрнинг ўқи бўйлаб таъсир қилувчи йиғинди куч поршенга таъсир этаётган газларнинг ортиқча босим кучи ва қай-



158- расм. Кривошип-шатунли механизмда таъсир қилувчи кўчларнинг графиги

тар-илгариланма ҳаракатланувчи массалар инерция кучининг йиғиндисидан иборат:

$$P_z = P_z + P_w. \quad (317)$$

P_r , P_w ва P_z кучларнинг тирсакли валнинг бурилиши бурчаги φ га қараб ўзгариш графиги 158-расм, б ва в да келтирилган.

P_z кучни икки ташкил этувчи N_z ва K_z кучларга ажратамиз (158-расм, ж):

$$N_z = P_z \cdot \operatorname{tg} \beta; \quad (318)$$

$$K_z = P_z \frac{1}{\cos \beta}. \quad (319)$$

N_z куч нормал бўйича цилиндрнинг деворига қараб йўналган ва поршенни деворга қисади. K_z куч шатуннинг ўқи бўйича таъсир қилади.

N_z куч айланиш томонига тескари йўналган бўлса, мусбат, айланиш тарафига йўналган бўлса, манфий ҳисобланади. K_z куч шатунни сиқса, мусбат, шатунни чўзса, манфий ҳисобланади.

K_z кучни таъсир чизиги бўйича шатун бўйнининг ўқидаги А нуқтага кўчирамиз ва кривошипнинг ўқига уринма таъсир этувчи (тангенциал куч) T_z куч

$$T_z = P_z \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} \quad (320)$$

ва кривошипнинг ўқи бўйича таъсир қилувчи (нормал куч) Z_z куч

$$Z_z = P_z \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta} \quad (321)$$

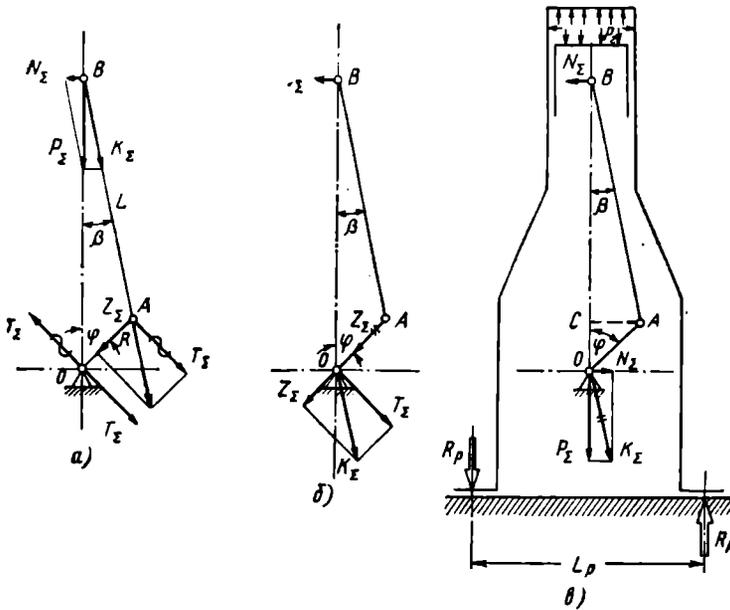
га ажратамиз.

Агар T_z куч кривошипнинг айланиш томонига йўналган бўлса, мусбат, тескари йўналганда эса манфий бўлади. Z_z куч тирсакли валнинг ўқига қараб йўналган бўлса, мусбат (жағни сиқади), тирсакли валнинг ўқидан йўналган бўлса (жағни чўзади), манфий ҳисобланади.

Кўрсатилган кучларнинг тирсакли валнинг бурилиш бурчаги φ га боғлиқлик графигини тузиш учун $\cos \beta$; $\operatorname{tg} \beta$; $\frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$ ва $\frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$ тригонометрик функцияларнинг қиймати λ га қараб жадваллардан¹ олинади.

T_z , Z_z ва N_z кучларнинг тирсакли валнинг бурилиш бурчаги φ га боғлиқлик графиги 158-расм, г, д ва е да келтирилган.

¹ Вихерт М. М. ва бошқ. Конструкция и расчет автотракторнинг дивигателей (Автотрактор дивигателларининг конструкцияси ва ҳисобланиши). 2-нашри. М., Машиностроение. 1964, 546-бет.



159- расм. Двигателнинг буровчи ва реактив моментларини аниқлаш учун схемалар

Изоҳ. Катта сонлардан фойдаланмаслик учун ҳисобга солиштира нағрузкалар киритилади, яъни кучлар поршеннинг юзасига бўлинади:

$$P_z = \frac{P_w}{F_n}; \quad P_z = \frac{P_z}{F_n}; \quad p_w = \frac{P_w}{F_n} \text{ ва ҳоказо.} \quad (322)$$

Буровчи моментни аниқлаш учун тирсакли валнинг айла-ниш маркази O дан (159- расм, а) A нуқтага қўйилган урин-ма куч T_z нинг таъсир чизиғига параллел чизиқ ўтказамиз ва бу чизиқда қарама-қарши йўналишда T_z га тенг икки вектор-ни қўямиз.

Икки қарама-қарши йўналган T_z кучлари R елкада момент ҳосил қилади. Бу момент тирсакли вални айлантиради ва буровчи момент деб аталади. Буровчи момент қўйидагича ҳи-собланади:

$$M_{\text{бур}} = T_z R = P_z \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} \cdot R. \quad (323)$$

Агар учинчи вектор T_z ни O нуқтага кўчирилган (159- расм, б) Z_z вектор билан геометрик қўшсак, у ҳолда худди 159- расм, а даги A нуқтада ясалган параллелограмм ҳосил бўла-ди. Унинг диагонали K_z кучнинг векторига тенг вектордан иборат бўлиб, туб подшипникларга таъсир этади.

K_z векторнинг горизонтал ва вертикал проекциялари N_y ва P_z векторларга тенг (159-расм, θ).

Шундай қилиб, цилиндрнинг ўқи бўйича икки куч таъсир қилади: P_z куч (цилиндрлар головкасига таъсир этади) ва P_x куч (туб подшипникларга таъсир этади). Бу икки кучни қўшсак, туб подшипниклар орқали двигателнинг картерига узатиладиган эркин куч $P_w = P_x - P_z$ ҳосил бўлади. Бунда двигателнинг картери чўзилишга ишлайди.

O ва B нуқталарга қўйилган жуфт куч N_z тўнтарувчи момент $M_{\text{тун}}$ ни ҳосил қилади. Бу момент двигателнинг картерига қўйилган бўлиб, доим буровчи моментга тенг, лекин қарама-қарши томонга йўналган бўлади. Бунни қуйидагича исботлаш мумкин:

$$\begin{aligned} M_{\text{тун}} &= -N_z \cdot OB = -P_z \operatorname{tg} \beta (R \cos \varphi + L \cdot \cos \beta) = \\ &= -R_z \operatorname{tg} \beta \cdot R \left(\cos \varphi + \frac{L}{R} \cos \beta \right). \\ \frac{L}{R} &= \frac{\sin \varphi}{\sin \beta} \end{aligned}$$

бўлгани учун:

$$\begin{aligned} M_{\text{тун}} &= -P_z \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \cdot R \cdot \left(\cos \varphi + \frac{\sin \varphi}{\sin \beta} \cdot \cos \beta \right) = \\ &= -P_z \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta} \cdot R = -M_{\text{бур}}. \end{aligned}$$

Реактив тўнтарувчи момент $M_{\text{тун}}$ двигатель ишлаётган вақтда автомобилнинг рамасига узатилади. Бу момент двигатель картерининг панжаларига рама орқали таъсир этувчи реакция моментни R_p билан мувозанатлашади. Реакциялар двигателнинг рамага маҳкамланиш нуқталари орасидаги масофага боғлиқ равишда аниқланади:

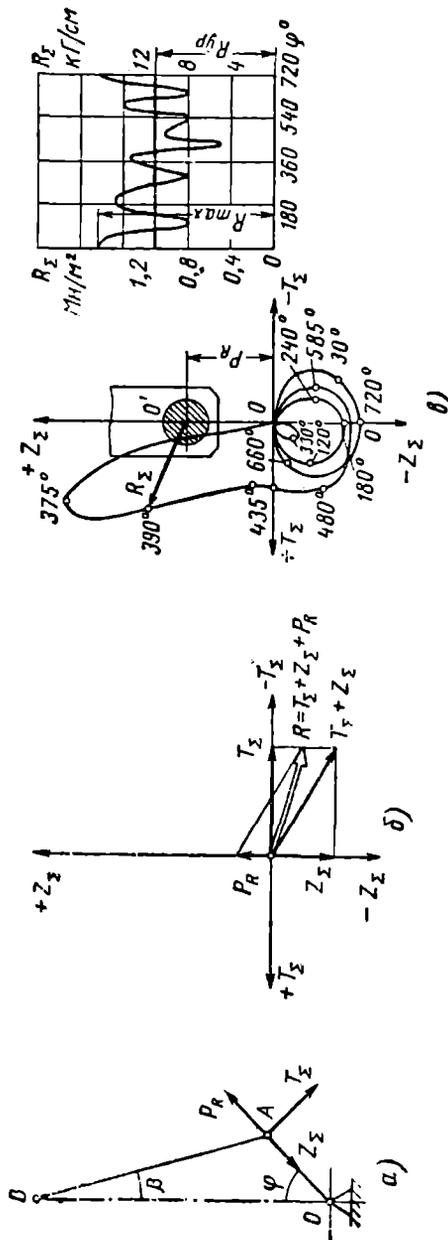
$$R_p = \frac{M_{\text{тун}}}{L_p} = \frac{M_{\text{бур}}}{L_p}.$$

Ўзгарувчан реакциялар R_p -дан ташқари, картернинг панжаларига двигателнинг огирлигидан вужудга келадиган доимий реакциялар ҳам таъсир этади.

5. Шатун ва туб подшипникларга таъсир этувчи кучлар

Шатун бўйни. Шатун бўйнига (160-расм, a) йиғинди тангенциал куч T_x , йиғинди нормал куч Z_x ва марказдан қочма куч P_R таъсир қилади. Демак, шатун бўйнига таъсир этувчи умумий куч векторларнинг йиғиндисига тенг бўлади:

$$R_x = T_x + Z_x + P_R. \quad (324)$$



160-расм. Шатун бўйинига таъсир қилувчи кучларнинг векторий диаграммалари

R_Σ кучни куч учбурчаклигини ясаб, график усулда (160- расм, б) ёки аналитик усулда қуйидаги формула орқали топиш мумкин:

$$R_\Sigma = \sqrt{T_\Sigma^2 + Z_\Sigma^2},$$

бу ерда Z_Σ куч $Z_\Sigma + P_R$ кучларнинг векторий йиғиндисига тенг (Z_Σ ва P_R кучларнинг таъсир чизиғи мос тушади).

Шатун бўйинига таъсир этувчи кучларнинг векторий (поляр) диаграммаси график усулда ясалади. P_R кучдан ва T_Σ ҳамда Z_Σ кучларнинг тирсакли валнинг бурилиш бурчагига кўра, ўзгариш графигидан фойдаланиб кутбий диаграмма яшаш 160- расм, в да кўрсатилган.

Дастлаб двигателнинг бир иш цикли учун T_Σ кучнинг Z_Σ кучга боғлиқлик эгри чизиғини ясаймиз. O нуқта бу эгри чизиқнинг кутби бўлади. Эгри чизиқни ясаётганда бўйин билан жағ ҳаракатланмайди, кривошип-шатунли механизмнинг ҳаммаси шу бўйин атрофида айланади деб тахмин қилинади. T_Σ ва Z_Σ кучларни 160- расм, в да кўрсатилган координаталар системасига қўямиз. Кейин O нуқтадан бошлаб P_R кучнинг қийматини қўйиб, O' нуқтани оламиз. Бу нуқта шатун бўйинининг ўқига қўйилган йи-

финди куч R_x нинг қутбий диаграммасининг қутби бўлади.

R_x кучлар векторларининг учларини бирлаштирувчи эгри чизиқ қутбий диаграмма ҳисобланади.

V-симон двигателда шатунлар валнинг битта шатун бўйнида кетма-кет жойлашганда иккита векторий диаграмма ясалади.

Шатун бўйнига таъсир этувчи ўртача ва энг катта босимни осон аниқлаш учун қутбий диаграммани тўғри бурчакли координаталарда қайта яшаш керак (160-расм, з). Диаграмманинг ўрта ординатаси шатун бўйнига таъсир этувчи ўртача босимни аниқлашга имкон беради:

$$P_{ш.б.урт} = \frac{R_{урт} \cdot F_n}{d_{ш.б} \cdot l_{ш.б}} \quad (325)$$

бу ерда F_n — поршеннинг юзи;

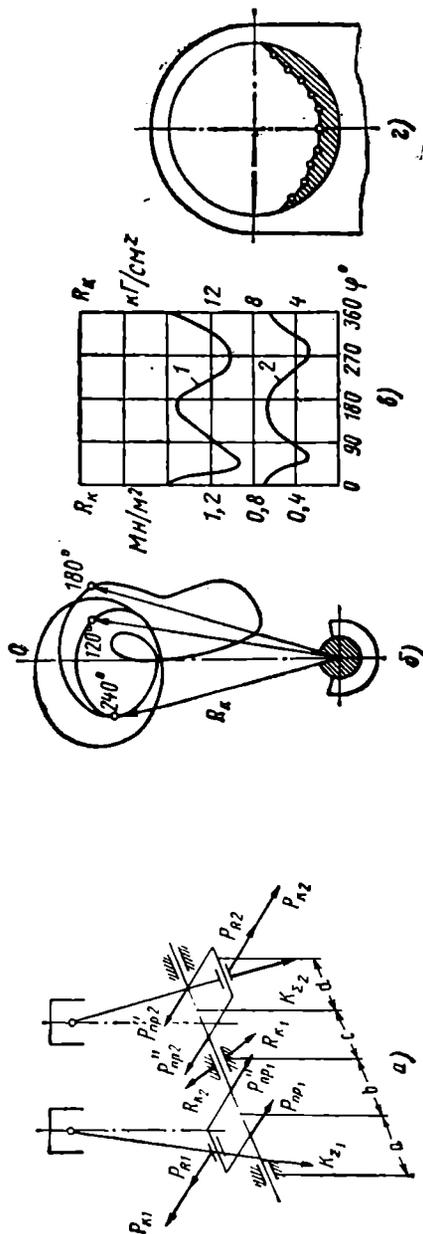
$d_{ш.б}$ ва $l_{ш.б}$ — шатун бўйнининг диаметри ва узунлиги.

Шатун бўйнига таъсир этувчи энг катта босим кучи:

$$P_{ш.б \cdot \max} = \frac{R_{\max} F_n}{d_{ш.б} \cdot l_{ш.б}} \quad (326)$$

Карбюраторли двигателлар учун $P_{ш.б \cdot \max} = 9,8 + 14,7 \text{ Мн/м}^2 = 100 - 150 \text{ кг/см}^2$, баъзи V-симон двигателлар учун эса:

$$P_{ш.б \cdot \max} = 17,7 + 27,4 \text{ Мн/м}^2 = 180 + 280 \text{ кг/см}^2.$$



161-расм. Туб бўйнига таъсир этувчи кучларнинг векторий диаграммалари

Дизеллар учун

$$P_{ш.б. \max} = 19,6 + 34,3 \text{ Мн/м}^2 = 200 \div 350 \text{ кF/см}^2.$$

Туб бўйин. Тирсакли валнинг туб бўйинлари учун поляр диаграммалар худди шатун бўйнидагидек ясалади, аммо бунда двигателнинг ишлаш тартиби ва тирсакли валнинг кривошип схемаси ҳисобга олинади. Диаграмма ясалаётганда ҳар бир цилиндрда таъсир этаётган кучларни фақат цилиндрга яқин турган иккита таянч қабул қилади деб ҳисобланади. Бушда шу туб бўйинга ёндош тирсаклардан таъсир этувчи кучлар ҳам ҳисобга олинади.

Туб бўйинга: шатуннинг ўқи бўйлаб таъсир қилувчи йинги куч K_{Σ} дан; шатун бўйинининг ўқига келтирилган шатун массасининг марказдан қочма кучи $P_{ш} = m_{\Sigma} R \omega^2$ дан; шатун бўйинининг ўқига келтирилган тирсак массасининг марказдан қочма кучи $P_{к} = m_{к} R \omega^2$ дан ва посанги массасининг марказдан қочма кучи $P_{пос} = m_{пос} \cdot \rho_{пос} \cdot \omega^2$ дан (бу ерда $m_{пос}$ — посанги массаси, $\rho_{пос}$ — айланиш ўқидан посангининг оғирлик марказигача бўлган масофа) ҳосил бўладиган реакция кучлари таъсир этади.

161- расм, *a* да икки тирсакли валнинг схемаси тасвирланган. Ўртадаги туб бўйин ҳам биринчи, ҳам иккинчи тирсакдаги кучларнинг реакциялари билан юкланади. Масалан $K_{\Sigma 1}$ кучнинг реакцияси:

$$R_{к1} = K_{\Sigma 1} \cdot \frac{a}{a + b}.$$

$K_{\Sigma 2}$ кучнинг реакцияси эса $R_{к2} = K_{\Sigma 2} \frac{d}{c + d}$.

Валнинг ҳар бир ҳолати учун иккала цилиндрдан улар орасидаги туб бўйинга узатиладиган йинги куч топилади ва қутбий диаграмма ясалади (161- расм, *б*). Бу диаграмма кейинчалик одатда тўғри бурчакли координаталарда (161- расм, *в*) қайта чизилади. Тўғри бурчакли координаталардаги диаграммдан посангиларнинг туб бўйинга тушадиган нагрузканинг тақсимланиш характериға таъсирини аниқлаш мумкин. Масалан, 1 эгри чизиқ посангисиз валға, 2 эгри чизиқ эса посангили валға татбиқан ясалган.

Посангиларнинг оптимал массасини танлаш анча қийин масала, чунки улар фақат бўйинлар ва вкладишларнинг ишлашиға таъсир қилиб қолмасдан, балки двигателнинг мувозанати ва тирсакли валнинг хусусий буралма тебранишлари частотасиға ҳам таъсир қилади. Қутбий диаграммдан фойдаланиб, бўйиннинг фараз қилинган ейилиш диаграммасини яшаш мумкин (161- расм, *г*).

V- симон двигателларда шатунлар бўйинда кетма-кет жойлашган бўлса, ейилиш диаграммаси шатун бўйиннинг ўнг ва чап бўлаклари учун алоҳида-алоҳида ясалади.

6. Узак ва шатун бўйинлари орқали узатиладиган буровчи момент ва тангенциал кучлар

Цилиндрлари бир қатор жойлашган двигатель ишлаганда, тирсакли валнинг олдинги учидан ҳисоблаганда биринчи шатун бўйнига таъсир этувчи буровчи момент қуйидагича аниқланади:

$$M_{\text{бур}} = T_{\Sigma} \cdot R,$$

бу ерда T_{Σ} — йигинди тангенциал куч бўлиб, у (320) формуладан топилади;

R — кривошипнинг радиуси.

V-симон двигатель учун T_{Σ} куч тирсакли валнинг текшириладиган шатун бўйнига ҳам ўнг, ҳам чап цилиндрлардан таъсир қилаётган тангенциал кучларнинг йигиндисига тенг.

Тирсакли валнинг исталган туб бўйни орқали узатиладиган буровчи момент:

$$M_{\text{бур}} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{\text{бур } i}, \quad (327)$$

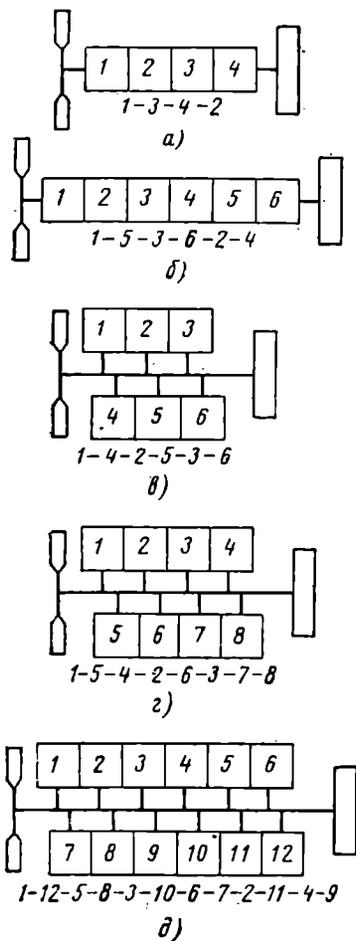
бу ерда $\sum_{i=1}^{i=n} M_{\text{бур } i}$ — валнинг олд тарафидан бошлаб, барча тир-

сакларга таъсир этувчи буровчи моментларнинг йигиндисиди.

Валнинг тирсаги орқали узатиладиган буровчи момент, икки моментнинг йигиндисига тенг. Бу моментларнинг бири мазкур тирсакка таъсир этувчи тангенциал кучдан ҳосил бўлиб, у фақат тирсакли валнинг бурилиш бурчагига боғлиқ. Бошқа момент валнинг олдидан ҳисоблаганда текшириладиган тирсаккача жойлашган цилиндрларда таъсир этувчи кучларнинг умумий буровчи моменти бўлиб, у қўшимча равишда, цилиндрларнинг сонига ва двигательнинг ишлаш тартибига боғлиқ.

73-§. ДВИГАТЕЛНИНГ ИШЛАШ ТАРТИБИ

Двигателнинг динамикасига унинг ишлаш тартиби катта таъсир кўрсатади. Алоҳида цилиндрларда таъсир этувчи куч ва моментларнинг фазалари ҳам двигательнинг ишлаш тартибига боғлиқ. Двигателнинг ишлаш тартибини танлашда қуйидаги шартларни таъминлашга ҳаракат қилиш керак: 1) ёниш тенг вақт оралиғида такрорланиши лозим; бу двигательнинг текис ишлашини таъминлайди; 2) ёнувчи аралашма (ҳаво) цилиндрларга бир текис тақсимланиши зарур; 3) двигатель мумкин қадар яхшироқ мувозанатланиши лозим; бу двигательнинг тебранишини камайтиради; 4) навбат билан ишловчи цилиндрлар бир-биридан мумкин қадар узоқроқ жойлашиши,



162- расм. Двигателларнинг иш-
лаш тартиблари:

а ва б қаторли двигателлар; в, г ва д — V-
симон двигателлар

лар ҳар бир алоҳида олинган ҳолда двигателнинг тактлилигига ва конструктив фикрларга қараб ўрнатилади.

Тирсакли валларнинг схемалари ва қаторли ҳамда V-симон автомобиль двигателларининг ишлаш тартиби 162-расмда келтирилган.

бу тирсакли валнинг подшипник-ларига бўлган нагрузкаларни камайтириш учун зарур; 5) тирсакли валнинг буралма тебранишлари амплитудасини мумкин қадар камайтириш лозим; бу тирсакли валнинг элементларидаги қўшимча (ишораси ўзгарувчан) бурилиш кучланишларини камайтириш учун зарур.

Тақсимлаш валидаги кулачокларнинг ва тирсакли вал тирсакларининг ўзаро жойлашишини ўзгартириб, цилиндрлар сони ва жойлашиши ўзича қолган ҳолда двигателларнинг турли тартибда ишлашини таъминлаш мумкин.

Двигателнинг тирсакли валидаги буровчи моментнинг янада текис таъсир этиши учун цилиндрларда бир хил номли процесслар тирсакли вал доим тенг бурчакка бурилганда такрокланиши керак. Цилиндрларининг сони i га тенг бўлган двигатель учун цилиндрлардаги бир хил номли процесслар тўрт тактли циклда тирсакли валнинг ҳар $\frac{4\pi^\circ}{i}$ бурчакка бурилишида, икки тактли циклда эса ҳар $\frac{2\pi^\circ}{i}$ бурчакка бурилишида такрокланиши лозим.

V-симон двигателларда ёнишнинг бир текис такрокланиши тирсакли валнинг схемасига ҳам, цилиндрлар орасидаги оғиш бўрчаги γ га ҳам боғлиқ. Цилиндрлар

ДВИГАТЕЛЛАРНИ МУВОЗАНАТЛАШ

Поршенли двигателларда иш вақтида вужудга келадиган кучларни ташқи ва ички кучларга ажратиш мумкин. Бу кучлар ўз навбатида мувозанатлашган ва мувозанатлашмаган бўлиши мумкин.

Ташқи кучларга двигателнинг оғирлиги, чиқариладиган газлардан ва ҳаракатдаги суюқликлардан пайдо бўладиган реактив кучлар, ташқи муҳитнинг тирсакли вал, вентилятор ва бошқаларнинг айланишига қаршилиқ кўрсатувчи кучларнинг momenti киради.

Ички кучларга қайтар-илгариланма ҳаракатланувчи ва айланма ҳаракат қилувчи мувозанатлашмаган айланувчи массаларнинг инерция кучлари, шунингдек, реактив буровчи момент киради.

Агар кучлар қўшилганда эркин momentни ҳосил қилмаса ва уларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлса, бундай кучлар мувозанатлашган дейилади. Буларга двигатель цилиндрларидаги газларнинг босим кучи ва ишқаланиш кучлари киради.

Мувозанатлашмаган кучларга двигателнинг таянчларига узатиладиган кучлар — двигателнинг оғирлиги, чиқариладиган газларнинг ва ҳаракатдаги суюқликларнинг реакциялари, қайтар-илгариланма ва айланма ҳаракат қилувчи массаларнинг инерция кучлари, бурчагий тезлиги ўзгарувчан ($\omega \neq \text{const}$) айланувчи массаларнинг тангенциал инерция кучлари, шунингдек, реактив буровчи момент киради.

Юқорида кўрсатиб ўтилган кучларнинг кўпчилигин амалда двигателнинг мувозанатлашувига деярли таъсир қилмайди, чунки двигателнинг оғирлиги йўналиши ва катталиги жиҳатидан ўзгармас, двигатель тургун ишлаганда чиқариладиган газ-

ларнинг умумий реакцияси ўз қийматини жуда оз ўзгартиради, ҳаракатдаги суюқликларнинг умумий реакцияси жуда кам, айланувчи массаларнинг тангенциал инерция кучлари катталиги ва йўналиши жиҳатидан деярли ўзгармайди.

Биобарин, қайтар-илгариланма ва айланма ҳаракат қилувчи мувозанатлашмаган массаларнинг инерция кучлари, шунингдек реактив буровчи момент двигателнинг мувозанатлашмаганлигига асосий сабаб бўлади. Реактив буровчи моментни автомобиль двигателларида мувозанатлаб бўлмайди ва у автомобилнинг рамасига узатилади.

Катталиги ва йўналиши ўзгарувчан мувозанатлашмаган кучлар двигателнинг ва бутун автомобилнинг ҳам тебранишига сабаб бўлади. Ҳосил бўлган тебранишлар, айниқса, бутун автомобилнинг ва айрим қисмларнинг эркин тебраниш частотлари мувозанатлашмаган кучлар ва моментлар ҳосил қилган мажбурий тебранишлар частотасига яқинлашганда хавфли бўлади.

Тебранишлар билан боглиқ бўлган зарарли оқибатларни йўқотиш учун двигатель мувозанатлашган бўлиши керак, яъни кучларнинг шундай системаси тузилган бўлиши керакки, бунда тенг таъсир этувчи кучлар ва уларнинг моментлари йўналиши ва катталиги бўйича ўзгармас ёки нолга тенг бўлсин.

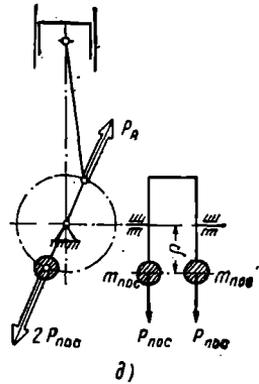
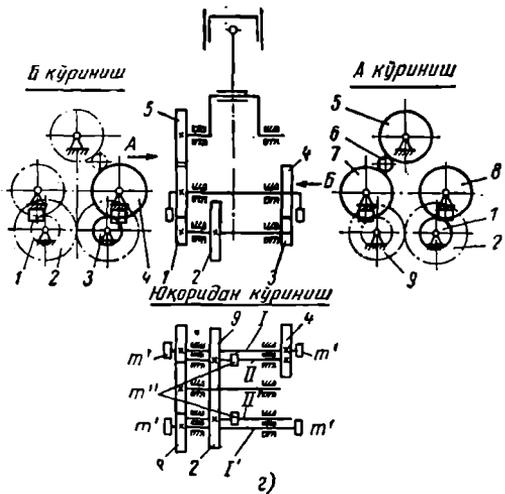
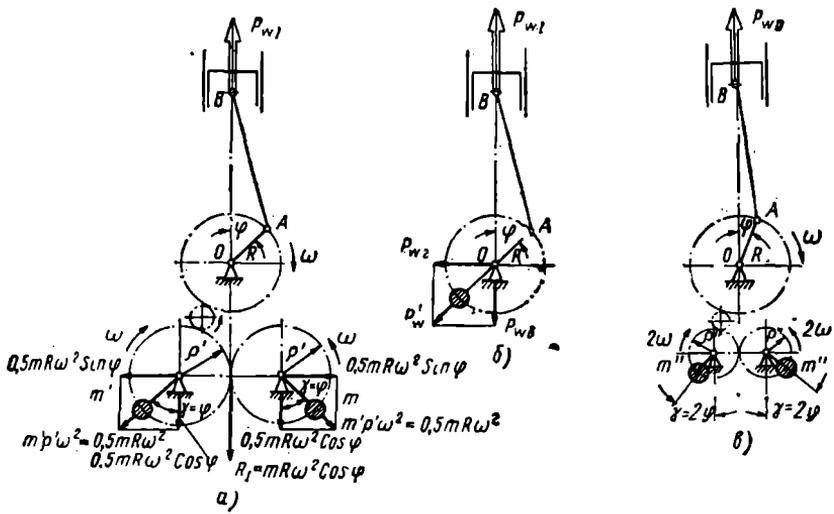
Агар турғунлашган режимда двигателнинг таянчларига (автомобиль рамасига) таъсир этувчи кучлар ва моментлар йўналиши ва катталиги жиҳатидан ўзгармас ёки нолга тенг бўлса, бундай двигатель мувозанатлашган ҳисобланади.

Асосан катта қийматга эга бўлган куч ва моментлар мувозанатлаштирилади. Буларга қайтар-илгариланма ҳаракат қилувчи массаларнинг биринчи даражали инерция кучлари $P_{w1} = -mR\omega^2 \cos \varphi$; қайтар-илгариланма ҳаракат қилувчи массаларнинг иккинчи даражали инерция кучлари $P_{w11} = -mR\omega^2 \times \lambda \cos 2\varphi$; айланувчи мувозанатлашмаган массаларнинг марказдан қочма кучи $P_R = m_R R \omega^2$; биринчи даражали инерция кучларининг эркин momenti M_I ; иккинчи даражали инерция кучларининг эркин momenti M_{II} ; айланувчи массалар инерция кучларининг эркин momenti M_R киради.

Қаторли ва V-симон двигателларни мувозанатлаш мисолларини қуйида кўриб чиқамиз.

74-§. БИР ЦИЛИНДРЛИ ДВИГАТЕЛНИ МУВОЗАНАТЛАШ

Биринчи даражали инерция кучи P_{w1} ни фақат махсус механизм ёрдамида мувозанатлаш мумкин. Биринчи даражали инерция кучи $P_{w1} = -mR\omega^2 \cos \varphi$ ни мувозанатлаш схемаси 163-расм, а келтирилган. Бу кучни цилиндрнинг ўқидан ўтувчи ва валнинг ўқига тик текисликда мувозанатлаш учун ҳар



163- расм. Бир цилиндрли двигателнинг инерция кучларини мувозанатлаш схемалари

бирининг қиймати $m'p' = 0,5mR$ тенгламани қаноатлантирувчи иккита бир хил масса m' қарама-қарши йўналишда айлантирилади. m' массалар шундай жойлашиши керакки, $\varphi = 0$ бўлганда $\gamma = \varphi = 0$ бўлсин.

Двигатель ишлаётганда ҳар бир масса m' тирсакли валнинг бурчагидей тезлиги ω билан айланади ва $m'p'\omega^2 = 0,5mR\omega^2$ марказдан қочма кучни ҳосил қилади.

Марказдан қочма кучларнинг векторини вертикал ва горизонтал ташкил этувчиларга ажратсак, шунини аниқлашимиз мумкинки, марказдан қочма кучларнинг горизонтал ташкил этувчилари исталган φ бурчак қийматида ўзаро мувозанатлашади, вертикал ташкил этувчилари эса P_{w1} кучга тенг, аммо унга қарши йўналган тенг таъсир этувчи куч $R_1 = 2m'p'\omega^2 \cos\varphi = mR\omega^2 \cos\varphi$ ни ҳосил қилади. Демак, топилган тенг таъсир этувчи куч R_1 инерция кучи P_{w1} ни тўла мувозанатлайди.

Валнинг тирсагига P_R кучни мувозанатловчи асосий посангилардан ташқари (пастроққа қаранг), яна қўшимча массалар ўрнатиб, биринчи даражали инерция кучи P_{w1} ни вертикал текисликдан горизонтал текисликка ўтказиш мумкин (163-расм, б). Бунинг учун иккала посангининг умумий массаси m' тенглама $m'p' = mR$ ни қаноатлантириши шарт.

Агар танланган қўшимча массалар ҳосил қиладиган умумий марказдан қочма куч $P_w = 0,5mR\omega^2$, яъни мазкур айла нишлар сонида P_{w1} кучнинг энг катта қийматининг ярмига тенг бўлса, у ҳолда қўшимча массаларнинг марказдан қочма кучининг вертикал ташкил этувчиси $P_{wb} = 0,5mR\omega^2 \cos\varphi$ доим P_{w1} кучнинг двигатель корпусига таъсирини 50% камайтиради. Бироқ бунда қўшимча массаларнинг марказдан қочма кучининг горизонтал ташкил этувчиси $P_{wb} = 0,5mR\omega^2 \sin\varphi$ ҳосил бўлади. Бу куч қўшимча массалар ўрнатишга қадар бўлмаган, двигательнинг горизонтал текисликдаги тебранишини вужудга келтиради. P_{w1} ва P_{wb} кучларнинг қиймати косинусоидалар бўйича, P_{wg} кучнинг қиймати эса синусоида бўйича ўзгарганлиги учун P_{w1} ва P_{wb} кучлар катталашганда P_{wg} кичиклашади ва аксинча бўлади. Демак, посангиларнинг қўшимча массалари бўлса, P_{w1} кучнинг двигатель корпусига таъсири доим 50% камаяди. Шунинг учун биринчи даражали инерция кучларини мувозанатлашнинг бу усули бир цилиндрли двигателлар учун қўлланилади.

Иккинчи даражали инерция кучи P_{w11} (163-расм, в) ҳам худди биринчи даражали инерция кучи каби мувозанатланади. Лекин P_{w11} инерция кучини мувозанатлаш учун ишлатиладиган массалар тенглама $m''p'' = \frac{\lambda}{8}mR$ ни қаноатлантириши ва қарама-қарши томонга 2ω бурчагидей тезлик билан айланиши

керак. Массалар шундай жойлашиши керакки, $\varphi = 0$ бўлганда $\gamma = 2\varphi = 0$ бўлсин.

Биринчи ва иккинчи даражали кучларни тўла мувозанатлашнинг кўрсатиб ўтилган усуллари конструктив жиҳатдан бажариш мумкин

163-расм, z да схемаси кўрсатилган механизм ёрдамида P_{wI} ва P_{wII} кучларни тўла мувозанатлаш мумкин. Айланма ҳаракат двигателнинг тирсакли валидан шестерня 5, 7 ва оралик шестерня 6 орқали биринчи бирламчи вал I га узатилади; бу валда иккита посанги ўрнатилган. Ҳар бир посангининг массаси m' тенглама $m'p' = \frac{1}{2} mR$ ни қаноатлантиради. Посангиларнинг ва тирсакли валнинг бурчагий тезликлари бир-бирига тенг. Посангилар тирсакли валга ва двигатель цилиндриларининг ўқларига нисбатан симметрик жойлашган. Ҳаракат биринчи бирламчи валнинг қарама-қарши учигаги шестерня 4 орқали биринчи иккиламчи вал II даги шестерня 3 га узатилади, бу валнинг бурчагий тезлиги тирсакли валнинг бурчагий тезлигидан 2 марта катта. Бу валда двигатель цилиндрининг ўқидан ўтувчи текисликда массаси m'' тенглама $m''p'' = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{8} mR$ ни қаноатлантирувчи посанги жойлашган. Айланма ҳаракат биринчи иккиламчи вал II дан шестернялар 9 ва 2 орқали иккинчи иккиламчи вал II' га узатилади. Двигатель цилиндриларининг ўқиға нисбатан симметрик жойлашган бу валларнинг бурчагий тезликлари ўзаро тенг. Иккинчи иккиламчи валдаги посанги биринчи иккиламчи валдаги посанги билан бир текисликда жойлашган.

Айланма ҳаракат иккинчи иккиламчи вал II' дан шестернялар 1 ва 8 орқали иккинчи бирламчи вал I' га узатилади. Бу вал биринчи бирламчи вал билан двигатель цилиндрининг ўқиға нисбатан симметрик жойлашган. Бу валлар битта горизонтал текисликда жойлашган ва бир хил бурчагий тезлик билан айланади. Иккинчи бирламчи валдаги посангилар биринчи бирламчи валдаги посангилар каби жойлашган. Бинобарин, бирламчи валлардаги посангилар биринчи даражали инерция кучларини, иккиламчи валлардаги посангилар эса иккинчи даражали инерция кучларини мувозанатлайди.

R_{wI} ва P_{wII} кучларни мувозанатлашнинг кўриб чиқилган усули мураккаб бўлгани учун амалда қўлланилмайди.

Марказдан қочма куч тирсакли валнинг жағларига иккита бир хил посанги ўрнатиб мувозанатланади (163-расм, d). Посангиларнинг марказдан қочма кучининг тенг таъсир этувчиси кривошипнинг ўрта текислигидан ўтади ва марказдан қочма куч P_R га тенг, аммо қарама-қарши йўналган бўлади:

$$2P_{\text{noc}} = -P_R$$

Ҳар бир посангининг массаси $m_{\text{пос}}$ қўйидаги тенгламадан топилади:

$$2m_{\text{пос}} \rho \omega^2 = m_R R \omega^2$$

ёки

$$m_{\text{пос}} = \frac{m_R R}{2\rho}$$

бу ерда ρ — посангининг оғирлик марказидан унинг айланиш ўқиғача бўлган масофа.

Биринчи даражали инерция кучини вертикал текисликдан горизонтал текисликка қисман кўчиришга мўлжалланган қўшимча массалар посангилар текислигида жойлашганда посангиларнинг умумий массалари қўйидаги тенглама бўйича танланади:

$$2m_{\text{пос}} = (m_R + 0,5m) \frac{R}{\rho}.$$

75- §. ҚАТОРЛИ ДВИГАТЕЛЛАРНИ МУВОЗАНАТЛАШ

1. Кривошиплари 180° бурчак билан жойлашган икки цилиндрли двигатель

Биринчи даражали инерция кучлари тўла мувозанатланган (164- расм). Бу кучларнинг йўналиши қўйидаги тенгламадан топилади:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=2} P_{w1} &= P_{w11} + P_{w12} = mR\omega^2 \cos \varphi + mR\omega^2 \cos (\varphi + 180^\circ) = \\ &= mR\omega^2 \cos \varphi - mR\omega^2 \cos \varphi = 0. \end{aligned}$$

Иккинчи даражали инерция кучлари мувозанатланмаган:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=2} P_{w11} &= P_{w111} + P_{w112} = mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi + mR\omega^2 \lambda \cos 2(\varphi + \\ &+ 180^\circ) = 2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi. \end{aligned}$$

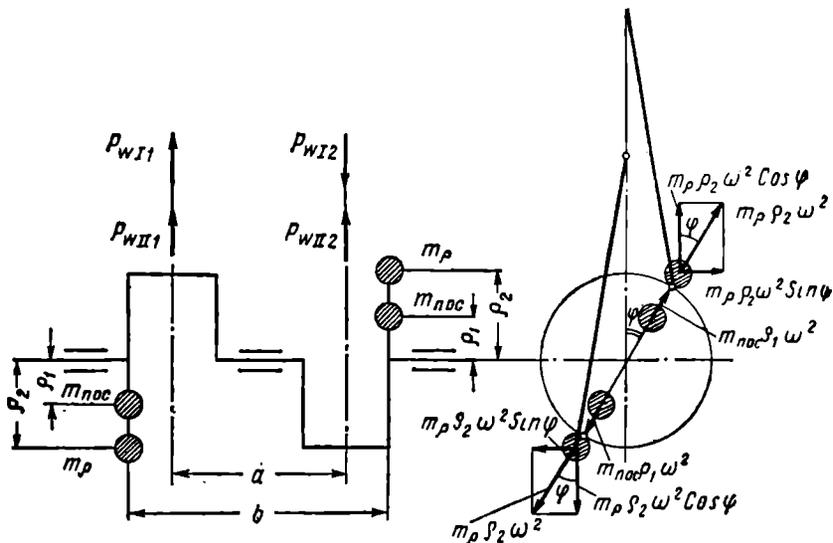
Бу кучларни „Бир цилиндрли двигательни мувозанатлаш“ бўлимида кўрсатиб ўтилганидек, махсус механизмлар ўрнатиш йўли билан мувозанатлаш мумкин.

Марказдан қочма кучлар тўла мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=2} P_R = P_{R1} + P_{R2} = m_R R \omega^2 - m_R R \omega^2 = 0$$

Биринчи даражали инерция кучларининг моменти мувозанатлашмаган:

$$M_1 = P_{w1} a = mR\omega^2 \cos \varphi \cdot a.$$



164- расм. Кривошиплари 180° бурчак ҳосил қилиб жойлашган икки цилиндрли двигателни мувозанатлаш

Тирсақли валнинг четки жағларига ўрнатиладиган посангилар ёрдамида момент M_1 нинг таъсирини цилиндрларнинг ўқи орқали ўтувчи текисликдан (вертикал текисликдан) шу ўқларга тик текисликка (горизонтал текисликка) тўла ёки қисман кўчириш мумкин.

Огирлик маркази айланиш ўқидан ρ_2 масофада жойлашган ҳар бир посангининг массаси m_p қуйидаги тенгламадан топилади:

$$mR\omega^2 \cos \varphi a = m_p \cdot \rho_2 \omega^2 \cos \varphi b,$$

бундан:

$$m_p = m \frac{R \cdot a}{\rho_2 b}.$$

Шунда горизонтал текисликда эркин момент таъсир қилади:

$$M_{Iz} = m_p \rho_2 \omega^2 \sin \varphi b.$$

Иккинчи даражали инерция кучларининг momenti мувозанатлашган:

$$M_{II} = 0.$$

Марказдан қочма кучларнинг momenti:

$$M_R = P_R \cdot a = m_R R \omega^2 a$$

вал тирсакларининг айланиш текислигида таъсир этади ва тирсакли вал четки жағларининг давомида ўрнатилган $m_{\text{пос}}$ массали посангилар ёрдамида тўла мувозанатланиши мумкин. Оғирлик маркази айланиш ўқидан ρ_1 масофада жойлашган ҳар бир посангининг массаси $m_{\text{пос}}$ қуйидаги тенгламадан аниқланади:

$$m_R R \omega^2 a = m_{\text{пос}} \rho_1 \omega^2 b,$$

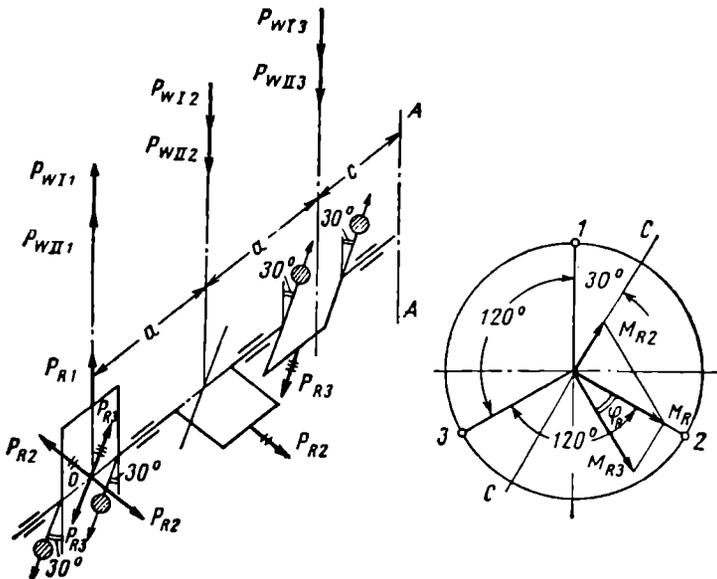
бундан:

$$m_{\text{пос}} = m_R \frac{R \cdot a}{\rho_1 b}.$$

2. Кривошиплари 120° бурчак билан жойлашган уч цилиндрли двигатель

Биринчи даражали инерция кучлари мувозанатлашган (165- расм):

$$\begin{aligned} \sum_{l=1}^{l=3} P_{wl} &= P_{wl1} + P_{wl2} + P_{wl3} = mR\omega^2 [\cos \varphi + \cos (\varphi + \\ &+ 120^\circ) + \cos (\varphi + 240^\circ)] = mR\omega^2 \{ \cos \varphi + \cos [\varphi + \\ &+ (90^\circ + 30^\circ)] + \cos [\varphi + (180^\circ + 60^\circ)] \} = 0. \end{aligned}$$



165- расм. Уч цилиндрли двигателни мувозанатлаш

Иккинчи даражали инерция кучлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=3} P_{w_{ii}} = P_{w_{ii1}} + P_{w_{ii2}} + P_{w_{ii3}} = mR\omega^2 [\cos 2\varphi + \cos 2(\varphi + 120^\circ) + \cos 2(\varphi + 240^\circ)] = 0.$$

Вертикал ва горизонтал текисликларга проекцияланган марказдан қочма кучлар мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=3} P_{R\theta} = m_R R\omega^2 [\cos \varphi + \cos(\varphi + 120^\circ) + \cos(\varphi + 240^\circ)] = 0;$$

$$\sum_{i=1}^{i=3} P_{Rz} = m_R R\omega^2 [\sin \varphi + \sin(\varphi + 120^\circ) + \sin(\varphi + 240^\circ)] = 0.$$

Вал ўқига тик бўлган қандайдир AA текисликка нисбатан олинган биринчи даражали инерция кучларининг моменти:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=3} M_i &= P_{w_{i1}}(c + 2a) + P_{w_{i2}}(c + a) + P_{w_{i3}}c = \\ &= mR\omega^2 a (1,5 \cos \varphi - 0,866 \sin \varphi). \end{aligned}$$

Олинган ифоданинг максимал қийматини қуйидагича топамиз:

$$\begin{aligned} \frac{d\Sigma M_i}{d\varphi} &= mR\omega^2 a (-1,55 \sin \varphi_{M \max} - 0,866 \cos \varphi_{M \max}) = 0; \\ \varphi_{M \max} &= 150^\circ \text{ ва } 330^\circ \end{aligned}$$

демак,

$$\Sigma M_{i \max} = 1,732 mR\omega^2 a.$$

Вал ўқига тик AA ўққа нисбатан олинган иккинчи даражали инерция кучларининг моменти мувозанатлашмаган:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=3} M_{ii} &= P_{w_{ii1}}(c + 2a) + P_{w_{ii2}}(c + a) + P_{w_{ii3}}c = \\ &= mR\omega^2 \lambda a (1,5 \cos 2\varphi + 0,866 \sin \varphi) \end{aligned}$$

ва унинг энг катта қиймати:

$$\sum_{i=1}^{i=3} M_{ii \max} = 1,732 mR\omega^2 \lambda a.$$

Марказдан қочма кучларнинг моменти мувозанатлашмаган. Бу моментнинг қийматини ва таъсир этиш текислигининг ҳолатини кривошиплар текислигида таъсир этувчи P_R кучлар моментининг векторларини геометрик қўшиб аниқлаш мумкин.

О нуқтага (биринчи кривошип ўқининг марказига) P_{R2} ва P_{R3} кучларига мос ҳолда тенг ва параллел кучлар P_{R2} ; $-R_{R2}$ ва P_{R3} ; $-P_{R3}$ системасини қўямиз. Ҳамма кучлар келтирилгандан сўнг иккинчи ва учинчи кривошипларнинг текисликларида таъсир этувчи иккита эркин момент M_{R2} ва M_{R3} ҳосил бўлади:

$$M_{R2} = P_{R2} \cdot a = P_R \cdot a; \quad M_{R3} = P_{R3} \cdot 2a = P_R \cdot 2a.$$

Тенг таъсир этувчи момент:

$$M_R = \sqrt{M_{R2}^2 + M_{R3}^2 - 2M_{R2}M_{R3} \cos 60^\circ} = 1,732 P_R a.$$

M_{R3} ва M_R векторлари орасидаги бурчак чизмадан аниқланиши мумкин (165-расм):

$$\sin \varphi_R = \frac{P_R \cdot a}{P_R \cdot 2a} = \frac{1}{2}; \quad \varphi_R = 30^\circ.$$

Бинобарин, M_R момент айланувчи CC текисликда таъсир этади. Бу текислик M_R векторига тик бўлиб, биринчи кривошип текислиги билан 30° бурчак ҳосил қилади. M_R моментни мувозанатлаш учун шу текисликда тирсакли вал жағларининг давомига посангилар ўрнатиш керак.

3. Кривошиплари 180° бурчак билан жойлашган тўрт цилиндрли двигатель

Биринчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган (166-расм, a):

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=4} P_{w1} &= P_{w11} + P_{w12} + P_{w13} + P_{w14} = mR\omega^2 [\cos \varphi + \\ &+ \cos (\varphi + 180^\circ) + \cos (\varphi + 180^\circ) + \cos \varphi] = \\ &= mR\omega^2 (\cos \varphi - \cos \varphi - \cos \varphi + \cos \varphi) = 0. \end{aligned}$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашмаган:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=4} P_{w11} &= P_{w111} - P_{w112} + P_{w113} + P_{w114} = mR\omega^2 \lambda [\cos 2\varphi + \\ &+ \cos 2(\varphi + 180^\circ) + \cos 2(\varphi + 180^\circ) + \cos 2\varphi] = 4mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi. \end{aligned}$$

Марказдан қочма кучлар мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=4} P_R = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучлари моментлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=4} M_I = 0.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари моментлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=4} M_{II} = 0.$$

Марказдан қочма кучлар моментлари мувозанатлашган.

$$\sum_{i=1}^{i=4} M_R = 0.$$

Тирсакли валларнинг конструктив схемалари ва уларда посангиларнинг жойлашши 166- расм, б, в, г ва д да тасвирланган. МЗМА-408 двигателининг тирсакли валида посангиларнинг жойлаштирилиши 166- расм, б да кўрсатилган. Бу посангилар ўртадаги туб подшипникни марказдан қочма кучлар P_R дан ҳосил бўладиган моментлар таъсиридан бўшатади. Бу ҳолда посангиларнинг массаси қуйидаги тенгликдан аниқланади:

$$P_R a = m_{\text{пос}} \rho \omega^2 b.$$

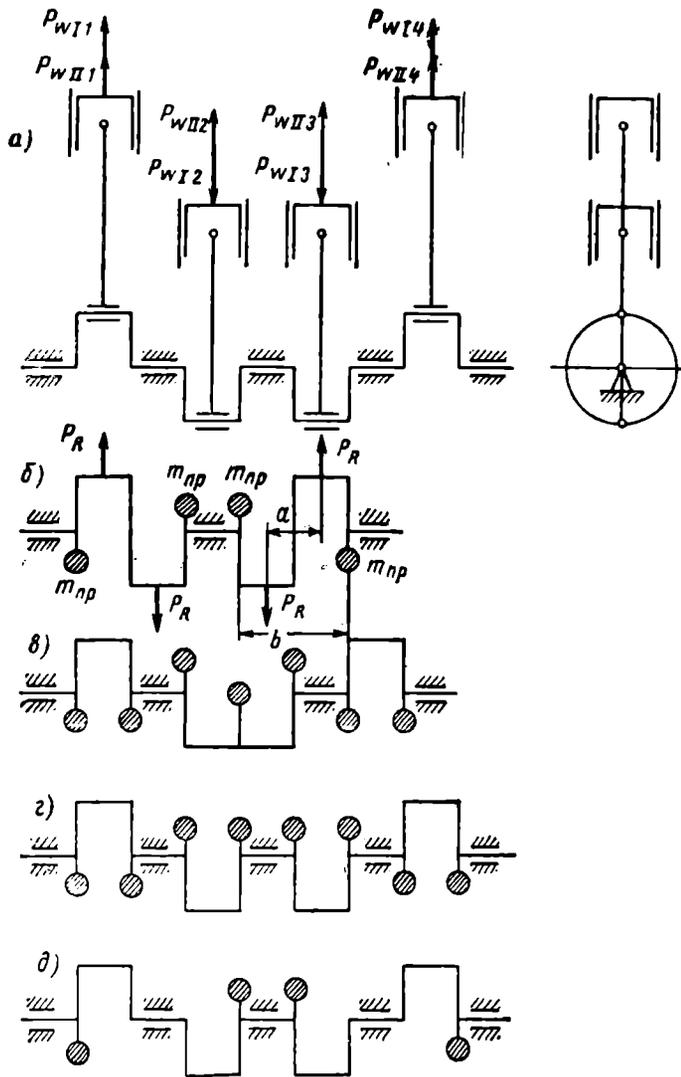
Тўрт таянчли вал (166- расм, в) М-20 двигателяга, беш таянчли вал эса (166- расм, г) Д-35 ва бошқа дизелларга ҳамда карбюраторли ГАЗ-21 двигателяга ўрнатилади. Иккита четки ва иккита ўртадаги жағларига посангилар ўрнатилган беш таянчли валлар (166- расм, д) жумладан КДМ-46 ва бошқа дизелларга ўрнатилган.

4. Кривошиплари 90° бурчак билан жойлашган тўрт цилиндрли двигатель

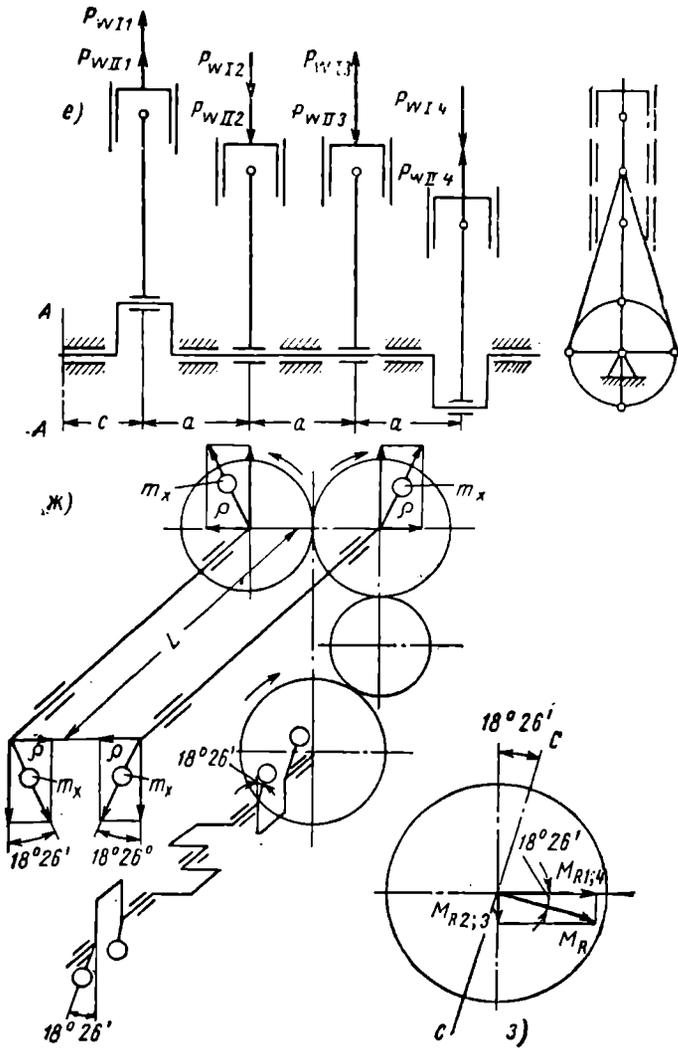
Икки тактли дизелларда (ЯАЗ-204) кривошиплар бир-бирига нисбатан 90° бурчак билан жойлашади. Бу эса қўшимча валларга (буларнинг бири кулачокли вал) ва тирсакли вал жағларининг давомига посангилар ўрнатиб, двигателни тўла мувозанатлашга имкон беради.

Биринчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган (166- расм, е):

$$\sum_{i=1}^{i=4} P_{wi} = mR\omega^2 [\cos \varphi + \cos (\varphi + 90^\circ) + \cos (\varphi + 270^\circ) + \cos (\varphi + 180^\circ)] = mR\omega^2 (\cos \varphi - \sin \varphi + \sin \varphi - \cos \varphi) = 0.$$



166-расм. Тўрт цилиндрли қаторли



двигателларни мувозанатлаш

Иккинчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=4} P_{w1i} = mR\omega^2 \lambda [\cos 2\varphi + \cos 2(\varphi + 90^\circ) + \cos 2(\varphi + 270^\circ) + \cos 2(\varphi + 180^\circ)] = mR\omega^2 \lambda (\cos 2\varphi - \cos 2\varphi - \cos 2\varphi + \cos 2\varphi) = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучлари моменти мувозанатлашмаган:

$$\sum_{i=1}^{i=4} M_1 = cP_{w11} + (c + a)P_{w12} + (c + 2a)P_{w13} + (c + 3a)P_{w14} = a \cdot mR\omega^2 (3 \cos \varphi - \sin \varphi).$$

Бу моментнинг энг катта қиймати ва тирсакли валнинг $\varphi_{M \max}$ бурчаги билан белгиланадиган мос ҳолати қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\frac{d \sum_{i=1}^{i=4} M_1}{d\varphi} = mR\omega^2 a (-3 \sin \varphi_{M \max} - \cos \varphi_{M \max}) = 0,$$

бундан:

$$\varphi_{M \max} = 341^\circ 34' \text{ ёки } \varphi_{M \max} = -18^\circ 26'.$$

Демак,

$$\sum_{i=1}^{i=4} M_{1\max} = 3,162 mR\omega^2 a.$$

Момент $\sum_{i=1}^{i=4} M_1$ тақсимлаш вали ва қўшимча валларга ўрнатилган тўртта посанги билан мувозанатланади (166- расм, *e* ва *ж*). Бу валлар тирсакли вал каби бурчагий тезлик билан айланади.

Мувозанатловчи посангилар шундай жойлаштирилганки, биринчи цилиндрнинг поршени ю. ч. н. да бўлганда барча посангиларнинг текислиги билан вертикал текислик орасидаги бурчак $18^\circ 26'$ га тенг бўлади. Ҳар бир мувозанатловчи посангининг массаси қуйидаги тенгламадан топилади:

$$2m_x r \omega^2 L = 3,162 mR \omega^2 a,$$

бундан:

$$m_x = 1,581 \frac{mRa}{rL}.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари momenti мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=4} M_{ii} = c \cdot P_{w_{ii1}} + (c + a) P_{w_{ii2}} + (c + 2a) P_{w_{ii3}} + (c + 3a) P_{w_{ii4}} = 0.$$

Марказдан қочма кучлар momenti мувозанатлашмаган. P_{R_1} ва P_{R_2} кучлар (166- расм, з) эркин момент $M_{R_1; 4}$ ҳосил қилади. Бу момент биринчи ва тўртинчи кривошипларнинг айланиш текислигида таъсир қилади; $M_{R_1; 4} = P_R \cdot 3a = 3m_R R \omega^2 a$.

P_{R_2} ва P_{R_3} кучлар эркин момент $M_{R_2; 3}$ ни ҳосил қилади. Бу момент иккинчи ва учинчи кривошиплар текислигида таъсир қилади;

$$M_{R_2; 3} = P_R \cdot a = m_R R \omega^2 a.$$

Тенг таъсир этувчи момент M_R нинг қиймати ва унинг таъсир этиш текислиги $C - C$ моментлар $M_{R_1; 4}$ ва $M_{R_2; 3}$ векторларининг геометрик йиғиндисига тенг:

$$M_R = \sqrt{M_{R_1; 4}^2 + M_{R_2; 3}^2} = \sqrt{(P_R \cdot 3a)^2 + (P_R \cdot a)^2} = \sqrt{10} P_R \cdot a.$$

M_R моментнинг таъсир этиш текислиги тирсакли валнинг бурчагий тезлиги ω билан айланади ва биринчи ҳамда тўртинчи кривошипларнинг текислиги билан $18^\circ 26'$ бурчак ҳосил қилади:

$$\operatorname{tg} \varphi_{M_R} = \frac{P_R \cdot a}{P_R \cdot 3a} = \frac{1}{3}; \text{ яъни } \varphi_{M_R} = 18^\circ 26'.$$

Тенг таъсир этувчи момент тирсакли валда биринчи ва тўртинчи тирсаклар текислиги билан $18^\circ 26'$ бурчак ҳосил қилиб жойлашган посангилар ёрдамида тўла мувозанатланиши мумкин (166- расм, ж).

5. Кривошиплари 120° бурчак билан жойлашган олти цилиндрли двигатель

Биринчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган (167- расм, а)

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_{w_i} = 0.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_{w_{ii}} = 0.$$

Марказдан қочма кучлар мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_R = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучлари моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_I = 0.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_{II} = 0.$$

Марказдан қочма кучлар моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_R = 0.$$

Олти цилиндрли двигателлар бутунлай мувозанатлашган бўлса ҳам, унинг тирсакли валига мувозанатловчи посангилар ўрнатилади. Бу посангилар валнинг ҳар бир тирсагидаги марказдан қочма кучнинг туб подшипникларга таъсирини камайтиради.

6. Кривошиплари 60° бурчак билан жойлашган олти цилиндрли двигатель

Иш тартиби 1—5—3—6—2—4 бўлган икки тактли двигателларда алангаланишнинг бир текисда (60° дан сўнг) такрорланишини таъминлаш учун валнинг тирсаклари ўзаро 60° бурчак ҳосил қилиб жойлаштирилади.

Биринчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_{wI} = mR\omega^2 [\cos \varphi + \cos (\varphi + 120^\circ) + \cos (\varphi + 240^\circ) + \cos (\varphi + 60^\circ) + \cos (\varphi + 300^\circ) + \cos (\varphi + 180^\circ)] = 0$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_{wII} = 0.$$

Марказдан қочма кучлар мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_R = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучлар momenti мувозанатлашмаган:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_i = mR\omega^2 a (3 \cos \varphi - 1,732 \sin \varphi)$$

Бу моментнинг энг катта қиймати ва унга тўғри келадиган тирсақли валнинг $\varphi_{M \max}$ бурчаги билан аниқланадиган ҳолати қуйидаги тенгламадан топилади:

$$\frac{\sum_{i=1}^{i=6} M_i}{d\varphi} = mR\omega^2 a (-3 \sin \varphi_{M \max} - 1,732 \cos \varphi_{M \max}) = 0,$$

бундан

$$\varphi_{M \max} = 150^\circ \text{ ва } \varphi_{M \max} = 330^\circ;$$

демак,

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_{i \max} = \pm 3,464 mR\omega^2 a$$

ЯАЗ-206 двигателларида бу момент 167- расм, б да кўрсатилган схема бўйича мувозанатланади. Биринчи цилиндр поршени ю. ч. н. да бўлганда қўшимча валлардаги (улардан бири тақсимлаш вали) m_x массали посангиларнинг жойлашиш текислиги вертикал текислик билан 30° бурчак ташкил қилади. Мувозанатловчи моментнинг энг катта қиймати:

$$2m_x \varphi \omega^2 L = 3,464 mR\omega^2 a.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари momenti мувозанатлашган:

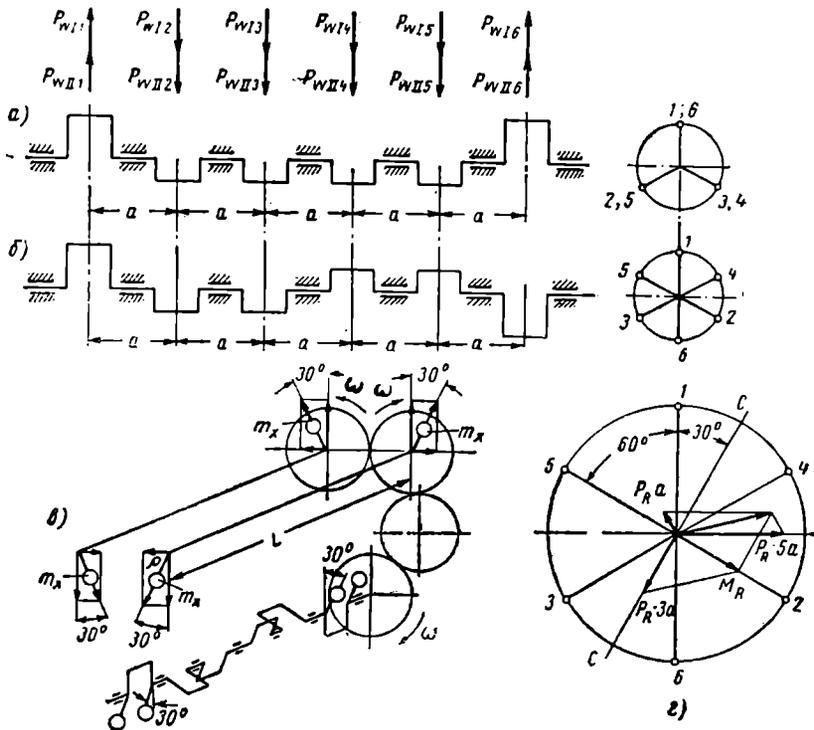
$$\sum_{i=1}^{i=6} M_{II} = 0.$$

Марказдан қочма кучлар momenti мувозанатлашмаган. Бу momenti аниқлаш 167- расм, г да кўрсатилган. Биринчи ва олтинчи тирсақларга таъсир этувчи кучлар momenti $P_R \cdot 5a$, иккинчи ва бешинчи тирсақларники $P_R \cdot 3a$, учинчи ва тўртинчи тирсақларники эса $P_R \cdot a$ га тенг. СС текисликда таъсир этувчи M_R моментнинг тенг таъсир этувчи вектори биринчи ва олтинчи тирсақлардаги жағларнинг давомига ўрнатилган посангилар ёрдамида тўла мувозанатланиши мумкин; посангилар шу тирсақларнинг текислигига 30° бурчак остида ўрнатилган бўлади (167- расм, в).

V- симоң двигателларни қаторли иккита двигатель йиғиндиси деб қараш мумкин.

Агар қаторли двигателларнинг мазкур тартибли инерция кучлари мувозанатлашган бўлса, у ҳолда ҳар қаторидаги цилиндрлар сони ва тираскларининг жойлашиши ўхшайдиган икки қаторли двигательда ҳам шу тартибдаги инерция кучлари мувозанатлашган бўлади.

Бир қаторли двигателларнинг мазкур тартибли инерция кучлари мувозанатлашмаган бўлса, у ҳолда икки қаторли двигателларда мувозанатлашмаган кучларнинг қиймати ҳар бир қаторнинг цилиндрларидаги мувозанатлашмаган инерция кучлари векторларининг геометрик йиғиндиси билан аниқланади. Бу ҳолда шунини ҳисобга олиш керакки, цилиндрларнинг бир қаторидаги инерция кучларининг йиғиндиси иккинчи қатордаги инерция кучларининг йиғиндисига нисбатан фаза бўйича шу қаторлар орасидаги бурчакка сурилган бўлади.



167- расм. Олти цилиндрли қаторли двигателларни мувозанатлаш

1. Цилиндрларнинг ўқлари орасидаги бурчак γ бўлган икки цилиндрли двигатель (умумий ҳол)

Биринчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашмаган (168- расм, а):

$$\sum_{i=1}^{i=2} P_{wi} = \sqrt{P_{wi\alpha}^2 + P_{wi\gamma}^2 + 2P_{wi\alpha} \cdot P_{wi\gamma} \cos \gamma},$$

бунда чап цилиндрнинг биринчи тартибли инерция кучи:

$$P_{wi\alpha} = mR\omega^2 \cos \varphi,$$

ўнг цилиндрники:

$$P_{wi\gamma} = mR\omega^2 \cos (\gamma - \varphi) \text{ бўлади.}$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашмаган:

$$\sum_{i=1}^{i=2} P_{wii} = \sqrt{P_{wii\alpha}^2 + P_{wii\gamma}^2 + 2P_{wii\alpha} P_{wii\gamma} \cdot \cos \gamma},$$

бунда:

$$R_{wii\alpha} = mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi;$$

$$P_{wii\gamma} = mR\omega^2 \lambda \cos 2(\gamma - \varphi).$$

Шундай қилиб, биринчи ва иккинчи тартибли инерция кучлари йўналиши ва қиймати жиҳатидан ўзгарувчандир. Бу кучларни тирсакли валга посангилар ўрнатиб мувозанатлаш мумкин бўлмайди.

Марказдан қочма куч:

$$\sum_{i=1}^{i=2} P_R = m'_R R\omega^2,$$

бу ерда $m'_R = m_\tau + m_{z, \alpha} + m_{\beta\gamma}$ — тирсакли валнинг мувозанатлашмаган қисмининг ҳамда чап ва ўнг шатунларнинг мос қисмларининг массалари.

Марказдан қочма кучни тирсакли валга посангилар ўрнатиб бутунлай мувозанатлаш мумкин.

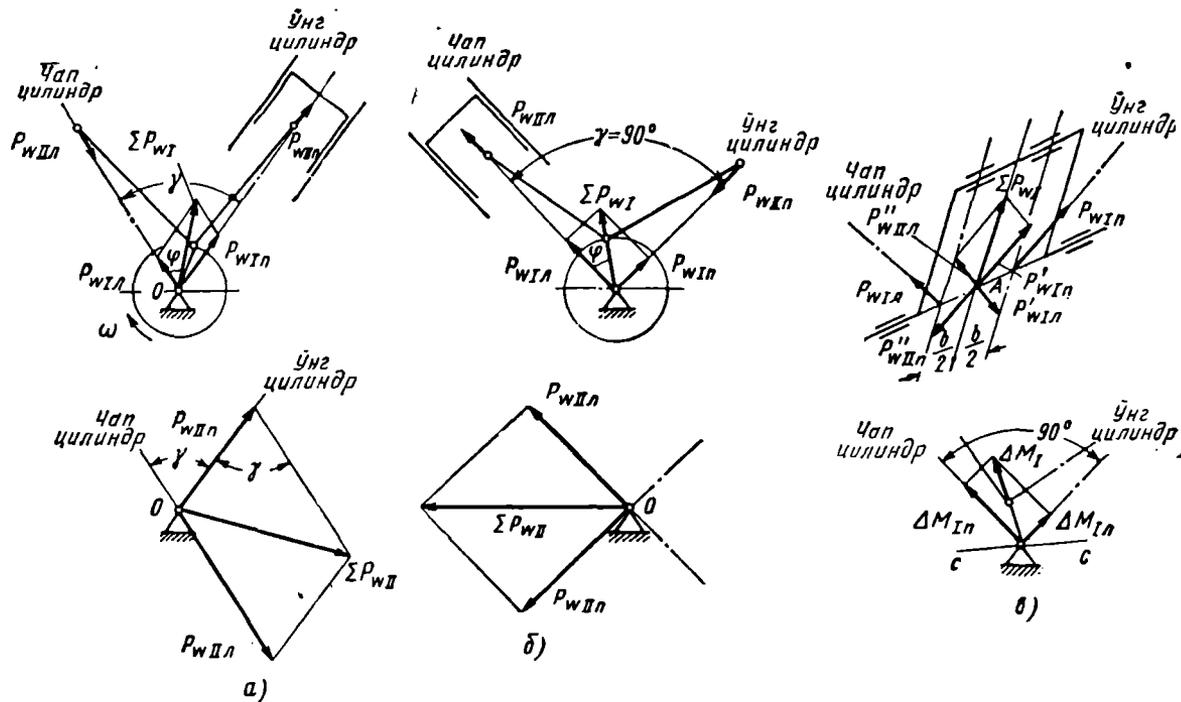
Биринчи ва иккинчи тартибли ҳамда марказдан қочма инерция кучларининг моментлари мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=2} M_I = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=2} M_{II} = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=2} M_R = 0$$

2. Цилиндрлари ўқларининг орасидаги бурчак 90° бўлган икки цилиндрли двигатель

Биринчи тартибли инерция кучлари (168- расм, б):

$$\sum_{i=1}^{i=2} P_{wi} = \sqrt{P_{wi\alpha}^2 + P_{wi\gamma}^2} = mR^2\omega \sqrt{\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi} = mR\omega^2.$$



168- рasm. Икки цилиндрли V-симон двигателларни мувозанатлаш

Бу куч катталиги жиҳатидан ўзгармас ва ҳар доим кривошип радиуси бўйлаб йўналади. Бинобарин, бу кучни тирсакли вал жағларининг давомига иккита посанги ўрнатиб ўша мувозанатлаш мумкин.

Посангиларнинг массасини қуйидаги ифодадан аниқлаш мумкин:

$$mR\omega^2 = 2m_{\text{пос}} \rho_{\text{пос}} \omega^2,$$

бу ерда $m_{\text{пос}}$ — мувозанатловчи посанги массаси;

$\rho_{\text{пос}}$ — мувозанатловчи посанги оғирлик миқдори тирсакли валнинг ўқиғача бўлган масофа.

Олинган боғланишлар иккала цилиндр ўқлари бир текисликда ётган ҳол учун ўз кучини сақлайди. Бироқ V-симон автомобиль двигателларида шатунлар бир бўйинда ёнма-ён жойлашади (168-расм, в). Бинобарин, цилиндрларнинг ўқлари турли текисликда жойлашган бўлади ва двигателга қўшимча момент таъсир этади. Бу моментнинг қийматини аниқлаш учун, тирсакнинг симметрия ўқи билан вал ўқининг кесишув нуқтаси А га ўзаро тенг ва қарама-қарши йўналган $P_{\text{w1ч}}$ ва $-P_{\text{w1ч}}$, P_{w1y} ва $-P_{\text{w1y}}$ кучларни қўямиз.

Кўрсатилган кучлар посангилар ёрдамида мувозанатландиган тенг таъсир этувчи куч $\sum_{i=1}^{i=2} P_{\text{w1}} = mR\omega^2$ га ва иккита қўшимча момент $\Delta M_{1ч} = P_{\text{w1ч}} \cdot \frac{b}{2} = mR\omega^2 \cos \varphi \cdot \frac{b}{2}$ $\Delta M_{1y} = P_{\text{w1y}} \cdot \frac{b}{2} = mR\omega^2 \sin \varphi \cdot \frac{b}{2}$ га келтирилади. Бу моментларнинг тенг таъсир этувчиси қуйидагича бўлади:

$$\Delta M_1 = \sqrt{\Delta M_{1ч}^2 + \Delta M_{1y}^2} = \sqrt{2} mR\omega^2 \frac{b}{2}.$$

Бу момент тирсак текислигига тик бўлган айланувчи $C-O$ текисликда таъсир этади. Бу момент жуда кичик бўлиб, одатда ҳисобга олинмайди.

Иккинчи тартибли инерция кучлари:

$$\sum_{i=1}^{i=2} P_{\text{w11}} = \sqrt{P_{\text{w11ч}}^2 + P_{\text{w11y}}^2} = \sqrt{2} mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi.$$

$$P_{\text{w11ч}} = mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi;$$

$$P_{\text{w11y}} = mR\omega^2 \lambda \cos 2(90^\circ - \varphi) = -mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi$$

Бу куч горизонтал йўналган бўлиб, одатда, мувозанатланмайди.

Марказдан қочма куч тирсакли вал жағларининг давомида жойлашган посангилар ёрдамида мувозанатланади.

Биринчи ва иккинчи тартибли инерция кучлари ва марказдан қочма куч моменти нолга тенг:

$$\sum_{i=1}^{i=2} M_I = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=2} M_{II} = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=2} M_R = 0.$$

3. Кривошип ва цилиндрлари орасидаги бурчак 90° бўлган тўрт цилиндрли двигатель

Двигателнинг ишлаш тартиби 1—2—4—3 ($M_e M3-966 A$, 169- расм) бўлганда цилиндрларда ўт олиш текис (ҳар 180° дан сўнг) такрорланади.

Биринчи тартибли инерция кучлари мувозанатлашган:

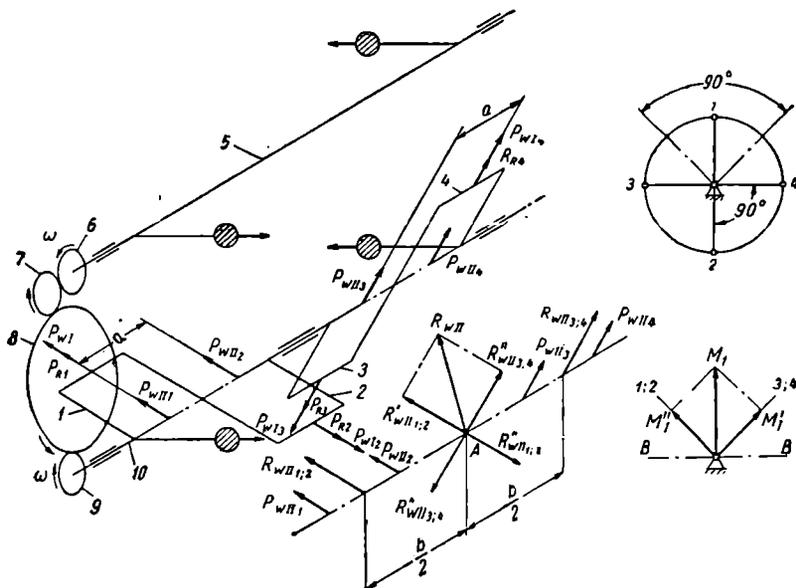
$$\sum_{i=1}^{i=4} P_{wi} = mR\omega^2 \cos \varphi + mR\omega^2 \cos (180^\circ + \varphi) + mR\omega^2 \cos (180^\circ + \varphi) + mR\omega^2 \cos \varphi = 0.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари: биринчи ва иккинчи цилиндрларнинг тенг таъсир этувчилари

$$R_{II1;2} = P_{wII1} + P_{wII2} = mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi + mR\omega^2 \lambda \cos 2(180^\circ + \varphi) = 2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi;$$

учинчи ва тўртинчи цилиндрларнинг тенг таъсир этувчилари

$$R_{II3;4} = P_{wII3} + P_{wII4} = mR\omega^2 \lambda \cos 2(180^\circ + \varphi) + mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi = 2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi.$$



169- расм. Тўрт цилиндрли V-симон двигателларни мувозанатлаш

Тирсакли валнинг ўқида ётган A нуқтага тўртта куч қўямиз: миқдори жиҳатидан $R_{w_{III};2}$ кучга тенг, қарама-қарши томонга йўналган иккита куч $R'_{w_{III};2}$ ва $-R'_{w_{III};2}$ ҳамда миқдори жиҳатидан $R_{w_{III};4}$ га тенг, ўзаро қарама-қарши йўналган кучлар $R'_{w_{III};4}$ ва $-R'_{w_{III};4}$. $R'_{w_{III};2}$ ва $R'_{w_{III};4}$ кучларнинг тенг таъсир этувчиси:

$$R_{w_{II}} = \sqrt{R_{w_{II};1;2}^2 + R_{w_{II};3;4}^2}$$

Худди шу тартибда, вертикал текислик бўйича таъсир этувчи иккинчи тартибли инерция кучларининг тенг таъсир этувчиси топилади:

$$\sum_{i=1}^{i=4} P_{w_{II}} =$$

$$= R_{w_{II}} = \sqrt{(2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi)^2 + (2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi)^2} = 2\sqrt{2}mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi$$

Бу кучнинг максимал қиймати бир хил шароитда ишлаётган тўрт цилиндрли қаторли двигателниқидан тахминан 30% кам бўлади:

$$2\sqrt{2}mR\omega^2 \lambda < 4mR\omega^2 \lambda.$$

Марказдан қочма кучлар мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=4} P_R = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучларининг моменти: биринчи ва иккинчи цилиндрлар ўқидан ўтган текисликда таъсир этувчи $P_{w_{I1}}$ ва $P_{w_{I2}}$ кучлар моменти:

$$M'_1 = P_{w_{I1}} \cdot a = mR\omega^2 \cos \varphi \cdot a;$$

учинчи ва тўртинчи цилиндрлар ўқидан ўтган текисликда таъсир этувчи $P_{w_{I3}}$ ва $P_{w_{I4}}$ кучлар моменти:

$$M''_1 = R_{w_{I3}} \cdot a = mR\omega^2 \cos \varphi \cdot a;$$

биринчи тартибли инерция кучлари моментининг тенг таъсир этувчи вектори

$$M_1 = \sqrt{M_1'^2 + M_1''^2} = \sqrt{2}mR\omega^2 \cos \varphi \cdot a$$

тирсакли вал ўқидан ўтувчи BB горизонтал текислик бўйлаб йўналган. Бу момент мувозанатловчи 5 ва тирсакли 10 валларга ўрнатилган посангилар ёрдамида тўла мувозанатланиши мумкин. Мувозанатловчи вал тирсакли валдан шестернялар 9, 8, 7 ва 6 ёрдамида ҳаракатга келтирилади ва тирсакли вал билан бир хил бурчағий тезликда, лекин қарама-қарши томонга айланади.

Иккинчи тартибли инерция кучлари momenti:

$$M_{II} = \sqrt{\left(R_{wII;2} \cdot \frac{b}{2}\right)^2 + \left(R_{wII;4} \cdot \frac{b}{2}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{(2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi \cdot \frac{b}{2})^2 + (2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi \cdot \frac{b}{2})^2} =$$

$$= \sqrt{2mR\omega^2 \lambda \cos 2\varphi \cdot b}.$$

Бу момент горизонтал текисликда таъсир этади ва қиймати кичик бўлганидан одатда ҳисобга олинмайди.

Марказдан қочма кучлар momenti

$$M_R = \sqrt{2} mR\omega^2 a$$

биринчи кривошип текислигидан 45° кейинда қоладиган айланувчи текисликда таъсир этади.

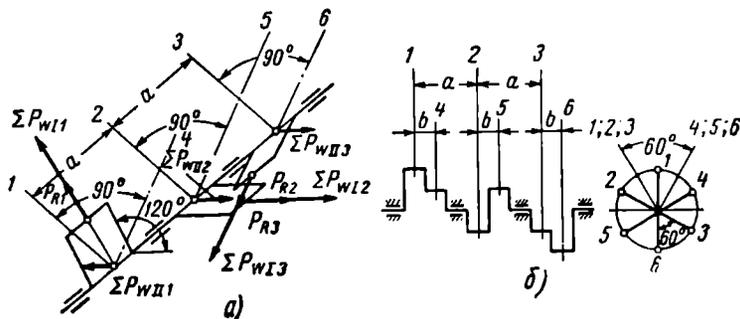
M_R момент тирсакли вал жағларининг давомида ўрнатилган посонгилар ёрдамида осон мувозанатланади.

4. Цилиндрларининг ўқлари орасидаги бурчаги 90° бўлган ва 120° бурчак билан жойлашган уч жуфт кривошипли олти цилиндрли двигатель

Бундай двигательларда алангаланиш бир текис такрорланмайди. Шунинг учун двигателни маълум меъёрда ишлатиш учун бир қаторли двигателларникига нисбатан инерция momenti $60-70\%$ катта бўлган маховик ўрнатилиши керак. Бу схема ЯМЗ-236 дизелларида қўлланилади (170- расм, а).

Бу двигателнинг мувозанатлашганлигини кўриб чиқиш учун уни шартли равишда уч секцияга ажратамиз. Секцияларнинг ҳар бирини ўқлари орасидаги бурчак $\gamma = 90^\circ$ бўлган V-симон икки цилиндрли, двигатель б деб ҳисоблаймиз.

Юқорида айтилганлардан маълумки, биринчи тартибли инерция кучларининг тенг таъсир этувчиси ҳар бир секция учун $mR\omega^2$ га тенг ўзгармас қийматдан иборат ва доим кривошип радиуси бўйлаб йўналган бўлади.



170- расм. Олти цилиндрли V-симон двигателларни мувозанатлаш

Биринчи тартибли инерция кучлари:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_{w1} = 0.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_{w11} = 0.$$

Марказдан қочма кучлар:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_R = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучлари моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_I = 1,732 mR\omega^2 a.$$

Бу момент биринчи кривошип текислиги билан 30° бурчак ҳосил қилган айланувчи текисликда таъсир қилади.

Иккинчи тартибли инерция кучлари моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_{II} = \sqrt{2} mR\omega^2 a (1,5 \cos 2\varphi + 0,866 \sin 2\varphi).$$

Бу моментнинг энг катта қиймати юқорида кўрсатилган усул билан аниқланади ва бу қийматга $\varphi_{\max} = 15^\circ$ ҳамда $\varphi_{\max} = 195^\circ$ бўлганда эришади.

Марказдан қочма куч моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_R = \sqrt{3} P_R a = 1,732 (m_k + 2m_2) R\omega^2 a.$$

Биринчи тартибли инерция кучи ва марказдан қочма куч моментлари тирсакли валнинг ҳамма жағларининг ёки икки четки жағларининг давомида ўрнатилган ва биринчи тирсак текислиги билан 30° бурчак ҳосил қилган текисликда жойлашган посангилар ёрдамида тўла ёки қисман мувозанатланиши мумкин.

Иккинчи тартибли инерция кучлари моменти қарама-қарши томонга 2ω бурчагий тезлик билан айланувчи иккита қўшимча валга ўрнатилган посангилар ёрдамида мувозанатланиши мумкин.

Кўриб чиқилган моментлардан ташқари, двигателнинг ҳар бир секциясида тирсакнинг текислигига тик бўлган текисликда $\Delta M_I = mR\omega^2 \cdot b/2$ момент таъсир этади. Бу момент ҳар бир секциядаги цилиндрлар ўқларининг турли текисликда ётиши сабабли пайдо бўлади. Бу моментлар кўрилаётган схемали двигателда ўзаро мувозанатлашган.

5. Цилиндрлари ўқларининг орасидаги бурчак 60° бўлган ва олти кривошип 60° бурчак билан жойлашган олти цилиндрли двигатель

Ишлаш тартиби 1—4—2—5—3—6 (170- расм, б) бўлган тўрт тактли двигателда алангаланиш бир текисда (ҳар 120° дан сўнг) такрорланади. Бу схема карбюраторли двигателларда қўлланилади.

Биринчи ва иккинчи тартибли инерция кучлари ва марказдан қочма кучлар мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=6} P_{wI} = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=6} P_{wII} = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=6} P_R = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучлари моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_I = 1,5mR\omega^2 a.$$

Иккинчи тартибли инерция кучлари моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=6} M_{II} = 1,5mR\omega^2 \lambda a.$$

Марказдан қочма кучлар моменти:

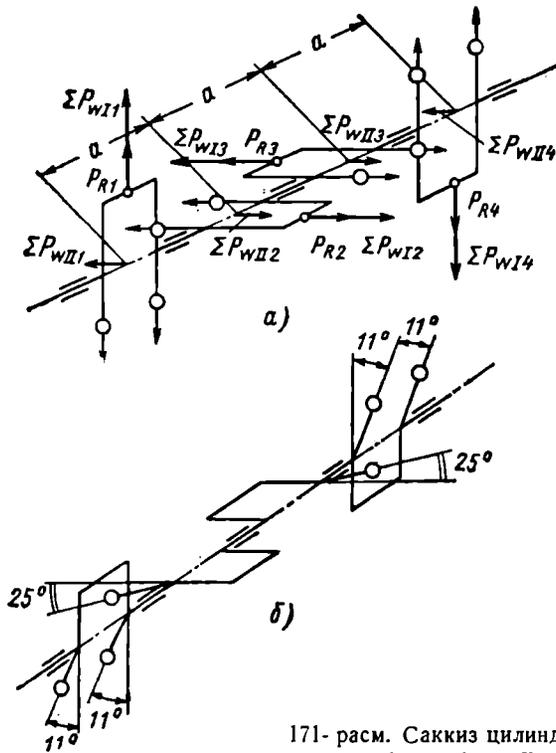
$$\sum_{i=1}^{i=6} M_R = m_R R \cdot \omega^2 (2a + b) + 1,732 m_R R \omega^2 (a - b).$$

Биринчи тартибли инерция кучлари ва марказдан қочма кучлар моментлари тирсакли валнинг икки четки жағларида жойлашган посангилар ёрдамида бутунлай ёки қисман мувозанатланиши мумкин. Иккинчи тартибли инерция кучлари моменти фақат 2ω бурчагидан тезлик билан айланувчи қўшимча валда жойлашган посангилар ёрдамида мувозанатланиши мумкин. Қўшимча моментлар йиғиндиси ΔM_I кўриб ўтилган ҳолдаги каби нолга тенг.

6. Икки ўзаро тик текисликда жойлашган кривошипли ва цилиндрларнинг ўқлари орасидаги бурчак 90° бўлган саккиз цилиндрли двигатель

Иш тартиби 1—5—4—8—6—3—7—2 бўлган тўрт тактли двигателларда (ЗИЛ-130, ЗИЛ-111, ЯМЗ-238, ЗМЗ-13) алангаланиш текис (ҳар 90° дан сўнг) такрорланади.

Двигателнинг мувозанатланганлигини текширишда уни умумий тирсакли валга эга бўлган тўртта икки цилиндрли V-симон двигатель йиғиндиси деб қараш мумкин (171- расм, а).



171- расм. Саккиз цилиндрли V-симон двигателларни мувозанатлаш

Биринчи ва иккинчи тартибли инерция кучлари ва марказдан қочма куч мувозанатлашган:

$$\sum_{i=1}^{i=8} P_{wI} = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=8} P_{wII} = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=8} P_R = 0.$$

Биринчи тартибли инерция кучларининг моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=8} M_I = \sqrt{10} m R \omega^2 a.$$

Бу момент биринчи кривошип текислиги билан $18^{\circ}26'$ бурчак ясовчи айланувчи текисликда таъсир этади ва тирсакли вал жағларининг давомига ўрнатилган посангилар ёрдамида мувозанатланиши мумкин.

Иккинчи тартибли инерция кучлари моменти:

$$\sum_{i=1}^{i=8} M_{II} = 0.$$

Марказдан қочма инерция кучлари momenti

$$\sum_{i=1}^{i=8} M_R = \sqrt{I_0} (m_k + 2m_2) R \omega^2 a$$

тирсақли валдаги ҳар қайси жағнинг давомида жойлашган посангилар ёрдамида мувозанатланади.

ЗИЛ-130 двигатели тирсақли валининг схемаси 171- расм, б да кўрсатилган. Посангиларнинг қиялик бурчаклари (11° ва 25°) двигателнинг мувозанатлашганлик даражасини ҳисоблаш натижасида аниқланган. Бунда биринчи ва тўртинчи кривошиплар текислиги билан $18^\circ 26'$ бурчак ясовчи айланувчи текисликда мувозанатловчи йиғинди моментининг таъсири ҳисобга олинган.

77- §. МУВОЗАНАТЛАШГА ОИД УМУМИЙ МУЛОҲАЗАЛАР ВА ТИРСАҚЛИ ВАЛЛАРНИ МУВОЗАНАТЛАШ

1. Мувозанатлашга оид умумий мулоҳазалар

Двигателнинг мувозанатланганлигини ҳисоблашда турли цилиндрлардаги кривошип-шатунли механизмнинг ҳаракатланувчи қасмларининг массаси бир хил, кривошипларнинг радиуслари ва шатунларнинг узунликлари тенг, тирсақли вал эса абсолют бикр деб фараз қилинган.

Ҳақиқатда эса, турли цилиндрлардаги ҳаракатланувчи қисмларнинг массалари аниқ тенг бўла олмайди. Технологик сабабларга кўра, деталларнинг ўлчамлари ҳам номинал ўлчамдан фарқ қилади. Бундан ташқари, деталлар, жумладан, тирсақли вал ҳам нагрузкалар таъсирида деформацияланади. Шунинг учун турли кривошипларнинг бурчагий тезликлари бир-биридан жиддий фарқ қилиши мумкин.

Двигателлар тайёрлашда кривошип-шатунли механизмларнинг деталларини пухта комплектлаш лозим; шунда деталларнинг ўлчами ва массалари номиналдан минимал фарқ қиладиган бўлсин. Бунинг учун қайтар-илгариланма ҳаракатланувчи деталларнинг массаси жуда аниқлик билан зарур қийматга етказилади, айланувчи деталлар эса статикавий ва динамикавий мувозанатланади.

Ҳозирги замон автомобиль двигателларида поршенлар массаларининг фарқи 2—30 г, шатунларники эса 2—60 г чамасида бўлади. Одатда поршенлар ва шатунлар массалари бўйича группаларга бўлинади. Ҳар қайси группадаги поршенлар ва шатунлар массаси номиналдан жуда кам фарқ қилади.

2. Тирсақли валларни мувозанатлаш

Тирсақли вални лойиҳалашда унинг шакли шундай танланадики, бунда вал мувозанатланган, яъни унинг айланиш ўқи бош марказий инерция ўқи бўлсин. Аммо тирсақли вал-

ларни тайёрлаш процессида технологик хатолар муқаррар юз бериши ва материалнинг бир жинсли бўлмаслиги сабабли айтиб ўтилган шарт бузилади, ҳар қандай мавжуд тирсакли вал маълум даражада мувозанатлашмаган бўлади. Мувозанатланмаган ҳолатни йўқотиш учун қўшимча массалар (мувозанатловчи юклар) танланади. Бу массаларни тирсакли валга ўрнатгандан кейин уларнинг марказдан қочма кучлари келтирилган (мувозанатланмаган) массаларнинг марказдан қочма кучларини мувозанатласин. Кўпинча мувозанатловчи юклар ўрнатиш ўрнига металлдан қирқиб олинади. Бу металл юк жойлашиши лозим бўлган текисликда, лекин қарама-қарши томондан олинади. Бу мақсадда тирсакли валларда махсус мувозанатлаш участкалари бўлади.

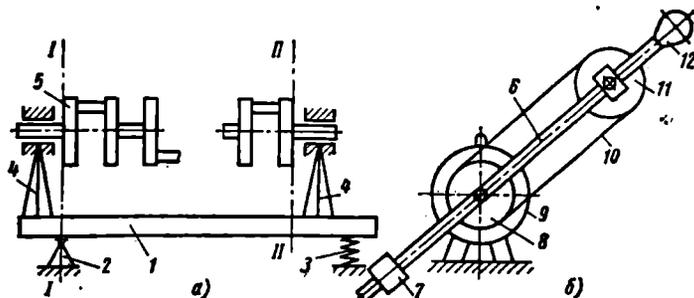
Мувозанатловчи юкларни дастлабки танлаш ва уларни кейинчалик тирсакли валга маҳкамлаш ёки валнинг мувозанатлаш участкасидан металл ўйиб олиш процесси *мувозанатлаш* дейилади.

Мувозанатлаш икки хил бўлади: статикавий ва динамикавий мувозанатлаш.

Мувозанатланувчи деталь диск шаклида, яъни унинг диаметри узунлигидан катта бўлса, бундай деталлар статикавий мувозанатланади. Қолган ҳамма ҳолларда динамикавий мувозанатлаш қўлланилади. Динамикавий мувозанатлаш статикавий мувозанатлашга nisbatan аниқроқ бўлади. Шунинг учун ҳам мувозанатлашганлигига катта талаблар қўйиладиган диск шаклдаги деталлар ҳам динамикавий мувозанатланади.

Динамикавий мувозанатлаш махсус мувозанатлаш станокларида бажарилади, бундай станоклар одатда эркинлик даражаси бирга тенг бўлган системадан иборат. Бу системанинг ҳаракатчан қисмлари станокнинг конструкциясига қараб аниқланадиган қўзғалмас ўқ атрофида тебранади.

Рама типидagi мувозанатлаш станогининг принципиал схемаси 172- расм, *a* да кўрсатилган. Станок рамаси 1 нинг столкалари 4 га мувозанатланувчи деталь 5 ўрнатилади. Рама станинага қўзғалмас шарнир 2 ва эластик таянч 3 билан бирлаштирилган. Рама қўзғалмас шарнир атрофида бурила олади.



172- расм. Мувозанатлаш станогининг схемаси

Шунинг учун рама фақат горизонтал шарнир 2 атрофида айланиши мумкин. Рамадаги деталнинг бикр таянчга нисбатан вазиятини ўзгартириш мумкин.

Деталь I—I ва II—II текисликларда икки босқичда мувозанатланади. Биринчи босқичда I—I текислик қўзғалмас шарнир 2 нинг ўқи орқали ўтади ва деталь II—II текисликда мувозанатланади; иккинчи босқичда II—II текислик қўзғалмас шарнир 2 нинг ўқи орқали ўтади ва деталь I—I текисликда мувозанатланади.

Деталь махсус юритма ёрдамида айлантирилади. 172- расм, б да лентали юритманинг схемаси кўрсатилган. Электрик двигателъ 9 валида жойлашган шкив 8 узлуксиз лента 10 воситасида шкив 11 билан боғланган. Шкив 11 ўрнатилган стержень электрик двигателънинг ўқига мос ўқ атрофида айланиши мумкин. Лентанинг таранглиги шкив 11 ни стержень 6 бўйлаб силжитиб ростланади. Стерженни шкив билан бирга мувозанатлаш учун стерженга юк 7 маҳкамланган. Бу юкнинг ҳолати стопор винти ёрдамида сақланади.

Агар электрик двигателъ ишлаётганда ҳаракатланувчи лентани даста 12 ёрдамида деталнинг сиртига сиқсак, у ҳолда лента билан деталь орасидаги ишқаланиш натижасида деталь ҳам айлана бошлайди. Деталь зарур тезликда айлана бошлагач, юритма даста 12 ёрдамида деталдан четлатилади.

Деталь айланаётганда келтирилган массаларнинг марказдан қочма кучлари динамикавий таъсир кўрсатиб рама 1 ни пружинали таянч 3 да тебратади. Тебраниш амплитудаси деталнинг мувозанатлашмаганлик даражасига, таянч 3 нинг эластиклик хусусиятларига ва иш режимига боғлиқ. Амплитуданинг энг катта қиймати резонансли режимда содир бўлади. Таянчнинг бикрлиги қанча кам бўлса, тебраниш амплитудаси шунча катта бўлади. Таянч 3 нинг бикрлиги камайса, хусусий тебранишлар частотаси ҳам камаяди. Шунинг учун резонанс тебранишлар деталнинг унча катта бўлмаган бурчагий тезликларида ҳам содир бўлиши мумкин. Деталь резонансли режимда ёки резонансли режимдагидан анча катта бурчагий тезликда мувозанатланади.

Детални тўла мувозанатлаш учун мувозанатловчи юкларнинг массасини ва уларнинг I—I ва II—II текисликларидаги ҳолатини тажриба йўли билан аниқлаш, яъни бу юклар жойлашадиган диаметрал текисликларни топиш ва юкларнинг деталнинг айланиш ўқига нисбатан статикавий моментини аниқлаш зарур. Бу иккита масалани ечиш учун мувозанатлаш станокларига ўрнатиладиган махсус ўлчаш аппаратларидан фойдаланилади. Бир қатор ҳозирги мувозанатлаш станокларига ўлчаш-ҳисоблаш мосламалари ўрнатилади. Бу мослама ёрдамида мувозанатловчи юкнинг ҳолатини аниқлаш мумкин. Бу юкнинг массаси кетма-кет намуна олиб ва асбобларнинг кўрсатишига қараб танланади. Агар станок сериялаб ёки кўплаб

ишлаб чиқариладиган аниқ бир детални мувозанатлаш учун ишлатилаётган бўлса, у ҳолда ўлчаш асбобининг шкаласини белгилаш учун тарировка графиклари тузилади ва бу асбобларнинг кўрсатишига қараб мувозанатловчи юкларнинг массаси топилади.

V- симон двигателларни мувозанатлашда улар икки цилиндрли бўлинмалардан иборат деб қаралади. Ҳар бир бўлинмага икки шатунли бир кривошип тўғри келади. Бу шатунлар шатун бўйни бўйлаб сурилган бўлади. Тирсакли валнинг динамикавий мувозанатланиши учун шатун бўйинларига массаси бир бўлинмадаги қайтар-илгариланма ҳаракатланувчи қисмларнинг ва айланувчи иккита шатуннинг йиғиқ ҳолдаги массаларига тенг юклар қўйилади.

Маховикли валнинг дисбаланси айланишлар сони минутига 100 бўлганда ЗИЛ-130 двигатели учун 70 Г·см дан, КДМ-46 двигатели учун эса 126 Г·см дан ошмаслиги керак.

78- §. ДВИГАТЕЛНИНГ РАВОН ИШЛАШИ

Двигателнинг равон ишлаши, биринчи навбатда, тангенциал кучга ўхшаб ўзгарадиган буровчи моментга боғлиқ.

Кўп цилиндрли двигателлар учун жами буровчи моментлар диаграммаси двигателдаги ҳар бир цилиндрдан олинган буровчи моментларнинг диаграммаларини кетма-кет қўшишдан ҳосил бўлади. Бир ва кўп цилиндрли двигателларнинг бир цикли давомида буровчи моментларнинг тирсакли валнинг бурилиш бурчагига қараб ўзгариш эгри чизиқлари 173- расмда кўрсатилган. Тўрт тактли двигатель учун буровчи моментнинг ўзгариш цикли $\frac{4\pi}{i}$ га, икки тактли двигатель учун эса $\frac{2\pi}{i}$ га тенг, бу ерда i цилиндрлар сони.

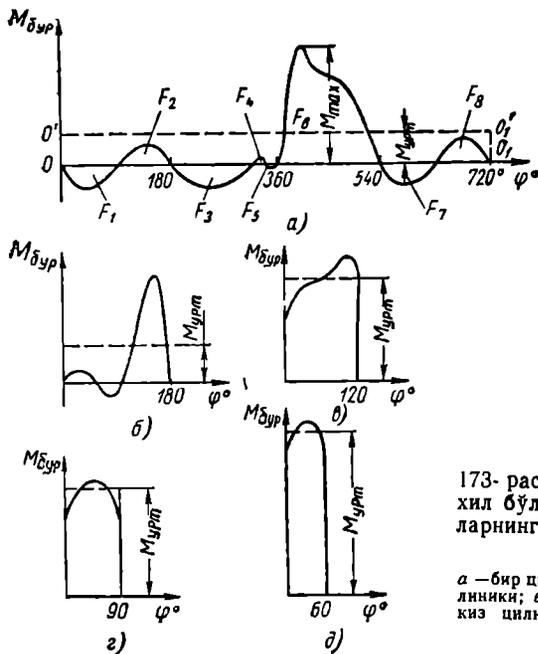
Двигателнинг жами буровчи моменти ҳатто турғунлашган режимда ишлаганда ҳам цикл давомида узлуксиз ўзгаради.

Буровчи моментнинг ўзгариш эгри чизиги ва диаграмманинг ўқ чизиги OO_1 билан чегараланган юза буровчи момент бажарган ишни беради (OO_1 ўқ чизиқдан юқоридаги юза мусбат ишни, ўқдан пастки юза эса манфий ишни беради). Мусбат ва манфий юзалар айирмаси буровчи моментнинг цикл давомидаги ишига тенг. Масалан, бир цилиндрли двигатель (173- расм, a) учун буровчи моментнинг бажарган иши:

$$F = (F_2 + F_4 + F_6 + F_8) - (F_1 + F_3 + F_5 + F_7). \quad (328)$$

Бу иш тўғри-тўртбурчаклик OO_1 , $O_1' O'$ юзига тенг тўртбурчакликнинг баландлиги буровчи моментнинг ўртача қийматига тенг:

$$M_{yp} = \frac{F}{O'O_1} \cdot a_1, \quad (329)$$



173-расм. Цилиндрлар сони ҳар хил бўлган тўрт тактли двигателларнинг буровчи моменти $M_{\text{бур}}$ эгри чиқиқлари:

a — бир цилиндрлики; *б* — тўрт цилиндрлики; *в* — олти цилиндрлики; *г* — саккиз цилиндрлики; *д* — уш икки цилиндрлики

бу ерда F — мусбат ва манфий юзаларнинг алгебраик йигиндиси, мм^2 ,

$O'O_1$ — диаграмманинг узунлиги, мм ;

a' — моментлар масштаби (1 мм a_1 узунлик $n \cdot \text{м/см}^2$ га тўғри келади).

Момент $M_{\text{урт}}$ нинг қийматини ўртача индикаторий босим орқали қуйидаги формуладан топиш мумкин:
тўрт тактли двигателлар учун

$$M_{\text{урт}} = p_1 \frac{D^2}{8} iR \quad (330)$$

ва икки тактли двигателлар учун

$$M_{\text{урт}} = p_1 \frac{D^2}{4} iR, \quad (331)$$

бу ерда p_1 — ўртача индикаторий босим;

D — поршень диаметри;

R — кривошип радиуси;

i — двигатель цилиндрларининг сони.

Бундан ташқари, ўртача буровчи моментни қуйидаги маълум формуладан ҳам топса бўлади:

$$M_{\text{урт}} = \frac{N_i}{\omega} \text{н. м.}, \quad (332)$$

бу ерда N_1 — двигателнинг индикаторий қуввати, *вт*;
 ω — тирсакли валнинг бурчагий тезлиги, *рад/сек*.

$O'O_1$ чизиқдан юқорида жойлашган диаграммаларнинг юзлари мусбат ишни билдиради. Двигатель турғунлашган режимда ишлаганда ортиқча мусбат ва манфий ишларнинг йиғиндилари ўзаро тенг бўлиши керак.

Буровчи моментнинг нотекислиги қуйидагилар ёрдамида баҳоланиши мумкин:

1) буровчи моментнинг нотекислик даражаси

$$K = \frac{M_{\max}}{M_{yp}}$$

бу ерда M_{\max} — цикл давомидаги буровчи моментнинг максимал қиймати;

2) буровчи моментнинг нотекислик коэффициенти

$$K_1 = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{yp}}$$

бу ерда M_{\min} — цикл давомидаги буровчи моментнинг минимал қиймати.

Цилиндрлар сони ортиши билан K ва K_1 лар қиймати камаяди. Идеал равои ишлайдиган двигатель учун $K=1$.

Двигателнинг иш режими ўзгариши билан K ва K_1 коэффициентлар ҳам ўзгаради, чунки инерция кучлари буровчи моментларнинг фақат максимал ва минимал қийматларига таъсир қилади, лекин буровчи моментнинг ўртача қийматига таъсир кўрсатмайди, чунки цикл давомида инерция кучларининг бажарган иши нолга тенг. Бинобарин, агар K ва K_1 коэффициентлар ҳар бир двигатель учун максимал қувват режимида аниқланган бўлса, турли двигателлар буровчи моментининг текислигини таққослаш мумкин. Тўрт тактли, цилиндрлари сони ҳар хил бўлган карбюраторли двигателлар учун тўла нагрузкада олинган K коэффициентларнинг қиймати 14- жадвалда келтирилган.

14- жадвал

Тўрт тактли карбюраторли двигателларнинг тўла нагрузкада олинган буровчи моментининг нотекислик даражаси K нинг қийматлари

Цилиндрлар сони	Цилиндрларнинг жойлашиши	K	Цилиндрлар сони	Цилиндрларнинг жойлашиши	K
1		7,74	6	қаторли	2,28
2	қарама-қарши		6	V- симон $\gamma = 90^\circ$	2,88
	ётувчи	5,52	8	қаторли	1,36
3	юлдузсимон	2,74	8	V- симон $\gamma = 90^\circ$	1,36
4	қаторли	3,35	12	V- симон	1,16
5	юлдузсимон	1,64			

Буровчи момент $M_{\text{бур}}$ нинг тирсакли валнинг бурилиш бурчаги бўйича даврий ўзгариши бурчагий тезлик ω нинг даврий ўзгаришига сабаб бўлади. Илгариланма-қайтар ҳаракатланувчи массалардан тангенциал инерция кучларининг ҳосил бўлиши туфайли, тирсакли валнинг бурчагий тезлигининг ўзгаришлари двигателнинг деталларида қўшимча динамикавий нағрузкалар ҳосил қилади.

Тирсакли вал айланишининг нотекислик даражасини ёки двигателнинг нотекислик ишлашини қуйидаги коэффициент билан баҳолаш мумкин:

$$\delta = \frac{\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{min}}}{\omega_{\text{урт}}}$$

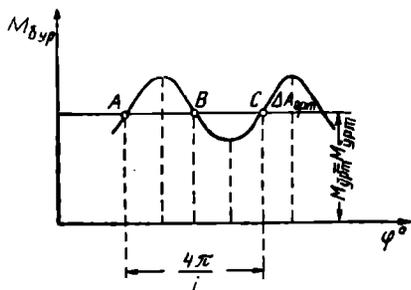
бу ерда ω_{max} , ω_{min} ва $\omega_{\text{урт}}$ — двигатель турғунлашган режимда ишлаганда бир цикл давомида тирсакли валнинг максимал, минимал ва ўртача бурчагий тезликлари.

Автомобиль двигателлари учун салт ишлаш режимида

$$\delta = \frac{1}{20} \div \frac{1}{50}$$

Маховик шундай танланиши керакки, бунда тавсия этилган нотекис ишлаш коэффициенти δ таъминлансин.

Двигатель турғунлашган режимда ишлаганда буровчи моментнинг ўртача қиймати $M_{\text{урт}}$ ўзгармас деб қабул қилинадиган ўртача қаршилик моменти $M_{\text{Р урт}}$ га тенг бўлади. Шунда тирсакли вал бурчагий тезлигининг тебранишлари буровчи момент $M_{\text{бур}}$ нинг оний қийматининг ўртача қиймати $M_{\text{урт}}$ дан фарқ қилишига боғлиқ бўлади. Двигатель буровчи моменти-нинг эгри чизиги ва унинг ўртача қиймати $M_{\text{урт}}$ ва $M_{\text{Р урт}}$



174- расм. Двигатель турғун режимда ишлаганда буровчи моментнинг ўзгариши

174- расмда кўрсатилган.

Маховик ҳаракатланувчи кучлар бажарган иш қаршилик кучлари ишидан катта бўлганда (AB участкада) кинетикавий энергия тўплаш ва ҳаракатланувчи кучлар иши етишмаганда (BC участкада) тўпланган энергияни қайтариш учун хизмат қилади. Агар маховик диск шаклида ясалган бўлиб, унинг тўғини тўғри-бурчаклик кесимли бўлса, у

қолда маховикнинг массаси қуйидагича аниқланади:

$$m_M = 4 \frac{\Delta A_{\text{орт.}}}{\omega^2 D^2_{\text{урт.}}}$$

бу ерда $\Delta A_{\text{орт}}$ — AB участкадаги ортиқча мусбат иш, *ж*;
 ω — тирсакли валнинг бурчагий тезлиги, *рад/сек*;
 $D_{\text{урт}}$ — маховик тўғинининг ўртача диаметри, *м*.

Маховик двигателнинг қанчалик нотекис ишлаши текшири-
лишидан ташқари, автомобилнинг ўрнидан қўзғалишига ҳам
ҳисобланади. Бунда автомобиль ўрнидан қўзғалаётганда, дрос,
сель заслонкасини двигателнинг салт ишлаш режимига мос
ўзгармас ҳолатда бўлади ва тишлашиш муфтаси аир лаҳзада
қўшилади деб фараз қилинади.

Маховикни автомобилнинг ўрнидан қўзғалишига ҳисобла-
ганда двигателнинг маховик моментининг етарли эканлиги $\frac{n_2}{n_1}$
нисбат билан аниқланади,

бу ерда n_1 — автомобилнинг двигатель ўчмасдан жойидан қўз-
ғалиши учун керак бўлган тирсакли валнинг
муфта қўшилмасдан олдинги айланишлар сони;
 n_2 — муфта қўшилганда (муфтанинг сирпаниши туга-
гандан кейин) ва автомобиь биринчи узат-
мада V_a км/соат тезликда ҳаракатланганда тир-
сакли валнинг минимал турғун айланишлар сони.

Енгил автомобиль двигателлари учун n_2/n_1 нисбат 0,05—
0,12, юк автомобиллари учун эса 0,15—0,40 деб олиниши
мумкин.

Ҳисоблаш формуласи қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\frac{n_2}{n_1} = - \frac{J_m(\beta - 1)}{J_m(\beta - 1) + \beta \frac{J_a}{i_k^2}}, \quad (334)$$

бу ерда J_m — маховикнинг инерция моменти;
 β — тишлашишнинг эҳтиёт коэффициенти ($\beta=1,2+1,7$);
 J_a — автомобилнинг илгариланма-қайтар ва айланма
ҳаракатланувчи массаларининг инерция моменти¹;
 i_k — узатмалар қутисининг узатиш сони.

79- §. ТИРСАКЛИ ВАЛНИНГ ТЕБРАНИШЛАРИ ҲАҚИДА АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

Двигатель тирсакли валининг ҳар қайси тирсагига ишораси
ва қиймати ўзгарувчан тангенциал кучлар T (ёки буровчи мо-
ментлар $M_{\text{бур}}$) ва нормал кучлар (158- расмга қаранг) таъсир

¹ Маховикнинг инерция моменти қуйидаги формуладан аниқланиши
мумкин:

$$J_a = \frac{m_a r_f^2}{i_0^2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

бу ерда m_a — автомобилнинг тўла массаси; r_f — автомобиль гилдирагининг
радиуси; r_f ни ўлчашда шинанинг деформацияси ҳисобга олинади; i_0 — бош
узатманинг узатиш сони.

қилади. Уларнинг ўзгариш даври тўрт тактли двигателларда тирсакли валнинг икки марта айланишига, икки тактли двигателларда эса тирсакли валнинг бир марта айланишига тўғри келади. Бу кучлар валнинг ҳар бир тирсагида узлуксиз ўзгаришчи даврий бурилиш деформациясини T_z куч ёки $M_{\text{бур}}$ момент таъсирида ва эгилиш деформациясини (Z_z куч таъсирида) ҳосил қилади. Бу деформациялар тирсакли валда даврий тебранишлар уйғотади. Тангенциал кучлар бурилма тебранишларни, нормал кучлар эса эгувчи тебранишларни ҳосил қилади.

Автомобиль двигателларининг тирсакли валлари учун буралма тебранишлар жуда хавфли бўлади. Аммо, баъзан, эгувчи тебранишлар ҳам тирсакли вални синдириши мумкин.

Буралма тебранишлар фақат кривошип-шатунли механизм деталлари учун хавфли бўлиб қолмасдан, балки тирсакли вал билан эгилувчан боғланишда бўлган барча механикавий узатмалар учун ҳам хавфлидир. Шунинг учун двигателни ва механикавий узатмаларни лойиҳалашда барча система (двигатель + трансмиссия) буралма тебранишларга ҳисобланади.

Буралма тебранишлар двигатель валининг тирсакларига қўйилган тангенциал кучларнинг даврий ўзгариши натижасида, валнинг буралма эластиклиги оқибатида вужудга келади.

Ҳисобни осонлаштириш мақсадида ҳақиқий буралма тебранишлар системаси эквивалент системага алмаштирилади (175- расм, *a* ва *b*). Эквивалент система ўзгармас диаметрли, массаси бўлмаган вал ва унга ўрнатилган дисклардан иборат. Бу дисклар (тўпланган массалар) нинг инерция моментлари J_1, J_2, \dots , валга боғланган массаларнинг ўрнини қоплайдиган системадир.

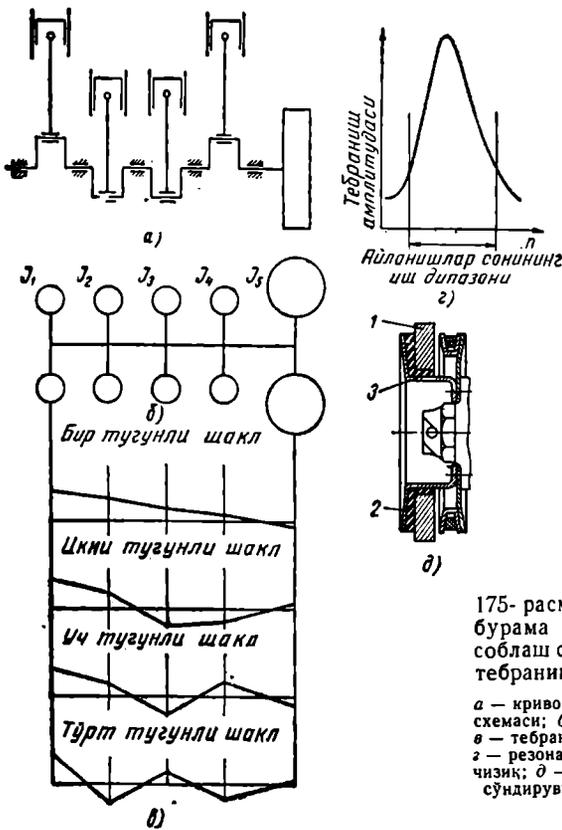
Ҳақиқий ва эквивалент системаларнинг хусусий (эркин) тебранишлари частотаси бир хил бўлиб, бу тебранишларнинг шакли бир-бирига ўхшайди.

Ташқи куч таъсирисиз тинчлик ҳолатидан чиқарилган пайтдаги тебранишлар частотаси вал системасининг хусусий тебранишлари частотаси деб аталади. Дисклари сони k бўлган вал системаси $k-1$ хусусий тебранишлар частотасига эга. Агар система ихтиёрий равишда тинчлик ҳолатидан чиқарилса (масалан, вални икки учидан ушлаб, икки томонга бураб, сўнг қўйиб юборсак) айни вақтда бир-бирининг устига жойлашувчи ҳар хил частотали хусусий тебранишлар ҳосил бўлади.

Тебранувчи дисkning тинчлик ҳолатидан энг катта оғиш бурчаги *тебранишлар амплитудаси* (радиан ёки градус ҳисобида) деб аталади.

Эквивалент вал узунлиги бўйлаб, массаларнинг тинчлик ҳолатидан амплитудавий оғиш графиги валнинг *тебранишлар шакли* деб аталади (175- расм, *b*).

Ҳар бир хусусий тебранишлар частотасига тегишли тебранишлар шакли мос келади. Валнинг тебранишлар пайтида



175- расм. Двигателларни бурама тебранишларга ҳисоблаш схемалари ва бурама тебранишларни сўндиргич:
a — кривошип-шатунли механизм схемаси; *b* — эквивалент схемаси, *в* — тебранишларнинг шакллари; *г* — резонансни инфодаловчи эгри чизиқ; *д* — бурама тебранишларни сўндирувчи резинали сўндиргич

тинчлик ҳолатидан оғмайдиган кесимлари *тебранишлар тугунлари* дейилади.

Тебранишлар шакли тугунлар сонига қараб белгиланади (бир тугунли шакл, икки тугунли шакли ва ҳоказо). *k* та массадан тузилган система учун тебранишлар частотаси энг юқори шаклда $k - 1$ тугун бўлади.

Вал массаларининг алоҳида эркин тебранишлари мазкур шакл учун гармоник тебраниш бўлиши мумкин. Бу ҳолда вал деформацияси қўйилган моментга тўғри пропорционал бўлиши керак. Агар валга резина элементли (дастлаб сиқилган пружинали ва ҳоказо) муфта ўрнатилган ҳамда валнинг буралиш бурчаги билан момент орасидаги боғланиш ночизикавий бўлса, у ҳолда системанинг тебранишлари гармоник бўлмайди.

Тирсақли вални айлантирувчи буровчи моментни гармоникавий анализ методи асосида частотаси, амплитудаси ва фазаси ҳар хил бўлган (синусоидал) моментлар (гармоникалар) йиғиндисидан тузилган деб қараш мумкин.

Двигатель тирсакли валининг бир айланишидаги гармоника даврлари сони *гармоника тартиби* дейилади. Тўрт тактли двигателда буровчи моментнинг асосий даври валнинг икки айланишига тенг бўлгани учун буровчи моментнинг гармоникавий анализидан олинган 1, 2, 3 ... даврли гармоникалар $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$ - ва ҳоказо тартибли гармоникалар тарзида белгиланади, икки тактли двигателлар учун касрий тартиблар бўлмайди.

Вал системасининг буровчи момент таъсирида *мажбурий тебранишлари* бошқа-бошқа тартибли гармоникалар ҳосил қиладиган гармоникавий тебранишлар йиғиндиси деб қаралади.

Частотаси системанинг хусусий тебранишлари частотасига тенг бўлган бирон тартибли гармоника таъсирида содир бўладиган тебранишлар *резонансий тебранишлар* деб аталади. Резонанс пайтида пайдо бўлувчи кучли (мажбурий) тебранишлар шакли мос частотали хусусий тебранишлар шаклига ўхшайди. Шунинг учун уйғотувчи кучлар таъсирида бир тугунли, икки тугунли ва ҳоказо шаклдаги резонанслар содир бўлиб, улар $\frac{1}{2}$ - тартибли гармоника резонанси, $4\frac{1}{2}$ - тартибли гармоника резонанси ва ҳоказо резонанс деб белгиланади.

Двигателнинг резонансини вужудга келтирувчи айланишлар сони *резонансий айланишлар сони* дейилади (175- расм, з).

Двигатель тирсакли валининг айланишлар сонининг иш диапозонида содир бўладиган буралма тебранишларнинг резонанслари номақул ҳисобланади, айрим ҳолларда эса унга йўл қўйилмайди. Двигатель резонансли режимда ишлаганда қуйидагилар кузатилади:

1. Двигатель ишлаётганда тақиллаш овози кучаяди, двигателнинг ва у ўрнатилган асоснинг титраши зўраяди; бунда автомобилнинг кузови ҳам сезиларли титрайди.

Тирсакли валнинг айланишлар сони катталашганда ёки камайганда двигателдаги номаъқул тақиллашлар ва титраш камайди ёки мутлақо йўқолади.

2. Тирсакли валнинг айрим жойлари қизийди. Бу ҳодиса кўпинча стационар двигателдан ҳаракат олувчи валларда, буралма тебранишлар энергияси ички (молекулалараро) ишқаланиш ишига сарфланганда содир бўлади.

3. Тирсакли валнинг айланишлар сони ортиши билан двигателнинг қуввати камайди. Бунга тирсакли вал системасидаги мавжуд буралма тебранишлар сабаб бўлади. Буралма тебранишларда двигатель қувватининг бир қисми ички молекулалараро ишқаланиш ишига, шунингдек, бундай тебранишларда пайдо бўладиган ташқи ишқаланиш ишига ва умуман двигателнинг титрашига сарфланади.

Бу тебранишларни ҳар хил усулларда йўқотиши мумкин. Масалан,

1) двигателнинг конструкциясини ўзгартириш (ҳаракатланувчи массаларни кўпайтириш ёки камайтириш, массалар оралигидаги участкаларнинг мустақкамлигини ўзгартириш) йўли билан системанинг хусусий тебранишлар частотасини кўпайтириш; ёки камайтириш; 2) двигателнинг ишлаш тартибини тўғри танлаб, уйғотувчи моментларнинг ишини ўзгартириш; 3) буралма тебранишларни йўқотиш учун махсус мосламалар (сўндиргичлар ёки демпферлар) ўрнатқш.

Буралма тебранишларни йўқотишнинг дастлабки икки усули ўз имкониятлари жиҳатидан анча чегараланган, учинчиси эса универсал усул ҳисобланади.

Буралма тебранишлар сўндиргичини уч группага бўлиш мумкин: 1) уйғотувчи момент ҳосил қиладиган энергияни ютувчи тузилмалар; энергия ютилганда тебранишлар амплитудаси камаяди; бу группадаги тузилмаларга қуруқ ишқаланиш сўндиргич, гидравлик ва зарбий сўндиргичлар киради; 2) уйғотувчи моментларни мувозанатловчи ёки системанинг энергиясини тарқалмаган ҳолда унинг частотасини ўзгартирувчи мосламалар киради; буларга пружинага қўйиладиган қўшимча массалар (динамикавий сўндиргич, резонансга яқинлашганда махавий массаларни узиб қўювчи мосламалар, муфтлар, маятникли сўндиргичлар) киради; 3) қисман системанинг бикирлигини ўзгартиришга ёки уйғотувчи моментни мувозанатлашга, қисман энергияни тарқатишга асосланиб ишлайдиган аралаш мосламалар; буларга резинали сўндиргичлар, рессора пружинали динамикавий сўндиргичлар ва бошқалар киради.

Автомобиль двигателларида буралма тебранишларни сўндириш учун резинали сўндиргичлардан кенг кўламда фойдаланилади (175- расм, *д*). Бундай сўндиргичда махавий масса 1 кожух 3 га резина қатлами 2 орқали бириктирилган. Резина бир вақтнинг ўзида энергияни тарқатувчи элемент ва махавий массани системага бириктирувчи пружина вазифасини бажаради.



АСОСИЙ КОНСТРУКТИВ ПАРАМЕТРЛАРНИ ТАНЛАШ

Двигатель лойиҳалаш жараёнида иш процесси ва двигательни рационал жойлаштириш билан боғлиқ масалалар ҳал қилинади. Двигателнинг габарит ўлчамлари ва массаси топшириқда кўрсатилгандек бўлиб, унинг деталлари мустаҳкам, бикр, ейи-лишга чидамли ва оддий тузилган бўлиши керак.

Двигателнинг иш ҳажмини белгиловчи асосий ўлчамлари цилиндр диаметри D ва поршеннинг йўли S ҳисобланади. Двигателнинг иш ҳажми ҳисобланган эффектив қувват N_e орқали топилади, шунинг учун бу ҳажмга двигатель иш циклининг параметрларидан ташқари, тактлиги, цилиндрлар сони ва жойлашиши, тирсақли валнинг бурчағий тезлиги (айланишлар сони) ҳам таъсир этади.

80- §. ДВИГАТЕЛНИНГ ТИПИНИ, ЦИЛИНДРЛАРНИНГ СОНИ ВА ЖОЙЛАНИШИНИ ТАНЛАШ

Автомобилларда асосан карбюраторли двигательлар ва дизеллар, жуда кам ҳолларда газавий двигательлар ўрнатилади. Двигателнинг типини танлашда унинг вазифасини, массасини, автомобилнинг тортиш ва тезлик характеристикаларини ҳамда двигательнинг эксплуатацион кўрсаткичларини ҳисобга олиш зарур. Бундан ташқари, автомобилнинг ўтувчанлигини ҳам ҳисобга олиш лозим; бу автомобилнинг олдинги ўқиға тушадиган нагрузкаға боғлиқ.

Дизелларни оғир юк автомобилларига, шатакчиларға, самосваллар-автомобилларға ва шаҳарлараро қатновчи автобусларға ўрнатиш маъқул кўрилади.

Автомобиль двигателларининг асосий кўрсаткичлари 15- жадвалда келтирилган.

Двигателнинг қувватини ўзгармас сақлаган ҳолда цилиндрлар сони оширилса, унинг диаметри кичиклашади, бу эса карбюраторли двигателда сиқиш даражасини оширишга ва, бинобарин, унинг тежамлилигини яхшилашга имкон беради. Бундан ташқари, цилиндрлар сони ортиши билан двигателни мувозанатлаш осонлашади ва яхшиланади, кривошип-шатунли механизмнинг ҳаракатланувчи қисмларининг массалари камаяди. Бу ҳол тирсакли валнинг айланишлар сонини ошириш, демак, унинг литравий қувватини ошириш ва двигателнинг солиштирма массасини камайтиришга олиб келади. Айни вақтда шуни ҳам айтиш керакки, цилиндрлар сони ортиши билан двигатель тайёрлаш ва уни ремонт қилиш нархи ҳам ошади.

15- жадвал

Автомобиль двигателларининг асосий кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар	Автомобилларнинг карбюраторли двигателлари		Дизеллар
	енгил автомобиллар	юк автомобиллари	
Тирсакли валнинг минутига айланишлар сони	3800—6000	2800—4200	1700—4400
Сиқиш даражаси	6,6—9,5	6,2—7,8	15—18
Ўртача эффектив босим, бар	8,0—10,0	7,0—8,8	6,3—8,0
Литравий қувват, о. к. л.	28—50	17—36	8—23
Поршенавий қувват, о. к.	36—46	30—38	20—25
Двигателнинг солиштирма массаси	1,1—2,4	2,0—4,5	4,0—6,6

Цилиндрларнинг сони ва жойлашуви қуйидагиларга боғлиқ:

- 1) совитиш усулига (суюқлик ёки ҳаво билан);
- 2) двигателнинг берилган габарит ўлчамларига, шунингдек, асосий механизмларни ва агрегатларни монтаж, демонтаж ва даврий хизмат кўрсатишда уларга осон яқинлашиш имкониятига;
- 3) двигателни тайёрловчи заводда деталларни қуйиб тайёрлаш ва механикавий ишлаш имкониятларига;
- 4) цилиндрлар головкаси ва блоки ҳамда картернинг материалларига.

Цилиндрларнинг сони ва жойлашишини шундай танлаш керакки, бунда двигателнинг массаси мумкин қадар кам, цилиндрлар блоки ва картернинг юқори қисми етарли даражада мустаҳкам бўлсин. Картернинг юқори қисми мустаҳкам бўлса, двигатель пухта ишлайди.

V- симон двигателнинг массаси, цилиндрлар сони, иш ҳажми, қуввати ва айланишлар сони бир хил бўлган бир қаторли двигателникидан 25% кам, узунлиги эса ўрта ҳисобда 30% қисқа бўлади. Бундан ташқари V- симон двигателларни оптимал мувозанатлаш имкониятини ва уларнинг раvon ишлашини ҳи-

собга олиш зарур. V- симон двигателларда цилиндрлар орасидаги γ бурчакни минимал ($\gamma = 40 \div 90^\circ$) қилиш керак. Ишлаб чиқариш, эксплуатация ва ремонт харажатларини камайтириш учун двигателлар лойиҳалаш даврида двигателлар туркумини яратишга интилиш зарур. Бу эса асосий механизм ва система-ларнинг деталларини кўпроқ унификациялашга имкон беради.

81- §. $\frac{S}{D}$ ва $\lambda = \frac{R}{L}$ НИСБАТЛАРНИ ТАНЛАШ

Поршень йўлининг цилиндр диаметрига нисбати двигателнинг габарит ўлчамлари ва массасини аниқловчи асосий параметр ҳисобланади. Бу параметр поршень тезлиги ва двигателнинг қуввати билан бевосита боғлиқ. Ҳозирги вақтда кўпгина автомобиль двигателлари қисқа йўлли қилиб тайёрланади ва $S/D = 0,75 + 1,0$ бўлади.

Тирсакли валининг айланишлар сони бир хил, лекин S/D нисбатлари ҳар хил бўлган двигателларнинг афзалликлари ва камчиликларини кўриб чиқамиз. S/D нисбат ортиши билан двигателнинг баландлиги ва массаси орта боради. Шунда тирсакли валнинг мустаҳкамлиги камаяди, натижада буралма тебранишлар резонансининг ҳосил бўлишига жуда қулай шароит туғилади. S/D нисбат ортиши билан поршеннинг йўли S узаяди, бинобарин, поршеннинг ўртача тезлиги ҳам катталашади, натижада деталларнинг инерцион нагрузкаси ошади, цилиндрларнинг янги зарядга тўлиши ёмонлашади ва ишқаланиш кучаяди, яъни двигателнинг деталлари ейилишга чидамсиз бўлади.

Қисқа йўлли двигателларнинг афзалликларига қуйидагилар киради: 1) айланишлар сонини ошириб двигателнинг қувватини оширганда поршеннинг ўртача тезлиги ўзгармайди; 2) поршень ўртача тезлик (енгил автомобиль двигателлари учун $v_n = 10,0 \div 16,0$ м/сек, юк автомобилларининг двигателлари учун эса $v_n = 7,0 \div 13,0$ м/сек) билан ишлаганда поршень группасидаги деталларнинг иш муддати ошади; 3) шатун ва туб бўйинлари орасидаги масофа қисқариши натижасида тирсакли валнинг мустаҳкамлиги ортади; 4) цилиндрларни тўлдириш коэффициенти ортади, чунки янги зарядни киритиш тезлиги поршеннинг тезлигига тўғри пропорционал равишда кам бўлади; 5) двигателнинг габарит ўлчамлари цилиндрларнинг ўқи бўйлаб камаяди; 6) совитувчи муҳитга иссиқлик кам йўқотилади.

Аммо S/D камайиши билан двигателнинг узунлиги ва массаси ортади. Бу ҳолда тирсакли вал посангиларининг п. ч. н. да поршеннинг остидан ўтиши қийинлашади.

S/D нинг кичик қийматларини V- симон двигателларда ишлатиш маъқул, чунки бу ҳолда, айниқса, цилиндрлар оралиғидаги бурчак катта бўлганда, двигателнинг эни ва узунлиги

камаяди. Шу сабабга кўра қарама-қарши цилиндрли двигателларни қисқа йўлли қилиб тайёрлаш мақсадга мувофиқдир.

Ҳозирги замон автомобиль двигателларида S/D нисбат $0,75 + 1,2$ чегарада ўзгаради. Айланишлар сони катта двигателларда ва катта нагрузка билан ишлайдиган двигателларда S/D нинг қиймати пастки чегарага яқин бўлиши керак.

Кривошип радиусининг шатун узунлигига нисбати $\lambda = \frac{R}{L}$ қуйидаги мулоҳазалар асосида танланади.

Поршеннинг цилиндр деворига босимини камайтириш, шунингдек, илгариланма-қайтар ҳаракатланувчи массалар инерция кучларининг иккинчи ва ундан юқорироқ гармоникасини камайтириш учун λ нинг кичик қийматлари танланади, бу эса двигателни мувозанатлашда катта аҳамиятга эга. Лекин λ қанча кичик бўлса, шатун узунлиги L шунча ошади, бинобарин, двигателнинг габарит ўлчамлари ва массаси ортади. Двигателнинг габарит ўлчамлари ва массасини камайтириш мақсадида λ нинг катта қийматлари танланади.

Ҳозирги замон автомобиль двигателларида $\lambda = \frac{1}{3,0} + \frac{1}{3,8}$; тезуорар двигателларда секин юрар двигателларга қараганда узунроқ шатунлар ишлатилади. Двигателларни лойиҳалашда шуни кўзда тутиш керакки, шатун стерженлари цилиндрлар ўқидан максимал оғанда ва шатунларнинг пастки головкиси ю. ч. н яқинида бўлганда картерга чиқиб турган цилиндрларнинг деворларига тегмаслиги керак. Шунинг учун шатунлар узайтирилади ёки агар двигатель конструкцияси имкон берса, цилиндрлар блокада шатунларнинг ўтиши учун кесиклар ясалади.

ДВИГАТЕЛЬ КОРПУСИ

Двигатель корпусига қуйидагилар: цилиндрлар, цилиндрларнинг головкаси ёки блок головкаси, мой поддонли картер, зичловчи қистирмалар, сальниклар ва бириктириш деталлари киради. Двигатель корпусининг шакли цилиндрларнинг сонига, жойлашишига ва группаланишига, совитиш усулига ва газ тақсимлаш механизмнинг конструкциясига боғлиқ.

Суюқлик билан совитиладиган ҳозирги автомобиль двигателларида цилиндрлар ва картернинг юқори қисми яхлит қуйма деталь шаклида бўлиб, у *блок-картер* деб аталади. Картернинг қуйи қисми мой поддони ҳисобланади. Цилиндрлар блокининг головкаси одатда бир неча цилиндрлар учун умумий ва ажраладиган қилиб тайёрланади.

Ҳаво билан совитиладиган двигателларда цилиндрлар айрим-айрим қўйилади ва ҳар бир цилиндрга, одатда, алоҳида головка ўрнатилади.

82- §. БЛОК-КАРТЕР

1. Конструкцияси

Блок-картернинг конструкцияси яшашга қулай, етарли даражада мустаҳкам ва бикр бўлиши, иссиқликни яхши узатиши, ўрнатиш, двигателда ва унинг ичида жойлашган механизмларни кўриш ҳамда ростлаш осон бўлиши керак. Бундан ташқари, блок-картернинг габарит ўлчамлари ва массаси минимал бўлиши лозим.

Цилиндрлар блоки картернинг юқори қисми билан яхлит қуйилганда, қуйманинг жами кучларнинг ва моментларнинг таъсир текислигидаги мустаҳкамлиги ортади. Бундай қуйма

юқоридаги шартларни тўла қондиради, ихчам бўлади ва механикавий ишлов беришни кам талаб қилади.

Сууюқлик билан совитиладиган двигателларда цилиндрлар картернинг юқори қисми билан бир блок шаклида қўйилади. Блоклар ва картернинг юқори қисми айрим-айрим қўйилганда блоклар картерга болтлар ёки шпилькалар билан маҳкамланади.

Блок-картернинг бикрлигини қўйдаги усуллар билан: 1) картернинг пастки поддонни маҳкамлаш текислигини тирсакли валнинг ўқиға нисбатан пастроқда жойлаштириб (ЗИЛ-130 двигатели), 2) тўла таянчли тирсакли валлар ишлатиб (ГАЗ-21 двигатели), 3) қўймада тўсиқлар ясаб, ташқи деворларни қовурғали қилиб, мой каналлари тешиладиган жойларни қалинроқ қилиб ва двигателға қўшимча агрегатлар ўрнатиб ва бошқа усуллар билан, 4) туннел типидаги картер ишлатиб (ДБ-67 двигатели) ошириш мумкин. Бу ҳолда тирсакли валлар ажраладиган қилиб ясалади, туб подшипниклар сифатида эса шарикли ёки роликли подшипниклар ишлатилади.

Блок-картер яхши мустаҳкам бўлса, туб подшипниклар, цилиндрларнинг гильзалари ва цилиндрлар головкасида ҳамда поддон билан бирикиш текисликларида деформация жуда кам бўлади. Лекин блок-картерни унинг массасини ошириш ҳисобига мустаҳкамлаш ярамайди. Блок-картернинг массасини камайтириш учун ташқи деворлари ва ички тўсиқлар юпқароқ қилинади. Чўяндан қўйилган блок-картернинг массаси бир қаторли карбюраторли двигатель массасининг 23—37% ини ва V-симон қисқа йўлли дизель массасининг 22—25% ини ташкил этади.

Сууюқлик билан совитиладиган двигателларнинг цилиндрлари қўш деворли қилиб қўйилади; деворлар орасида совитувчи сууюқлик оқади. Бу бўшлиқ сув *филофи* дейилади.

Цилиндрлар блокининг нотекис қизишини камайтириш учун совитувчи сууюқликни айрим-айрим келтириш усули қўлланилади. Масалан, қатор двигателларда совитувчи сув насос ёрдамида цилиндрлар блокининг юқори қисмидаги сув филофига ва цилиндрлар блоки бўйлаб филоф деворлари орасида жойлашган махсус ясси трубаға алоҳида-алоҳида юборилади. Совитувчи сууюқлик цилиндрлар головкасиға ҳар бир цилиндрдан ўтади, шу туфайли сууюқлик совитиш системасида текис айланиб оқади.

Цилиндрларнинг сув филофи пастда п. ч. н. даги поршень тубиға баравар сатҳда тугайди, айрим ҳолларда эса картергача давом этади. Сув филофи картергача борганда двигателнинг массаси ортади, лекин унинг ташқи кўриниши яхшиланади, блок-картернинг қаттиқлиги ошади ва мойни совитиш яхшиланади.

Цилиндрнинг ташқи сирти ҳамма томондан совитувчи сууюқлик билан ювилиб турадиган сув филофи энг самаралидир. Бу

талабни ҳар доим ҳам айниқса, нотўла таянчли тирсакли валлар билан жиҳозланган двигателларда қондириб бўлавермайди. Бу ҳолда цилиндрларга умумий девор қилинади.

Ҳаво билан совитиладиган двигателларда цилиндрлар алоҳида қуйилади ва қартернинг юқори қисмига маҳкамланади. Улар маҳкамлаш турига қараб қуйидагича бўлади: 1) оғирликни ўзига олувчи шпилькали цилиндрлар; буларда узун шпилькалар головка ва цилиндр орқали ўтказилиб, юқори қартерга бириктирилади (сиқилган цилиндрлар); 2) қартернинг юқори қисмига алоҳида маҳкамланувчи цилиндрлар (оғирликни ўзига олувчи цилиндрлар); бундай цилиндрларга головкалар бураб маҳкамланади.

Цилиндрлар қуйидагича тайёрланади: 1) пўлатдан яхлит қуйилиб, қовурғалари механикавий ишланади; 2) чўяндан қовурғали қилиб қуйилади; 3) йигма қилиб ясалади (чўян ёки пўлат гильзалар устига қовурғали алюминий втулкалар пресслаб кийгизилади ёки худди шундай гильзалар қовурғали алюминий қўйма втулкалар ичига қуйилади); 4) алюминийдан яхлит қуйилиб, ички сирти қаттиқ, ғовак хром билан қопланади.

Совитувчи юзалар майдони қовурғалар баландлиги ва сонига тўғри пропорционал бўлиб, талаб этиладиган совитиш юзасининг 25—40% ини ташкил қилади. Қовурғаларнинг узунлиги цилиндр узунлигининг 45—55% ини ташкил этади.

2. Материаллар

Цилиндрлар блоки ва қартернинг юқори қисмини тайёрлаш учун материал сифатида легирловчи элементлар (никель, хром, марганец ва бошқалар) қўшилган кул ранг чўян (СЧ 24—44, СЧ 21—40, СЧ 15—32, СЧ 32—52 ва бошқалар) ишлатилади. Яхши қуйилиш хоссаларига эга бўлган алюминий қотишмалари (АСЛ 4 ва СЗ 26) жуда кам ишлатилади.

Алюминийни босим остида қуйиб, юпқа ва мустаҳкам деворли қўйма олиш мумкин. Чўян ва алюминий блок-қартерлар массаларининг нисбати ўрта ҳисобда 4:1 га тенг. Статистик маълумотларга кўра, блок-қартер ва цилиндрлар блокларнинг головкаси чўян ўрнига алюминийдан тайёрланса, карбюраторли двигателлар массаси 60% камайиши мумкин.

Цилиндрлар блоккага нисбатан қуйидаги асосий технологик талаблар қўйилади: 1) қаттиқлиги камида НВ 170—240; 2) эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси камида 360 Мн/м^2 (3600 кг/см^2); 3) бўшлиқлар ва ёриқлар бўлмаслиги лозим; 4) қолдиқ кучланишлар термик ишлаш йўли билан йўқотилиши лозим; 5) цилиндрларнинг деворларини коррозиядан сақлаш имконияти бўлиши зарур.

3. Конструктив ўлчамлар

Цилиндрнинг одатда хонингладиган ички сирти кўзгу деб аталади. Цилиндр кўзгусининг узунлиги шундай бўлиши

керакки, поршень икки тарафдан ҳам кўзгудан ташқари чиқа олсин. Кўзгу шундай ясалганда, цилиндрнинг ички сиртида қавариқлар ҳосил бўлмайди. Бундай қавариқлар шатун головкаси кўп ейилганда поршеннинг синишига сабаб бўлади. Поршеннинг блок билан цилиндрлар головкасининг бирикиш жойидан юқори чиқиши ёниш камерасининг конструкциясига боғлиқ. Поршеннинг пастга (картерга) чиқиши катта (10—15 мм) бўлиши мумкин. Шундай қилиб, цилиндр кўзгусининг узунлиги поршень йўли билан поршень узунлигининг йигиндисидан цилиндрдан тепага ва пастга чиқиб турадиган участка узунлигининг айирмасига тенг.

Цилиндрлар деворларининг қалинлиги δ ни аниқ ҳисоблаш мумкин бўлмаганидан, у етарли даражада мустаҳкамлик шартидан танланади. Карбюраторли двигателлар учун чўян блок-картер деворининг қалинлиги $\delta = (0,04 \div 0,05) D$. Дизеллар учун эса $\delta = (0,065 \div 0,075) D$ бўлади. Керакли мустаҳкамликка эга бўлган қуйма олиш учун цилиндрлар деворларининг қалинлиги 4 мм дан кам бўлмаслиги керак.

Сув филофи деворларининг ва блок тўсиқларининг қалинлиги қуйиш технологиясига боғлиқ бўлиб, чўян блок-картерларда у 4—7 мм га тенг; картернинг юқори қисмидаги деворлар ва тўсиқларнинг қалинлиги 5—8 мм ни ташкил қилади. Блок-картер алюминий қотишмасидан қуйилганда деворларининг қалинлиги 1—2 мм катталаштирилади.

Икки ёндош цилиндрнинг ташқи деворлари ўртасидаги оралиқ совитувчи сувнинг ўтиши учун камида 4—5 мм бўлиши керак, бу қуйиш технологиясига қараб аниқланади.

Ёндош цилиндрларнинг ўқлари орасидаги масофа L_0 нинг цилиндрнинг диаметри D га нисбати двигателнинг узунлиги бўйича ихчамлигини характерлайди ва қатор конструктив параметрларга боғлиқ бўлади. Суюқлик ва ҳаво билан совитиладиган турли двигателларнинг блок-картерлари учун $\frac{L_0}{D}$ нисбат-

нинг қийматлари 16- жадвалда берилган.

Чўян блок-картернинг головка билан бирикиш жойидаги таянч деворнинг қалинлиги 8—14 мм чамасида бўлиши керак, акс ҳолда оғирликни ўзига олувчи шпилькалар тортилганда катта деформациялар пайдо бўлиши мумкин.

Тўсиқлар ва ён деворлардаги кучайтирувчи қовургалар нисбаган қисқа ва йўғонроқ бўлиши керак. Шпилькалар учун махсус қавариқлар қилинади. Оғирликни ўзига олувчи шпилькалар шундай жойлаштириладики, бунда улағнинг ўқлари девор қалинлигининг ўртасидан ўтиши керак. Бир девордан иккинчисига ўтиш жойлари раво бўлиши лозим.

Картер юқори қисмининг кенлиги шатун пастки головкаси энг чекка нуқтасининг траекторияси билан аниқланади. Бу траекториянинг картер деворининг ички сиртидан минимал узоқлиги 10—15 мм дан ошмаслиги керак.

Турли двигателлар учун $\frac{L_0}{D}$ нисбатнинг қийматлари

Двигатель конструкцияс	Карбюраторли двигатель	Дизель
Бир қаторли, қуруқ гильзали, туб сирпаниш подшипниклари икки цилиндрдан кейин жойлашган (икки пролётли вал ўрнатилган) двигатель	1,20—1,24	—
Бир қаторли, бир пролётли тирсакли вал ўрнатилган, сирпаниш подшипникли двигатель	1,20—1,28	1,25—1,30
V-симон шатунлари вал бўйида кетма-кет жойлашган ва сирпаниш подшипниклари билан жиҳозланган двигатель	1,33	1,47—1,55
Туб таянчлар сифатида роликли подшипниклар ўрнатилган двигатель	1,30	1,30
Ҳаво билан совитиладиган двигателлар	1,15—1,36	—

Ҳаво билан совитиладиган двигателларда таянч белбоғнинг қалинлиги картер томонда $(0,05 + 0,06) D$ ни, головка томонида эса $(0,04 + 0,06) D$ ни ташкил этади.

Иссиқликни яхши узатувчи қовурғаларнинг кўндаланг кесими учбурчаклик ва трапеция шаклида бўлади. Қовурғанинг баландлиги металлнинг иссиқлик ўтказувчанлигига боғлиқ бўлиб, одатда 14—18 мм дан ошмайди. Қовурғалар кучли қизийдиган зонадан узоқлашиши билан уларнинг баландлиги кичраяди. Совитиш сиртларини кенгайтириш учун қовурғалар сонини ошириш билан бирга, уларнинг баландлигини камайтириш керак. Цилиндрларнинг пастки қисмида жойлашган таянч фланецнинг баландлиги цилиндр узунлигининг 5—6 процентини ташкил қилади.

83- §. ЦИЛИНДРЛАРНИНГ ГИЛЬЗАЛАРИ

1. Конструкцияси

Автомобиль двигателларининг блок-картерлари кўпинча киргизма гильзали қилинади.

Цилиндрлар блокининг бикрлиги гильзанинг турига ва унинг ўрнатилишига боғлиқ. Қуруқ ва ҳўл гильзалар бўлади.

Совитувчи суюқлик билан бевосита ювилиб турадиган гильзалар ҳўл, ташқи сирти цилиндрнинг ички деворларига тегиб турадиган гильзалар эса қуруқ дейилади.

Иссиқликни яхши ўтказувчи ҳўл гильзалар қуввати оширилган двигателларга қўйилади. Ҳўл гильзали блок-картерлар

қуруқ гильзали блок-картерларга қараганда унчалик бикр бўлмайди.

Ҳўл гильзаларнинг бикрлигини ошириш учун уларнинг ташқи сиртлари баъзан ҳалқа қовурғали қилиб тайёрланади. Киргизма қуруқ гильзалар ишлатилганда қимматбаҳо лигерловчи материалларни кам сарфлаб, ейилишга чидамли сиртларни ҳосил қилиш мумкин.

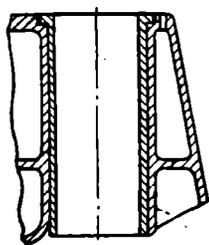
Цилиндрларнинг гильзаларига нисбатан қуйидаги талаблар қўйилади: цилиндр деворлари газлар кучига бардош бера оладиган даражада мустаҳкам бўлиши; двигатель узоқ ишлаганда цилиндрнинг кўзгуси ейилишга чидамли, антифрикцион ва коррозия бардошлик хусусиятларга эга бўлиши, яхши зичланиши ва ўқ бўйлаб эркин кенгайиши (ҳўл гильзалар учун) лозим.

Қуруқ гильзалар цилиндрнинг бутун узунлиги бўйлаб (176- расм, *а*) ёки унинг фақат юқори қисмига (176- расм, *б*), яъни энг кўп ейиладиган жойига қўйилади. Баъзан қуруқ гильзалар цилиндрнинг бутун узунлиги бўйича эркин кичик зазор билан киргизилади. Масалан, ЯАЗ двигательларида гильза билан цилиндр орасидаги зазор 0,05 мм га етади. Двигатель ишлаганда гильзанинг ва цилиндрлар блоки деворининг температуралари ҳар хил бўлганидан, улар орасидаги зазор йўқолади.

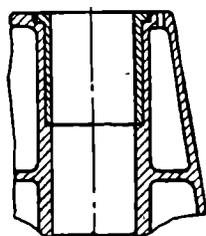
Цилиндрнинг бутун узунлиги бўйича пресслаб киргизилдиган қуруқ гильзаларда таянч ҳалқа чиқиқлар бўлмаслиги мумкин.

Поршень тиқилиб қолганда гильзани ўқ бўйлаб силжишдан сақлаш учун сақловчи эластик таянч ҳалқалар *l* ишлатиш лозим (177- расм). Термик деформация содир бўлганда *z* вазор гильзанинг эркин қимирлашини таъминлайди.

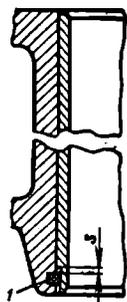
Ҳўл гильзалар (178- расм) яхши совийди, шикастланганда эса двигателни шассидан олмасдан туриб гильзаларни алмаш-



а



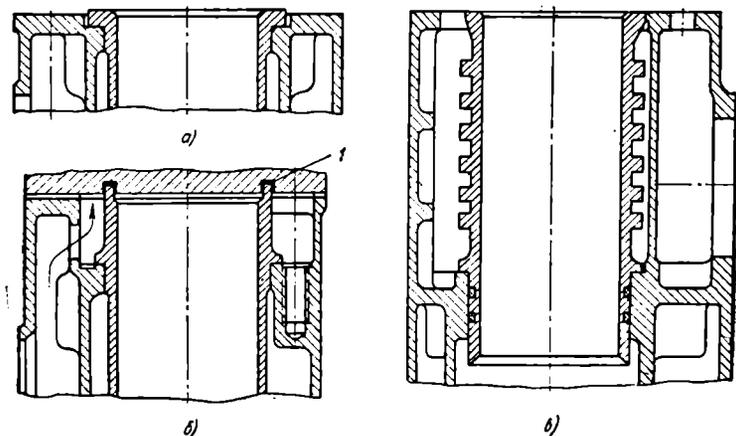
б



176- расм. Қуруқ гильзали цилиндр:

а — цилиндрнинг бутун узунлиги бўйлаб;
б — цилиндрнинг юқори қисмига

177- расм. Қуруқ гильзани ўқ бўйлаб силжишдан сақлаш усули



178- расм. Ҳалқасимон қавариқларда ҳар хил баландликда жойлашган таянчли ҳўл гильзалар

тириш мумкин. Гильза ўз геометрик шаклини сақлаши учун унинг иккита (юқорида ва пастда) йўналтирувчи белбоғи бўлиб, пастки белбоғнинг диаметри юқори белбоғ диаметридан бир оз кичик. Ҳўл гильзаларнинг таянч юзалари цилиндрлар блокнинг ҳалқасимон чиқиқларида жойлашади. Бу чиқиқларнинг мустаҳкамлиги шундай бўлиши керакки, шпилькаларни маҳкамлаганда гильзанинг геометрик шакли мумкин қадар бузилмасин.

Гильзанинг таянч юзалари блокнинг юқори қисмида торец деворининг ҳалқасимон чиқиғида (178- расм, *a*) торец юзадан цилиндр диаметрининг $\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}$ қисмига тенг масофадаги ҳалқасимон чиқиқда (178- расм, *б*) ва блокнинг пастки қисмидаги чиқиқда (178- расм, *в*) жойлашган бўлиши мумкин.

Гильзанинг таянч юзаси цилиндрлар головкасига нисбатан пастроқ жойлашганда гильза юқори қисмининг совиш шароити яхшиланади ва поршень ҳалқаларининг температураси пасаяди. Гильзанинг цилиндрлар головкаси билан туташган жойи цилиндрлар головкасида йўнилган доиравий ариқча *l* ёрдамида зичланиши мумкин (178- расм, *б*), бу эса гильза юқори қисмининг қалинлигини камайтириш ва шу билан унинг температурасини бир оз камайтиришга имкон беради. Ҳўл чўян гильзанинг фланецидаги доиравий таянч сиртининг юзи $\frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2)$ поршень юзининг 15 процентидан ортмайди (179- расм, *a*). Таянч чиқиқлар турли шаклда бўлиши мумкин (179- расм, *a* ва *б*).

Юқорида кўрсатилган афзалликларга қарамай, алмаштирилдиган гильзалар ишлатиш двигателнинг конструкциясини мураккаблаштиради ва унинг массаси ҳамда нархини оширади.

2. Материаллар

Гильзалар кўпинча кислота бардош аустенит структурали кўп легирланган чўяндан (СЧ 28—48 ва СЧ 35—36), баъзан 38ХМЮА пўлатидан тайёрланади.

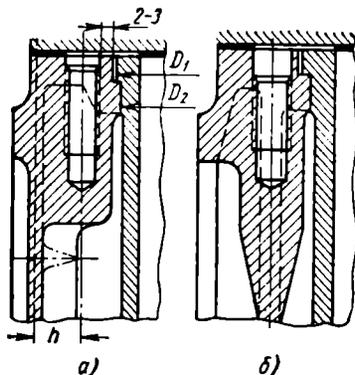
Цилиндр кўзгуси сиртининг қаттиқлиги камайиши билан гильза кўпроқ ейилади. Масалан, қаттиқлиги *HB 140 — 160* бўлган гильзалар қаттиқлиги *HB 220 — 250* бўлган гильзаларга (поршень ҳалқаларининг қаттиқлиги *HB 230 — 260*) нисбатан икки марта тезроқ ейилади.

Гильзаларни ейилишга чидамли қилиш учун цилиндрларнинг кўзгуси юққа (қалинлиги *0,05—0,88 мм*) ғовак хром қатлами билан қопланади. Цилиндрнинг диаметри *250 мм* гача бўлганда кўзгунинг сиртини ғовак хром қатлами билан пухта қоплаш мумкин.

Пўлат гильзалар фақат катта қувватли двигателларда (*D-12*) ўрнатилади. Цилиндр кўзгуси ейилишга чидамли бўлади, чунки унинг ички юзаси азотланади. Азотланган қатлам қаттиқ ишқаланишга яхши қаршилиқ кўрсатади ва юқори температурада коррозия бардош бўлади. Бунда чўян поршень ҳалқаларининг ишлаш муддати ошади, чунки чўян ҳалқаларнинг азотланган сиртга ишқаланиш коэффициенти унча катта бўлмайди.

Гильзаларнинг ва поршень ҳалқаларининг ейилишига улар юзаларининг қанчалик тоза ишланганлиги (*0,35—0,45 мкм*) катта таъсир кўрсатади. Юқориги поршень ҳалқасини ғовак хром қатлами билан қоплаш ва гильзанинг ички юзасини юқорида кўрсатилгандек тоза ишлаш гильзалар ва ҳалқаларнинг ейилишига чидамлигини оширади.

Гильзанинг ишлаш муддатини қуйидагича ошириш мумкин: 1) совитиш системасига термостат ўрнатиш—бу ҳолда гильзаларнинг ейилиши ўртача икки марта қисқаради; 2) цилиндрлардан картерга кирадиган газларни ҳайдаб чиқариш учун картерни шамоллатиш; 3) майин тозалайдиган қоғозли филтрлардан фойдаланиш; 4) ҳавони икки погонали тозалаш усулини қўлланиш; 5) радиатор олдида алоҳида термостат билан бошқариладиган жалюза ўрнатиш.



179-расм. Шпилькалар ўрнатиш учун қавариқларни жойлаштириш

3. Конструктив ўлчамлар

Қуруқ гильзалар деворларининг қалинлигини 3—5 мм га тенг қилиб олинади, ҳўл гильзаларникини эса $\delta = (0,06 - 0,10) D$ нисбатдан, ремонт пайтида гильзани йўниб кенгайтиришни ҳисобга олган ҳолда аниқланади. Гильза деворининг қалинлиги зичловчи ариқча кесимида 5 мм дан кам бўлмаслиги, йўналтирувчи белбоғлар кесимида эса минимал қалинликдан 2—3 мм кўп бўлиши керак.

84- §. ТУБ ПОДШИПНИКЛАР

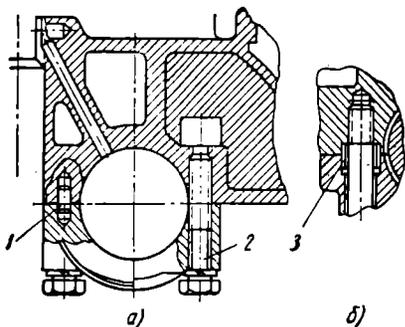
Тирсакли валнинг туб подшипниклари блок-картернинг олдинги ва кетинги деворларининг, шунингдек, ички қовургаларининг пастки қисмида жойлашади. Автомобиль двигателларида кўпинча сирпаниш подшипниклари ишлатилади. Туб подшипниклар двигателнинг пухталигини ва ишлаш муддатини аниқловчи, энг кўп юкланган деталлари ҳисобланади.

Туб подшипникларнинг қопқоқлари ажраладиган қилиб ясалган. Улар етарли даражада бикр бўлиши учун вазминли, қовурғали ва бирикиш юзалари катта қилиб тайёрланади. Подшипникларнинг қопқоқлари болт ёки шпилькалар билан маҳкамланади. Блок-картер алюминий қотишмасидан тайёрланган бўлса, қопқоқлар шпилькалар билан маҳкамланади. Баъзан бундай ҳолларда шпилькалар картерга қуйилган бронза втулкаларга бураб киргизилади.

Қопқоқларни тўғри ўрнатиш ва қотириш учун, одатда, аниқ ишланган болтлар 2 (180- расм, а), йўналтирувчи пазлар ва ўрнатиш штифтлари 1 ёки аниқ тайёрланган втулкалар 3 (180- расм, б) ишлатилади. Агар ажралиш текислиги тирсакли валнинг ўқидан пастда жойлашса, қопқоқнинг ён юзалари блок-картернинг юзаларига аниқ

мосланиб, маълум вазиятда маҳкамланади. Шпилька ёки болт резьбасининг узунлиги картернинг материалга боглик. Чўян картерлар учун резбанинг узунлиги (1,5 — 2,0) d га, алюминий картерлар учун эса (2,0 — 2,5) d га тенг (бу ерда d — шпилька ёки болт резьбасининг диаметри).

Газларнинг босим кучи ҳосил қиладиган эгувчи моментни камайтириш учун шпильканинг ўқидан тирсакли валнинг ўқигача бўлган масофа мумкин қадар қисқа олинади. Мавжуд дви-

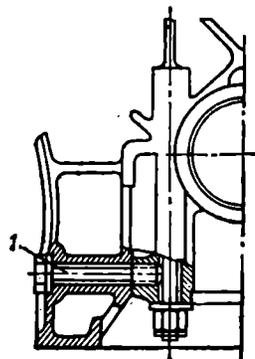


180- расм. Туб подшипникларнинг қопқоқларини маҳкамлаш

гателларда қопқоқ шпилькаларининг ўқлари орасидаги масофа $l=(1,0-1,1) D$ бўлади.

Подшипникнинг қопқоғини қийшайтирмасдан зарур энчликда ўрнатиш учун шпильканинг четки резьбалари цилиндрлар блоккига чуқурлаштирилади (180- расм, б). Бу мақсадда бирикиш юзасида подшипникнинг қопқоғидаги тешикнинг диаметри катталаштирилади.

V- симон двигателларда, айниқса дизелларда подшипникларнинг қопқоқлари қўшимча равишда горизонтал болтлар l (181- расм) ёки шпилькалар билан маҳкамланади. Қопқоқ шу болт ёки шпилькалар ёрдамида ён таянч юзалар орасида сиқиб маҳкамланади, бу эса туб подшипникларнинг мустаҳкамлигини оширади.



181- расм. Туб подшипникнинг қопқоғини картерга қўндаланг болтлар ёрдамида қўшимча маҳкамлаш

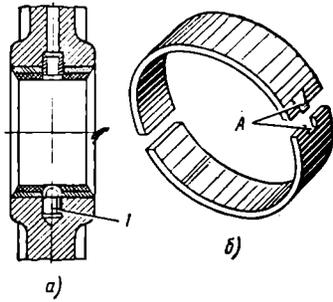
Картернинг юқори қисмида двигатель ўқи бўйлаб махсус чиқиқ қилинади ва унда диаметри 10—14 мм ли магистрал канал пармалаб тешилади. Мой бу каналдан туб подшипникларга ва диаметри 5—8 мм ли қўшимча канал орқали тақсимлаш валининг подшипникларига келтирилади.

Картернинг ва қопқоқнинг йўнилган жойига (уясига) тирсакли вал туб подшипникларнинг вкладишлари таранг ўрнатилади. Чўян уялар учун вкладишнинг сиртқи диаметри 60—110 мм бўлганда таранглик 0,06—0,08 мм дан ошмайди, алюминий уяларда таранглик бир оз оширилади. Вкладишлар кесилган, яъни икки (юқorigи ва пастки) бўлакдан иборат бўлади. Вкладишлар конструкцияси бўйича юпқа (1,5—3 мм) деворли ва қалин (4—6 мм) деворлиларга бўлинади.

Автомобиль двигателлари туб подшипникларининг вкладишлари кам углеродли пўлатлардан тайёрланади. Карбюраторли двигателларнинг юпқа деворли пўлат вкладишларининг радиал қалинлиги $(0,03 \div 0,04) d$ т. б. (бу ерда d т. б. — вал туб бўйнининг диаметри), антифрикцион материал қатламининг қалинлиги эса 0,2—0,5 мм бўлади. Дизелларда вкладишнинг қалинлиги $(0,045-0,05) d$ т. б. қўйманинг қалинлиги эса 0,3—0,7 мм бўлади.

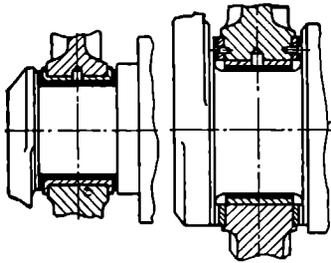
Карбюраторли двигателларда антифрикцион материал сифатида баббитлар (Б-83, Б-89 ва бошқалар) ёки махсус антифрикцион қотишма СОС 6-6 (ЗИЛ двигателларида) ишлатилади. Бу қотишма (6% сурьма, 6% рух, қолгани қўрғошин) дастлаб мис-никелли қатлам билан қопланган пўлат лентага ётқизилади.

СОС 6-6 қотишмаси ўзининг антифрикцион хоссалари, толиқишдаги мустаҳкамлиги, толиқишдан уваланишига қаршилик



182- расм. Туб подшипникларнинг вкладишларини маҳкамлаш усуллари:

A — чиқиқ; I — штифт



183- расм. Тирсакли валнинг тирак-таянч подшипникларининг конструкцияси

кўрсатиши, ишлаб мосланиши ва абразив зарраларни ютиш қобилияти жиҳатидан баббитдан анча устун туради. Бу қотишма ишлатилганда тирсакли вал бўйинларининг ейилиши 15—20 % камаяди.

Туб подшипниклар вкладишларининг конструкцияси 182- расмда кўрсатилган. Вкладишлар ўқ бўйлаб силжишдан штамплаб ясалган чиқиқлар А, баъзан эса стопор штифтлар (182- расм, а) билан тутиб турилади (182- расм, б). Бу чиқиқлар қартернинг ва подшипник қопқоғининг тутатиш юзаларига тиралади.

Таянч-тирак вкладишлар елкали қилиб тайёрланади. Бу елкалар антифрикцион қотишма билан қопланади (183- расм).

85- §. ЦИЛИНДРЛАР ГОЛОВКАСИ

1. Конструкцияси

Цилиндрлар головкаси, одатда, цилиндрлар қатори учун тайёрланган қуйма деталдан иборат бўлади. Ҳар бир цилиндр учун алоҳида головка фақат ҳаво билан совитиладиган двигателларда ишлатилади.

Цилиндрларнинг диаметри катта бўлган бақувват двигателларда баъзан икки ёки учта цилиндр учун бир головка ясалади.

Ҳозирги замон двигателларида цилиндрлар головкаси олиннадиган қилинади. Бунда қуйиш осонлашади ва қуйманинг сифати яхшиланади, цилиндрлар кўзгусини текшириш осонлашади, клапанларни ўриндиққа ишқалаб мослаш, ёниш камерасини қурумдан тозалаш, поршень группасини чиқариб олиш ва текшириш осонлашади. Бундан ташқари, бу ҳолда цилиндрлар головкасини блокка қараганда бошқа материаллардан, легирланган чўяндан, алюминий қотишмаларидан ҳам тайёрлаш мумкин.

Цилиндрлар головкасининг тузилиши ёниш камерасининг шаклига, клапанларнинг сони ва жойлашувига, ёндирувчи свечаларнинг ёки форсункаларнинг, киритиш ва чиқариш каналларининг, совитиш системаларининг жойлашувига ва ташқи трубопроводларнинг конструктив шакллариغا боғлиқ.

Цилиндрлар головкасини лойиҳалашда уларнинг конструк-

циясига қўйидаги асосий талаблар қўйилади: 1) етарли даражада бикр ва мустаҳкам бўлиши лозим; 2) клапанли механизми ўрнатиш, текшириш ва ростлаш қулай бўлиши керак; 3) ёниш камерасининг шакли ёниш процессининг яхшиланишига ёрдам бериб, мазкур сиқиш даражасида ўртача эффе́ктив босимнинг максимал қийматини олишга ва солиштирама ёнилги сарфининг минимал бўлишига имкон бериши лозим; 4) головканинг конструкцияси оддий ва уни тайёрлаш арзон бўлиши лозим.

Цилиндрлар головкаси қўйидаги элементлардан: поршень билан цилиндр деворлари орасида ҳосил бўладиган ёниш камералари, киритиш ва чиқариш каналлари, деворлар, совитувчи суюқлик учун бўшлиқлар ёки қовурғалардан (ҳаво билан совитиладиган двигателларда) иборат.

Цилиндрлар головкаси мураккаб геометрик шаклга эга. Головка лойиҳалашда девор қалинлигининг равон ва текис қўшилишига эътибор бериш керак; булар головканинг механикавий ва термик нагрузкалар таъсирида пухта ишлашни таъминлайди. Цилиндрлар головкасидаги киритиш ва чиқариш каналларининг ўтиш кесимлари узунлик бўйича кескин ўзгармаслиги ва унинг кесими клапан максимал кўтарилган пайтидаги ўтиш кесимидан кичик бўлмаслиги зарур.

Совитувчи суюқлик цилиндрлар головкасида текис айланиб оқиб туриши зарур. Совитувчи суюқлик келтириладиган тешикларни кучли қизийдиган зоналарга яқин ва суюқликнинг сезмаслиги учун цилиндрлар головкасини блок-картерга маҳкамлайдиган шпилькалар ёнида жойлаштириш тавсия этилади. Тешикларда буғ тиқинлари ҳосил бўлмаслиги учун совитувчи суюқликни цилиндрлар головкасидан чиқарувчи тешикларни энг юқори нуқталарда жойлаштириш керак.

Ҳаво билан совитиладиган двигателларни бир текис совитиш учун қозурғалар қилинади ва ҳаво оқими маълум томонга йўналтирилади.

Клапанлари юқорида жойлашган цилиндрларнинг головкасида бу клапанлар орасидаги қисқа туташув жойлари ва клапанларнинг ўзлари ёниш камерасининг энг қизиган қисмлари ҳисобланади. Шунинг учун детонацияли ёнишдан сақланиш мақсадида свечалар энг кучли қизиган зонага, яъни чиқариш клапанларига яқин жойлаштирилади. Свечалар бундай жойлашганда биринчи навбатда иш аралашмасининг энг кўп қизиган қисми ёнади. Клапанлар юқорида жойлашганда ёндириш свечалари цилиндрнинг энг кучли қизийдиган девори томонда, махсус чуқурликда ён тарафдан қиялантириб жойлаштирилади.

Ёндириш свечалари резбасининг диаметри 10, 14 ва 18 мм қилиб ишланади. Двигателнинг термик режими қанча кучли бўлса, резбанинг диаметри шунча кичик бўлиши керак. Ёндириш свечалари цилиндрлар головкасининг вазмин бобишқасига бураб қўйилади. Бу бобишқалар ҳар томондан совитувчи

суюқлик билан ювилиб туриши керак. Свеча ўта қизиганда ёки мойланиб қолганда, ёхуд свеча ортиқча совиб, ёниш камерасида кўп қурум ҳосил бўлиши натижасида чўғланиб ёнишига йўл қўймаслик учун свечанинг термик режими ўзгармас сақланиши лозим. Изолятор пастки қисмининг ва свеча марказий электродининг температураси $500-900^{\circ}\text{C}$ оралиғида бўлиши керак.

Ёниш камерасининг шакли ихчам бўлиши керак. Бу клапанлари юқорида жойлашган двигателларда яхши амалга оширилади. Ёниш камерасининг юзи $F_{\text{е}}$ нинг ҳажми $V_{\text{е}}$ га нисбати билан баҳоланадиган нисбий юзаси иложи борица кичик бўлиши керак. Бунда двигателни совитишга кетадиган қувват ҳам кам бўлади. Клапанлари юқорида жойлашган двигателлар учун $F_{\text{е}}/V_{\text{е}} = 1,05 + 1,65$, клапанлари пастда (ён томонда) жойлашган двигателлар учун эса $F_{\text{е}}/V_{\text{е}} = 2,15 + 2,4$.

Ихчам ёниш камерасида, бошқа бир хил шаронгларда камеранинг энг узоқ қисми билан аралашма ёнаётган жой ўртасидаги оралиқ қисқаради ва иссиқлик кам йўқолади, натижада эса двигателнинг тежамлилиги ошади.

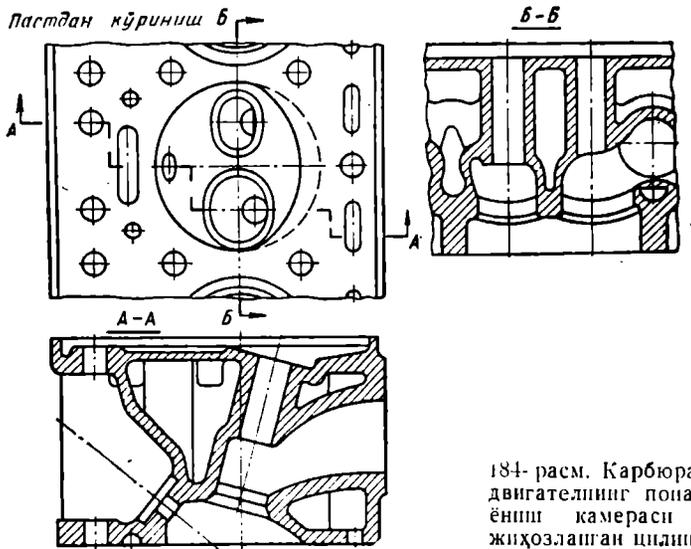
Ёниш камерасининг совитувчи суюқликка бевосита тегиб турадиган юзасининг ёниш камераси деворларининг умумий юзасига нисбати иссиқликнинг совитувчи суюқликка берилми интенсивлигини характерлайди. Автомобиль двигателларида бу нисбат 0,4 дан 0,55 гача бўлади.

Клапанлар юқорида жойлашганда сиқиш даражаси катта ($\epsilon = 7,5 + 12$) бўлиши мумкин. Бу ҳолда киритишда қаршиллик кам, бинобарин, тўлдириш коэффиценти юқори бўлади. Буларнинг ҳаммаси двигателнинг литравий қувватини ва тежамлилигини оширишга имкон беради.

Клапанлари юқорида жойлашган карбюраторли двигателларда понасимон ёниш камерали ва клапанлари икки томонлама жойлашган цилиндрлар головкаси кенг тарқалган (184- расм). Клапанлар пастда жойлашганда Г-симон ёниш камерали цилиндрлар головкаси самарали ҳисобланади (185- расм).

Цилиндрлар головкаси лойиҳалашда чиқариш клапани йўналтирувчи втулкасининг қалин жойларига сув келтиришга алоҳида аҳамият бериш керак, чунки чиқариш клапанининг пухта ишлаши термик режимнинг бирдек сақланишига анча боғлиқ. Чиқариш клапанининг температурасини пасайтириш учун унинг йўналтирувчисини бевосита цилиндрлар головкасида яшаш лозим. Цилиндрлар головкасидаги чиқариш каналларини бор бўйича совитиш керак.

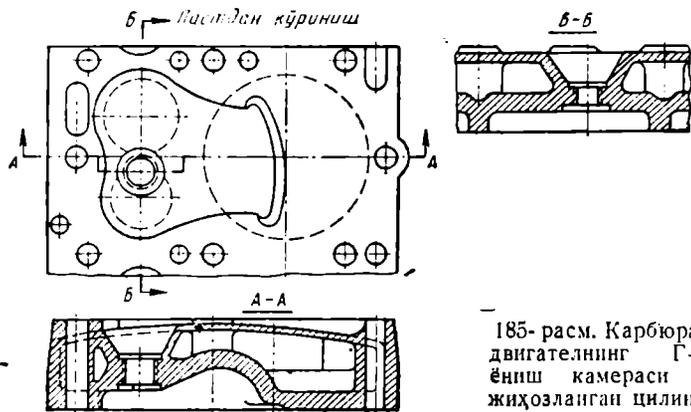
Дизелда аралашма ҳосил қилиш усулига қараб тайланган ёниш камерасининг шакли цилиндрлар головкасининг конструкциясини белгилайди. Дизелларнинг цилиндрлар головкаси карбюраторли двигателлардаги цилиндрлар головкасига қараганда анча мураккаб тузилган.



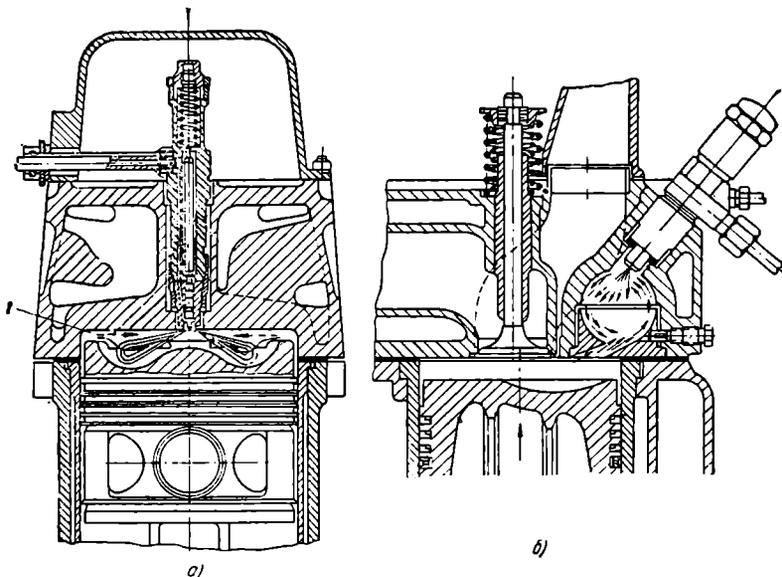
184- расм. Карбюраторли
двигателнинг понасимон
ёниш камераси билан
жиҳозланган цилиндрлар
головкаси

186- расм, *а* да тўрт тактли Д-6 дизелининг бир бўлакли очиқ (ажратилмаган) ёниш камераси, 186- расм, *б* да эса уюрма (ажратилган) ёниш камераси кўрсатилган. Ажратилган уюрма ёниш камерасининг юқори қисми головка билан яхлит қуйилади, пастки қисми эса бўғиз билан бирга иссиқбардош пўлатдан тайёрланади ва цилиндрлар головкасининг таянч текислиги томондан ўрнатилади. Форсункалар цилиндрлар головкасига қуйилган ва ишланган уяга ёки киргизма мнс гильзаларга ўрнатилади.

Ҳаво билан совитилувчи двигателларда цилиндрлар головкаси алюминий қотишмасидан қуйиш ёки штамплаш йўли би-



185- расм. Карбюраторли
двигателнинг Г-симон
ёниш камераси билан
жиҳозланган цилиндрлар
головкаси



186- расм. Дизелларнинг цилиндрлар головкаси:

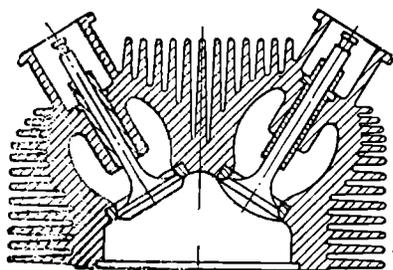
a — бир бўшлиқли очиқ ёниш камераси билан жиҳозланган головка (Д-6 дизели); *б* — уюрма ёниш камераси билан жиҳозланган головка

лан тайёрланади; алюминий қотишмалари иссиқлик беришни яхшилайди. Цилиндрлар головкасининг ташқи сиртининг температураси кучли қизийдиган клапанлар орасидаги зонада 215 — 230°С дан юқори бўлмаслиги керак. Двигателнинг қуввати оширилган режимларда бу температура қисқа вақт 260°С гача кўтарилиши мумкин.

Цилиндрлар головкасининг температураси мумкин қадар бир меъёрда бўлиши керак.

Цилиндрлар головкасининг совитиладиган юзаси цилиндр қовурғаларининг тўла юзасининг 60 — 75% ини ташкил қилади. Цилиндрлар головкасида иссиқлик оқимининг текис тақсимланиши учун қовурғалар цилиндр ўқига нисбатан эксцентрик жойлаштирилади ва уларда кесиклар ясалади. Бу кесиклар қовурғалардаги иссиқлик кучланишини камайтиради ва клапан ўриндиқларини қийшайишдан сақлайди.

Клапанлари V-симон жойлашган ва ярим сферик ёниш камерали цилиндрлар головка-



187- расм. Ҳаво билан совитиладиган двигателнинг цилиндрлар головкаси

сининг конструкцияси 187-расмда кўрсатилган. Клапанларнинг ўқлари орасидаги бурчак тахминан 80° ни ташкил этади. Келтирилган схемада ҳаво оқими клапанлар ўқларининг текислигига перпендикуляр ҳолда киритади.

Ҳаво билан совитиладиган двигателларнинг цилиндрлар головкаси цилиндр билан бирга картерга тўртта шпилька ёрдамида маҳкамланади.

2. Материаллар

Цилиндрлар головкаси никель, хром, марганец ва бошқа элементлар қўшилган СЧ 15 — 32 чўянидан ҳамда юқори температурада юксак механикавий мустаҳкамликка эса бўлган АЛ5, АС9 ва АК4 алюминий қотишмаларидан қўйилади.

Қўйилган чўян головкаларнинг қаттиқлиги $HВ 180 — 240$ дан кам бўлмаслиги керак. Қўйишда ҳосил бўладиган қолдиқ кучланишларни йўқотиш учун чўян головкалар $400 — 500^\circ\text{C}$ гача $10 — 15$ соат давомида қиздирилиб, сўнг аста-секин совитилади, алюминийдан ясалган цилиндрлар головкаси эса $6 — 8$ соат давомида 200°C температурагача қиздирилади. Цилиндрлар головкаси $0,4 \text{ Мн/м}^2$ (4 кг/см^2) босим билан $3 — 5$ минут давомида гидравлик синовдан ўтказилиб, сув бўшлиғининг жипслиги аниқланади; сувнинг сизишига ва ҳатто девор сиртининг намланишига йўл қўйилмайди. Бундан ташқари, баъзи двигателларнинг цилиндрлар головкаси деворлари 10 Мн/м^2 (100 кг/см^2) ва бундан ортиқ босимли сув билан гидравлик синовдан ўтказилиб, головканинг поршенга қараган деворининг мустаҳкамлиги аниқланади.

3. Конструктив ўлчамлар

Цилиндрлар головкасининг асосий ўлчамлари: уларнинг баландлиги ва эни, деворларнинг қалинлиги ва массасидан иборат.

Цилиндрлар головкасининг баландлиги суюқлик билан совитиладиган карбюраторли двигателларда ёниш камерасининг типига боғлиқ: $H_2 = (1,0 \div 1,2)D$, ярим сфера шаклли ёниш камераларида эса $(1,6 \div 2,0)D$ гача этади.

Ҳаво билан совитиладиган карбюраторли двигателларда шпилькалар ёки болтлар ёрдамида маҳкамланадиган цилиндрлар головкасининг баландлиги $H_2 = (1,25 \div 1,80)D$, головканинг резьбадаги баландлиги эса $H_2 = 1,4 \div 1,5D$ бўлади. Дизеллардаги цилиндрлар головкасининг баландлиги ёниш камерасининг типига ва бундан ташқари, форсунканинг қия ўрнатиш бурчаги ва ўлчамига боғлиқ. Суюқлик билан совитиладиган дизелларда $H_2 = (0,8 \div 1,2)D$, ҳаво билан совитиладиган дизелларда эса $H_2 = (1,0 \div 1,7)D$.

Алюминий қотишмасидан тайёрланган цилиндрлар головкасида таянч девор чўян головкаларнинг деворларига нисбатан

тахминан 2 мм қалин қилинади. Чўян головкалардаги ёниш камералари деворларининг қалинлиги 9—10 мм, алюминий қотишмасидан тайёрланган головкалардаги ёниш камералари деворининг қалинлиги эса 10—12 мм дан ошмайди (кўпинча пастки таянч деворнинг қалинлигига тенг қилинади). Ҳаво билан совитиладиган двигателларнинг головкаларидаги совитувчи қовурғаларнинг баландлиги 50—60 мм гача бўлади. Болтлаш йўли билан тайёрланган головкаларда қовурғаларнинг баландлиги 80 мм дан ошмайди, уларнинг қалинлиги 1,5 мм га етказилиб, қадами 3,5—4 мм гача бўлади.

Деворлар орасидаги сув ўтадиган бўшлиқнинг минимал кенлиги 10—15 мм чамасида, канал деворларининг қалинлиги эса 5 мм га яқин бўлади.

Юпқа деворли чўян қуймалар ишлатилганда сув гилофи деворларининг қалинлиги 3,2—4,0 мм га етиши мумкин. Бунда блок-картерни етарли даражада бикр қилиш учун, унинг тўсиқларини кучайтириш ва пастки қисмини қовурғали қилиш керак.

Клапанлари пастда жойлашган чўян головкаларнинг массаси двигатель массасининг кўпи билан 8—9% ини, клапанлари юқорида жойлашган головкаларнинг массаси эса 12—13% ини ташкил этади. Карбюраторли двигателларда цилиндрлар головкасининг узунлиги бирлигига тўғри келувчи массаси клапанлар пастда жойлашганда 0,25—0,30 кг см, юқорида жойлашганда эса, 0,4—0,5 кг см ни ташкил қилади.

86-§. ШПИЛЬКАЛАР ВА БОЛТЛАР

Цилиндрлар головкасини блок-картерга бириктириш учун шпилька ва болтлардан фойдаланилади. Уларни цилиндрлар ўқига мумкин қадар яқин жойлаштириш лозим. Ҳўл гильзалар ишлатилганда шпилькалар жойлаштириладиган айлана диаметри таянч фланецнинг диаметри D_1 га боғлиқ бўлади (179-расм, а га қаранг). Шпилька киргизиладиган тешик билан гильзанинг фланеци ўртасидаги оралиқ 2—3 мм бўлиши керак. Шпилькалар махсус айлана чиқиқларга бураб киргизилади. Бу чиқиқлар цилиндрлар блоккининг юқориги таянч юзасига ва ички кўндаланг тўсиқлар воситасида совитиш гилофининг деворларига бирлашган. Шпилькалар тортилганда цилиндрлар блоккининг деворига эгувчи моментлар ҳосил бўлади. Бу моментлар гильзанинг геометрик шаклини ўзгартириши мумкин. Шпильканинг ўқи цилиндрлар блоккининг деворидан қанча узоқ h масофада бўлса, эгувчи моментлар шунча катта бўлади. Шпильканинг ва цилиндрлар блоки деворининг ўқлари бир чизиқда жойлашса (179-расм, б) гильзанинг геометрик шаклини рухсат этилган чегарада сақлаш мумкин.

Цилиндрлар головкасини блок-картерга маҳкамловчи шпилькаларнинг сони цилиндрларнинг ва тирсакли валдаги туб под-

шипникларнинг сонига боғлиқ. Тўрт цилиндрли блокларда шпилькалар сони 14 — 20, олти цилиндрли блокларда 24 — 30, саккиз цилиндрлиларда эса 32 — 42 та бўлади.

Шпилькалар ёки болтлар сони клапанлар пастда жойлашганда ҳар бир цилиндрга 5 — 8, клапанлар юқорида жойлашганда эса 4 — 6 дона ҳисобидан аниқланади. Шпилькалар ёки болтлар орасидаги масофа цилиндрлар головкасининг ва блокнинг бикрлигига боғлиқ. Бу деталлар етарли даражада бикр бўлса, газ сизадиган оралиқ қисқа ва бикр шпилькалар ишлатиб зичланади.

Шпилькаларни шундай жойлаштириш керакки, тортиш кучи қистирма устида текис тақсимлансип. Клапанлар юқорида жойлашса, шпилькалар, одатда, икки қатор ўрнатилади ва уларнинг сони камайтирилади.

Цилиндрлар блоки ва головкаларнинг туташини сиртлари, шунингдек, шпилькаларнинг гайкалари ёки болтларнинг каллаги мос шпилькалар ёки болтларнинг ўқиға тик бўлиши керак.

Карбюраторли двигателларнинг куч шпилькалари ва болтлари эластиклик чегараси юқори бўлган углеродли пўлатлардан, дизелларнинг куч шпилькалари ва болтлари эса кўп легирланган 18ХНМА, 18 ХНВА, 20 ХНВА, 40 ХНМА ва 38ХА пўлатларидан тайёрланади.

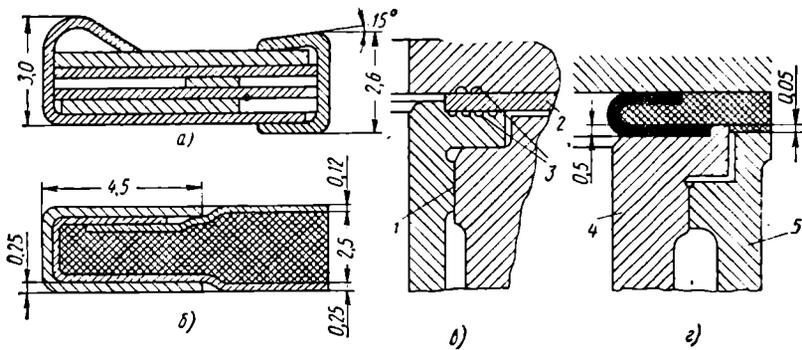
87-§. ГАЗ СИЗАДИГАН ЧОКЛАРНИ ЗИЧЛАШ

Цилиндрлар блоки ва головкани бир-биринга зич бирлаштириш учун улар орасига қистирма қўйилади. Бу қистирмада ёниш камераси, шпилькалар ва совитувчи суюқликнинг блокдан цилиндрлар қопқоғига ўтиши учун тешиклар қолдирилган бўлади.

Қистирмалар кўп вақт юқори температура ва босим таъсирида бўлади, цилиндрлар блоки ва головкасининг таянч сиртларида механикавий ишловдан сўнг қолган барча нотекисликларни тўлдириш учун етарли даражада эластик бўлиши лозим.

Двигателларда қуйидаги қистирмалар ишлатилади: алюминий ва мисдан яхлит тайёрланган металл қистирмалар; юпқа листлар йигимидан иборат металл қистирмалар; юпқа пўлат лист шаклидаги металл қистирмалар. Бундай қистирмада ёниш камераси совитувчи суюқлик ва мойнинг ўтиши учун қолдирилган тешиклар атрофида ҳар хил чуқурликда ариқчалар штамплаб ясалган бўлади; юмшоқ прессланган мис-асбест, темир-асбест ва бошқа қистирмалар.

Газ сизадиган чокларни зичлайдиган қистирмалар 188-расмда келтирилган. Чўян блокли двигателларда юпқа, юмшоқ пўлат листлар йигимидан ясалган қистирмалар ишлатилади (188-расм, а). Қалинлиги 1,5 — 2,5 мм ли мис-асбест қистирмалар (188-расм, б) листовий асбестдан тайёрланиб, унинг ички



188- расм. Газ сизадиган чокларни зичлаш

томони қалинлиги 0,1 — 0,3 мм ли мис ёки латуиь фольга билан қопланади. Қистирмада ёниш камераси учун қолдирилган тешик атрофида завальцовка қилинган айлана чиқиқ бор. Цилиндрлар головкаси бир оз куч билан тортилганда бу айлана чиқиқ газ сизадиган чокларни яхши жипслайди.

Баъзи двигателларда газ сизадиган чокларни яхши зичлаш учун гильза билан головканинг туташиш сиртларида махсус ариқчалар 3 қилинади; цилиндрлар головкасини ўрнатганда қистирма 2 нинг метали бу ариқчаларни тўлдиради. Айлана чиқиқ 1 гильзани марказлаштириш, шунингдек, қистирмани куйишдан ва узилишдан сақлаш учун хизмат қилади.

Цилиндр бўшлиғини жипслаш учун ҳўл гильза 4 (188-расм, г) фланецининг тореци блок 5 нинг юқори юзасидан 0,05 — 0,30 мм баланд жойлаштирилади. Бу ҳолда цилиндрлар головкасини маҳкамлайдиган шпилька ва болтларнинг тортилиш кучи таъсир этувчи контакт юзаси камаяди.

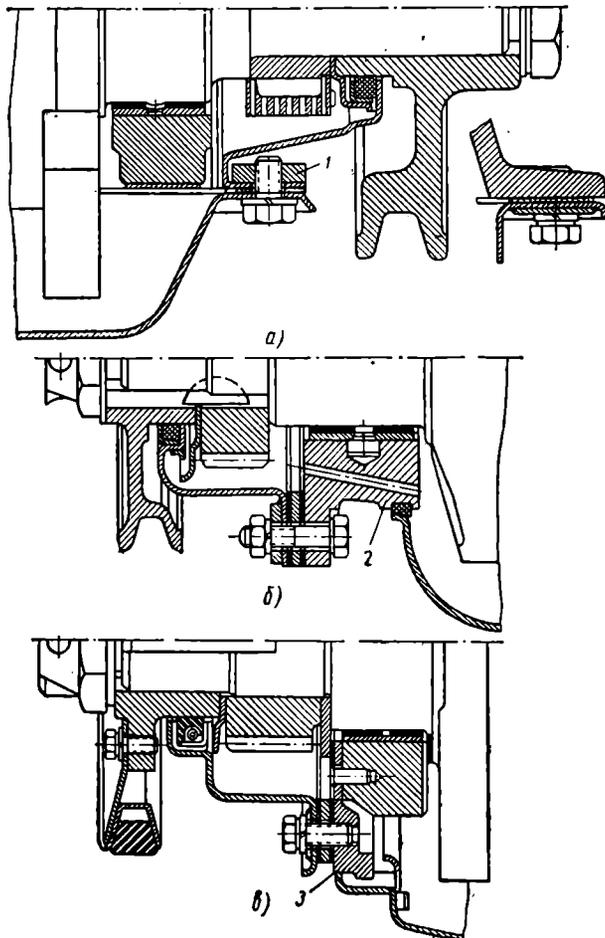
Қистирманинг қалинлиги головканинг ва блок-картернинг бикрлигига қистирма материалининг деформациясига ва туташадиган сиртларнинг механикавий ишланиш сифатига боғлиқ. Сиқиш даражаси юқори двигателларда юпқа металл қистирмалар ишлатилади.

Зичловчи айлана чиқиқ билан ёниш камераси қиррасигача бўлган оралиқ 1,0 — 1,5 мм, бошқа тешиқларнинг четидан қистирмадаги тешиқларнинг қиррасигача бўлган оралиқ эса 1 — 3 мм бўлади.

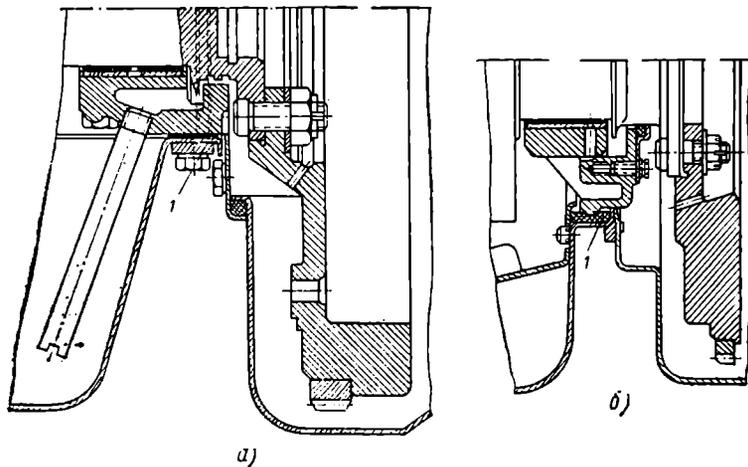
Баъзи двигателларда ҳар бир цилиндр учун алоҳида мис ёки алюминийдан тайёрланган зичловчи ҳалқалар ишлатилади; бу ҳалқалар гильзанинг торец юзасига кийгизилади. Совитувчи суюқлик оқадиган тешиқлар махсус ариқчаларга ўрнатиладиган резина ҳалқалар билан зичланади.

88- §. КАРТЕРНИНГ ПАСТКИ ҚИСМИ

Автомобиль двигателларида картернинг пастки қисми (поддон) 1 — 2 мм қалинликдаги листовий пўлатдан штампаб тайёрланади. Ҳеч қандай оғирликни ўзига олмайдиган поддон картерни чанг ва лойдан сақлайди ҳамда мой резервуари вазифасини (хўл картерда) бажаради. Поддон блок-картерга шпилькалар ёки болтлар билан маҳкамланади. Поддон фланецларининг бикрлигини ошириш ҳамда шпилькалар ёки болтлар сонини камайтириш учун фланецларга пўлат пластина I пайвандланади (189-расм, а). Поддон билан блок-картернинг туташуви сиртларини зичлаш учун улар орасига қоғоз ёки пўкак қистирмалар қўйилади.



189- расм. Поддонни тирсақли валнинг олд учи томонидан қотириш



190-расм. Поддонни маховик томонидан қотириш

Поддоннинг олдинги қисми олдинги туб подшипник қопқоғининг цилиндрик юзаси 2 га (189-расм, б) ёки унга ўрнатилган фланец 3 га (189-расм, в) бириктирилади.

Поддон ва картер маховик томондан кетинги туб подшипник қопқоғининг сирти бўйлаб қистирма 1 (190-расм, а ва в) ёрдамда зичланади.

ПОРШЕНЬ ГРУППАСИ

Поршень группасига: поршень, поршень бармоғи, поршень ҳалқалари ва поршень бармоғини маҳкамловчи деталлар кирди.

Поршень группаси ёниш камерасининг сирти ва цилиндрнинг деворлари билан қўшилиб, ўзгарувчан ҳажми ташкил этади ва бу ҳажмда двигателнинг иш процесслари содир бўлади.

Поршень группаси мана шу ҳажмнинг зичлигини таъминлаши ва цилиндр деворларига ҳамда поршень остидаги бўшлиққа иссиқликнинг яхши берилишини таъминлаши лозим. Газларнинг босим кучи поршень группаси орқали шатунга берилади. Газ алмашувнинг тирқишли схемаси қўлланилган икки тактли двигателларда, шунингдек, золотникли газ тақсимлаш ишлатилган двигателларда поршень группаси киритиш ва чиқариш дарчаларининг очилишини ва ёпилишини таъминлайди.

Поршень группасида ишқалишга кўп қувват сарфланади. Масалан, карбюраторли двигателларда бу қувват ишқалишга кетадиган барча қувватнинг 60—70% ини, дизелларда эса 75% ини ташкил этади. Шунинг учун поршень группасига нисбатан қўйиладиган асосий талаблардан бири ишқалишни камайтиришдан иборат. Бундан ташқари поршень группаси мойнинг картердан ёниш камерасига киришига тўсқинлик қилиши керак.

89- §. ПОРШЕНЛАР

Катта $v_n = 10 \div 35$ м/сек тезликда ҳаракатланувчи поршень юқори температураларда (алюминий поршень учун $t = 200 - 250^\circ\text{C}$ ва чўян поршень учун $t = 400 \div 450^\circ\text{C}$) ва 10—200 кН босим кучи таъсирида ишлайди. Бу ҳол поршен-

ни суюқ мой билан мойлашни қийинлаштириб, ишқаланиш ишини оширади, поршеннинг ҳамда цилиндрнинг ейилишини тезлатади.

Поршеннинг температураси ўзгарганда унинг ўлчамлари ҳам ўзгаради, бу эса поршень — цилиндр, поршень — поршень бармоғи ва поршень—поршень ҳалқалари бирикмаларидаги зазорларнинг бузилишига олиб келади.

Карбюраторли двигателнинг поршени цилиндр ичида ажралиб чиқадиган иссиқликнинг 3% ини, дизелнинг поршени эса 5 — 8% ини ўзига олади. Бу иссиқликнинг 65 — 74 проценти ҳалқалар орқали ва 20 — 30 проценти поршеннинг ён сирти, асосан юбка орқали цилиндр деворига ҳамда совитувчи суюқликка берилади. Иссиқликнинг тахминан 5 — 10 проценти поршендан унинг ичида ҳаракатланаётган ҳаво ва мой тумани билан олиб кетилади.

Автомобиль двигателлари поршенига нисбатан қўйидаги талаблар қўйилади: 1) массаси кичик бўлгани ҳолда етарли даражада мустаҳкам ва бикр бўлиши лозим; 2) поршеннинг ишлаш муддати двигателниқига тўғри келиши керак; 3) поршень билан туташган деталларнинг ишлаш муддатини ошириш имконияти бўлиши зарур; 4) поршень двигателга тўла мос бўлгани ҳолда баъзи бир конструктив элементларни ва техникавий шартларни унификациялаш имконияти бўлиши лозим; 5) такомиллашган технологиядан фойдаланиш имконияти бўлиши лозим; бу ҳол деталнинг тайёрланиш сифатини ва меҳнат унумини оширади.

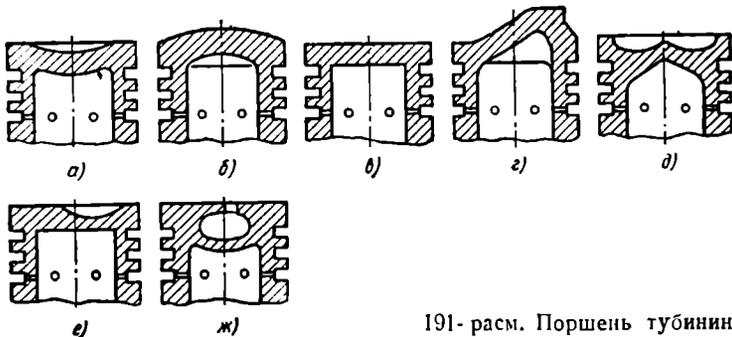
1. Конструкцияси

Поршени турли вазифаларни бажарувчи уч қисмга бўлиш мумкин: туби, зичловчи қисми ва йўналтирувчи қисми (юбка). Туби ва зичловчи қисми поршеннинг каллагини ташкил этади.

Поршень туби цилиндр головкаси билан ёниш камерасини ҳосил қилади ва юқориги поршень ҳалқаси ўрнатиладиган ариқчанинг юқори қирраси билан чегараланади. Поршеннинг бу қисми баъзан термик белбоғ деб ҳам аталади. Поршень тубининг шакли ёниш камерасининг шаклига ва клапанларнинг жойлашувига, икки тактли двигателларда эса газ тақсимлаш системасига ҳам боғлиқ бўлади.

Поршень туби ботиқ (191-расм, а) бўлса, ёниш камерасининг шакли сферага яқинлашади (клапанлар юқорида жойлашганда), иссиқ газлар таъсир қиладиган юза кўпаяди ва қурум ҳосил бўлишига шароит туғилади, бунда термик режим ошиб кетади. Ботиқ тубнинг мустаҳкамлиги текис тубниқига қараганда кам бўлади, шунинг учун кўп ҳолларда унинг бикрлиги оширилади. Бундай туб тайёрлаш ҳам қийин.

Қавариқ туб (191-расм, б) ишлатилганда ёниш камераси тирқиш шаклида бўлади, бу эса аралашма ҳосил қилиш про-



191-расм. Поршень тубининг шакллари

цессини ёмонлаштиради. Туб қавариқ бўлгани учун унинг температураси катта бўлади, лекин қурум ҳосил бўлиши ка-маяди. Бундай тубнинг асосий афзаллиги шунлаки, туб мустаҳкам бўлганлиги ва кучайтирадиган қовурғаларнинг йўқлиги учун поршеннинг массаси кичик бўлади.

Текис туб (191-расм, в) ўзининг кўрсаткичлари жиҳатидан ботиқ ва қавариқ тублар ўртасида бўлиб, карбюраторли двигателларда энг кўп тарқалган.

Баъзи двигателларнинг поршенларида сиқиб чиқаргичлар (191-расм, г) бор; булар сиқиш процессида заряднинг зарур томонга йўналишини, ёниш процессида эса босимнинг равои ошишини таъминлайди.

Дизелларда поршень тублари ҳар хил шаклларда, бир қатор ҳолларда эса сиқиш даражасига, аралашма ҳосил қилиш усулига, форсункаларнинг жойланишига ва бошқа факторларга қараб, мураккаб шаклда бўлади. Масалан, яхлит (бир бўшлиқли) ёниш камерали дизелда (191-расм, д ва е) поршень туби ёниш камерасига қулай шаклни беради. Уюрманинг тезлигини ошириш ва аралашма ҳосил қилишни яхшилаш учун ёниш камераси поршень тубига жойлаштирилади (191-расм, ж). Поршень тубининг мустаҳкамлигини ошириш ва иссиқликни яхши бериш учун ички тарафдан қовурғалар қилинади. Қовурғаларнинг шакли тажриба йўли билан аниқланади.

Поршень тубининг ўлчамлари ёнишдаги максимал босимга, поршеннинг зарур мустаҳкамлигига ва ундан иссиқликни олиб кетиш максимал тезлигига қараб танланади. Одатда, поршень тубидан унинг зичловчи қисмига ўтиш жойлари бобиш-калар текислигида вазмин яхлит чиқиқ ёки қовурға шаклида ясалади. Иссиқлик поршень тубининг ички томонидан ҳаво ва мой билан олиб кетилади. Қовурғалар иссиқликнинг олиб кетилишини яхшиламайди.

Ёниш камералари поршень тубида жойлашган дизелларда поршень туби унинг ички сиртига мой пуркаб мажбурий со-витади. Бунинг учун мой бевосита тирсақли валдан шатун-

нинг стерженидаги канал орқали шатуннинг юқориги қалла-
гида жойлашган калибрланган тешикли пуркагичга келади ва
гильзанинг пастки қисмига маҳкамланган форсункалар орқали
пуркалади.

Поршеннинг зичловчи қисми юқориги поршень ҳалқаси-
нинг юқори қиррасидан бошланиб, пастки (поршень бармоги
олдидаги охирги) ҳалқа ариқчасининг пастки қиррасида тугай-
ди, яъни поршень ҳалқаларининг ариқчалари жойлашган қисм-
дан иборат.

Зичловчи қисм диаметри поршеннинг пастига қараб кен-
гайиб боради. У поршень тубига берилган иссиқликнинг 80%
ини цилиндр деворларига узатади.

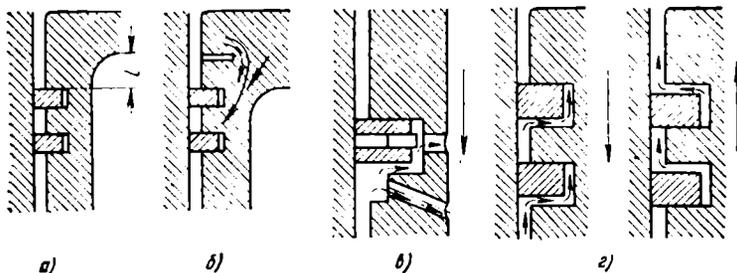
Поршеннинг зичловчи қисми амалда ён кучларни узатиш-
да иштирок этмайди. Поршеннинг бу қисмида ариқчалар бор-
лиги учун бу ерда мой пардаси ҳосил қилиб бўлмайди. Пор-
шеннинг зичловчи қисми билан цилиндр орасидаги тирқишнинг
қатталиги поршень ҳалқаларини иссиқ газлар таъсиридан сақ-
лаш ва мойни ёниш камерасига ўтказмаслик шартларига би-
ноан танланади. Одатда бу тирқиш жуда кичик нолга яқин
қилиб олинади. Компрессион ҳалқалар сони двигателнинг тез
юрарлиги ва турнга қараб қабул қилинади.

Юқориги поршень ҳалқасининг термик кучланишини ка-
майтириш учун унинг ариқчаси поршень тубидан бир қадар
оралиқда бўлиши керак (192-расм, *а*); бу ҳолда поршеннинг
баландлиги ошади. Баъзи ҳолларда биринчи поршень ҳалқаси
олдида айлана чуқурча ясалади. Бу чуқурча ҳаво экрани бў-
либ хизмат қилади (192-расм, *б*). Бундай поршенлар билан
ишлаш тажрибаси шуни кўрсатадики, бу чуқурча коксланиб,
унинг биринчи ҳалқанинг ишига таъсири камаяди. Баъзи кон-
струкцияларда юқориги поршень ҳалқасига оловбардош қис-
тирмалар қўйилади (ЗИ.1-130 ва бошқа двигателларда). Бу
қистирмалар поршеннинг ишлаш муддатини 2 — 2,5 баравар
оширади.

Тез юрар двигателнинг цилиндрини зичлаш учун икки-учта
компрессион ва битта ёки иккита мой сидирувчи поршень
ҳалқалари етарли бўлади.

Кўпчилик двигателларнинг цилиндрида ортиқча мойни си-
дириб ташлаш учун битта мой сидирувчи (пастки) поршень
ҳалқаси бўлади.

Мой сидирувчи ҳалқалар ўрнатиладиган ариқчаларда мойни
поршень ичига ҳайдаш учун бир ёки икки қатор тешиқлар
пармаланади. Агар тешиқлар икки қатор бўлса, тешиқларнинг
бир қатори ариқча ичида, бошқа қатори эса бевосита шу ариқ-
ча тагида пармаланади (192-расм, *в*). Мойни ўтказиб юборув-
чи тешиқларнинг диаметри мой ҳалқаси ўрнатиладиган ариқ-
ча баландлигига мос келади. Карбюраторли двигателларнинг
поршенларидаги зичловчи қисми ажратувчи кўндаланг кесик-
лар, одатда, мой сидирувчи ҳалқанинг ариқчасида ясалади.



192-расм. Поршеннинг энчлончи қисми

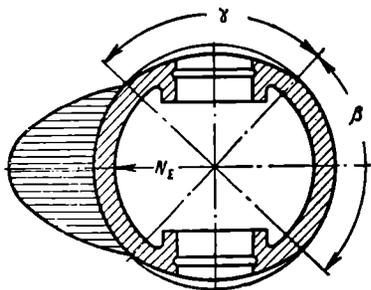
Ортиқча мойни сидириб туриш зарур, чунки ҳалқалар насос каби ишлаганда (192-расм, з) ва сўриш тактида босимнинг камайиб кетиши натижасида мой ёниш камерасига аста-секин ўтиб, у ерда ёнади, ёниш камерасининг деворларида ва свечада қурум ҳосил қилади. Бу ҳодиса, айниқса поршень ҳалқалари ейилганда жадаллашади.

Мой сидирувчи ҳалқа мойни махсус тешиклар орқали картерга ўтказиб юборишга ёрдам беради (192-расм, в).

Биринчи ва иккинчи ҳалқалар орасидаги жой, одатда, баландроқ қилинади. Поршень тубидан узоқлашган сари икки ҳалқа оралиғи қисқариб боради. Ҳалқалар оралиғи ўзгармаган ҳолда унинг мустаҳкамлигини ошириш учун эпини камайтириш ва торец юзаларнинг ариқчаларининг ён деворларига ўтиш радиусини ошириш керак.

Поршень бармоғи олдидаги энг охириги поршень ҳалқасининг ариқчасидан поршень охиригача бўлган қисм *поршеннинг йўналтирувчи қисми (юбкаси)* деб аталади. Поршеннинг бу қисми цилиндр кўзгусига нормаль бўйича йўналган. N_x кучдан ҳосил бўладиган ён босимни цилиндр кўзгусига текс тақсимлаш, шунингдек, поршенни цилиндр ўқи бўйлаб йўналтириш учун хизмат қилади. Поршеннинг бу қисмида поршень бармоғи учун бобишқалар жойлашган.

Поршень йўналтирувчи қисмининг узунлиги ва бобишқалар ўқининг жойлашиши поршеннинг ишқаланишига ва ейилишига таъсир қилади. Турли двигателларда ён куч N_x ҳар хил қийматларга эга бўлгани учун йўналтирувчи қисмининг узунлиги ҳам бу кучга боғлиқ равишда ўзгаради. N_x куч қанча катта бўлса, поршеннинг йўналтирувчи қисми ҳам шунча узун бўлади. Ён куч N_x ни поршендан цилиндрга узатишда юбка ён сиртининг фақат бир қисми иштирок этади. Юбканинг бу қисми кўндаланг кесимда марказий бурчаги $\beta = 80 \div 100^\circ$ (193-расм) бўлган ёй билан чегараланган. Шунинг учун бир қанча конструкцияларда поршеннинг массасини ва ишқаланишни камайтириш учун поршеннинг γ бурчағи билан чегаралан-

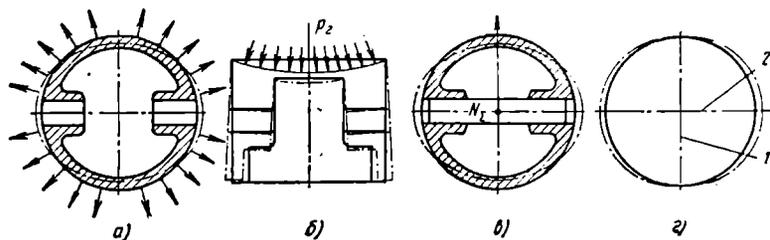


193-расм. Поршень юбканининг сиртида босимнинг тақсимланиш схемаси

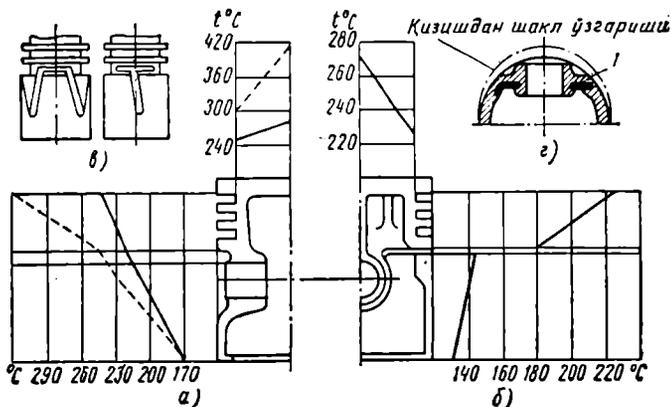
қолишига олиб келиши мумкин. Деформацияни йўқотиш учун поршень бармоғи олдидаги текисликнинг бир қисми жилвирланади. Жилвирлаб олинадиган қатламнинг қалинлиги фақат тажриба йўли билан аниқланади. Кўпгина ҳолларда поршеннинг йўналтирувчи қисми механикавий ишлов пайтида овал шаклга келтирилади. Овалнинг катта ўқи 1 поршень бармоғининг ўқи 2 га перпендикуляр бўлиши (194-расм, з), кичиги эса поршень бармоғининг ўқи билан мос йўналган бўлиши керак. Овал ўқларининг узунлигидаги фарқ одатда 0,1 — 0,3 мм бўлади. Поршень совуқ ҳолатида цилиндр ичига зазор билан киради. Двигатель ишлаганда термик деформация таъсирида поршень цилиндрик шаклга келади.

Юбка деворларининг қалинлиги узунасига ўзгармас бўлиб, пастки қисми бир оз юққаланиши мумкин.

Енгил қотишмалардан тайёрланган поршеннинг юқори қисмидан юбкасига иссиқликни кам бериш учун унинг юқори қисми билан юбкаси оралиғига айланма кесик ясалади. Карбюраторли двигателлардаги кесиксиз поршеннинг ташқи юзаси температурасининг ўзгаришини тасвирловчи эгри чизик 195-расм, а да, кесикли поршенники эса 195-расм, б да кўрсатилган.



194-расм. Газлар босими ва қизиш таъсирида поршеннинг деформацияланиши



195- расм. Поршень ташқи сирти температурасининг ўзгариши ва поршендаги кесиклар шакли:

1 — инвар ёки пўлат қистирма; сидирга чизиқ—алюминий қоташма; штрих чизиқ—чўян;

Совуқ двигателда тақиллашни ва поршеннинг қийшайиб, тиқилиб қолишини йўқотиш учун енгил қотишмалардан тайёрланган поршень юбкаси овал ва кесик қилинади. Т ёки П-симон кесиклар юбканинг бор бўйича ёки бир қисмида (195-расм, в), ён куч N_2 кам бўлган томонда ясалади.

Баъзи автомобиль двигателларида тақиллашни камайтириш учун поршень бармоғининг ўқи поршеннинг ўқиға нисбатан унинг кўп юкланган томонига силжитилади. Енгил қотишма поршень группасининг монтаж зазорларини камайтириш ва шовқунсиз ишлашни таъминлаш учун баъзан поршень қуйиш вақтида махсус инвар¹ ёки пўлат қистирма 1 билан жиҳозланади (195-расм, г). Инвар қистирма поршеннинг энг кўп кенгайишга мойил бўлган жойига, яъни бобишка атрофига қўйилади. Бундай поршенлар қизиганда чўян поршенларга қараганда камроқ кенгайди.

Кўпчилик ҳозирги замон чет эл автомобиль двигателларида поршень юбкаси кесилмаган, унинг деворларига эса иссиқликни ростловчи инвар ёки пўлат элементлар қўйилган бўлади.

Юбка бундай тузилганда поршеннинг мустаҳкамлиги ошади, унинг цилиндрга уринадиган сирти катталашади ва поршени цилиндрга минимал зазор билан ўрнатиш мумкин. Бу зазор двигателнинг ҳар қандай иш режимида ҳам деярли ўзгармайди.

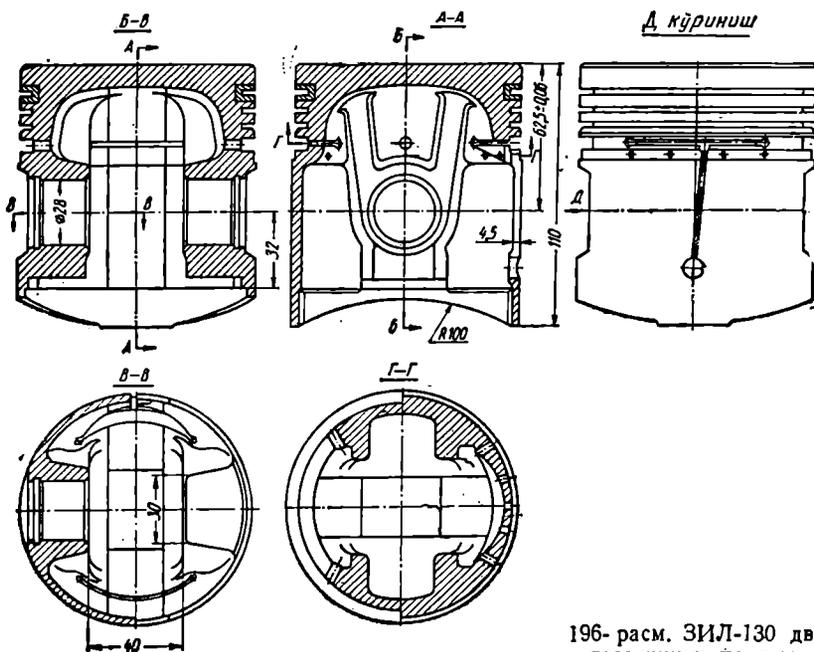
Мамлакатимизда ишлаб чиқарилаётган янги карбюраторли двигателларнинг поршенлари қуйидагича тузилган: поршень

¹ Инвар: 30% Ni ва 64% Fe дан иборат никелли қотишма; инварнинг чизигий чўзилиш коэффициентини $\alpha = 2,10^{-6} / \text{град}$, яъни алюминий қотишмасиникидан 10 марта кам.

тубининг ташқи томони текис, ичкариси эса силлиқ (қовурғасиз); поршеннинг юбкаси кесилмаган бўлиб, унга иссиқликни ростловчи ҳалқасимон қистирма ўрнатилган; юбканинг горизонтал кесими овал шаклида, бўйига конуссимон ёки бочкасимон қилиб ясалган; иссиқлик кесиклари мой сидирувчи ҳалқанинг ариқчасида жойлашган; поршень бармоғининг ҳар бир боёшқаси поршеннинг туби билан икки қовурга воситасида қўшилган.

Бу хилда тузилган поршенларни текшириш натижалари юбканинг профилини тайёрлаш аниқлигини 3 — 5 марта, поршенларнинг мустаҳкамлигини эса 6 — 8% ошириш мумкинлигини кўрсатди. Стендда ГАЗ-21 ва ГАЗ-53 двигателларида ўтказилган тажрибаларнинг кўрсатишича, янгича тузилган поршень юбкасининг гильзага уриниш юзаси ГАЗ-53 двигателидаги поршень юбкасининг уриниш юзасидан 1,4 — 2,2 марта катта. Бундан ташқари, янги поршень головкасининг температураси ГАЗ-53 двигателидаги поршень головкасининг температурасидан 10 — 30° паст. Двигателларни одатдаги шароитларда ишлатиб синаш натижалари янгича тузилган поршенларнинг яхши ишлашини ва мустаҳкамлигини кўрсатди.

ЗИЛ-130 двигатели поршенининг чизмаси 196-расмда кўрсатилган.



2. Материаллар

Автомобиль двигателлари учун поршенлар тайёрлашда ишлатиладиган материалларга нисбатан қуйидаги талаблар қўйилади: 1) жуда мустаҳкам бўлиши ва катта температура-ларда ҳамда ўзгарувчан нагрузкаларда мустаҳкамлигини сақлаши; 2) зичлиги кам бўлиши; 3) иссиқликни яхши ўтказиши; 4) чизигий кенгайиш коэффициентини кичик бўлиши; 5) коррозия бардош бўлиши; 6) юқори температурада, ёмон мойланганда яхши антифрикцион хоссаларга эга бўлиши; 7) арзон ва яхши ишланиши лозим.

Поршенлар тайёрлаш учун қуйидаги маркали кул ранг ва болғаланувчан чўянлар ишлатилади: СЧ 24-44, СЧ 28-48, СЧ 32-52. Енгил алюминий қотишмаларидан АЛ1, АК2, АК4, ЖЛС қотишмалари кўпроқ ишлатилади Янги карбюраторли автомобиль двигателларининг поршенлари АЛ10В ва АЛ30 (кокилга қуйилади) қотишмаларидан тайёрланади. Биринчи компрессия ҳалқа тагига қўйиладиган қистирманинг материали сифатида кам углеродли пўлат ёки чўян ишлатилади.

Кейинги йилларда поршеннинг иссиқликка чидамли пўлатлардан тайёрлаш устида иш олиб борилмоқда, бундай пўлатлардан тайёрланган поршень енгил ва мустаҳкам бўлади, чунки унинг юбкасини етарли даражада юпқа қилиб ясаш мумкин. Бу хилда тузилган поршеннинг асосий камчиликлари: поршенга ишлов бериш қимматга тушади ва цилиндрнинг гильзаси кўп ейилади.

Ҳамма поршенлар термик ишланади (тобланади ва чиниқтирилади ёки фақат чиниқтирилади). Алюминий қотишмаларидан ясалган поршенларнинг қаттиқлиги *НВ 90*—120 чамасида бўлади.

Поршень билан цилиндр деворларининг бир-бирига ишқаланиб мослашиш даврини камайтириш учун поршеннинг ён сирти осон суюқланувчан металл билан қопланади (0,005 — 0,002 мм қалинликда қилиб қалай югуртирилади — оқланади).

3. Конструктив ўлчамлар

Поршень лойиҳалашда, одатда, ўхшаш ва ишончли ишлатётган двигателлар поршенларининг статистик конструктив параметрларидан фойдаланилади. Поршеннинг конструктив ўлчамлари цилиндрнинг диаметрига ёки поршеннинг баландлигига қараб белгиланади. Автомобиль двигателлари поршенларининг нисбий конструктив ўлчамлари 17-жадвалда берилган.

Биринчи ва иккинчи компрессия ҳалқалар оралиғи дизелларда $0,065D$, карбюраторли двигателларда эса $0,05D$ чамасида олинади.

Бармоқ ўрнатиладиган тешик ўқининг поршеннинг бўйлама ўқига нисбатан энг кўп юкланган сирт томонга силжиши нисбий катталиқ $\frac{e'}{D} = 0,014 + 0,025$ билан характерланади.

90- §. ПОРШЕНЬ БАРМОҚЛАРИ

Поршень бармоғи поршенни шатун билан шарнирли тарзда улаш учун хизмат қилади ва унинг атрофида шатун тебранма ҳаракатда бўлади.

Поршень бармоғи тўрт тактли процессда ишораси ўзгарувчан нагрузка остида, икки тактли процессда эса пульсацияланувчи нагрузкага яқин шароитда ишлайди. Бундан ташқари, поршеннинг головкасидан иссиқлик олиш, шатун головкасига поршеннинг бобишкасига ишқаланиш натижасида поршень бармоғи термик нагрузкалар таъсирида ишлайди. Бунинг натижасида суюқликли ишқаланиш учун ёмон шароит вужудга келади. Ярим суюқликли ишқаланиш натижасида поршень бармоғи ва у билан туташган бобишкаларнинг ҳамда шатун юқори головкасининг юзалари тез ейилади.

17- жадвал

Поршеннинг нисбий конструктив ўлчамлари

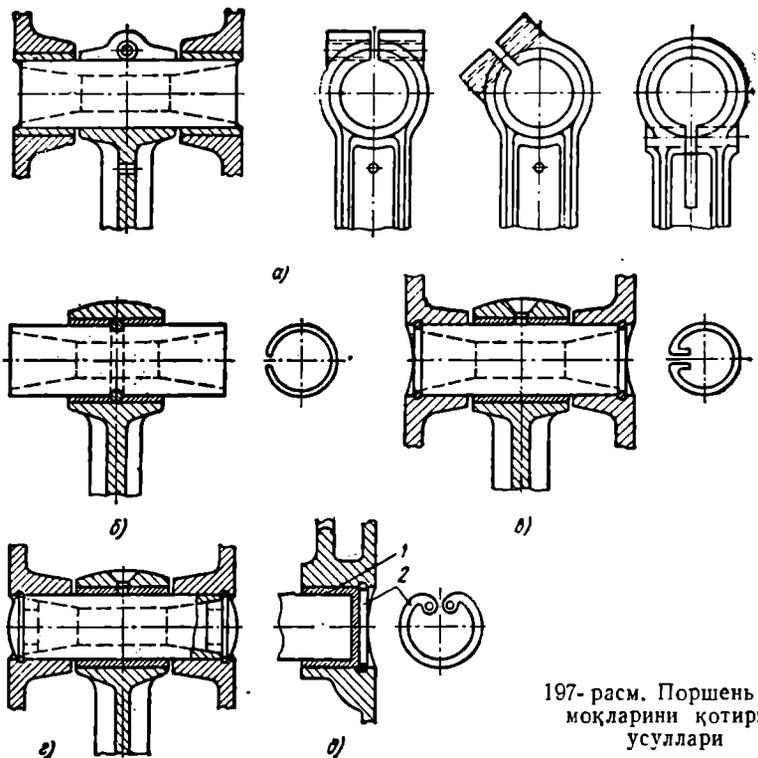
	Ўлчамлар	Карбюраторли двигателлар	Дизеллар
	$\frac{H}{D}$	0,90 — 1,30	1,16 — 1,6
	L_1/D	0,42 — 0,65	0,60 — 1,0
	$L_{ю}/D$	0,70 — 0,8	0,80 — 1,25
	e/D	0,06 — 0,09	0,10 — 0,20
	σ/D	0,05 — 0,08	0,12 — 0,2
	b/D	0,30 — 0,50	0,32 — 0,34
	d_6/D	0,25 — 0,30	0,30 — 0,38
	d_{606}/d_6	1,30 — 1,60	1,30 — 1,60
	S_2/D	0,05 — 0,10	0,05 — 0,10
	$S_1, \text{ мм}$	2,0 — 5,0	2,0 — 5,0
	L_2/D	0,50 — 1,20	0,50 — 1,25

1. Конструкцияси

Поршень бармоғининг нормал ишлашини таъминлаш учун унинг конструкцияси қуйидаги талабларни қондириши керак: енгил, ишлаганда минимал деформацияланиши, зарбли нагрузкаларга яхши қаршилиқ кўрсатиши, ейилишга чидамли ва ўзгарувчан нагрузкага қарши мустаҳкам бўлиши керак.

Поршень бармоғи цилиндрик шаклда, ичи тешиқ қилиб нсалади.

Поршень бармоғининг тузилиши, асосан, унинг бобишкага ва шатуннинг юқори головкасига ўрнатилиш турига боғлиқ. Кўрсатилган белгиларга қараб, поршень бармоқлари қуйидаги турларга бўлинади: 1) поршень бобишкаларида маҳкамланган ва шатун каллагига айланадиган бармоқлар; 2) шатун каллагига маҳкамланган ва поршень бобишкаларида айланадиган

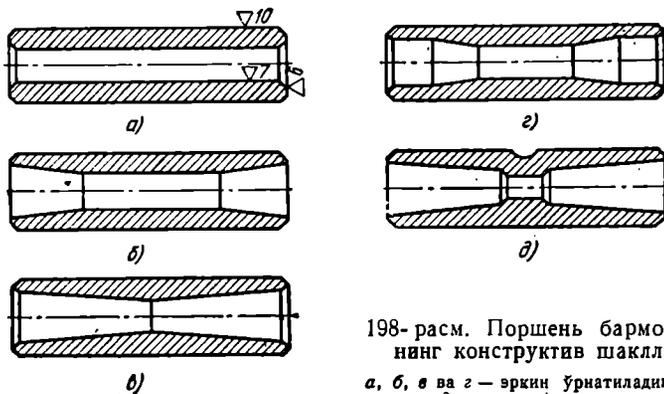


197- расм. Поршень бармоқларини қотирish усуллари

бармоқлар (197-расм, а) ва 3) шатун каллагида ҳам, поршень бобишкаларида ҳам айланувчи эркин ўрнатилган бармоқлар (197-расм, б, в ва г).

Биринчи ҳолда поршень бармоғи болтлар билан маҳкамланади, бунинг учун поршень бобишкаларида резьбали тешик, бармоқ сиртида эса уни маҳкамлаш учун тешиклар бўлади. Бундай маҳкамлашнинг камчилиги: маҳкамловчи болтнинг резьбаси ейилади, поршень бармоғини термик ишлашда брак кўпаяди; бунга бармоқда чуқурчаларнинг мавжудлиги, поршень бармоғининг шатун каллагига киритилган қисми узайиб, эгилиши сабаб бўлади. Шунинг учун поршень бармоғини маҳкамлашнинг бу усули қўлланилмайди.

Поршень бармоғини маҳкамлашнинг иккинчи хили қўлланилганда шатун каллагининг узунлиги сезиларли даражада қисқаради. Бу эса шатун массасини ва поршень бармоғининг узунлигини, бинобарин, унинг эгилишини камайтиради. Поршень бармоғини маҳкамлашнинг бу усулини чўян поршеньларда қўлланиш маъқул. Агар поршень кенгайиш коэффициенти катта қотишмадан тайёрланган бўлса, у ҳолда бармоқ совуқ поршенда ҳам айланиши лозим бўлганидан поршень бармо-



198- расм. Поршень бармоқларининг конструктив шакллари:

а, б, в ва г — эркин ўрнатиладиган бармоқлар; д — шатуннинг юқори каллагида маҳкамланадиган бармоқ

фи — поршень бирикмасидаги зазор температура ошганда катта бўлиб қолади.

Эркин ўрнатиладиган поршень бармоқлари кенг тарқалган, чунки улар узунлиги ҳамда айланаси бўйлаб жуда оз ва текис ейилади, осон ўрнатилади, бобишқаларда тиқилиб қолмайди.

Эркин ўрнатиладиган поршень бармоғининг ўқ бўйлаб сурилишига йўл қўймаслик учун у турли усулда маҳкамланади. Бармоқ битта ҳалқа билан маҳкамланса (197-расм, б), унинг хавфли кесими заифлашади, шунинг учун бармоқни поршеннинг бобишқаларида иккита ҳалқа билан маҳкамлаш маъқул (197-расм, в). Бир қанча двигателларда поршень бобишқаларининг тешикларига лист пўлатдан ясалган қопқоқлар 1 (197-расм, д) ва пружиналанувчи ҳалқалар 2 ўрнатилади. Баъзи ҳолларда поршень бармоғи алюминий ёки латуни пробқалар (197-расм, г га қаранг) билан маҳкамланади, бунда ҳалқанинг мустаҳкамлиги бир оз ортиб, иссиқликни чиқариш яхшиланади.

Поршень бармоқлари ҳар хил тузилади (198-расм). Труба-симон бармоқлар энг оддий тузилган бўлади (198-расм, а). Ички конус сиртли бармоқлар эгилишга тенг қаршилиқ кўрсатувчи брус шаклида бўлади, натижада унинг массаси камаяди.

Поршень бармоғининг бобишқаларга ўрнатиладиган қисмини мойлаш учун мой сидирувчи ҳалқа тагидаги канал бўйлаб, поршеннинг бобишқаларидаги тешиклар орқали мой келади. Поршень бармоғининг шатуннинг каллагидидаги қисми кривошип-шатунли механизм билан сачратилидиган ва поршень бармоғига шатуннинг каллагидидаги тешиклар орқали берилдиган ёки тирсакли валнинг шатун бўйнидан шатундаги канал орқали келадиган мой билан мойланади.

2. Материаллар

Поршень бармоқлари тайёрланадиган материал етарли даражада мустаҳкам ва ейилишга чидамли бўлиши керак.

Поршень бармоқлари учун материал сифатида селектив тозаланган 45 пўлати, 45ХА пўлати (бу пўлатдан тайёрланган бармоқ 1 — 1,5 мм қалинликда тобланади), 15Х ва 15 пўлатлари (0,5 — 1,5 мм қалинликда цементитланади ва шу қалинликда тобланади) ишлатилади. Термик ишланган поршень бармоқлари иш сиртининг қаттиқлигини $HRC58-65$ ва ўзақ қисмининг қаттиқлиги камида $HRC32-40$ бўлиши керак.

Катта нагрузкада ишлайдиган двигателларнинг поршень бармоқлари 12Х2Н4А ва 12ХН3А, 15ХМА ва бошқа легирланган цементитланадиган пўлатлардан тайёрланади.

Поршень бармоғининг мустаҳкамлигини (унинг толиқишдан синишини ҳисобга олган ҳолда) сезиларли даражада ошириш учун у икки томонлама термохимиявий ишланади ва унинг иккала сирти ялтиратилади. Поршень бармоғини толиқишга синаш шуни кўрсатадики, икки томонлама азотлаш унинг мустаҳкамлигини 35 — 45%, икки томонлама цементитлаш эса 15 — 20% оширади. Поршень бармоғининг жилвирланган сиртида чизиқлар бўлса, унинг толиқишдаги мустаҳкамлиги 2 марта камаяди.

3. Конструктив ўлчамлар

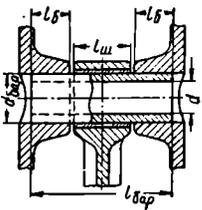
Лойиҳалаш пайтида бармоқнинг ўлчамлари статистик маълумотлар асосида тахминан танланади, сўнгра ҳисоблаб текширилади.

Поршень бармоқларининг конструктив ўлчамлари 18-жадвалда келтирилган.

Втулканинг материали бобишқага қараганда ейилишга анча чидамли бўлади. Втулкани мойлаш бобишкани мойлашга анча осон ва ишончлидир. Шунинг учун втулканинг узунлиги

18-жадвал

Поршень бармоқларининг нисбий конструктив ўлчамлари

	Ўлчамлар	Карбюраторли двигатель	Дизель
	d/d_6		0,65 — 0,75
d_6/D		0,22 — 0,30	0,30 — 0,40
l_n/D :			
маҳкамланган бармоқ учун		0,88 — 0,93	0,88 — 0,93
эркин ўрнатилган бармоқ учун		0,8 — 0,87	0,8 — 0,87
$l_{ш}/D$:			
маҳкамланган бармоқ учун		0,28 — 0,32	0,28 — 0,32
эркин ўрнатилган бармоқ учун		0,33 — 0,45	0,33 — 0,45

шундай танланадики, бунда $2I_{606}$ нинг қиймати $I_{ш}$ нинг қийматидан 10 — 30% ортиқ бўлиши керак. $I_{ш}$ узунликнинг камайиши билан бобишқалар оралиғи қисқаради, натижада поршенга ва поршень бармоғига таъсир қиладиган эгувчи момент ҳам камаяди.

Поршень бармоғи ва у ўтирадиган тешиқлар юқори аниқлик билан ишланади. Алюминий поршеннинг бобишқаларига қизиганда улардаги зазор катталашгани учун йиғиш вақтида поршень бармоғи совуқ поршенга бир оз таранглик билан ўрнатилади. Иш температураларида бу таранглик камайиб, зазорга айланади.

91- §. Поршень ҳалқалари

Поршень ҳалқалари газларни ёниш камерасидан двигатель картерига ўтказмайди, яъни поршень устидаги бўшлиқнинг зичлигини таъминлайди. Бундан ташқари, поршень ҳалқалари поршень туби қабул қилган иссиқликнинг катта қисмини цилиндр деворларига узатади ва мойнинг картердан ёниш камерасига ўтишига тўсқинлик қилади.

Поршень ҳалқалари вазифасига кўра компрессион (зичловчи) ва мой сидирувчи ҳалқаларга бўлинади.

Поршень ҳалқалари кучли нагрузка, катта сирпаниш тезлиги ва юқори температура таъсирида оғир шароитда қайтарилгарилама ҳаракатланиб ишлайди. Шунинг учун поршенавий группанинг ишидаги кўпгина камчиликларга поршень ҳалқалари сабаб бўлади. Поршень ҳалқалари иссиқ газлар таъсиридан ва поршень деворларининг қизишидан, шунингдек, цилиндр деворига ишқаланиш натижасида қизийди. Юқориги (ёниш камерасидан ҳисобланса) поршень ҳалқасининг температураси алюминий поршенда 200 — 250°C га, чўян поршенда эса 350 — 400°C га етади. Қолган поршень ҳалқаларининг ўртача температураси 150 — 200°C га тенг.

Юқориги поршень ҳалқасини, айниқса поршеннинг ю.ч.н. даги ҳолатида мой билан таъминлаш жуда қийин. Бу зонада поршень ҳалқасининг цилиндр деворига ишқаланиши ярим қуруқ ишқаланишга яқин бўлиб, поршень ҳалқасининг ҳам, цилиндр деворининг ҳам тез ейилишига сабаб бўлади.

Поршень ҳалқаларига қўйиладиган асосий талаб шундан иборатки, уларнинг цилиндр деворига ва поршендаги ариқчалар деворларига жипс ёпишиб туриши зарур.

Поршень ҳалқаларининг ўз эластиклигини йўқотиши ҳалқалар, цилиндр ва ариқчаларнинг кўп ва нотекис ейилиши натижасида, поршень ҳалқаларининг титраши ва двигатель картерига газларни ўтказиб юбориши сабабли, уларнинг иш шароити кескин ёмонлашади. Бунда ҳалқаларнинг температураси кескин кўтарилади, улар коксланади, мой сарфи ошади,

ҳалқалар металлнинг механикавий хоссаси ёмонлашади ва уларнинг ейилиши ортади.

Компрессион ҳалқалар поршендаги ариқчалар ва улардаги зазорлар билан биргаликда лабиринтли зичлагичнинг вазифасини бажаради.

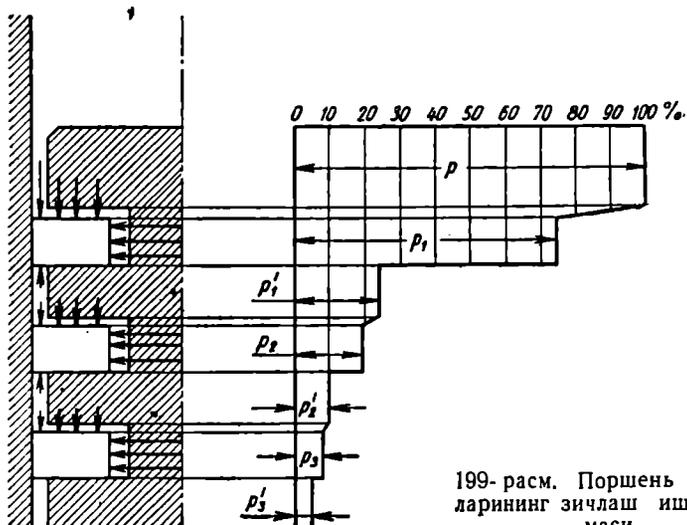
Лабиринтли зичлагич ўзаро тор тирқишлар орқали бирлашувчи бўшлиқлар системасидан иборат. Газлар бу бўшлиқлар ва тирқишлар орқали оққанда ишқаланишга энергия сарфланади ва уюрмалар ҳосил бўлади. Натижада бўшлиқлар системасида босим ҳосил бўлиб, у кейинчалик, бир ҳалқадан иккинчисига ўтганда поғонали камайиб, атмосфера босимига тенг бўлади, бинобарин, газлар ёниш камерасидан қартерга паст тезликда оқиб, оз сарф бўлади.

Поршень ҳалқалари эластиклик кучи ва газлар босими таъсирида цилиндр деворларига сиқилади.

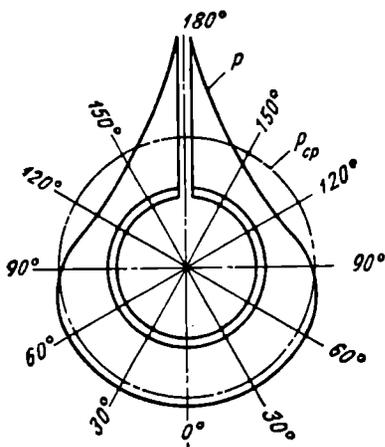
Поршень ҳалқаларининг зичлаш хусусиятини тушунтирувчи схема 199-расмда кўрсатилган. Бу схемадан кўринадики, иш содир бўладиган бўшлиқ поршень ҳалқаларининг цилиндр деворига сиқилиши натижасида жипсланади.

Цилиндр ичида поршень устидаги газ босими p га тенг. Газнинг биринчи поршень ҳалқаси тагидан ўтаётган қисми зазорда p_1 босимгача кенгайди. Кейинчалик газ биринчи ва иккинчи ҳалқалар орасидаги бўшлиққа ўтиб p'_1 босимгача кенгайди. Кейин газнинг босими секин-аста p_2 , p_2' ва p_3 гача ва, ниҳоят, p'_3 гача пасаяди ва газ цилиндрининг пастки қисмига ўтади.

Компрессион ҳалқаларнинг сони, айниқса, тез юрар двигателларда иккита-учта бўлиши мумкин. Дизелни ишга туши-



199-расм. Поршень ҳалқаларининг зичлаш иши схемаси



200- расм. Компрессион ҳалқанинг босимлар эпюраси:

$P_{ур}$ — поршень ҳалқалари кесимининг ўртача босими

риш пайтида сиқилган ҳавонинг қартерга оқиб кетмаслиги учун поршень ҳалқаларининг сони кўп (5 — 6 дона) бўлади.

Поршень ҳалқаларининг цилиндр кўзгусига зич ёпишиб туриши учун босимлар унинг айланаси бўйлаб нотекис тақсимланиши лозим. Бунинг учун ҳалқалар махсус технология асосида тайёрланади. Бунда, ҳалқалар эркин ҳолатда nodoира шаклда бўлади. Босимларнинг поршень ҳалқалари айланаси бўйлаб нотекис тақсимланиши шунинг учун ҳам керакки, улар ейилганда босим асосан ҳалқанинг туташтирилган жойи (қулфи) да пасаяди. Натижада ҳалқаларнинг

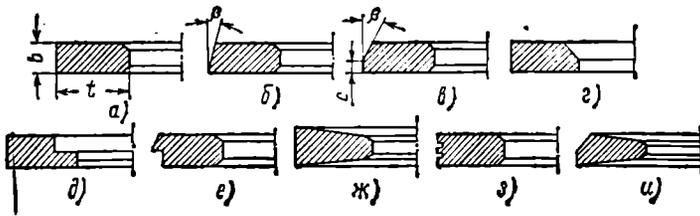
учлари цилиндр деворларидан ҳатто четлашиши ҳам мумкин.

Ҳозирги замон автомобилъ двигателидаги поршень ҳалқасининг радиал босимлари тахминий эпюраси 200- расмда келтирилган. Босимлар бундай тақсимланганда ҳалқанинг чидамлиги босими цилиндр деворларига текис тақсимланган ҳалқаникига қараганда 1,5 — 2 марта ортади. Бундан ташқари, уларнинг кўп ейилишига қарамай, мой сарфи ва тебранишларга мойиллиги камаяди, ҳалқаларнинг цилиндрга зичланиши учун керак бўлган эластиклиги сақланади.

1. Конструкцияси

Поршень ҳалқаларининг яхши зичланиши, торецлардаги эзиш кучланишини камайтириш, ейилишини ва ишқаланиш ишини камайтириш учун ҳалқаларнинг баландлигини кам (юпқа), радиал қалинлигини эса катта қилиб тайёрлаш керак. Юпқа поршень ҳалқаларидан фойдаланиш поршеннинг зичловчи қисмининг баландлигини ва, бинобарин, ишқаланиб мосланиш вақтини камайтиришга имкон беради. Поршень ҳалқасининг минимал баландлиги ишлов бериш, ўрнатиш ва фойдаланишдаги мустаҳкамлиги билан аниқланади, максимал қалинлиги эса ҳалқани поршенга кийдиришда вужудга келадиган кучланиш қиймати билан, шунингдек, поршеннинг зичланувчи қисмининг қалинлашиб қолиши билан чегараланади.

Ҳалқаларнинг баландлиги ошиши билан ҳалқа массасининг инерция кучи, ишқаланиш кучи ва гильзанинг ейилиши ортиши туфайли ариқчаларнинг ейилиши ҳам ортади. Тажрибаларнинг



201-расм. Поршень ҳалқаларининг кесимлари:

a — тўғри тўртбурчаклик; *b*, *v* ва *u* — конус сиртли; *g*, *d* ва *ж* — мураккаб шакли; *e* — иш сиртида чуқурчаси бор; *z* — иш сиртида мой сидирувчи ариқчалари бор

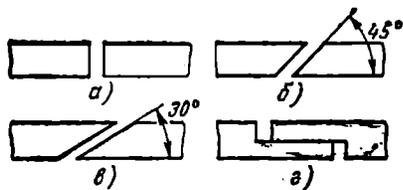
кўрсатишича, тирсакли вълнинг айланишлар сони ортиши билан ҳалқаларнинг баландлигини камайтириш керак.

Поршень ҳалқалари тўғри тўртбурчаклик, трапецеидал ва бошқа кесимли бўлади (201-расм).

Илгари кўп ишлатиб келинган энг оддий тўғри тўртбурчаклик кесимли ҳалқалар (201-расм) бир қатор камчиликлари туфайли ҳозирги пайтда кам (ЯАЗ-204 ва бошқа двигателларда) ишлатилади. Ишқаланиб мосланишни яхшилаш учун конус сиртли ҳалқалардан фойдаланилади (201-расм, *b* ва *v*). Бундай ҳалқаларнинг иш юзаси ясовчисининг оғиш бурчаги β ни $15 - 30^\circ$ оралиғида қабул қилиш маъқул. Баъзи ҳолларда бу бурчак сезиларли даражада катта — 15° гача бўлади. Конус сиртли ҳалқаларнинг фақат тор қисми цилиндр деворига тегади, шунинг учун бу жойда солиштира нагрузка катта бўлиб, ҳалқанинг ишқаланиб мосланиши тезлашади. Бундай ҳалқа юқорига ҳаракатланганда конуссимон халталарда йиғилган мой цилиндрининг мойланишини яхшилади, пастга ҳаракатланганда эса ҳалқа ўзининг пастки ўткир қирраси билан мойни сидириб тушади. Биринчи поршень ҳалқасининг иш юзаси конус шаклида бўлса, цилиндраги газлар босими максимал бўлганда ҳалқани цилиндрдан ариқчага қараб сиқилиш хавфи туғилади. 201-расм, *v* ва *u* да тасвирланган поршень ҳалқалари учун, цилиндрик белбоғнинг баландлиги $c = \frac{1}{3} b$ қилиб олинади (*b* — ҳалқанинг баландлиги).

201-расм *e* ва *u* ларда ички ва ташқи томони қия кесилган ҳалқалар, 201-расм, *a*, *g* ва *ж* ларда эса ички фаскали цилиндрик ҳалқалар тасвирланган. Бундай ҳалқалар баландлиги бўйича ҳар хил қаттиқликда бўлгани учун иш вақтида буралади. Двигателни чиниқтиришнинг бошланғич даврида буралма ҳалқалар цилиндрининг деворига фақат қирраси билан тегиб ишлайди, шунинг учун улар конус шакли ҳалқалар билан бир хил бўлиб қолади.

Ҳалқалар қулфининг шакллари 203-расмда кўрсатилган. Погона шаклидаги қулф газни кам ўтказиши деб, кўпинча, асоссиз фикр юритилади. Бундай конструкцияли қулфлар асо-



202- расм. Поршень ҳалқаларининг қулф-
лари:

а — тўғри; *б* ва *в* — қия; *г* — погонали

да синиши мумкин бўлгани учун
2) қулфлар қўлланилмайди.

Ҳозирги автомобиль двигателларида тўғри қулфли ҳалқалар кўпроқ қўлланилади. Булар осон тайёрланади ва газларни бошқа шаклдаги қулфларга нисбатан кўп ўтказмайди.

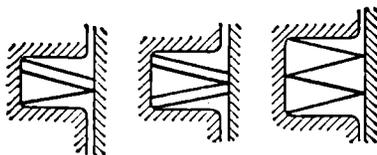
Мой пардасининг яхши сақланиши учун поршень ҳалқаларининг ташқи қирралари ва қулф қирралари юмалоқланган бўлиши керак (компрессион ҳалқанинг ўткир қирраси мой пардасини йиртади).

Кейинги йилларда тарелкасимои пўлат ўрама компрессион ҳалқалар кўп ишлатилмоқда (203-расм). Улар қалинлиги 0,5—0,7 мм ли калибрланган пўлат ленталардан совуқ-лайн ўраш усулидан тайёрланади. Поршень ариқчасига бундай ҳалқалардан 3—4 таси ўрнатилади. Пўлат ўрама ҳалқалардан ҳам янги, ҳам ремонт қилинаётган двигателларда фойдаланилади. Бу ҳалқалар биринчи компрессион ҳалқа сифатида ишлатилмайди, чунки улар поршеннинг юқори қисмидаги иссиқликни цилиндрга яхши узатмайди.

Пўлат ҳалқалар чўян ҳалқаларга нисбатан ейилишга чидамли бўлиб, уларнинг ишлаш даври чўян ҳалқаларга қараганда 40—60% ортиқ. Пўлат ҳалқалар билан ишлайдиган поршень ва цилиндрлар чўян ҳалқалар ишлатилганига нисбатан камроқ ейилади. Поршень ва цилиндрларнинг ишлаш муддати деярли икки баравар ошади.

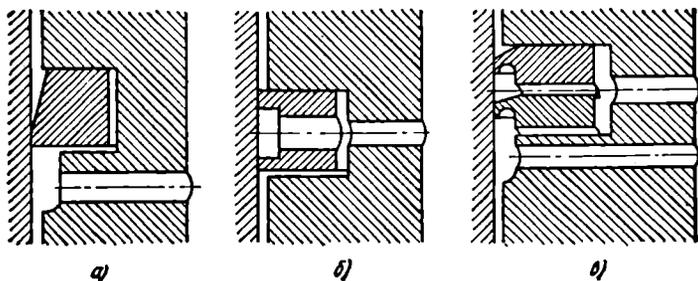
Поршень ҳалқаларнинг иш муддатини ошириш учун кенгайтиргичлар қўлланилади. Кенгайтиргичлар ейилиш оқибатида эластиклиги камайган поршень ҳалқаларида кўшимча

радиал босим ҳосил қилади. Улар пластина пружиналардан иборат бўлиб, поршень ҳалқасининг радиал тирқишига ўрнатилади; бу ҳолда ҳалқанинг радиал эни бир оз камайд. Бу турдаги кенгайтиргичлар ҳозир фақат мой сидирувчи ҳалқаларда ишлатилмоқда.



203- расм. Бурама пўлат компрессион
ҳалқалари

сан секин ишлайдиган двигателларда қўлланилади. Тез юрар двигателларда ҳар хил шаклдаги қулфлар учун газларнинг чиқиб кетишидаги фарқ жуда кам бўлади. Шунинг учун бу двигателларда, одатда, 202- расм, *а* ва *б* да кўрсатилган қулфлар қўлланилади. Юпқа ҳалқалар поршенга кийдириш-бошқа шаклдаги (202- расм,



204- расм. Мой сидирувчи ҳалқалар

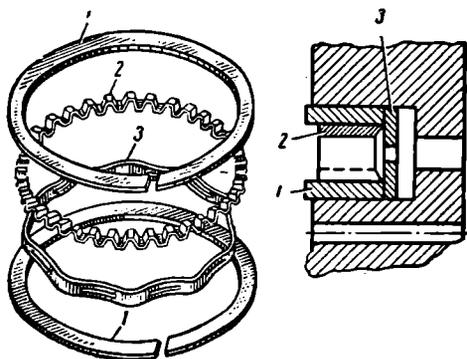
Мой сидирувчи ҳалқалар мойни поршеннинг ёй сиртига ва компрессион ҳалқаларга узатишни ростлаш, цилиндр деворидаги ортиқча мойнинг ёниш камерасига ўтмаслиги учун уни сидириб, двигателнинг картерига тушириш учун хизмат қилади. Мой сидирувчи ҳалқаларнинг ишқаланувчи юзалари оз бўлганлиги учун улар цилиндр деворига катта босим билан таъсир этади. Уларнинг ўртача босими 400 кн/м^2 (4 кг/см^2) ва ундан ортиқ бўлади. Мой сидирувчи ҳалқанинг баландлиги компрессион ҳалқаникидан катта.

Мой сидирувчи ҳалқанинг тореци билан поршендаги ариқчанинг ён девори орасидаги зазорлар жуда ҳам кичик. Ҳалқаларда бўшлиқлар бор. Цилиндрнинг деворидан олинадиган мойлар шу бўшлиқларда йиғилади ва улардаги тешиклар орқали чиқариб юборилади. 204-расмда мой сидирувчи ҳалқаларнинг конструкциялари кўрсатилган. Мой бўшлиқлари ё поршень корпусида, корпус билан ҳалқа оралиғида (204-расм, а) ёки ҳалқанинг ўзида ясалади (204-расм, б).

Махсус шаклдаги иккита мой сидирувчи ҳалқали поршень 204-расм, в да тасвирланган.

Турли бўлақлардан тузилган таркибий мой сидирувчи пўлат ҳалқалар (205-расм) кўп ишлатилмоқда. Улар четки иккита пўлат диск 1 ва иккита: ўқий 2 ва радиал 3 кенгайтиргичдан тузилган.

Ёйилишга чидамлигини ошириш учун



205- расм. ЗИЛ-130 двигателнинг мой сидирадиган ҳалқаси:

1 — пўлат ҳалқа; 2 — ўқий кенгайтиргич; 3 — радиал кенгайтиргич

диск 1 нинг иш ва торец юзалари хромланган. Таркибий ҳалқалар гильзани яхши зичлайди ва мойни яхши сидириб олади.

2. Материаллар

Поршень ҳалқалари тайёрланадиган материал яхши ишланиши билан бирга ейлишга чидамли, иш температураларида пухта ва эластик бўлиши, цилиндрнинг юзасини мумкин қадар кам емирадиган бўлиши керак.

Бу талабларни перлит структурали оз миқдорда текис тарқалган майда графитли чўянлар, шунингдек, легирланган чўянлар яхши қониқтиради. Чўянга легирловчи элементлар сифатида оз миқдорда хром, никель, молибден, мис, вольфрам қўшилади. Бу қўшимча элементлар кул ранг чўяннинг иссиққа чидамлилигини 350 — 400°С гача оширади. Қуйидаги маркали чўянлар ишлатилади: СЧ 18-36, СЧ 21-40, СЧ 24-44, СЧ 28-48 ва бошқалар.

Пўлат ўрама ҳалқаларни тайёрлаш учун қўлланиладиган калибрланган лента У8А пўлатдан тайёрланиб, сўнг термик ишланади. Уқ¹бўйича кенгайтиргичлар учун пўлат 65Г, радиал кенгайтиргичлар учун эса У10А пўлат ишлатилади.

Поршень ҳалқаларининг иш сиртини ғовакли хром билан қоплаш ҳалқаларнинг ва цилиндр кўзгусининг ейлишга чидамлилигини оширишнинг самарали усули ҳисобланади. Бу ҳолда ишқаланиш туфайли юз берадиган исрофлар камаяди, ейлишга қаршилиги ошади ва иш сиртларининг мойланиши таъминланади. Поршень ҳалқаларининг хром билан қопланган қатламнинг умумий қалинлиги 0,1 — 0,2 мм ни ташкил этади.

Барча хромланган ҳалқаларнинг коррозияга чидамлилигини ошириш ва ишқаланиб мосланишини тезлаштириш учун улар одатда, электролитик усулда 0,005 — 0,010 мм қалинликда оқартирилади, оксидланади, фосфатланади ва ҳоказо ишланади.

Поршень ҳалқаларини тайёрлаш учун металлокерамикани қўлланиш устида иш олиб борилмоқда. Металлокерамикадан тайёрланган ҳалқалар қуйидаги хусусиятларга эга: 1) ҳалқанинг ғовак сирти мойни яхши тўплайди; 2) ҳалқанинг материали таркибига ўтга, коррозияга чидамли ва бошқа қўшимчаларни нисбатан оддий усулда киритиш мумкин; 3) таркибидаги графит миқдорини ростилаш мумкин.

Порошок металлургияси усули билан тайёрланган поршень ҳалқалари ейлишга яхши қаршилик кўрсатади. Бундай ҳалқаларни тайёрлашда деярли, ишлаб чиқариш браки бўлмайди.

3. Конструктив ўлчамлар

Карбюраторли двигателлар ва дизеллар поршень ҳалқаларининг конструктив ўлчамлари 19-жадвалда келтирилган.

Поршень ҳалқаларининг конструктив ўлчамлари

Ҳалқалар	$D:t$	b , мм	$A_0 t$
компрессион . .	20 — 25	2,5 — 5,0	3,2 — 4,0
мой сидирувчи .	23 — 26	2,5 — 5,0	3,2 — 4,0

Э с л а т м а: D — цилиндр диаметри, b — поршень ҳалқасининг баландлиги, A_0 — ҳалқанинг яружиналаниши, яъни ҳалқанинг эркин ҳолатдаги зазори билан температура зазори орасидаги фарқ, t — поршень ҳалқасининг радиал қалинлиги.

ШАТУН ГРУППАЛАРИ ВА ТИРСАКЛИ ВАЛ

Двигателда шатун группаси поршеннинг қайтма-илгариланма ҳаракатини тирсакли валнинг айланма ҳаракатига айлантириш учун хизмат қилади. Двигатель ишлаганда шатун группаси мураккаб ҳаракат қилади. Бу вақтда шатун группасига газларнинг йўналиши ва катталиги ўзгарувчан кучи ҳамда инерция кучлари таъсир қилади.

Конструкциясига қараб шатун группаси комплектига қуйидагилар киради: шатун, втулкалар, вкладишлар, болтлар (ёки шпилькалар) ва гайкалар.

Шатун группаси қаттиқ бўлиш билан бирга етарли даражада мустаҳкам ва енгил бўлиши керак. Шатун группасининг массаси инерция кучларини камайтириш учун енгил қилинади.

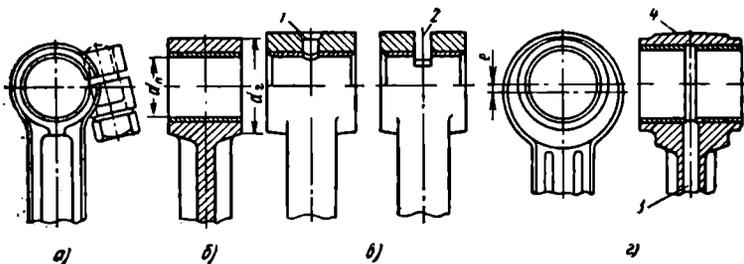
92- §. ШАТУНЛАР

Шатуннинг ўзи учта конструктив элементдан ташкил топган: поршень каллаги ёки юқориги каллак, стержень ва кривошип каллаги ёки пастки каллак.

Куч поршендан шатун орқали тирсакли валга ва аксинча, тирсакли валдан поршенга узатилади. Баъзан бу кучлар зарб-ли характерга эга бўлади.

I. Конструкцияси

Шатуннинг юқориги каллаги ажралмайдиган қилинади ва поршень бармоғининг маҳкамланиш турига кўра бутун ёки қирқилган бўлиши мумкин. Бармоқ шатунга маҳкамланадиган бўлса, юқориги каллак қийшиқ қирқимли қилинади (206-расм, а). Баъзи шатунларда думалоқ юпқа деворли каллаклар қўл-



206- расм. Шатун юқори каллагининг шакллари

ланилади (206-расм, б). Икки тактли мотоцикл двигателларида ва кам литражли баъзи автомобиль двигателларида игна-симон роликли подшипниклар ўрнатилади. Бу ҳолда каллак конструкцияси анча оғир ва мураккаб бўлади, лекин бунда унинг ремонтсиз ишлаш муддати анчагина ошади.

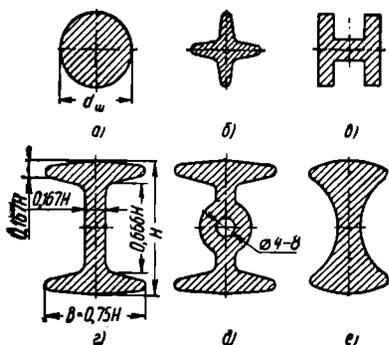
Эркин бармоқ қўлланилганда шатуннинг юқориги каллагига бронза (листавий бронзадан ясалган) ёки биметалл втулка пресслаб киргизилади, сўнгра бу втулка протяжкаланани ёки олмос асбоб билан йўниб кенгайтирилади. Шатуннинг юқори каллагига бармоқ каллакнинг юқори қисмидаги тешик 1 ёки ўйиқ 2 (206-расм, в) ва торец томондаги зазорлар орқали сўриладиган мой билан мойланади. Поршень бармоғини тирсакли валдан шатуннинг стерженидаги канал 3 (206-расм, г) орқали босим билан ўтувчи мой билан мойлаш усули кенг қўлланилади.

Тирсакли вал қизиганда ўқ бўйича чўзилиши натижасида юқори каллакнинг қисилиб қолмаслиги учун, каллак билан поршеннинг бобишкеси орасида 1,5 мм атрофида зазор қолдирилади.

Юқориги ва пастки каллаклари ўртасида масса нотўғри тақсимланган бўлса, металлнинг бир қисми юқори каллакдаги қавариқ 4 дан олиб ташланади. Баъзи шатунларда каллак тешигининг маркази каллакнинг ташқи юзасига нисбатан e катталикка сурилади бу эса каллакнинг газлар кучи таъсиридан деформацияланишини камайтиради.

Поршень тубининг ички қовиргаларини мой билан таъминлаш учун баъзи дизелларда шатун каллагининг юқори қисмига пуркагич ўрнатилади. Бу пуркагич поршень тубининг ички қовиргаларига мой сачратади. Бу ҳолда шатун втулкасининг ички юзасида мой тақсимловчи ариқчалар ясалади.

Шатун стержени пастки каллакнинг бўйлама ўқиға нисбатан симметрик жойлашади. Шатун стерженининг пастки каллакка нисбатан силжиши икки елкали тирсакли валда цилиндрларнинг ўқлари орасидаги масофани қисқартиришга, бинобарин, двигателнинг узунлиги ва массасини камайтиришга имкон беради. Носимметрик шатунлар каллак пастки томонининг қисқа елкасини энг яқин таянч подшипник томонга қаратиб ўрна-



207- расм. Шатун стержени кесимининг шакллари

тилади. Бундай конструкцияларда тирсакли валнинг шатун бўйинлари узунлиги бўйлаб нотекис ейилади. Носимметрик шатуннинг пастки каллаги қисқа елкасининг остидаги бўйни кўпроқ ейилади.

Шатун стержени доира (207-расм, а), бутсимон (207-расм, б), Н-симон (207-расм, в), қўштавр (207-расм, д) кесимли бўлади. Дастлабки уч хил кесимли шатунлар автомобиль двигателларида жуда оз қўлланилади. Одатда, шатунлар қўштавр кесимли қилиб тайёрланади. Бундай шатунлар нисбатан оз массали лекин жуда қаттиқ бўлади.

Агар мой шатуннинг юқориги каллагига тирсакли валнинг шатун бўйинларидан юбориладиган бўлса, унинг стерженида канал қилинади (207-расм, д), каналнинг диаметри шатун узунлигига боғлиқ бўлиб, 4 — 8 мм атрофида олинади.

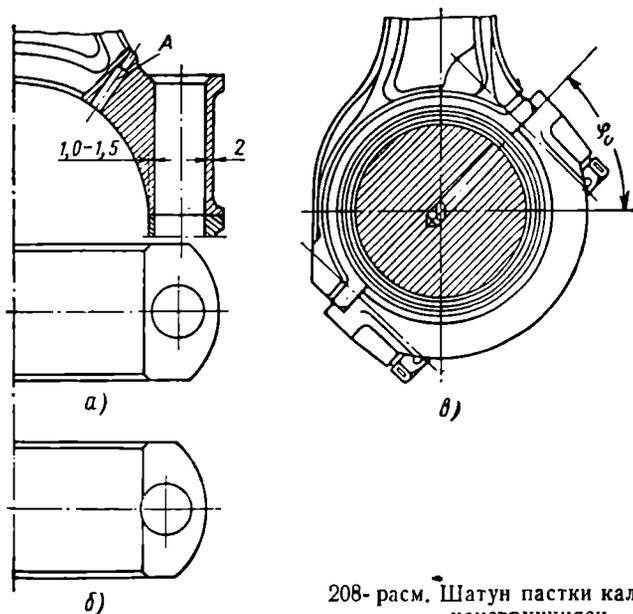
Тезюар двигателларда шатун стерженига силлиқ шакл берилади (207-расм, е). Шатун стержени каллакка равон қўшилади, бу эса кучланиш концентрациясини камайтиради.

Шатуннинг пастки каллаги одатда ажраладиган қилиб ишланади. Пастки каллак фақат роликли ёки игнасимон подшипниклар қўлланилганда ажралмайдиган қилинади. Бироқ бундай подшипниклар қўлланилганда шатуннинг массаси ва габарит ўлчамлари катталашади, шунингдек, ажралма тирсакли вални қўлланиш зарур бўлади. Шу туфайли ажралмайдиган пастки каллакли шатунлар амалда қўлланилмайди.

Шатуннинг пастки каллаги юқори даражада қаттиқ бўлиши керак, чунки юпқа деворли вкладишларнинг пухта ишлаши шунга боғлиқ, шунингдек, пастки каллак ихчам ва минимал массали бўлиши лозим, булар картернинг контурини белгилайди. Кучланишлар концентрацияси катта бўлмаслиги учун кривошип каллаги катта радиусда силлиқланган бўлиши керак.

Ажраладиган пастки каллакларнинг қопқоқлари болт ёки шпилькалар билан тортиб маҳкамланади. Бунда таранглаш кучи двигателнинг ҳар қандай тезлик режимида ҳам қопқоқларнинг зич ёпилиб туришини таъминлаши лозим.

Шатунни лойиҳалашда пастки каллакдаги бобишкаларнинг қаттиқлигини ошириш, шатун болтнинг каллаги ва гайкаси остидаги айлана таянч сатҳларни камайтиришга интилиш керак, шунда шатун болтида қўшимча эгилиш кучланишлари пайдо бўлмайди.



208- расм. Шатун пастки каллагининг конструкцияси

Пастки каллакнинг массасини ва габарит ўлчамларини камайтириш учун шатун болтлари бўйин ўқига мумкин қадар яқинроқ жойлаштирилади (208-расм, *a* ва *б*). Кўпчилик автомобиль двигателларида шатунларда иккитадан болт бўлиб, улар бир текисда тортиб маҳкамланиши керак.

Шатунлар пастки каллакларнинг қопқоқлари турли шаклдаги қовирғалар ва қавариқлар ясаш йўли билан мустаҳкамланади.

Цилиндр кўзгусини, тақсимлаш вагини ва турткичларни мойлаш учун баъзи двигателларнинг шатунларида диаметри 1 — 1,5 мм ли тешик *A* (208-расм, *a*) бўлиб, у тирсакли валдаги тешикка тўғри келган пайтда тешик орқали мой ҳайдалади. Шатуннинг пастки каллагини лойиҳалашда кучланишлар концентрацияси бўлмаслиги учун ҳамма чораларни кўриш керак.

Блок-картерли двигателларда кривошип-шатунли механизмни демонтаж қилишда шатуннинг пастки каллаги цилиндр ичидан ўтиши керак.

2. Материаллар

Шатунлар углеродли ва легирланган пўлатлардан тайёрланади. Карбюраторли двигателларнинг шатунлари 40,45,40X 40 ХН ва 45Г2 маркали пўлатлар ишлатилади, ёниш босими катта бўлган дизелларнинг шатунлари учун эса мустаҳкамлик ва

оқувчанлик чегаралари катта бўлган 18ХНМА, 18ХНВА ва 40ХНМА легирланган пўлатлар қўлланилади.

Баъзи карбюраторли двигателларда таркибда 0,85% гача углероди бўлган перлитли болғаланувчан чўяндан қуйилган шатунлар ўрнатилади. Қуйма шатунлар арзон бўлади ва металлдан мураккаб шаклли шатунларни тайёрлаш мумкин.

3. Конструктив ўлчамлар

Шатун юқори каллагининг ташқи диаметри (206-расмга қаранг) $d_k = (1,2 - 1,45) d_6$ га тенг. Каллак деворининг минимал радиал қалинлиги 5—10 мм га тенг, узунлиги эса поршень бармоғига тушадиган солиштирма огирликнинг йўл қўйиладиган қийматини ҳисобга олиб танланади. Тирсакли вал узайганда, шунингдек, цилиндр ва шатун ўқлари ўзаро тўғри келмай қолганда шатуннинг оғишига йўл қўймаслик учун шатуннинг юқориги каллаги бобишкалар ўртасидаги ораликдан 3—5 мм қисқа қилиб олинади.

Юқориги каллакнинг мустаҳкамлигини ошириш учун шатун стерженидан каллакнинг ташқи сиртига ўтадиган радиус катталаштирилади, бармоқ учун очилган тешик эксцентрик жойлаштирилади (206-расм, 2 га қаранг).

Шатун стержени қўштавр кесимли бўлиб, унинг ўлчамлари 207-расм, 2 да келтирилган. Автомобиль двигателларида бу кесим баландлигининг энига нисбати 1,3—1,6 атрофида ўзгаради.

Силлиқ ўтишни таъминлаш ва кучланиш концентрациясининг олдини олиш учун шатун стерженининг кесими пастки каллак томон катталашиб боради.

Шатун пастки каллагининг ўлчамлари тирсакли валнинг шатун бўйни диаметрига боғлиқ.

Пастки каллакнинг қалинлиги агар қовирғалари бўлса, тирсакли вал бўйнининг 0,12—0,25 диаметрини ташкил қилади.

Қия кесилган пастки каллакларда ажралиш текислигининг оғиш бурчаги $\psi_0 = 30 - 60^\circ$ (208-расм, 6 га қаранг), бу эса шатун бўйни диаметрини (0,80 ÷ 0,85) D гача катталаштиришга имкон беради. Бунда тирсакли вал шатун бўйнининг диаметри $d_{ш.6} = (0,66 + 0,86) D$ бўлади.

93-§. ВТУЛКАЛАР ВА ВКЛАДИШЛАР

1. Конструкцияси

Эркин поршень бармоқлари қўлланилганда шатуннинг юқориги каллагига бронза ёки биметалл (юққа бронза қатлами билан қопланган пўлат) втулкалар пресслаб киргизилади.

Шатун вкладишлари қалин ва юққа деворли бўлиши мумкин. Қалин деворли вкладишлар ўз жойига индивидуал мос-

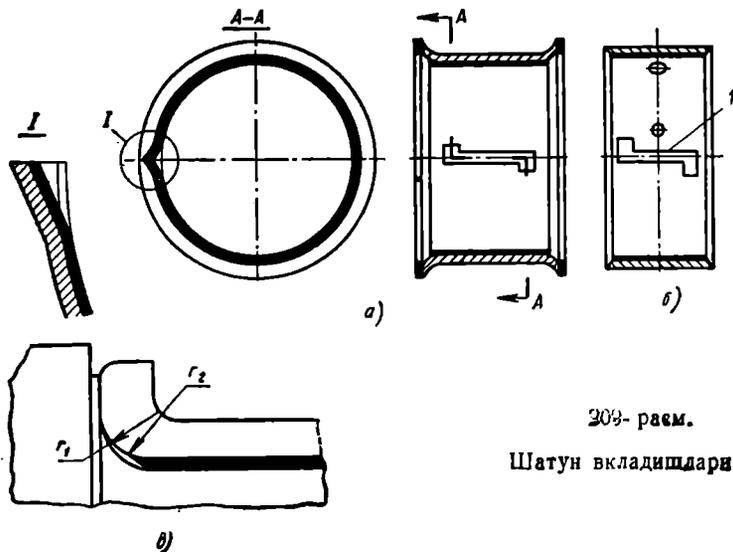
лаб ўрнатишни талаб қилганлигидан автомобиль двигателларида ишлатилмайди. Юпқа деворли вкладишлар эса автомобиль двигателларида кенг қўлланилади ва улар ўзаро ўрин алмашинадиган қилиб тайёрланади.

Шатун вкладишлари икки бўлакдан иборат. Тўрт тактли процессда вкладишнинг шатунда жойлашган бўлагига, асосан, газ кучлари таъсир этади, вкладишнинг шатун қопқогидаги бошқа ярми эса шатуннинг илгарилама ҳаракатланувчи ва айланувчи массаларининг инерция кучлари таъсирида бўлади.

Юпқа деворли вкладишларнинг ярим бўлаклари (ҳалқалари) қалинлиги 1—2 мм ли пўлат лентадан ясаиб, сиртига антифрикцион қотишма қатлами (0,2—0,5 мм) қопланади (209-расм). Ярим ҳалқалар ўзаро ўрин алмашинадиган қилиб тайёрланади, бу эса турли ремонт ўлчамли вкладишларни мос ремонт ўлчамгача йўниланган ва силлиқланган тирсакли валнинг бўйнига ҳеч қандай тайёргарликсиз ўрнатишга имкон беради.

Юпқа деворли вкладишларнинг айланиб кетмаслиги ва ўқ бўйлаб силжимаслиги учун уларнинг чиқиқлари шатундаги ва қопқоқдаги ўйиқларга киргизиб маҳкамланади (209-расм, а). Баъзан вкладишлар ўқ йўналишида силжимаслиги учун икки ёни қавариқ қилиб тайёрланади.

Вкладишнинг ички сиртларида, туташувчи юзалар яқинида совиткичлар 1 (209-расм, б) ясалади. Бунинг учун антифрикцион қатламнинг бир қисми ўйиб олинади. Бу совиткичлар (бўшлиқлар) шатун болтларини тортганда туташувчи юзалар зонасида вкладиш билан шатун бўйни орасида керакли зазорларнинг бўлишини таъминлайди. Вкладишлар қанчалик мус-



209- расм.

Шатун вкладишлари

таҳкам, қанчалик аниқ ясалган ва пухта йигилган бўлса, советкичларга эҳтиёж шунчалик кам бўлади. Вкладиш билан шатун бўйнининг ўтиш қисми (галтели) орасидаги ишқаланишни камайтириш учун вкладишнинг юмалоқланиш радиуси галтелнинг радиусидан ортиқроқ, яъни $r_2 > r_1$ бўлиши зарур.

Юпқа деворли вкладишлар жуда эгилувчан бўлиб, ўрнатиш вақтида ўз уясининг шаклига аниқ мослашади. Уяга ишлов бериш ва вкладишларни ўрнатиш ишлари жуда аниқ бажарилиши керак, чунки уя озгина ғадир-будур бўлса ҳам, вкладишнинг шакли бузилади ва тирсакли валнинг бўйнидан иссиқликни кетказиш ёмонлашади.

2. Материаллар

Шатунларнинг юқориги каллакларига ўрнатиладиган втулкалар алюмин-темирли бронза БрАЖ9-4 (*HВ* 110), қалайрухли бронза Бр. ОЦ10-2 (*HВ* 80—90) ёки Бр. ОЦС 4-4-25 (*HВ* 65—75) ва қалай-фосфорли бронзанинг *HВ* 90—120 қаттиқликка эга бўлган турли маркаларидан тайёрланади. Бу бронзалар ейилишга ва чарчаб емирилишга қарши чидамли бўлади.

Карбюраторли двигателларнинг подшипник вкладишларини тайёрлаш учун антифрикцион материал сифатида қўрғошинли БН ва БТ ҳамда қалайли Б-83 ва Б-89 баббитлар, СОС-6-6 маркали махсус қотишма ишлатилади.

Дизелларда тирсакли валнинг бўйнига катта солиштирма нагрузкалар таъсир этади. Антифрикцион қотишмалар сифатида сиртқи қаттиқлиги *HВ*30 бўлган қўрғошинли бронза БР.С30 (30% қўрғошин) ишлатилади. Вкладишдаги антифрикцион қопламанинг қалинлиги йўнилгандан кейин 0,3—0,7 мм дан ошмаслиги керак.

Қўрғошинли бронзада қуйидаги камчиликлар бор: мойлардаги органик кислота таъсирида коррозияланади ва ишлаганда тирсакли вал бўйнига ёмон мослашади. Бу қотишма жуда қаттиқ бўлганидан абразив заррачаларни баббитларга қараганда бирмунча ёмон синдиради. Бундан ташқари вкладишларни қўрғошинли бронзадан тайёрланганда тиниқроқ тозаланган мой ишлатиш талаб қилинади.

Қўрғошинли бронзадан ишланган вкладишларнинг занглашини камайтириш мақсадида улар электролитик усулда серқўрғошинли баббит билан юпқа (0,025—0,040 мм) қопланади, бу қатлам устига яна шу усулда 0,002—0,003 мм қалинликдаги индий қатлами ётқизилади.

Қўрғошинли бронзадан тайёрланган вкладишларнинг пухталигини яхшилаш учун тирсакли валнинг унинг картердаги таянчларининг ва шатунлар пастки каллакларининг мустаҳкамлиги оширилади, шунингдек бу деталлар катта аниқлик билан тайёрланади.

3. Конструктив ўлчамлар

Вкладиш деворининг қалинлиги (0,03—0,05) $d_{ш. б.}$ мм оралигида ўзгаради (бу ерда $d_{ш. б.}$ — тирсакли валнинг шатун бўйни диаметри). Қўйилган қатлам қалинлиги 0,2—0,5 мм гача бўлади.

Шатун подшипникларидаги диаметрал зазорлар (0,005 + + 0,001) $d_{ш. б.}$ мм ни ташкил қилади. Подшипникдаги минимал зазор унинг мой ўтказиш хусусияти билан чекланади ва 0,0005 мм ни ташкил этади.

Шатуннинг пастки каллагининг тирсакли вал бўйни бўйлаб силжиши 0,10—0,15 мм дан ошмаслиги керак.

94- §. ШАТУН БОЛТЛАРИ

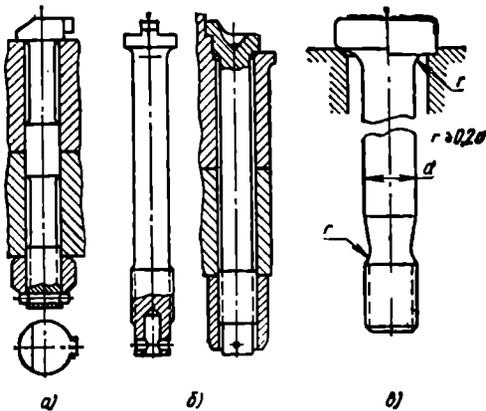
1. Конструкцияси

Шатун болтлари қопқоқни шатуннинг пастки каллаги билан бириктириш учун хизмат қилади. Тўрт тактли двигателларда шатун болтларига асосан инерция кучи таъсир этади. Бу инерция кучи киритиш процессининг бошланиши ва охирида максимал қийматга этади.

Болт резьбасининг қадамини танлашда шуни эътиборга олиш керакки, қадам камайиши билан чидамлик чегараси ошади. Болтнинг чидамлик чегарасини ошириш учун резьба чуқурчасидаги юмалоқлаш радиуслари катталаштирилади, болтнинг резьба очилган қисмидан силлиқ қисмга ўтиш жойида эса ариқча йўнилади. 210- расм, *a* ва *б* ларда болт турлари кўрсатилган, 210- расм, *в* да эса болтнинг резьбали ва силлиқ қисмларининг уланиш шакллари ҳамда болт стерженининг каллак билан туташувчи қисми кўрсатилган.

Болт каллаги ва гайкаси таянадиган текисликларнинг қийшаймаслиги учун бириктириладиган деталлар етарли даражада мустақкам бўлиши лозим. Ўзи ўрнашувчи сферик таянч юзали болтлар ва гайкаларни қўлланиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Гайкалар шплинтлар ёки гайка остидаги пластинкалар билан маҳкамланадн, болтлар тортилгандан сўнг пла-



210- расм. Шатун болтлари

стиналарнинг учлари қайрилиб қўйилади. Баъзи ҳолларда буралиб кетмайдиган гайкалар қўлланилади.

Тортиб маҳкамлаш пайтида буралиб кетмаслиги учун шатун болтлари каллакларининг бир қисми қирқиб ташланади ёки чиқиқли қилиб ишланади.

2. Материаллар

Шатун болтлари 35X, 40X, 35XMA ва 37XНЗА легирланган пўлатлардан тайёрланади. Болтлар катта куч билан тортиб маҳкамланадиган бўлса, 18XНВА, 20XНВА ва 40XНМА пўлатлар қўлланилади, буларнинг мустаҳкамлик ва оқувчанлик чегаралари катта бўлади. Термик ишланган болт ва гайкаларнинг қаттиқлиги *HRC* 27—41 чамасида бўлиши лозим. Шатун болтларининг гайкалари ҳам болт учун ишлатилган пўлатлардан ёки углеродли пўлатлардан тайёрланади.

3. Конструктив ўлчамлар

Шатун болтлари стерженининг диаметри кескин ўзгармаслиги, каллаги эса цилиндрик шаклда бўлиши керак. Резьбадаги юмалоқланиш радиуслари мумкин қадар каттароқ қилинади. Болт стерженининг каллак билан қўшилиш жойидаги радиус стержень диаметрининг 0,1—0,25 қисмига тенг, марказловчи белбоғларга ўтиш радиуси эса белбоғ диаметрининг камида 0,2—0,3 қисмига тенг олинади.

Шатун болтларини бураш даражасини кўрсатувчи шкалали динамометрик калит билан тортиш керак. Бураш моменти 50—120 *н.м* (5—12 *кГм*) га тенг бўлиши лозим.

95- §. ТИРСАКЛИ ВАЛ

Тирсакли валга газларнинг босим кучлари ва кривошип-шатунли механизмнинг қайтма-илгарилама ҳаракатланувчи ҳамда айланувчи массаларининг инерция кучлари даврий таъсир қилиб туради. Двигатель ишлаётган пайтда тирсакли вал буровчи моментни автомобиль трансмиссиясига, шунингдек турли агрегат ва ёрдамчи механизмларга узатади.

Тирсакли валга даврий таъсир этувчи кучлар буралма ва эгилма тебранишларни ҳосил қилади. Тирсакли валнинг бу тебранишлари двигателнинг баъзи иш режимларида қўшимча, айрим ҳолларда эса жуда катта кучланишлар ҳосил қилади.

Тирсакли вал конструкциясига қуйидаги талаблар қўйилади: 1) статикавий ва динамикавий мувозанатланган; 2) юқори даражада мустаҳкам ва ишончли ишлаши; 3) массаси; 4) конструкцияси оддий ва жуда қаттиқ; 5) буралма ва эгилма тебранишлар резонанси бўлмаслиги; 6) жуда аниқ тайёрланган (айниқса, шатун ва ўзак бўйинлари); 7) суйри шаклли ва

8) туб подшипниклар марказдан қочма кучлар ва моментлар таъсиридан озод бўлиши лозим.

Тирсакли вал бўйинларининг шакли ва жойлашиши, тирсақлари орасидаги бурчак, шунингдек ишқаланувчи юзаларнинг тоза ишланиши жиҳатдан юқори аниқликда ясалади.

1. Конструкцияси

Тирсакли валнинг конструкцияси ва ўлчамлари двигатель цилиндрларининг сони ва жойланишига, ўзак ва шатун бўйинларининг сонига, шатуларнинг жойлашишига, иш йўллари-нинг текис такрорланишига ва мувозанатланганлигига боғлиқ.

Тирсакли валлар яхлит ёки таркибли ясалиши мумкин. Шатун ва туб подшипникларида думаланиш подшипниклари ишлатилганда тирсакли вал таркибли ясалади.

Тирсакли вал қуйидаги элементлардан: валнинг олдинги учи, шатун ва туб бўйинлари, посангилар ҳамда қуйруқдан иборат.

Тирсакли валда одатда маховик, етакчи тақсимлаш шестеряси, вентилятор юритмасининг шкиви, буралма тебранишларни сўндиргич, мой қайтаргичлар ва бошқа иккинчи даражали деталлар жойлашади.

Кривошипнинг умумий узунлиги, шунингдек, уни ташкил этган элементлар (ўзак ва шатун бўйинлари ҳамда жағлари) нинг ўлчамлари қўшни икки цилиндрнинг ўқлари орасидаги минимал масофага боғлиқ.

Тезюрар дизелларда ва баъзи карбюраторли двигателларда тирсакли валдаги ўзак подшипниклар сони тирсақлар сонидан битта ортиқ бўлади. Карбюраторли двигателларда кўпинча чала таянчли тирсакли валлар ишлатилади. Бу ҳолда икки ўзак подшипник орасида иккитадан тирсақ жойлашади, натижада тирсакли валнинг узунлиги ва двигателнинг габарит ўлчамлари қисқаради.

Бундай тирсакли валларнинг эгилишга қарши қаттиқлигини ошириш учун шатун ва туб бўйинларнинг диаметри катталаштирилади, уларнинг узунлиги камайтирилади ва жағларнинг қалинлиги оширилади. V-симон двигателларда тўла таянчли тирсакли валлар қўлланилади.

Замонавий цилиндрлари қатор жойлашган тўрт цилиндрли карбюраторли двигателларда одатда уч ёки бешта туб подшипниклар, V-симон саккиз цилиндрли двигателларда эса фақат бешта туб подшипник бўлади. Саккиз цилиндрли дизеллар асосан бешта туб подшипникли қилиб ясалади. Олти цилиндрли карбюраторли двигателлар тўрт ва етти, дизеллар эса фақат еттита туб подшипникларга эга бўлади.

Тирсакли валлар кўпинча яхлит ясалади.

Алангаланишнинг текис такрорланиш шартига кўра, тўрт тактли бир қаторли двигателдаги валнинг кривошиплари ора-

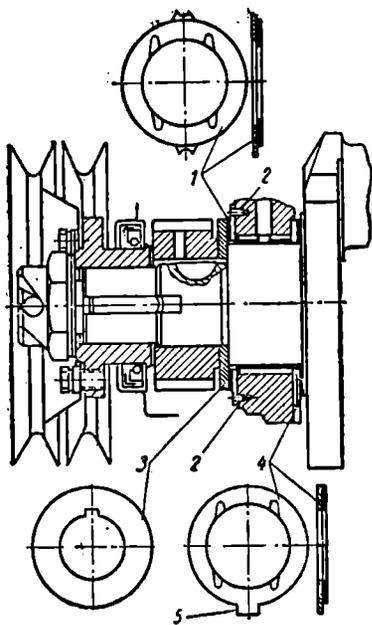
сидаги бурчак $720^\circ/i$ га (бу ерда i — цилиндрлар сони) тенг бўлиши керак. Икки тактли двигателнинг кривошиплари орасидаги бурчак, қайд этилган шартга кўра, $360^\circ/i$ га тенг бўлиши керак. Двигателнинг ишлаш тартибини аниқлашда, мумкин бўлган барча вариантлардан шундай ишлаш тартиби танлаб олиндики, бунда алангаланиш бир-биридан энг узоқ турган цилиндрларда навбат билан такрорлансин. Бундай ишлаш тартиби туб подшипникларнинг иш шароитини анча яхшилайдиган ҳамда бир цилиндрдан иккинчи цилиндрга газ ўтиб кетишига қаршилик кўрсатади.

Куйида тирсакли валнинг конструктив элементлари кўриб чиқилади.

Тирсакли валнинг олдинги учи поғонали бўлиб, унга вентилятор юритмасининг шкиви, мой қайтарувчи қурилмалар, тақсимлаш шестерняси ва баъзи ҳолларда буралма тебранишларни сўндиргич ўрнатилади. Одатда сўндиргич вентиляторнинг шкиви билан умумий узел тарзида ясалади. Тирсакли валнинг олдинги учиде жойлашган ҳамма қурилма ва деталлар тирсакли валнинг торецига бураб киритиладиган болт ёки унинг учига бураладиган гайка билан тортиб маҳкамланали (211-расм). Тирсакли вал думалаш подшипникларига ўрнатиладиган бўлса, унинг олдинги учиде тирсакли валга мой узатадиган қурилма учун жой ажратилиши керак.

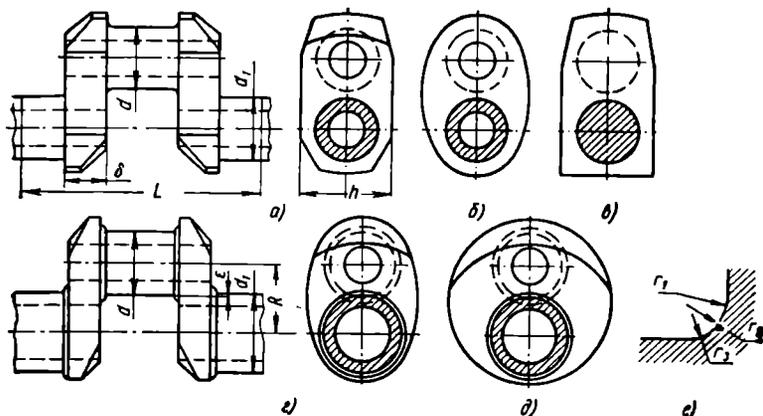
Тирсакли валнинг туб бўйинлари бир хил диаметрда ясалади. Тирсакли валнинг ўқ бўйлаб силжимаслиги учун чекка бўйинлардан бири ёки ўрта бўйин хизмат қилади. Кўпчилик двигателларда (айниқса, дизелларда) тирак подшипниклар маховик томонидан қўйилади. Баъзи двигателларда тирак подшипниклар газ тақсимлаш механизми томонидан ёки ўрта туб подшипник олдида ўрнатилади. Занжирли юритма қўлланилганда тирак подшипникни валнинг олдинги томондан жойлаштирган маъқул, чунки вал қийшиқ жойлашса, занжирнинг иши ёмонлашади.

Туб бўйинларни мойлаш учун мой блок-картердаги умумий мой магистралдан,



211-расм. Тирсакли валнинг олд томони:

1 ва 4 — тирак шайбалар; 2 — штифт; 3 — тирак диск; 5 — подшипник қопқоғини маҳкамлаш чиқриғи



212- расм. Тирсакли валнинг конструктив элементлари

картернинг юқори қисми деворларидаги каналлар орқали кам юкланган вкладиш бўлаги томондан юборилади.

Тирсакли валнинг жағлари турли шаклда бўлиши мумкин: призматик (жумладан, тўғри тўртбурчаклик, 212- расм, *a* ва *b*), овал (210- расм, *b* ва *z*) ва доира (212- расм, *d*). Автомобиль двигателларининг тирсакли валларида жағлар кўпинча тўғри тўртбурчаклик ва овал шаклида қилинади.

Агар таянчлар орасида икки тирсак жойлашган бўлса, у ҳолда жағлар узунлиги ортади, шакли эса мураккаблашади, натижада валнинг конструкцияси умуман мураккаблашиб, мас-саси ошади. Материалдан яхшироқ фойдаланиш учун жағнинг тирсакли вал ўқидан энг узоқлашган, ишламайдиган қисми қирқиб ташланади (212- расм, ва *a*, *z* *d*).

Жағнинг бикрлиги туб ва шатун бўйинларининг ўзаро бир-бирини қоплаши $\epsilon = \frac{d_1 + d}{2} - R$ (212- расм, *z*) қийматига боғлиқ. Бўйинлар бир-бирини қанчалик кўп қопласа, жағ шунча бикр ва мустаҳкам бўлади. Бунда жағнинг қалинлигини камайтириб кенглигини ўзича қолдириш мумкин. Бўйинларнинг бир-бирини қоплаш қиймати поршень йўлининг цилиндр диаметрига нисбати ва бўйинлар диаметрига боғлиқ.

Кучланишлар концентрациясининг катта бўлишига йўл қўймаслик учун жағлардан туб ва шатун бўйинларига ўтиш (галтеллар) радиуси (0,035—0,08) *d* чамасида олинади. Бўйиннинг таянч юзини камайтироқ учун галтел баъзи конструкцияларда турли радиус r_1, r_2, r_3 да ўзаро қўшилган икки-уч ёйдан иборат бўлади (212- расм, *e*).

Двигателнинг узунлигини оширмасдан жағ қалинлаштирилса, бир томондан кривошипнинг қаттиқлиги ошади, иккинчи-

дан эса подшипниклар эни камаяди. Бунда подшипникнинг эни $0,25 d$ дан кам бўлмаслиги керак.

Тирсакли валда посангилар бўлганда жағнинг шакли мураккаблашади.

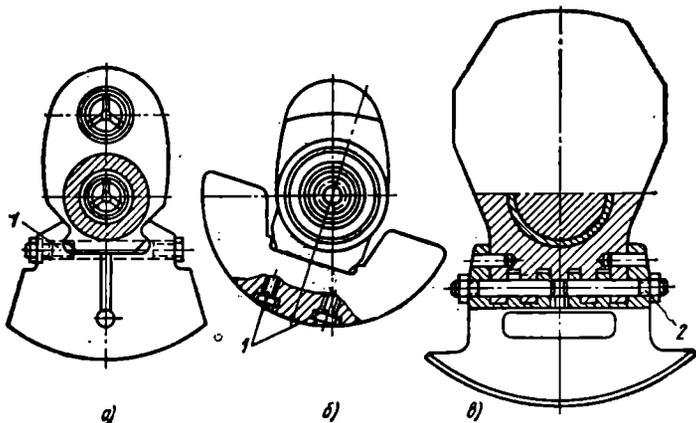
Посангилар туб подшипникларни марказдан қочма кучлар ва буларнинг моментларидан озод қилиш учун хизмат қилади. Марказдан қочма кучлар тирсакли валнинг мувозанатлашмаган массаларидан пайдо бўлади. Массани камайтириш учун посангиларни шундай яшаш керакки, уларнинг оғирлик маркази тирсакли вал ўқидан мумкин қадар узоқ жойлашсин. Посангилар массаси айланувчи қисмлар умумий массасининг 70—80% ини ташкил этади. Посангилар одатда жағлар билан яхлит болгалаб тайёрланади ёки қўйилади. Тирсакли валнинг бўйини ремонт қилганда жилвирлашга халақит бермаслиги учун посангининг қалинлиги жағнинг қалинлигидан катта бўлмаслиги керак.

Баъзи бир мураккаб тирсакли валларни штамповка қилиш осон бўлсин учун уларнинг посангилари алоҳида тайёрланади. Бу ҳолда посангилар жағларга махсус болтлар 1 (213-расм, *a* ва *b*) ёки шпилькалар 2 (213-расм, *в*) билан қотирилади. Силжимаслиги учун болтларнинг каллаклари посангиларга пайвандлаб қўйилади.

Посангиларнинг жойлашиш бурчаги ва сони динамик ҳисоблашдан аниқланади.

Кривошип-камерали газ алмашиш схемаси қўлланилган двигателларда посангилар кривошипли камерани тўлдириб, зарарли бўшлиқни камайтиради ва цилиндрга ҳавонинг зарур босимда ҳайдалишига ёрдам беради.

Тирсакли вал шатун бўйинларининг диаметри одатда, туб бўйинлари диаметридан кичик. Шатун бўйинининг диаметри катталаштирилса, шатуннинг пастки каллаги катталашади, бу



213-расм. Посангиларнинг конструкциялари

эса айланувчи массаларнинг ошишига сабаб бўлади. Шатун бўйнининг узунлиги қисқартирилганда солиштирма нагрузка ошади, натижада мой пардаларининг ишлаш шароити ёмонлашади. Массасини озайтириш учун шатун бўйинлари одатда пармаланади.

Мой шатун бўйинларига туб подшипниклардан валдаги пармаланган каналлар ёки пресслаб киргизилган трубкалар орқали (бўйинлар ковак бўлган ҳолда) келтирилади.

Тирсакли валнинг қўйруғи (кетинги учи) да одатда, маховик ўрнатиш учун фланец бўлади. Гидравлик тишлашиш муфтаси қўлланилганда унинг корпуси маховик ролини бажаради. Тирсакли валнинг кетинги учи мой қайтариш ҳалқалари резинка ёки фетр ҳалқалар ёрдамида зичланади, унда тирсакли валнинг айланишига тескари йўналган винтий ариқча ясалади.

Маховик тирсакли вал фланецига болтлар билан маҳкамланади. Болтлар ўрнатиладиган тешиклар бир-бирига нисбатан асимметрик жойланади ва шу тариқа маховик доим бир вазиятда ўрнатилади.

Фланецнинг торецида тешик тор бўлиб, унга узатмалар қутиси бирламчи валининг подшипниги ўрнатилади.

2. Материаллар

Тирсакли вални тайёрлаш учун 45, 45А, 40Х, 20Г2 ва 50Г пўлатлар ишлатилади. Пуфлаш (наддув) босими $p_k \geq 0,15 \text{ Мн/м}^2$ ($1,5 \text{ кг/см}^2$) бўлган дизелларда тирсакли валларни тайёрлаш учун юқори легирланган 18ХНМА, 18ХНВА ва 40ХНМА юқори мустаҳкамликка эга бўлган пўлатлар ишлатилади.

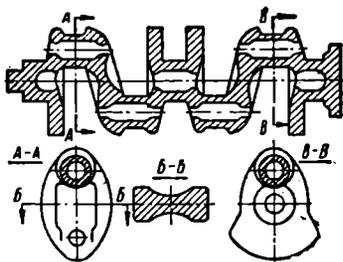
Одатда, тирсакли валлар болғалаш усули билан тайёрланади. Охири пайтларда қўйма тирсакли валлар қўлланила бошланди. Бундай тирсакли валлар магний билан тўйинтирилган ўта мустаҳкам чўяндан, перлитли болғаланадиган чўяндан, легирланган никель-молибденли чўяндан қўйилади.

Қўйма тирсакли валлар учун асосан ўта мустаҳкам ВЧ 50—1,5 маркали чўян (*НВ* 187—255) ва перлитли чўян қўлланилмоқда.

Қўйма тирсакли валларнинг болғаланган тирсакли валларга қараганда қўйдаги афзалликлари бор: металл кам сарфланади, механикавий ишлаш операциялари сони камаяди, металлни тўғри тақсимлаб валга оптимал шакл бериш мумкин ва чарчашга қарши мустаҳкамлигини ошириш мумкин.

Чўяндан қўйилган тирсакли валлар буралма тебранишларни яхшироқ сўндириш хусусиятига эга.

Қўйма чўян валларнинг (214- расм) мустаҳкамлиги, айниқса эгилишга қаршилиги штампланган пўлат валларга қараганда камроқ бўлади. Шунинг учун чўян валларда шатун ва ўзак бўйинларнинг диаметри, жағларнинг қалинлиги ва галтеллар радиуси катталаштирилади. Чўян тирсакли валлар тўлиқ



214- расм. Қуйма тирсақли вал

таянчли қилиб тайёрланади. Цўян валларнинг бўйинлари ейилишга ўта чидамли бўлади, бу эса қўргошинли бронзадан ясалган подшипникларни қўлланишга имкон беради.

Ишлов бериб тайёр қилинган қуйма тирсақли валнинг массаси болғаланган вал массасидан 10—15% камроқ бўлади.

Тирсақли валлар болғалашдан сўнг юмшатилади ёки нормаллаштирилади, бунда ички кучланишлар йўқолади ва қаттиқлик HB 163—269 гача камаяди, бу эса механикавий ишловни енгиллаштиради. Механикавий ишланган тирсақли валлар жилвирлашдан олдин қайтадан термик ишланади (тобланади ва бўшатилади), бу эса валларнинг механикавий хоссаларини яхшилади ва бўйинларнинг сиртқи қаттиқлигини оширади. Одатда, иккиламчи термик ишлов юқори частотали ток (ю.ч.т) билан қиздириш усулида олиб борилади.

Тобланган қатламнинг чуқурлиги 3—4 мм дан кам бўлмаслиги керак, чунки тирсақли вал бўйинлари ремонт ўлчамларига мослаб қайта жилвирлангандан сўнг тобланган қатлам қалинлиги 1 мм дан кам бўлмаслиги керак. 50 Г пўлатдан ясалган тирсақли вал бўйинларининг қаттиқлиги HRC 52—62, 45Г2 пўлатдан ясалган валники эса HRC 48—50 бўлади.

3. Мустаҳкамлаш усуллари

Тирсақли валларни мустаҳкамлаш усуллари конструктив ва технологик усулларга бўлинади.

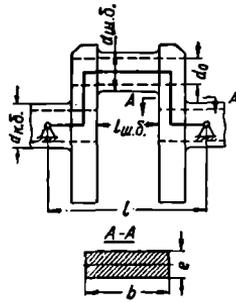
Тирсақли валнинг мустаҳкамлигини оширишнинг конструктив усуллари қуйидагидан иборат: бунда валга шундай шакл бериладики, кучланишлар валнинг ҳажми бўйича бир хилда, яъни кучланишлар концентрацияси зонасида ҳам, бу зоналардан ташқарида ҳам текис тақсимланади. Валнинг керакли конструктив шакли тажриба йўли билан аниқланади.

Галтелнинг эгрилик радиуси (ёки галтель бўйинга чуқурлашилганда) ва шатун ҳамда ўзак бўйинларнинг ўзаро қопланиши ортиши билан кривошипнинг чарчашига қарши мустаҳкамлиги ортади. Бўйинларнинг ўзаро қопланиши 10 мм га ошса, кривошипнинг эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси 3,5% га ортади, агар 20 мм га ошса, мустаҳкамлик чегараси 29% га, 30 мм га ошганда эса 75% га ортади.

Валнинг шатун бўйнидаги ички енгиллаштирувчи тешик бўйиннинг геометрик ўқига нисбатан эксцентрик жойлашган бўлса (кривошип радиусидан узоқлашиш томонига), галтел-

Тирсакли вал элементларининг ўлчамлари

	Ўлчамлар	Дизеллар	Карбюраторли двигателлар
	Тўлиқ таянчли валлар учун туб подшипниклар марказлари оралигидаги масофа (таянчлар ора- лиги) l	$(1,10 \pm 1,40) D$	$(1,10 \pm 1,25) D$
	Шатун бўйинлари, диаметри, $d_{ш.б}$	$(0,57 \pm 0,85) D$	$(0,50 \pm 0,70) D$
	Шатун бўйинлари узунлиги, $l_{ш.б}$: бир қаторли двигателлар учун шатунлари бир бўйинда кетма-кет жойлашган V-симон двигател- лар учун	$(0,7 \pm 1,0) d_{ш.б}$ $(0,95 \pm 1,00) d_{ш.б}$	$(0,45 \pm 0,65) d_{ш.б}$ $(0,80 \pm 1,0) d_{ш.б}$
	Туб бўйинлар диаметри, $d_{к.б}$	$(0,65 \pm 0,90) d_{ш.б}$	$(0,60 \pm 0,80) d_{ш.б}$
	Туб бўйинлар узунлиги $l_{к.б}$		
	Оралик бўйинларники	$(0,45 \pm 0,60) d_{к.б}$	$(0,50 \pm 0,60) d_{у.б}$
	Чекка ёки ўртадаги бўйинларники	$(0,70 \pm 0,85) d_{к.б}$	$(0,74 \pm 0,82) d_{у.б}$
	Ички тешик диаметри, d_0	$(0,60 \pm 0,75) d_{ш.б}$	$(0,60 \pm 0,80) d_{ш.б}$
	Жағлар қалинлиги, e	$(0,24 \pm 0,28) D$	$(0,20 \pm 0,25) D$
	Жағлар эни, b	$(1,10 \pm 1,3) D$	$(0,1 \pm 1,25) D$
	Галтеллар радиуси (камида 2—3 мм)	$(0,045 \pm 0,08) d_{ш.б}$	$(0,045 \pm 0,08) d_{ш.б}$



даги эгилиш кучланишининг камайиши ва толиқишга қарши мустаҳкамликнинг 10—15% га ортиши кузатилади.

Жағнинг энг рационал шакли овал ҳисобланади.

Тирсакли валнинг мустаҳкамлигини ошириш учун қуйидаги мустаҳкамловчи процесслар қўлланилади:

1. Азотлаш — бунда эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси (хром-молибденли пўлат учун) 25—60% га, буралишдаги мустаҳкамлик чегараси эса 30—40% га ошади; азотлашдан сўнг механикавий ишлаш тавсия этилмайди, чунки бунда толиқиш мустаҳкамлиги анчагина пасаяди.

2. Галтелларни роликлар ёрдамида накатка қилиш ва пўлат шарик билан мой тешиқларининг четларини қисиш йўли билан маҳаллий наклёп қилинса, тирсакли валларнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги 40% га, бурилишда эса 20% га ортади.

3. Галтеллар пўлат питрлар билан бомбардимон қилинса, тирсакли валнинг эгилишдаги мустаҳкамлик чегараси 40% га ортади.

4. Конструктив ўлчамлари

Тирсакли вал элементларининг конструктив ўлчамлари 20-жадвалда берилган.

Фланец диаметри d_{ϕ} ва қалинлиги δ_{ϕ} тахминан қуйидаги муносабатлар орқали аниқланади:

$$d_{\phi} \approx S, \quad \delta_{\phi} \approx 0,06 D \sqrt{i};$$

бу ерда D ва i — цилиндрлар диаметри ва сони;

S — двигатель поршенининг йўли.



ГАЗ ТАҚСИМЛАШ МЕХАНИЗМИ

Газ тақсимлаш механизми карбюраторли ва газавий двигателларда цилиндрларга янги ёнувчи аралашма киритиш, дизелларда эса ҳаво киритиш ва ишлатилган газларни цилиндрлардан чиқариб юбориш учун хизмат қилади.

Газ тақсимлаш механизмлари цилиндрларнинг энг яхши тўлиши ва тозаланишини, двигателнинг барча тезлик ва нагрузка режимларида ишончли ишлашини, унинг конструкциясига кирувчи деталларнинг ейилишига юқори бардошлиги ва узоқ муддат ишлашини таъминлаши керак.

Кўплаб ишлаб чиқариладиган автомобиль двигателларида клапанли газ тақсимлаш механизмлари энг кўп тарқалган. Клапанли газ тақсимлаш механизмлари уч турда бўлиши мумкин:

1) клапанлари юқорида жойлашган механизм — клапанлар цилиндрлар головкасида жойлашади, 2) клапанлари пастда жойлашган механизм — клапанлар цилиндрлар блокида жойлашади ва 3) клапанлари аралаш жойлашган механизм — клапанлар цилиндрлар головкасида ва блокида жойлашади.

Клапанлари юқорида жойлашган механизм карбюраторли двигателларда ҳам, дизелларда ҳам ишлатилади. Бунда ёниш камераси анча ихчам ва совитилиш сирти нисбатан кичик бўлади, бу эса иссиқликнинг совитиш системасига сарфланишини камайтиради, двигателнинг индикаторий ф. и. к. ини оширади ва детонация ҳосил бўлиши хавфи камаяди. Карбюраторли двигателлар учун юқорида кўрсатилган афзалликлар билан бирга октан сони юқори ёнилғида ишлатилса, ф. и. к. ортади, натижада бу коэффициентнинг қиймати ажралган ёниш камерали дизелларнинг ф. и. к. га яқинлашади.

Клапанлар юқорида жойлашганда тўлдириш коэффиценти клапанлар пастда жойлашгандагига нисбатан 5—7% га катта

бўлиши мумкин. Бунга клапанларнинг сонини ошириш ёки клапанларни цилиндр ўқига нисбатан бурчак остида жойлаштириш йўли билан эришилади. Клапанлар юқорида жойлашганда трубопроводлардаги гидравлик қаршилиқлар анча кам бўлади, шунинг учун бу система мамлакатимизда ва чет давлатларда кўпроқ тарқалган.

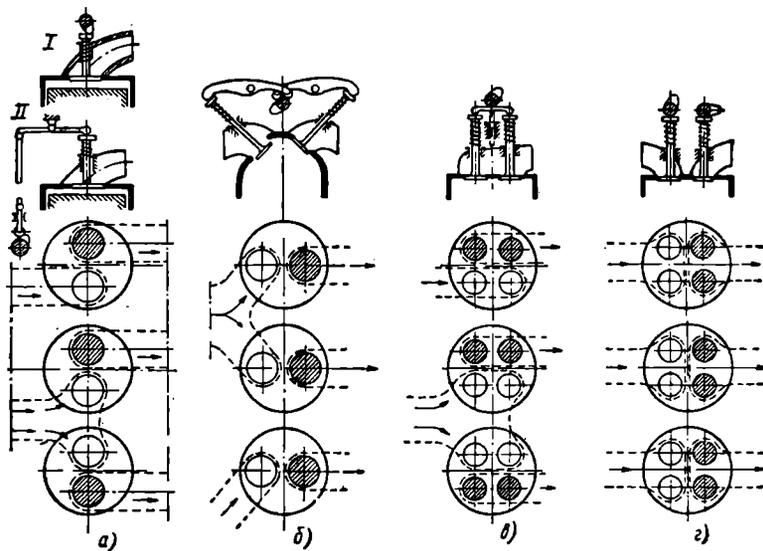
Клапанлар юқорида жойлашган механизмнинг камчилиги клапанлар юритмасининг мураккаблиги ва цилиндр головкаси баландлигининг катталигидан иборат.

Газ тақсимлаш механизми қуйидаги деталлардан иборат: клапанлар, клапанларни йўналтирувчи втулкалар, толкателлар (турткичлар), пружиналар, тақсимлаш вали ва узатиш механизмининг деталлари.

96- §. КЛАПАНЛАРНИНГ ЖОЙЛАШИШИ

Клапанларнинг двигателъ цилиндрида жойлашув схемалари 215- расмда келтирилган. Ҳар бир цилиндрдаги икки клапан цилиндрлар блоки ўқи бўйлаб бир қатор (215- расм, а) ва икки қатор (215- расм, б) жойлашиши мумкин.

Клапанлар бир қаторга жойлаштирилганда (215- расм, а) киритувчи ва чиқарувчи клапанларнинг жойлашуви ҳар хил бўлиши мумкин. Бир номли клапанларнинг жуфт-жуфт жойлашиши, цилиндрлар блокадаги каналлар сонини камайтиришга ва трубопроводлар шаклини соддалаштиришга имкон беради, лекин бунда цилиндрлар айланаси бўйлаб ейилишининг ноте-



215- расм. Клапанларнинг юқорида жойлашиш схемалари

кислиги ортади. Шунинг учун ҳозирги пайтда клапанларнинг аралаш жойлашиши қўлланилмоқда, бунда қўшни цилиндрларнинг бир хил номли клапанлари ҳам, икки хил номли клапанлари ҳам ёнма-ён жойлашиши мумкин. Киритиш клапанларининг қўшни каналлари бирлаштирилади, чиқариш клапанларининг ёндош каналлари эса клапанлар яхшироқ совитилиши учун алоҳида-алоҳида қилиб тайёрланади.

Карбюраторли двигателларда иккала трубопровод, одатда, цилиндрларнинг бир томонидан жойлашади, бу эса киритиш трубопроводининг иситилишини ва карбюратордан двигатель цилиндрларига бораётган ёнилғининг тезда буғланишини таъминлайди. Дизелларда кўпинча, киритиш ва чиқариш клапанлари двигателнинг икки тарафига жойлаштирилади. Бунда цилиндрларга бораётган ҳаво кам қизиб, тўлдириш коэффициенти ортади.

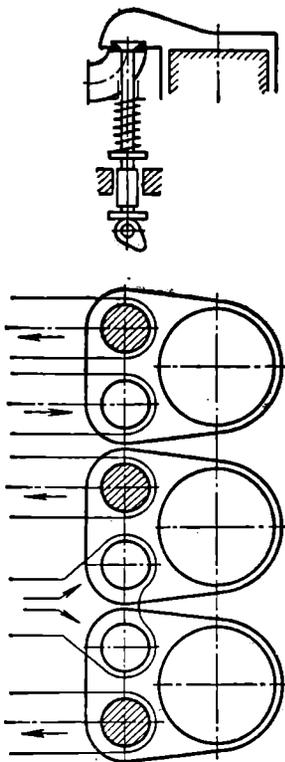
Клапанларни ҳаракатга келтиришнинг икки схемаси 215- расм, а да тасвирланган. Юқорида жойлашган тақсимлаш валидан бевосита ҳаракатлантириш I схемада, пастда (цилиндрлар блокада) жойлашган тақсимлаш валидан клапанларни турткичлар, штангалар ва коромислолар ёрдамида ҳаракатга келтириш II схемада кўрсатилган.

Клапанлар икки қатор жойлашганда (215- расм, б) киритиш ва чиқариш клапанлари ҳар хил қаторларда, киритиш ва чиқариш трубопроводлари эса цилиндрлар головкасининг икки тарафида жойлаштирилади. Цилиндрлар ўқиға оғма жойлашган клапанларни қўлланиш клапан ўлчамларини катталаштиришга ва канал билан цилиндр головкасининг шаклини содда-лаштиришга имкон беради. Дизелларда клапанларнинг икки қаторга жойлашиши цилиндрга форсункани ўрнатишни ва унга яқинлашишни қийинлаштиради.

Клапанлар икки қаторга жойлашганда уларни ҳаракатга келтириш усули ҳар хил бўлиши мумкин: 1) битта юқориги тақсимлаш вали ва ричаглар системаси билан; 2) клапанлар устида жойлашган иккита юқориги тақсимлаш вали билан; 3) клапанларнинг ҳар қаторини алоҳида тақсимлаш валидан ҳаракатлантириш (бу ҳолда тақсимловчи валлар цилиндрлар блокнинг икки томонида жойлашади). V- симон двигателларда кўпинча учта тақсимловчи вал ўрнатилади.

Ўтиш тешиklarининг умумий юзасини ошириш ва клапанларнинг ўлчамларини камайтириш мақсадида ҳар бир цилиндрда (215- расм, в ва г) тўрттадан клапан ишлатилади. Бунда клапанлар мустақамлиги анчагина ортади ва улар яхши совитилади. Бир номли клапанлар ҳар хил қаторларда (215- расм, в) ёки бир қаторда (215- расм, г) жойлашиши мумкин.

Бир номли клапанлар ҳар хил қаторларда жойлашганда цилиндрлар головкасида каналлар сони камаёди ва иккала трубопроводни бир томонда жойлаштириш мумкин. Аммо бу ҳолда чиқариш клапанининг иссиқликдан кучланиши ортади,



216- расм. Пастки клапанларнинг жойлашиш схемаси

чунки бу клапан трубопровод томонида жойлашган бўлиб, унинг стержени қўшни клапандан ўтувчи ишлатилган газлар таъсирида қизийди. Шунинг учун бир номли клапанлар кўпинча турли қаторларда жойлаштирилади. Бу ҳолда клапан юқориги битта тақсимлаш валидан кўндаланг траверсалар (траверсалар иккита бир номли клапанларни бараварига очиш имкониятини яратади) ёки клапанлар устида жойлашган юқориги иккита тақсимлаш вали орқали ҳаракатга келтирилади.

Клапанларни пастда жойлаш усули фақат карбюраторли ёки газ билан ишлайдиган двигателларда қўлланилган. Бу ҳолда цилиндрлар головкасининг ва умуман двигателнинг баландлиги кичиклашади, тақсимлаш валининг ва клапанларнинг юритмаси эса соддалашади, лекин сиқиш даражасини кўтариш (7,5 гача) чегараланади ва двигателнинг техникавий-иқтисодий кўрсаткичлари ёмонлашади.

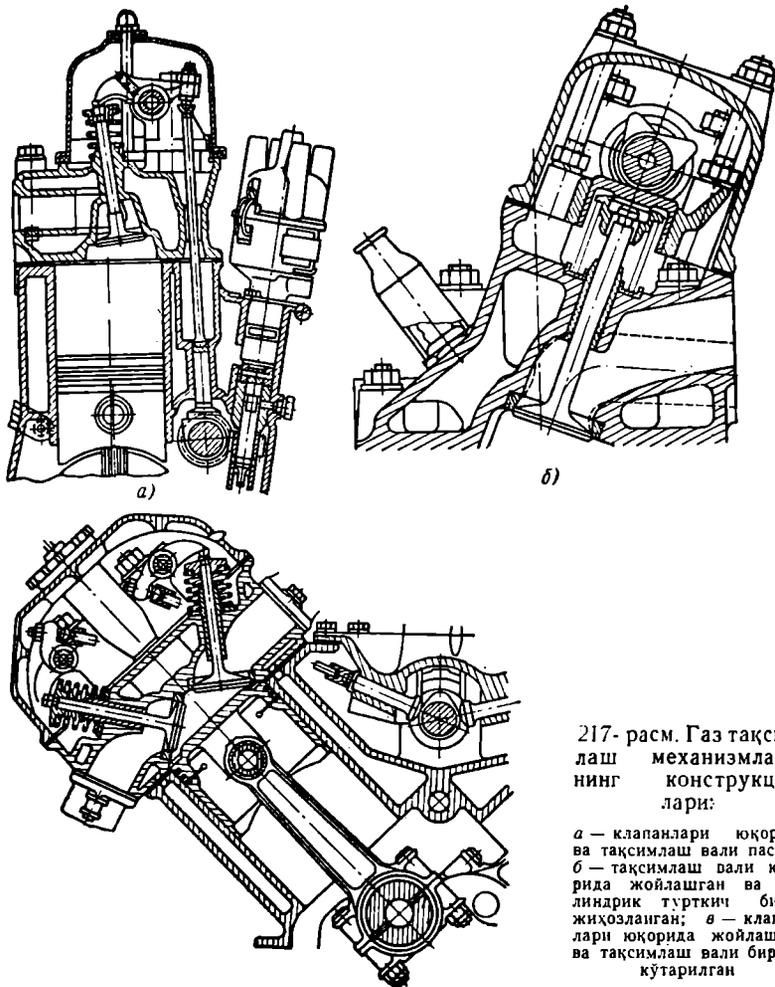
Пастки клапанлар (216- расм) цилиндр блокининг бир томонида бир қаторга ва бир қаторли юқориги клапанлар каби навбати билан жойлаштирилади.

Клапанларни аралаш жойлаштириш системаси фақат карбюраторли ва газ билан ишлайдиган двигателларда қўлланилади. Киритиш клапани одатда цилиндрнинг головкасида, чиқариш клапани эса двигателнинг цилиндрлар блокада жойлашади. Бунда клапаннинг ўтиш тешиги анча катталашади, бу эса двигателнинг қувватини оширишга имкон беради, лекин клапанлар юритмаси анча мураккаблашади.

97- §. ҲАРАКАТЛАНТИРИШ МЕХАНИЗМИ

Ҳаракатлантириш механизми ҳаракатни тирсақли валдан тақсимлаш валига ва ундан клапанга узатади. Бу механизмни лойиҳалашда илгариларда ҳаракатланувчи массаларни камайтиришга ва унинг бикирлигини оширишга интилишади. Бунга тақсимлаш валини клапанларга яқинлаштириш билан эришилади.

Тақсимлаш валлари турлича жойлашган двигателлар газ тақсимлаш механизмларининг айрим конструкциялари 217- расмда кўрсатилган.



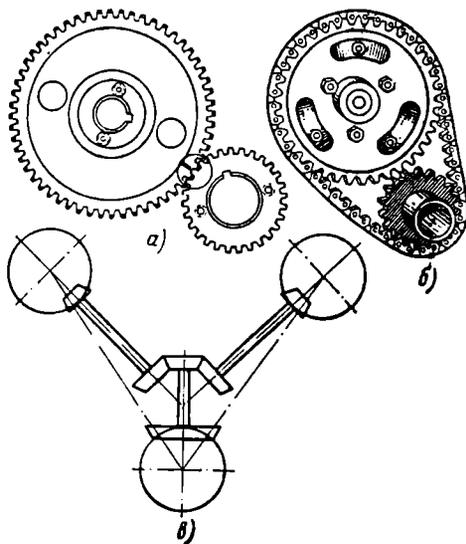
217- расм. Газ тақсимлаш механизмларининг конструкциялари:

a — клапанлари юқорида ва тақсимлаш вали пастда; *б* — тақсимлаш вали юқорида жойлашган ва цилиндрик түрткич билан жиҳозланган; *в* — клапанлари юқорида жойлашган ва тақсимлаш вали бир оз кўтарилган

Карбюраторли двигателлар учун тақсимлаш вали юқорида жойлашган механизм истиқболли ҳисобланади (217- расм, б). V- симон двигателларда тақсимлаш валини оғма цилиндрлар қатори орасига жойлаштириш мақсадга мувофиқ бўлади (217- расм, в).

Тақсимлаш вали тирсакли валдан ҳаракатга келтирилади. Етакчи шестерня одатда тирсакли валнинг олдинги қисмида жойлашади. Тез юрар дизелларда узун ва эгилувчан тирсакли валларда етакчи шестерня баъзан маховик томонида жойлаштирилади.

Тақсимлаш вали юритмасининг конструкцияси унинг жойлашишига боғлиқ. Ҳаракат узатиш учун эгри тишли цилиндрик



218- расм. Тақсимлаш валини ҳаракатга келтириш учун қўлланиладиган узатмалар

шестернялар (218- расм, а), занжирли узатмалар (218- расм, б) ва оралик торсион валли конус шестернялар (218- расм, в) қўлланилади.

Кейинги йилларда занжирли узатмалар кенг ишлатилмоқда, чунки улар ёрдамида бир-биридан узоқ жойлашган валларни кинематик боғлаш мумкин. Занжирли узатмалар бошқа узатмаларга қараганда шовқинсиз ишлаши, оддий тузилиши ва енгиллиги билан фарқ қилади. Занжирли узатмаларнинг камчиликларига занжирнинг ейилиши ва узайиши киради, бу эса тарангловчи мосламаларнинг мавжудлигига қарамасдан, газ тақсимлаш

механизмининг ёмон ишлашига сабаб бўлади.

Втулка-роликли занжирлар асосан ўқлар ораси катта узатмаларда, пластинкали занжирлар эса фақат ўқлари орасидаги масофа қисқа бўлган узатмаларда ишлатилади.

98- §. ТАҚСИМЛАШ ВАЛИ

Тақсимлаш валида у билан яхлит ясалган кулачоклар бор. Кулачокларнинг жойлашиши клапанларнинг жойлашишига, газ тақсимлаш фазаларига ва двигателнинг ишлаш тартибига қараб аниқланади.

Таянч бўйинларининг тузилиши ва сони, юритманинг деталларини маҳкамлаш усули ва баъзи агрегатлар (ёнилғи ва мой насослари, тақсимлагич ва бошқалар) нинг валда жойлаштириладиган қисмлари тақсимлаш валининг шакли ва ўлчамларига таъсир қилади. Тақсимлаш вали подшипникларининг сони одатда тирсакли вал ўзак подшипникларининг сонига тенг.

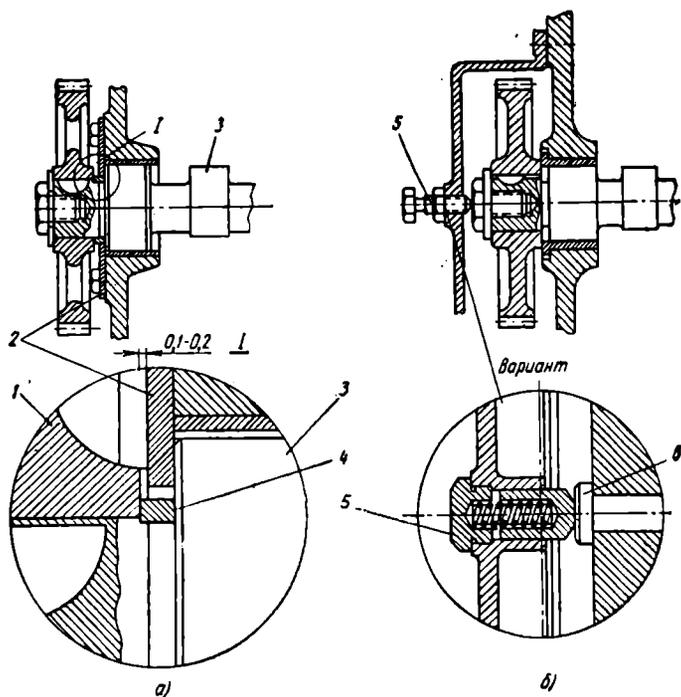
Газ тақсимлаш валини блок-картерга ўрнатишда подшипниклар ажралмайдиган қилинади. Вал двигателнинг олдидан киргизиб қўйилади. Бу ҳолда таянч бўйиннинг энг кичик диаметри кулачокнинг иккиланган энг катта радиусидан бир оз катта бўлиши керак. Таянчларнинг диаметрлари навбат билан юритманинг шестерняси томонидаги таянчдан бошлаб кичиклашиши керак.

Тақсимлаш валининг цилиндрлар головкасида жойлашиши ажраладиган подшипникларни қўлланишга имкон беради. Бундай подшипниклар алюминий қотишмаларидан тайёрланган таянч деворлар танасида бевосита тайёрланади. Бу ҳолда таянч бўйинлар диаметри тақсимлаш валининг диаметридан бир оз катта (таянч текисликларни жилбирлаш учун) бўлади.

Подшипникларнинг вкладишлари биметалл (баббит ва пўлат) лентадан ўрама втулка шаклида ясалади. Бу втулка уяга киргизилиб, маҳкамланади.

Тақсимлаш вали пастга ўрнатилганда унинг подшипниклари двигатель картерининг тўсиқларидаги махсус каналлар орқали ўзи оқиб тушадиган ёки насосдан келадиган мой билан мойланади. Тақсимлаш вали юқорида жойлашганда у, кўпинча, қавак қилиб ясалади. Бунда валининг ички тешиги подшипникларга мой келтириш учун фойдаланилади. Бу ҳолда мой кулачоклардаги тешиклардан турткичларни ва кулачокларни мойлаш учун берилади.

Пастда жойлашган тақсимлаш валининг ўқ йўналишида силжимаслиги учун пўлат ёки бронза тирак фланец ўрнатилади (219- расм, а). Бу фланец цилиндрлар блоки деворига етакчи шестерня томонидан болтлар билан маҳкамланади. Бир



219- расм. Тақсимлаш валини ўқ бўйлаб маҳкамлаш усуллари

томондан бу фланецга шестернянинг гупчаги 1, бошқа томондан эса тақсимлаш вали 3 нинг тореци тиралади. Шестернянинг гупчаги билан тақсимлаш валининг тореци орасига жойлашган оралиқ шайба 4 ёрдамида ўқ йўналишидаги зарур зазор ҳосил қилинади. Бу шайба 4 нинг қалинлиги фланецнинг қалинлигидан зазор қийматича катта бўлиши керак.

Айрим ҳолларда тақсимлаш вали бир томондан чиқиқ ёки шестерня гупчаги ёрдамида, иккинчи томондан эса тақсимлашни шестерняларининг қопқоғига буралган ростлаш болти 5 билан қотирилади (219- расм, б). Болтнинг учи баъзан тақсимлаш валининг торецига прессланган штифт 6 нинг каллагига тиралади (219- расм, б вариантыга қаранг). Ростлаш болти ўрнига пружинали ползун ўрнатилиши мумкин. Бу ползун тақсимлаш валининг ўқ йўналишида доим бир хил вазиятда туришини таъминлайди.

Автомобиль двигателларидаги тақсимлаш валининг диаметрини тахминан $d = (0,15 + 0,20) D$ қабул қилиш мумкин.

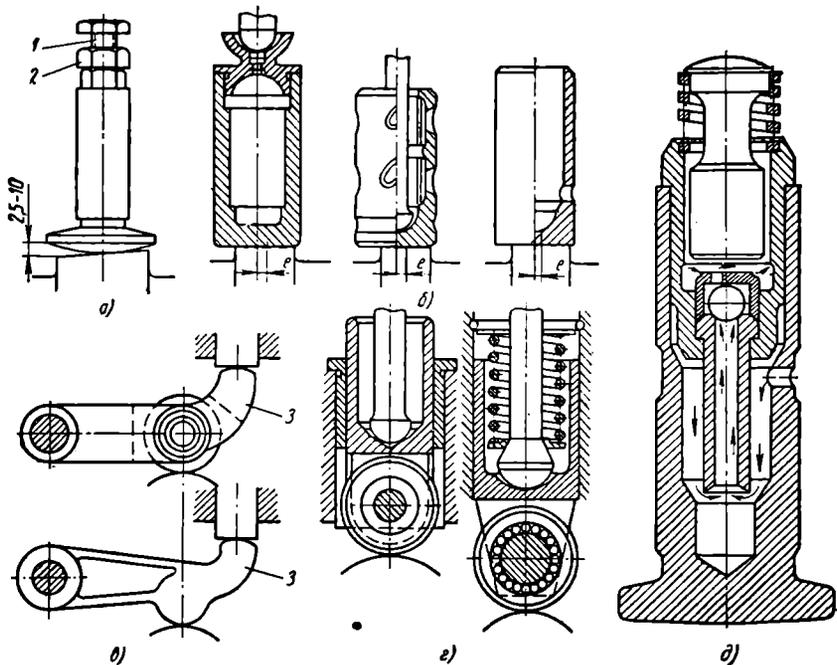
99- §. ТОЛКАТЕЛЬ

Толкателлар тақсимлаш валининг кулачокларидан ҳаракатни бевосита клапанларга (пастки) ёки штангаларга (клапанлари юқорида жойлашган двигателларда) беради. Улар кулачоклардан бериладиган ён қучларни ўзига қабул қилиб, стержень ва клапанларнинг йўналтирувчи втулкаларини бу қуч таъсиридан озод қилади.

Толкатель сферик қўзиқоринсимон (220- расм, а) цилиндрик (220- расм, б) ва роликли (220- расм, в ва г) бўлиши мумкин. Массани камайтириш мақсадида толкателлар ичи кавак қилинади. Толкателнинг кулачокка ишқаланувчи сирти сферик шаклда бўлади, чунки ишқаланувчи сирти текис бўлса, тайёрлашдаги хатоликлар сабабли ейилиши мумкин, бундан ташқари, сферик шаклдаги турткич ўқининг ва кулачок ясовчисининг нотиклиги толкатель ишлашига кам таъсир кўрсади.

Толкателларнинг ишқаланувчи ён (цилиндрик) ва торец (ясси ёки сферик) сиртларининг текис ейилиши учун двигатель ишлаётганда толкатель ўз ўқи атрофида секин айланиши лозим. Бунинг учун турткичнинг ўқи кулачокнинг ўқига нисбатан $e = 1,5 + 3 \text{ мм}$ (220- расм, б) масофага сурилади ёки сферик тарелкали толкатель билан ишлайдиган кулачок конусли ясалади.

Агар клапанларнинг ўқлари тақсимлаш валининг ўқига нисбатан сурилган бўлса (клапанларнинг пастки жойлашиши), у ҳолда турткич билан кулачок орасига бир елкали ричаг 3 (220- расм; в) ўрнатилади. Бунда ҳаракатланувчи қисмларнинг массаси ошади, лекин толкатель қўшимча нагрузкалардан анча бўшайди ва унинг ейилиши камаяди.



220- расм. Турткичлар.

а — қўзиқоринсимон; б — цилиндрик; в ва з — роликли; д — гидравлик

Ишқаланувчи юзаларнинг ейилишини ва газ тақсимлаш механизмидаги ишқалиш исрофларини камайтириш мақсадида роликли толкателлар ишлатилади (220- расм, з). Баъзи бир двигателларда роликларнинг ўқлари игнасимон подшипникларга ўрнатилади. Роликли толкателнинг камчилиги массасининг анча катталиги, ролик ўқининг кўп ейилиши (агар у думалаш подшипникка ўрнатилмаган бўлса) ва тайёрлашнинг қийинлигидан иборат. Роликли толкателда ҳаракатланувчи қисмларнинг массаси ошганидан катта тезликда ишлайдиган двигателларда инерция кучларини қабул қилиш учун толкателга қўшимча пружина қўйилади. Пастда жойлашган клапанларнинг зазорини созлаш учун толкателнинг юқориги томонига ростлаш болти 1 ва контргайка 2 буралади (220- расм, а). Булар ёрдамида клапан билан толкатель орасида зарур оралик ўрнатилади.

Конструктив ёки механикавий усуллар ёрдамида зарбалардан тўла қутулиб бўлмайди. Шунинг учун енгил автомобилларнинг тез юрар двигателларида гидравлик толкателлар ишлатилади (220- расм, д). Бунда турткич билан клапан ёки штанга орасида зазор бўлмайди.

Гидравлик толкателлар фақат юқори сифатли мой қўлланилганда пухта ишлайди.

Клапанлар пастда жойлашганда турткичлар асосан сачратиладиган мой билан мойланади. Баъзи бир двигателларда мой тўпланадиган махсус бўшлиқлар бўлади. Бу мой турткичининг йўналтиргичларидаги каналлар бўйлаб толкателга оқиб тушади.

Клапанлар юқорида жойлашганда толкателда сферик уя (220- расм, б) ясалади. Бу уяга штанганинг охиридаги сферик каллак таянади. Бу ҳолда толкатель штанга бўйлаб оқиб тушадиган мой билан мойланади.

Автомобиль двигателларида толкателларнинг йўналтиргичлари бевосита цилиндрлар блокнинг ўзида ясалади.

100- §. ШТАНГАЛАР ВА КОРОМИСЛОЛАР

Клапанлар юқорида ва тақсимлаш вали пастда жойлашганда (221- расм, а) ҳаракат тақсимлаш вали 1 дан толкатель 2 га бундан эса штанга 3 ва ричаг (коромисло) 4 орқали клапан 5 га узатилади.

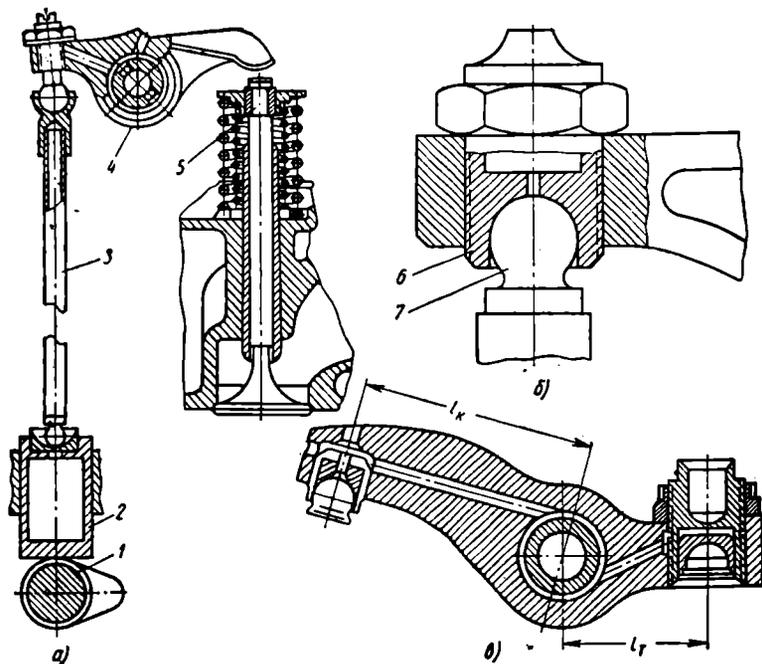
Газ тақсимлаш механизмнинг штангалари бўйлама эгилишига яхши қаршилиш кўрсатиши керак. Инерцияни камайтириш учун штанга трубкасимон ясалади. Штанганинг юқори қисмига сферик каллакки ёки уяли учлик киргизилади, пастки қисми эса сферик шаклда ясалади. Штанганинг учлиги коромисло билан бирлаштирилади.

Зазорни ростлаш тузилмаси штанганинг коромисло билан уланадиган жойига ўрнатилади. Ростлаш мосламаларидан бирининг конструкцияси 221- расм, б да кўрсатилган. Коромислонинг штанга билан боғланган чап томонида отвертка учун ариқчали ва сферик таянч 7 ли ростлаш винти 6 ўрнатиладиган. Ростлаш винти зарур ҳолатда контргайка билан қотирилади. Айрим конструкцияларда коромислонинг бошқа томонига ўрнатиладиган ростлаш винти бевосита клапан стерженига таъсир қилади.

Коромисло штангадаги кучни клапан стерженига узатиш учун хизмат қилади.

Коромисло (221- расм, в) икки елкали қилинади: унинг бир учи штангага уланади, бошқа томони эса клапаннинг стерженига таянади. Ўқ одатда қўзғалмас бўлади, коромислолар эса ўқдаги втулкада ёки игнали подшипникда айланади. Ўқнинг ички бўшлиғидан коромислога мой келтириш учун фойдаланилади. Баъзан ҳар бир цилиндрнинг коромислоси алоҳида ўққа ўрнатилади. Бу цилиндрлар головкасида жойлашган деталарни ўрнатиш ва олишни соддалаштиради.

Коромислолар елкалари одатда бир хил эмас. Клапан томонидаги елка узунлиги l_k нинг толкатель томонидаги елка



221- расм. Клапанлар юқорида жойлашганда ҳаракат узатиш механизмининг деталлари

узулиги l_r га нисбати $l_k/l_r = 1,2 \div 1,8$ чамасида бўлади (221- расм, в). Бунда толкатель ва штанганинг кўтарилиш баландлиги ва демак, уларнинг тезланиши ва инерция кучлари ҳам камаяди.

Тақсимлаш вали цилиндрлар головкасида жойлашганида турткич ва штангаларга эҳтиёж қолмайди. Бу ҳолда ҳаракат тақсимлаш валидан клапанга бевосита ёки ричаг орқали узатилади.

Клапаннинг жипс ёпилиши учун клапан стерженининг учи билан кулачокнинг ёки коромислонинг орқа томони орасида зазор бўлиши керак. Двигателнинг температураси пасайиши билан бу зазор ҳар хил ўзгаради ва клапанлар билан тақсимлаш валининг ўзаро жойлашишига, уларнинг материалларига, шунингдек, клапанларнинг ва булар билан боғланган деталларнинг тузилишига боғлиқ.

Клапанлари пастда жойлашган двигателнинг совуқ ҳолатида бу зазор ишлаётган пайтдагига қараганда катта, чунки клапан цилиндр блокига қараганда кўпроқ узаяди. Клапанлари юқорида ва тақсимлаш вали пастда жойлашган двигателдаги зазор совуқ ҳолатда иссиқ ҳолатдагига қараганда кам. Бунга сабаб шуки, ричаг борлигида клапан стерженининг узайиши цилиндр-

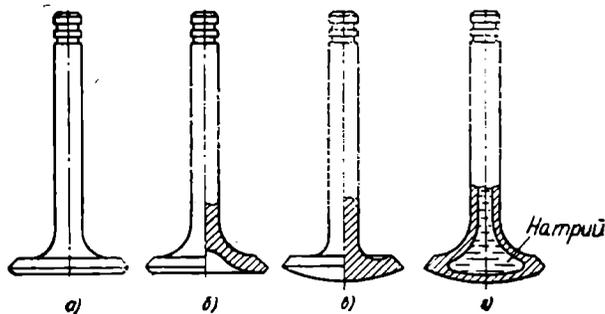
лар головкасининг узайишини қоплай олмайди. Клапанлар ва тақсимлаш вали юқорида жойлашган бўлса, зазор совуқ двигателда катта, иссиқ ҳолатда эса кичик бўлади, чунки клапан цилиндрлар головкаси ва тақсимлаш валининг кронштейнига қараганда кўпроқ узаяди.

101- §. КЛАПАНЛАР

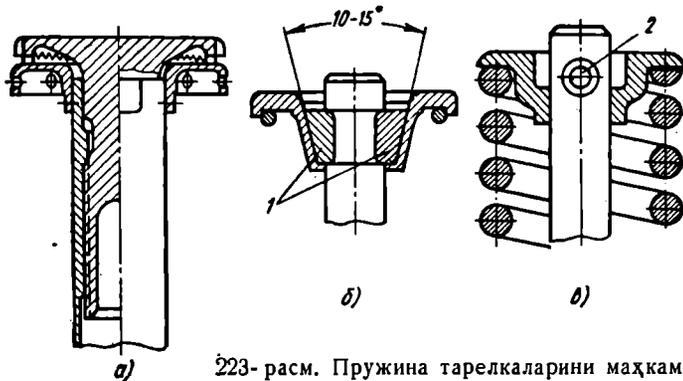
Клапанлар огир шароитда, юқори температуралар ва газ босими, пружиналарнинг эластиклик кучи ва узатма механизм деталларининг инерция кучлари таъсири остида ишлайди. Энг огир ишлаш даври ишлатилган газларни цилиндрлардан чиқариш пайтига тўғри келади. Бу вақтда газлар температураси $900-1100^{\circ}\text{C}$ дан юқори, тезлиги эса $400-600$ м.сек дан юқори бўлади. Иссиқлик узатиш чегараланганлиги сабабли чиқариш клапанларининг каллаги карбюраторли двигателларда $800-850^{\circ}\text{C}$ гача, дизелларда эса $500-600^{\circ}\text{C}$ гача қизийди. Бу чиқариш клапани иш юзасининг қуйишига, клапаннинг қийшайишига, иш юзасининг занглашига, қурум ва металл заррачаларининг таянч сиртга (уя билан иш сирти орасига) тушишига олиб келади. Киритиш клапанлари анча енгил шароитда ишлайди.

Клапан каллак ва стержендан иборат.

Клапан каллаги ёниш камерасининг бир қисмини ташкил қилади. Каллакнинг шакли клапан иш юзасининг мустаҳкамлигини, унинг қаттиқлигини, массасини ва силлиқлигини аниқлайди. Каллак текис ва тарелқасимон (222- расм, а), лоласимон (222- расм, б) ва қавариқ шакли (222- расм, в) бўлиши мумкин. Каллак шаклининг номи клапан номини белгилайди. Текис ёки тарелқасимон клапан фақат карбюраторли двигателларда ишлатилади. Лоласимон шаклдаги каллакли клапан катта қувватли, клапанлари юқорида жойлашган двигателларда киритиш клапанлари сифатида ишлатилади, қавариқ каллакли клапан эса дизелларнинг чиқариш клапанлари учун ишлатилади.



222- расм. Клапан каллакли



223- расм. Пружина тарелкаларини маҳкамлаш

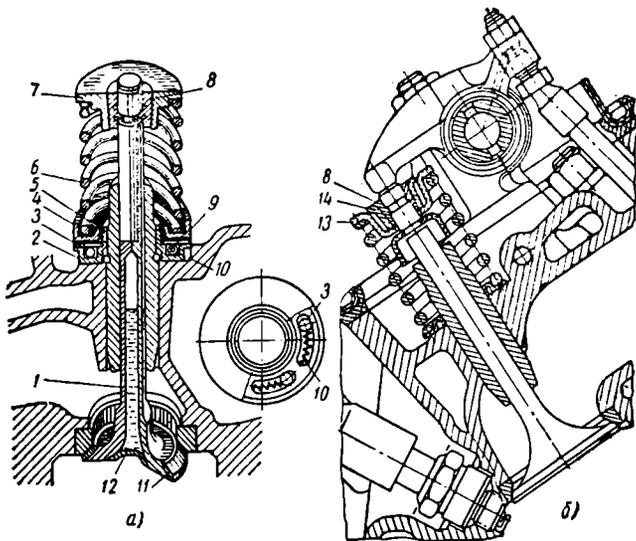
Каллақдан стерженга ўтиш жойи (айниқса лоласимон клапанларда) катта радиусли бўлиши керак. Бунда каллақ қаттиқлиги ошади, иш юзаси қийшаймайди ва янги заряднинг клапан атрофидан цилиндрга силлиқ ўтиши яхшиланади.

Чиқариш клапанларининг температурасини пасайтириш учун, стержень диаметри катталаштирилади, йўналтирувчи втулка узайтирилади ва клапан ичи бўш қилинади, каллақ ичидаги бўшлиқнинг 50—60% қисми эриш температураси 98°C бўлган металл натрий билан тўлдирилади (222- расм, з). Двигатель ишлаётган пайтда натрий клапаннинг қизиган каллагига тегиб эрийди ва буғланади, бунда кўп миқдордаги иссиқликни ютади. Натрий буглари стержень деворларига тегиб конденсацияланади ва каллақ бўшлиғига оқиб тушади.

Кириш ва чиқариш клапанларидаги иш фаскасининг бурчаги одатда 45° га тенг қилинади, бир қатор двигателларнинг киритиш клапанларида фасканинг бурчаги 30° ни ташкил этади. Фаска бурчаги камайтирилса, клапан оз кўтарилганда ҳам ўтиш юзаси катта бўлади, бинобарин цилиндрга бериладиган заряд миқдори кўпаяди.

Клапан стержени цилиндрик шаклда ясалади. Стерженнинг диаметри узатиладиган нагрузкалар характериға, узунлиги эса, клапаннинг жойлашишиға боғлиқ. Клапан стерженининг охириға пружина тарелкаси ўрнатилади. Стержень билан тарелка мустақкам уланиши, бўшашмаслиги керак. Стержень билан тарелка асосан қуйидаги усулларда уланади: 1) резьбали (клапанлари юқорида жойлашган ва бевосита тақсимлаш валининг кулачокларидан ҳаракатланадиган двигателларда), бирлаштириш бунда клапан билан кулачок орасидаги зазорни йўқотиш мумкин (223- расм, а); 2) конуссимон сухариклар / ёрдамида улаш 223- расм, б); 3) клапаннинг стерженидаги тешикка чув киргизиб улаш (223- расм, в).

Баъзи двигателларда (ЗИЛ-111, ЗИЛ-130 ва бошқалар) киритиш клапанларига қараганда анча оғир шароитда ишлай-



224- расм. Чиқариш клапанлари:

a — ЗИЛ-130 двигателининг айлантириш механизмли чиқариш клапани; *б* — ГАЗ двигателининг чиқариш клапани;
 1 — чиқариш клапани; 2 — қўзғалмас корпус; 3 — шарик; 4 — тирак шайба; 5 — қулф ҳалқа;
 6 — клапан пружинаси; 7 — клапан пружинасининг тарелкаси; 8 — клапан сухари; 9 — айлантириш механизмнинг дискавий пружинаси; 10 — айлантириш механизмнинг қайтариш пружинаси; 11 — клапаннинг иш фаскасидаги иссиқликка чидамли қоллама; 12 — қопқоқ; 13 — шайба; 14 — втулка

диган чиқариш клапанлари махсус механизм (224- расм, *a*) ёрдамида иш пайтида мажбуран айлантирилади, шунда клапанларнинг фаскасида қурум ҳосил бўлмайди, натижада уларнинг ишлаш муддати ошади.

ЗИЛ маълумотларига кўра тирсакли вал 3200 айл/мин тезликда айланганда чиқариш клапанлари 30 айл/мин тезлик билан айланади.

ГАЗ двигателининг юқорида жойлашган клапанларида (224- расм, *б*) пружинанинг таянч шайбаси 13 билан конуссимон сухариклар орасига оралиқ пўлат втулка 14 қўйилади. Бу втулка шайба билан тор доира сирт бўйлаб уринади. Бундай бирикмада ишқаланиш кам бўлади, шунинг учун коромислодан келадиган куч ва клапан—пружина узелида пайдо бўладиган тебранишлар таъсирида клапаннинг айланиши учун шароитлар яратилади.

102- §. КЛАПАН ЎРИНДИҚЛАРИ, ЙЎНАЛТИРУВЧИ ВТУЛКАЛАР ВА ПРУЖИНАЛАР

Кўпчилик двигателларда чиқариш клапанларининг ўриндиқлари киргизиб қўйиладиган қилиб тайёрланади. Агар цилиндрлар блоки алюминий қотишмаларидан тайёрланган бўлса,

киритиш клапанларининг ўриндиқлари ҳам алоҳида киргизма қилиб ясалади. Ўриндиқлар блокка ёки цилиндр головкасига прессланади.

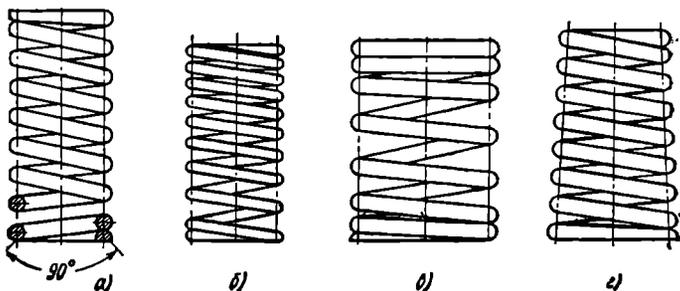
Клапанининг йўналтирувчи втулкалари доим киргизма қилиб тайёрланади, чунки бу ремонт қилиш ишларини содда-лаштиради. Одатда втулкалар яхлит ясалади. Агар клапан стерженининг учи конуссимон кенгайса, бу ҳолда втулкалар ажраладиган қилиб ясалади. Втулкалар ўқ йўналишида сил-жишдан кўпинча таянч белбоғлар (фланецлар) ёки қапишқоқ ҳалқалар билан қотирилади. Втулканинг пружина томонидаги учи мойдан сақланади. Втулканинг йўналтирувчи қисмининг узунлиги $l_b = (8 \div 10) d_c$, ташқи диаметри эса $d_b = (1,4 \div 1,6) d_c$, бу ерда d_c — клапан стерженининг диаметри.

Пружиналар клапан билан тақсимлаш валининг кулачоғини кинематик боғлаши керак, клапан берклигида уни ўриндиққа жипс сиқиши ва инерция кучларини қабул қилиши керак. Пружина яхши ишлаши учун етарли даражада эластик бўли-ши керак, шу сабабли кичик ўлчамли пружиналарда юқори кучланиш вужудга келади.

Буралишга ишлайдиган винтавий пружиналар энг кўп тар-қалган (225- расм). Пружинанинг охириги ўрамлари бир-бирига теккунча яқинлаштирилади ва ҳалқасимон таянч юза ҳосил қилиш учун улар биргаликда жилвирланади. Ўрам қадами ўзгармас (225- расм, *а*) ва ўзгарувчан (225- расм, *б* ва *в*) бў-лиши мумкин. Ўзгарувчан қадамли пружиналар резонансли тебранишларнинг пайдо бўлишига йўл қўймайди. Қадам одатда бир (қўзғалмас) томонга қараб (225- расм, *б*) ёки ўртадан ик-кала томонга қараб (225- расм, *в*) камаяди.

Клапан очилганда ўзгарувчан қадамли пружиналарнинг бир-бирига яқин турган ўрамлари ўзаро даврий уринади, бунда иш бажарувчи ўрамлар сони камаяди, пружинанинг қаттиқлиги ва хусусий тебранишлари частотаси мос ҳолда ошади.

Резонансли тебранишларни йўқотиш учун бир қатор ҳол-ларда конусавий пружиналар қўйилади, уларнинг катта диа-метрли ўрами қўзғалмас юзага таянади (225- расм, *г*). Кону-



225- расм. Клапанларнинг винтавий пружиналари

савий пружинанинг қаттиқлиги унинг узунлиги бўйича ўзгаради.

Клапанлар пастда жойлашганда битта, юқорида жойлашганда иккита, камдан-кам ҳолларда эса ҳар бир клапанга учта пружина ўрнатилади. Учта пружина ўрнатишдан мақсад пружиналарнинг ўлчамларини камайтириш ва резонансли тебранишлар натижасида сенишдан сақлашдан иборат. Ҳар бир пружина ўзининг хусусий тебранишлари частотасига эга ва бир пружина резонансга кирганда бошқаси бу тебранишларни сўндирувчи бўлиб хизмат қилади. Ички ва ташқи пружиналарда ўрамларнинг йўналиши ҳар хил бўлиши керак, чунки бир хил йўналишдаги ўрамли пружиналардан бири синса, унинг ўрамлари бошқасининг ўрамлари орасига кириб, авария қилиши мумкин.

Тақсимлаш вали пастда ва клапанлар юқорида жойлашганда толкателга қўшимча пружина ўрнатиш мумкин, бу эса клапан пружинасини штанга ва турткичнинг инерция кучларидан озод қилади.

103- §. ГАЗ ТАҚСИМЛАШ МЕХАНИЗМИНИНГ АСОСИЙ ПАРАМЕТРЛАРИ

Тақсимлаш механизмини лойиҳалаш одатда клапаннинг ўтиш кесимининг юзасини аниқлашдан бошланади. Киришти клапаннинг ўтиш юзасининг катталиги тўлдириш коэффициентининг максимал бўлишини таъминлаши керак.

Клапаннинг ҳаво ўтиш кесими юзасини танлаш бир қанча факторларга: трубопроводларнинг диаметри ва узунлигига, бўғиз ва клапаннинг геометрик ўлчамларига, клапанлар сонига ва газ тақсимлаш фазаларига боғлиқ. Бу юзанинг катталиги тақсимлаш механизмидаги динамикавий нагрузкалар билан чегараланади.

Клапаннинг ўтиш кесимини аниқлашни осонлаштириш учун, одатда, газнинг шу кесимдан ўтиш тезлигини ўзгармас ва клапаннинг кўтарилиши поршеннинг тезлигига мутаносиб деб қабул қилинади. Бунда газ сиқилмайди деб ҳисобланади.

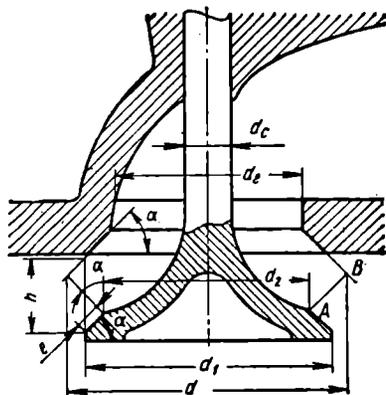
Замонавий двигателлар максимал қувват режимида ишлаётганда заряднинг киришти клапанларидан ўтиш тезлиги $V_{\text{кир}} = 60 \div 90 \text{ м/сек}$. Бу қиймат клапаннинг ўтиш кесими юзаси $f_{\text{кир}} = 0,2 F_n$ бўлганда (бу ерда F_n — поршеннинг юзаси) поршеннинг ўртача тезлиги $V_n = 8 \div 15 \text{ м/сек}$ га мос келади. Чиқариш клапанлари учун газларнинг ўтиш тезлиги $V_{\text{чик}} = 80 - 120 \text{ м/сек}$.

Лойиҳаланувчи двигателнинг тузилишига қараб газнинг ўтиш тезлигини, бир хил номли клапанлар сонини, F_n ва V_n нинг қийматларини қабул қилсак, клапаннинг ўтиш кесими юзасини аниқлаш мумкин.

Клапаннинг кўтарилиш баландлиги h билан клапан ўтиш кесими юзаси орасидаги боғланишни аниқлаш учун, у кири-

тиш каналнинг кесими юзасига тенг деб олинади, бунда клапан стерженининг диаметри эътиборга олинмайди (226-расм).

Киритиш клапани h қийматга очилганда карбюраторли двигателларда ёнувчи аралашма ва дизелларда ҳаво учун ўтиш кесими қирқилган конус сиртга ўхшайди, унинг ясовчиси АВ клапаннинг таянч юзасига ва ўриндиқнинг давом эттирилган юзасига тик бўлади. Бу ўтиш кесимининг юзаси:



226- расм. Клапаннинг тўлиқ очилгандаги ҳолати

$$f_k = \pi \frac{d + d_2}{2} AB = \pi \frac{d + d_2}{2} h \cos \alpha.$$

Бу ерда

$$d = d_2 + 2h \cos \alpha \sin \alpha - d_2 + h \sin 2\alpha,$$

бўлгани учун

$$f_k = \pi \left(d_2 + \frac{h}{2} \sin 2\alpha \right) h \cos \alpha.$$

деб ёзиш мумкин,

бу ерда d_2 — клапан таянч юзасининг кичик диаметри;

h — клапаннинг максимал кўтарилиш баландлиги;

α — ўриндиқнинг фаска бурчаги.

Амалда $\alpha = 30^\circ$ ёки 45° қабул қилинади. $\alpha = 30^\circ$ бўлганда клапаннинг ўтиш кесими юзаси бирмунча катталашади, лекин бу ҳолда клапанни марказлаштириш қийинлашади.

Клапаннинг ўтиш кесими юзаси $\alpha = 30^\circ$ бўлганда:

$$f_{k30^\circ} = \pi h (0,866 d_2 + 0,375h),$$

$\alpha = 45^\circ$ бўлганда эса

$$f_{k45^\circ} = \pi h (0,707 d_2 + 0,353h).$$

Клапаннинг кўтарилишини маълум чегарагача ошириш мақсадга мувофиқ, чунки клапаннинг ўтиш кесим юзаси f_k ни $\frac{\pi d_2^2}{4}$ дан, яъни бўғизнинг юзасидан катта қилиш ярамайди (клапан стерженининг юзаси ҳисобга олинмаганда). Шундай қилиб, клапаннинг максимал кўтарилиш баландлиги h_1 юзларнинг тенглик шarti $f_k = f_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$ га биноан аниқланади ва α бурчагининг қийматига боглиқ;

$\alpha = 0^\circ$ бўлганда (текис клапан) $h = 0,25 d_2$;

$\alpha = 30^\circ$ бўлганда $h = 0,26 d_2$;

$\alpha = 45^\circ$ бўлганда $h = 0,30 d_2$;

Мавжуд автомобиль двигателларида $h = (0,22 \div 0,33) d_2$ олинади. Кичик қийматлар киритувчи клапанлар учун $\alpha = 30^\circ$ бўлганда тааллуқли. 21- жадвалда киритиш ва чиқариш клапанларининг ўлчамлари цилиндрнинг диаметри D га ва клапаннинг диаметри d_2 га боғлиқ ҳолда келтирилган.

21- жадвал

Автомобиль двигателлари киритиш ва чиқариш клапанларининг асосий ўлчамлари (226- раем)

Ўлчамлар	Формула
Клапан диаметри:	
иккита клапан бўлганда	$d_2 = (0,35 \div 0,45) D$
тўртта клапан бўлганда	$d_2 = (0,30 \div 0,34) D$
Клапаннинг кўтарилиш баландлиги	$h = (0,22 \div 0,33) d_2$
Диаметри:	
клапан каллаги	$d_1 = (1,06 \div 1,12) d_2$
клапан стержени	$d_c = (0,2 \div 0,28) d_2$
Клапан каллаги таянч юзасининг кенглиги	$e = (0,08 \div 0,12) d_2$
Пружина диаметри:	
ташқи	$D_T = (0,72 \div 0,9) d_2$
ички	$D_H = (0,50 \div 0,75) d_2$

Кулачоклар бир тақсимлаш валига жойлашганда ҳар бир кулачок одатда бир клапанга (ёки бир цилиндрни бир хил номли клапанларига) хизмат қилади. Бу ҳолда тўрт тактли циклда тақсимлаш валининг айланишлар сони тирсакли вал айланишлар сонидан икки баравар кам бўлиши керак.

Цилиндрларнинг ишлаш тартиби двигателнинг танланган ишлаш тартибига боғлиқ, шунинг учун кулачоклар тақсимлаш валига шундай ўрнатилган бўлиш керакки, улар цилиндрдаги поршенларнинг бир хил номли йўлининг такрорланиш тартибига мос равишда клапанларга таъсир қилсин.

Кулачокнинг профилини тузишда қуйидаги тушунчаларга асосланилади:

1) клапаннинг очилиш ва ёпилиш вақтини мумкин қадар қисқартириш мақсадга мувофиқ, бу ҳолда киритишнинг давом этиш вақти маълум бўлиб, клапандаги ўтиш кесими юзаси катта бўлади ва, бинобарин, двигатель цилиндри зарядга кўпроқ тўлади;

2) клапаннинг очилиш ва ёпилиш вақти камайиши билан унинг тезланиши, шунингдек, инерция кучлари ўсади; шунинг

учун клапаннинг силжиш вақти каттароқ бўлиши керак, акс ҳолда инерция кучлари катталашиб, тақсимлаш механизмини мустаҳкамлаш қийинлашади;

3) клапан очила бошлаганда ва айниқса, ўриндиққа ўтираётган пайтда унинг силжиш тезлиги кам бўлиши керак, акс ҳолда катта зарб кучи ҳосил бўлиб, барча механизмнинг иши бузилади.

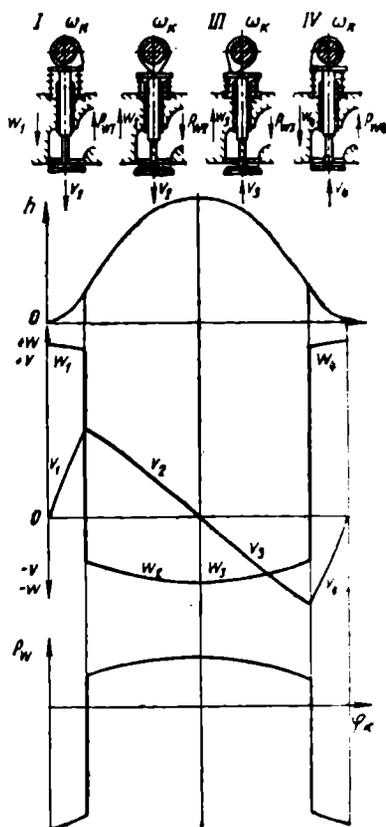
Клапаннинг ҳар бир ҳаракат циклини тўрт даврга бўлиш мумкин (227- расм).

Биринчи давр—клапаннинг очилиши (I схема). Бу даврда тезлик v_1 ва тезланиш w_1 нинг йўналишлари бир-бирига тўғри келади, бироқ клапаннинг бу ҳаракатида содир бўладиган инерция кучи P_w тезланишга қарама-қарши томонга йўналган бўлиб, пружинанинг эластиклик кучи билан биргашу пружинани юклайди.

Максимал тезликка эришилган пайтдан иккинчи давр бошланади (II схема). Бу давр давомида клапан секин ҳаракатланади ва максимал кўтарилиш нуқтасида тўхтайтиди. Бу даврда тезланиш ўз белгисини ўзгартиради ва клапаннинг ҳаракат йўналишига қарама-қарши томонга йўналади. Инерция кучи ва клапан йўналишлари бир-бирига тўғри келади, яъни у клапанни кулачокдан ажратишга интилади.

Клапан билан кулачокнинг кинематик боғланишини сақлаш учун клапанни кулачокка сиқиб турадиган (бевосита ёки оралиқ деталлар орқали) пружинанинг эластиклик кучи инерция кучидан катта бўлиши зарур.

Клапан максимал очилиш нуқтасида тўхташи билан учинчи давр бошланади (III схема), бу вақтда клапан пружинанинг эластиклик кучи таъсирида аввалги ҳолатига қайтади. Бунда клапан ҳаракати тезлашади, тезлик ва тезланиш йўналишлари эса бир-бирига мос келади. Инерция кучининг йўналиши иккинчи даврдаги ҳаракат йўналишида қолади, яъни инерция



227- расм. Клапан учун кинематик диаграммалар ва инерция кучларининг диаграммаси

кучи клапанни кулачокдан ажратишга интилади. Бу давр да-
вомида пружинанинг эластиклик кучи инерция кучидан катта
бўлиши керак.

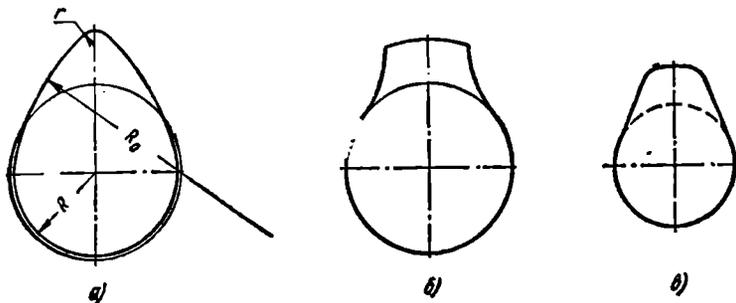
Максимал тезликка эришган пайтдан бошлаб тўртинчи
давр бошланади (IV схема); бу даврда тезлик максимумдан
нолгача тушади, тезлиниш эса, ўз йўналишини ўзгартириб
клапанни кулачокка қисувчи инерция кучини ҳосил қилади.

Клапан ҳаракати циклининг анализи шуни кўрсатадики,
пружина ўлчамларини камайтириш учун инерция кучи иккинчи
ва учинчи даврларда мумкин қадар кам бўлиши ва пружина
кучининг ўзгаришига мос ўзгариши, яъни клапан кўтарили-
ши билан равои ошиши лозим.

Замонавий автомобиль двигателларида қуйидаги профилли
кулачоклар қўлланилади: 1) қавариқ; 2) ботиқ; 3) газ тақсим-
лаш механизмининг зарбсиз ишлашини таъминлайдиган про-
филли кулачок.

Қавариқ шакл ҳар хил радиусдаги ёйлардан ҳосил қили-
нади (228- расм, а), ўзгармас тезланишли кулачок қабариқ
шаклли кулачокка мисол бўла олади (228- расм, б). Бу ку-
лачокда клапаннинг кўтарилиши ва тушиш эгри чизиғи пара-
бола ёйларидан иборат.

228- расм, в да тангенциал кулачок профилли кўрсатилган.
Қавариқ профилли кулачок двигатель цилиндрларининг
яхши тўлишини таъминлайди. Бу кулачок унча катта бўлмаган
манфий тезланишга эга ва бинобарин, клапанни кулачокдан
ажратишга интиладиган манфий инерция кучлари кичик бў-
лади. Бу кучларни клапан пружинаси ўзига олади. Клапан
пружинаси қавариқ кулачок ишлатилганда бошқа профилли
кулачоклар қўлланилгандагига нисбатан сустроқ бўлиши мум-
кин. Қавариқ кулачокнинг камчиликлари шундан иборатки,
клапан кўтарилганда бошлаганда ва тушиш охирида тезлик ва
тезланишлар жуда катта бўлиб толкатель клапанга ва кла-
пан ўриндиққа зарб билан урилади. Зарб кучини камайтириш
учун газ тақсимлаш механизмидаги температуравий зазор-
ларни тўғри танлаш керак.



228- расм. Кулачокларнинг профиллари:

а — қавариқ; б — ботиқ; в — тангенциал

Қавариқ профилли кулачоклар пастки клапанли карбюраторли двигателларда ва секин юрар дизелларда кенг тарқалган.

Тезюрар двигателларда зарбсиз кулачоклар кенг ишлатилади. Уларнинг профили газ тақсимлаш механизмининг бикрлигини ҳисобга олмаган ва олган ҳолда клапаннинг берилган ҳаракат қонуни (клапаннинг тезланиш диаграммаси) га асосан қурилади.

Зарбсиз клапанларга қуйидаги талаблар қўйилади:

1) клапаннинг тезланиши текис ўзгариши; 2) мусбат ва айниқса манфий тезланишлар кам бўлиши; 3) клапан тебранмаслиги ва газ тақсимлаш механизмининг ҳаракатланувчи деталлари ўртасидаги кинематик боғланиш бузилмаслиги керак; 4) турткичнинг тезлиги оз клапан билан турткич бири-бирига уринган вақтда (зазор йўқолгандан кейин) тезлик минимал қийматга эга бўлиши лозим, бу эса клапаннинг ўриндиққа зарбсиз ўтириши учун керак; 5) қабул қилинган газ тақсимлаш фазалари сақланиши керак.

Газ тақсимлаш механизми деталларининг бикрлигини ҳисобга олмасдан лойиҳаланадиган кулачоклар қаторига Курц кулачоклари киради. Бу кулачоклар симметрик профилли бўлганда асосан айланишлар сони $n = 3500 - 4500$ ай./мин бўлган автомобиль двигателларида қўлланилади. Носимметрик профилли Курц кулачоклари айланишлар сони бундан каттароқ бўлган двигателларда ҳам қўлланиши мумкин.

Сўнги пайтларда газ тақсимлаш механизми деталларининг бикрлигини ҳисобга олган ҳолда, зарбсиз кулачокларни лойиҳалаш усули кенг қўлланила бошланди. Бундай усулларнинг бири „полидайн“ усулидир. Бу усул билан ҳисобланган кулачокларда турткич аввал ўзгармас тезланишда, сўнгра ўзгармас тезликда ҳаракатланади. Зазор йўқолган пайтда тезланишнинг кескин ўзгариши профилнинг камчилиги ҳисобланмайди, чунки бунда турткичнинг ҳосил бўладиган инерция кучлари газ тақсимлаш механизмининг ишига таъсир қилмайди.

Тадқиқотларга кўра, клапан ва ўриндиқ юзаларининг ейилиши клапаннинг кўтарилиш ва тушиш тезлигига анчагина боғлиқ. Жумладан тезлик икки баравар катталашганда бу юзаларнинг ейилиши 8 баравар ортиб кетган ҳоллар ҳам учраган. Бироқ клапан унча катта бўлмаган тезликда ўтирганда ўриндиқ ва клапан юзаларидаги қурумлар тўкилганидан, у мақсадга мувофиқ бўлади.

104- §. ГАЗ ТАҚСИМЛАШ МЕХАНИЗМИНИНГ ДЕТАЛЛАРИ УЧУН ИШЛАТИЛАДИГАН МАТЕРИАЛЛАР

Тақсимлаш валлари легирланган 15X, 15НМ ва 120ХНЗА маркали пўлатлардан ёки углеродли пўлат 40 ва 45 дан, ёки чўяндан тайёрланади. Пўлатдан ясалган тақсимлаш валлари-

нинг кулачоклари ва бўйинлари цементация қилинади сўнгра тобланади ёки фақат сирти тобланади, чўян валлар эса оқартирилади.

Тақсимлаш шестернялари учун 20 ва 45 маркали пўлат ёки кул ранг чўян ишлатилади. Ишлаш пайтида шовқинни камайтириш мақсадида шестерня тишлари эгри қилинади ва шестернянинг ўзи эса текстолитдан тайёрланади.

Толкателлар 15X, 20X, 12XНЗА ва 18XНЗА маркали лигерланган пўлатлардан тайёрланади, пўлат 45 дан тайёрланганда сирти тобланади. Айрим двигателларда турткич оқартирилган чўянлардан тайёрланади. Турткичнинг иш торецларининг қаттиқлиги *HRC* 54—56 дан кам бўлмаслиги керак.

Чиқариш клапанлари карбюраторли двигателларда ЭСХ8, Х9С2, Х10СМ, Қ12Н7С, ЭН107 ва ЭЯ2 маркали пўлатлардан тайёрланади. Материалларни тежаш мақсадида қатор двигателларда иссиқ бардош пўлатлар фақат клапанлар каллаги учун ишлатилади, стерженлар бўлса, пўлат 40X ёки 40XН дан тайёрланади, сўнгра бу деталлар пайвандланади. Чиқариш клапанларининг коррозияга чидамлилигини ошириш ва иш сиртининг ейилишини камайтириш учун иш сиртига ва клапанлар каллагига цилиндр томонидан ВЗК (кобальт асосли) қаттиқ қотишма, темир асосли сормайт ёки стеллит (60% Ni ва 15% Cr) 1,5—2,5 мм қалинликда қопланади.

Киритиш клапанлари учун хромли ва хром-никелли пўлатлар 40X, 40XН, 50XН, 37С ва 40XНМА ишлатилади.

Клапанлар ўриндиғи кул ранг перлитли чўянлар СЧ 24-48 пўлат 45 дан тайёрланади. Айрим ҳолларда клапанлар ўриндиғи оқартириладиган чўяндан ишланади, бунда ўриндиқ зарбли нагрузкага ва газларнинг химиявий таъсирига чидамли бўлади. Бундан ташқари, ўриндиқлар учун аниқ қўйилган ҳалқаларга ишлов бериш уларни фақат жилвирлаш билан чегараланади, йўнилмайди ва ишқалаб мосланмайди.

Йўналтирувчи втулкалар чўяндан ёки алюминийли бронзадан тайёрланади.

Пружиналар учун пўлат 60Г, 65Г, 50ХФХ ва П1 дан ясалган диаметри 3—5 мм ли сим қўлланилади.

Тарелка, пружина ва клапан стерженини (сухарлар, чувлар)ни маҳкамлаш деталлари пўлат 40, 45, 12НЗА дан ва чўян СП-4Ф дан тайёрланади.

Коромислолар углеродли пўлат 20 ва 30 дан штамповкеланади. Легирланган пўлат 20XНЗА, 12XЗХ, ЭИ274 ва бошқалар ҳам қўлланилади. Коромислонинг зарбий қисми термик ишлов ёрдамида қаттиқ қилинади.

МОЙЛАШ СИСТЕМАСИ

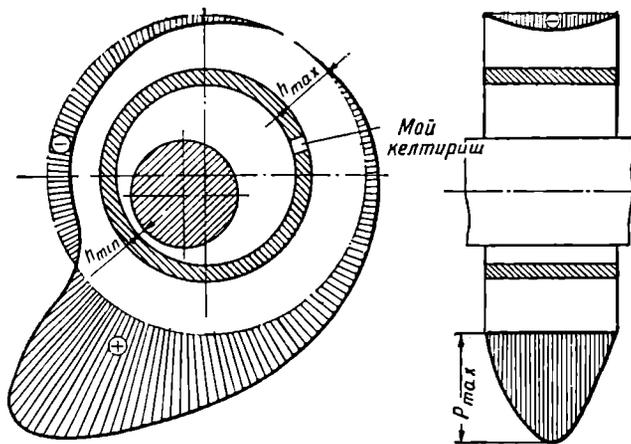
105- §. АСОСИЙ ҚОИДАЛАР

Двигатель ишлаганда турли деталларнинг мойлаш шароитлари ҳар хил бўлади. Ишқаланишдаги исрофлар ва сиртларнинг ейилиши фақат суюқ ишқаланиш бўлгандагина кам бўлади. Шунинг учун ўзаро ишқаланиб ишловчи деталларнинг конструктив шакллари ва уларни мойлаш системаси суюқ ишқаланишни қўлланишга яхши шароит яратиши керак.

Ишқаланувчи сиртларнинг ортиқча ейилиши, қизиши ва қадалишига йўл қўймаслик, ишқаланишга индикатор қувватни кам сарфлаш ва ишлаш пайтида ишқаланувчи сиртлардан ажраладиган иссиқликни кеткизиш учун двигателни мойлаш зарур. Баъзи бир двигателларда мойлаш системасидан деталларни (поршень ва бошқаларни) мажбуран совитиш учун фойдаланилади.

Двигателларда тирсакли валнинг ўзак подшипниклари энг кўп юкланган бўлади. Ўзак подшипниклар узлуксиз ўзгарувчан нагрузка ва тезлик шароитларида ишлайди, шунингдек, уларга киритилаётган мой босими, температураси ва қовушоқлиги ўзгарувчан бўлади. Подшипникларнинг пухталиги ва чидамлилиги улар билан бириккан деталларнинг қаттиқлигига, тузилишига ва подшипникларнинг материалига, уларнинг аниқ тайёрланиши ва ўрнатилишига, иш шароитларига, мойнинг сифатига ва уни ишқаланувчи сиртларга келтириш усулига боғлиқ.

Подшипникнинг кўндаланг ва бўйлама кесимлари учун мой қатламидаги босим эпюраси 229- расмда келтирилган. Подшипникнинг мой қатламида юкланган жойнинг узунлиги марказий бурчаги $120\text{—}130^\circ$ ли ёй узунлигига тўғри келади. Мой подшипникка паст босимли жойдан киритилади. Мой подшипникнинг торецларидан оқиб чиқади: мойнинг кўп қисми юклан-



229- расм. Подшипникнинг мой қағламидаги гидродинамик босимларнинг эпюраси

маган зонадан, оз қисми эса юкланган зонадан чиқади. Бунинг натижасида подшипник нотекис совитилади, юкланган зонада мой температураси ошади, унинг қовушоқлиги камаяди, яъни мой кўп сарфланади. Подшипникнинг узоқ, пухта ишлашини таъминлайдиган мой қатламининг минимал қалинлиги 8 *мкм* ни ташкил қилади (8—9 класс тозаликда ишланган вал бўйинлари ва вкладишларнинг нотекислигини ҳисобга олганда).

Юқори температура, ишқаланувчи сиртлар йўналишининг даврий ўзгариши нағрузка таъсирида деталларнинг деформацияланиши ва бошқа факторлар туфайли поршень группаси деталларида ҳамда чиқариш клапани билан втулкада суюқ ишқаланишни ҳосил қилиб бўлмайди. Шунинг учун ҳам кўрсатилган деталлар қатор ҳолларда ярим суюқлик ва қуруқ ишқаланиш шароитида ишлайдилар.

106- §. МОЙЛАШ СИСТЕМАСИ ТУРЛАРИ

Автомобиль двигателларидаги ишқаланиш узелларига мой узатиш усулларига қараб мойлаш системасининг қуйидаги турлари бор: 1) сачратиб мойлаш; 2) босим остида мойлаш ва 3) комбинацияланган усулда мойлаш.

Сачратиб мойлаш системасида тез айланувчи деталлар (масалан, тирсакли вал) мойни майда томчиларга парчалайди. Натижада картердаги бўшлиқ мойнинг майда томчилари билан тўлади. Бу томчилар ишқаланувчи сиртлар орасидаги зазорга киради. Мойлашнинг бу тури айрим эски конструкцияли двигателларда қўлланилган. Ҳозирги вақтда бу усул кам қўлланилади, чунки унинг муҳим камчиликлари бор (мой кўп сарф-

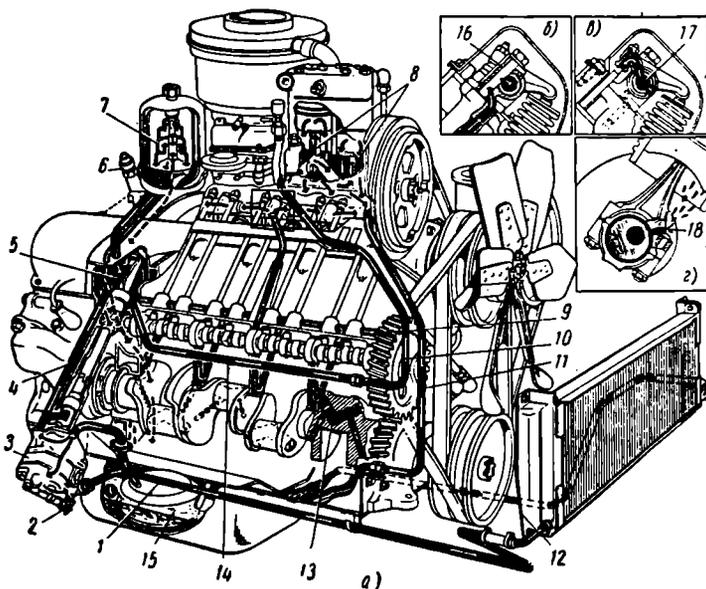
ланади, тез оксидланади, двигателнинг асосий деталлари етарли даражада мойланмайди ва ҳоказо).

Босим билан мойлаш системасида мой насос ёрдамида картердан каналлар бўйлаб ишқаланувчи сиртларга берилди, сўнг бу сиртлардан яна картерга оқиб тушади. Мойлашнинг бу турида мой ишқаланувчи сиртларга зарур миқдорда берилди ва унинг жадал циркуляция қилишини таъминланади.

Замонавий автомобиль двигателларида комбинацияланган мойлаш системаси қўлланилади: энг кўп юкланган сиртлар (тирсакли валнинг шатун ва туб подшипниклари, тақсимлаш валининг подшипниклари ва ҳақозолар) босим остида қолганлари эса сачратиш усули билан мойланади.

Комбинацияланган мойлаш системаси ҳўл картерли (картер мой билан тўлдирилган) ёки қуруқ картерли (мойсиз картер) бўлиши мумкин.

Кўпчилик автомобиль двигателларида ҳўл картерли мойлаш системаси қўлланилади.



230- расм. ЗИЛ-130 двигателнинг мойлаш системаси:

a — умумий мойлаш схемаси; *б* — коремисло ўқларига мой юбориш; *в* — мойнинг коремисло бўйлаб оқиши; *г* — цилиндр деворларининг мойлаш;
 1 — мой радиаторига мой юборадиган трубка; 2 — мой радиаторини улайдиган жўмак; 3 — мой радиатори; 4 — насосдан филтрларга мой келтирадиган канал; 5 — тақсимлаш камераси; 6 — мойни дагал тозалаш филтри; 7 — мойни майини тозалаш филтри (центрифуга); 8 — компрессорнинг кривошип-шатунли группасининг мойлаш учун каналлар; 9 — чап магистраль канал; 10 — компрессорнинг мойлаш учун мой юбориладиган трубка; 11 — компрессордан мойни тушириб олиш трубкаси; 12 — радиатордан мойни тўкиш трубкаси; 13 — тирсакли валнинг шатун бўйларига мойни марказдан қочма усулда тозалаш жойлари; 14 — ўнг магистраль канал; 15 — мой қабул қилгич; 16 — клапан коремислосининг стойкасидаги канал; 17 — коремислосининг ичи бўш ўқи; 18 — мойни цилиндрнинг деворларига сачратиш учун шатун тапасидаги тешик

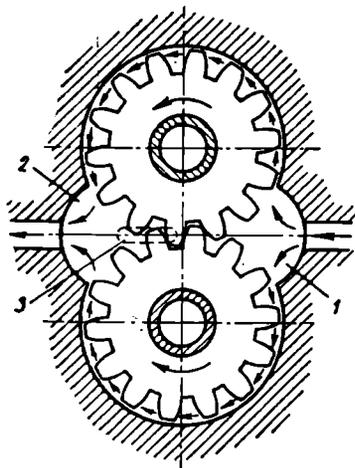
230- расмда ЗИЛ-130 двигателнинг мойлаш системаси келтирилган. Бу схема замонавий карбюраторли двигателлар учун типик ҳисобланади. Юқори айланишли двигателларда картерда кучли кўпик ҳосил бўлгани учун қуруқ картерли система қўлланилади, чунки мой насоси кўпикни сўрганда мой бериш тўхтайти. Қуруқ картерли мойлаш системаси тик жойларга кўтарила оладиган автомобиль двигателларида ҳам қўлланилади. Двигатель қияланганда картерни қуритиш учун одатда иккита картернинг олди ва орқа қисмларида сўрувчи насос ўрнатилади. Қуруқ картерли мойлаш системасининг афзалликлари: двигателнинг баландлиги камаяди ва мой оз сарфланади, чунки мой чайқалмайди ва цилиндр деворига ортиқча бормади.

107- §. МОЙЛАШ СИСТЕМАСИНING АСОСИЙ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

Босим остида ва комбинацияланган усулда мойлаш системалари мой насослари, мойни дағал ва тиниқ тозалаш фильтрлари, мой магистраллари, мой радиатори ва контрол асбоблардан иборат.

1. Мой насоси

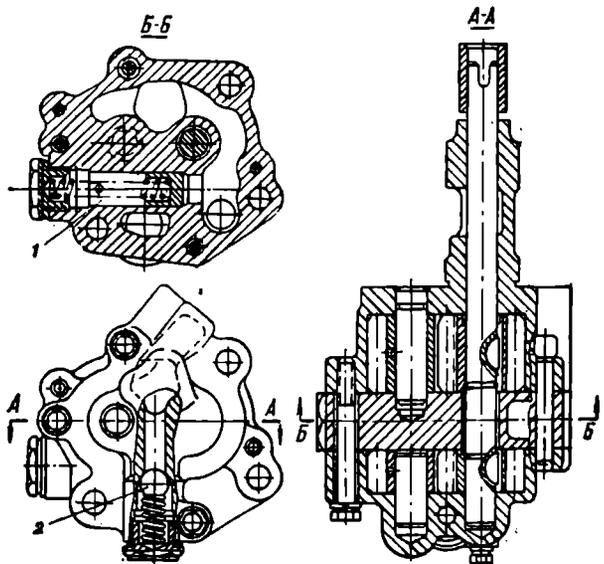
Мой насоси мойнинг айланиб оқишини таъминлайди. Автомобиль двигателларида шестерняли (шестернялари ташқи тишлашган) мой насослари ишлатилади. Бу насослар енгил, оддий ва ихчам тузилган бўлиб, пухта ишлайди. Коловратли ва плунжерли насослар кам қўлланилади.



231- расм. Шестерняли насос схемаси

Шестерняли насос (231- расм) иккита шестернядан иборат бўлиб, уларнинг бири валик орқали айланма ҳаракатга келтирилади, иккинчиси эса ўқда эркин айланади. Мой шестерняларнинг тишларига илашиб, кириш тешиги 1 дан ҳайдаш бўшлиғи 2 га ўтади. Тишлар илашганда улар орасида ёпиқ ҳажм ҳосил бўлиб, бу ерда мой кучли сиқилади ва насос нотекис ишлай бошлайди. Бунга йўл қўймаслик учун кожухнинг торец деворида чуқурча 3 ясалади, шу туфайли сиқилган мой ҳайдаш бўшлиғига оқиб ўта олади.

Кўпчилик карбюраторли двигателларда системанинг текис ва шовқинсиз ишлашини таъминлаш учун мой насоси винтавий шестер-



232- расм. ЗИЛ-130 двигателнинг мой насоси

нялар ёрдамида ҳаракатлантирилади. Буларнинг етакчиси бевосита тақсимлаш вали билан бирга тайёрланади.

Мойлаш системасининг пухта ишлаши учун кўпчилик автомобиль двигателларида икки ва уч секцияли насослар ўрнатилади.

232- расмда ЗИЛ-130 двигателнинг икки секцияли шестерняли насоси келтирилган. Юқоридаги секция мойни двигателнинг мойлаш системасига ва марказдан қочма тиниқ тозалаш филтрига узатади, пастки секция эса мой радиаторига узатади. Секцияларни ажратувчи қопқоқда юқори секциянинг $0,3 \text{ Мн/м}^2$ (3 кг/см^2) босимга ҳисобланган редукцион клапани ўрнатилган. Бу клапан мойни мой насосининг ҳайдаш секциясидан сўриш секциясига ўтказиб юборади. Пастки секция учун насос корпусида шарикли ўтказиш клапани 2 жойлашган. Мойлаш системасидаги босим $0,12 \text{ Мн/м}^2$ ($1,2 \text{ кг/см}^2$) бўлганда шарикли клапан очилиб, мойни сўриш секциясига қайта ўтказиб юборади.

Мой насосининг иш унуми двигателда циркуляция қилиши керак бўлган мой миқдорига боғлиқ.

Вақт бирлигида мой насосидан мойлаш системасига ўтадиган мойнинг умумий миқдори (циркуляцияга сарфланадиган мой) карбюраторли ва газавий двигателлар учун қуйидагича аниқланади:

$$V_{\text{ц}} = (9 \div 13) \cdot 10^{-3} N_{\text{е}} \text{ л/соат,}$$

бу ерда N_e — *вт* да,

дизеллар учун (совитилувчи поршенлар қўлланилганда)

$$V_{ц} = (26 \div 34) \cdot 10^{-3} N_e \text{ л/соат}$$

Эски бирликларда (N_e — от кучи), карбюраторли двигателлар учун $V_{ц} = (7 \div 10) N_e \text{ л/соат}$;

дизеллар учун эса

$$V_{ц} = (20 \div 25) N_e \text{ л/соат.}$$

Мой насосининг ҳақиқий иш унуми V_x мойнинг циркуляцияга сарфланадиган миқдоридан кўп бўлиши керак. Одатда карбюраторли двигателлар учун $V_x = (18 \div 16) \cdot 10^{-3} N_e \text{ л/соат}$ (эски бирликларда $V_x = (14 \div 20) N_e \text{ л/соат}$, бу ерда N_e — от кучи); дизеллар учун $V_x = (26 \div 52) \cdot 10^{-3} N_e \text{ л/соат}$ [$V_x = (20 \div 40) N_e \text{ л/соат}$]; ЯАЗ двигателлари учун поршень мой билан совитилганда

$$V_x = 60 \cdot 10^{-3} N_e \text{ л/соат} (V_x = 44 N_e \text{ л/соат}).$$

Насоснинг иш унумини ошириш мойлаш системасида, двигателнинг барча иш режимларида, подшипниклардаги зазорларнинг катталашишини тахминий ҳисобга олиб, мойнинг нормал босимини таъминлаш учун зарурдир. Системадаги мойнинг босими редукцион клапан ёрдамида созилади.

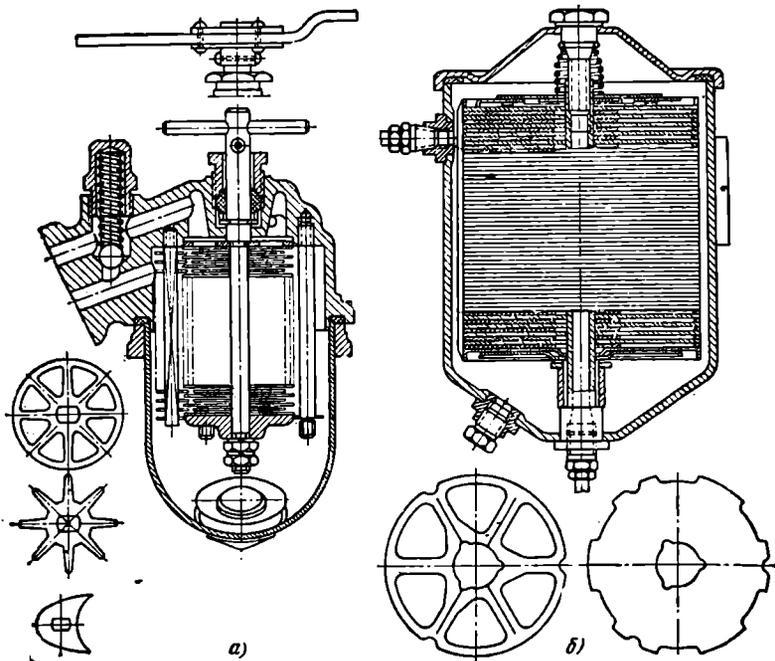
Нормал иситилган двигателда мойнинг босими камида $0,15 - 0,2 \text{ Мн/м}^2$ ($1,5 - 2 \text{ кг/см}^2$) ва кўпи билан $0,4 \text{ Мн/м}^2$ (4 кг/см^2) бўлиши керак.

Куруқ қартерли мойлаш системаларида сўриб олиш насосларининг иш унуми мой ҳайдаш насослариникига нисбатан 2—2,5 марта кўп, бу эса қартердаги кўпирган мойни йўқотиш учун зарур.

Мой насосининг жойланиши ва уни ҳаракатга келтирилиш усули двигателнинг турига боғлиқ.

2. Мой филтрлари

Мой филтрлари икки гурпуага бўлиниши мумкин: тиниқ тозалаш филтрлари ва дағал тозалаш филтрлари. Дағал тозалаш филтрлари системага кетма-кет уланади ва улардан системада айланадиган ҳамма мой ўтказилади. Тиниқ тозалаш филтрлари мойлаш системасининг мой йўлларига параллел уланади ва улардан мойнинг бир қисми (10—20%) ўтади. Тозаланган мой поддонга тушиб, тозаланмаган мой билан яна аралашади. Филтрларни параллел улашнинг камчилиги шундан иборатки, тозаланган мой қартер тубига оқиб тушади ва двигателнинг ишқаланувчи юзаларига бормайди.



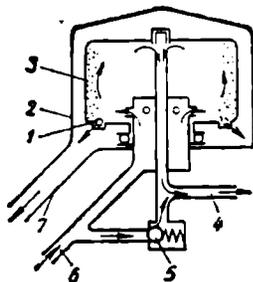
233- расм. Мой фильтрларининг конструктив схемалари:
 а — пластинка-тирқишли дағал тозалаш фильтри; б — картонли тиниқ тозалаш фильтри

Дағал тозалаш фильтрларининг фильтрловчи элементлари турли пластинка-тирқишли, тиниқ тозалаш фильтрларида эса картон, қоғоз, фетра ва ўзига синдирувчи массали бўлиши мумкин.

133- расм, а да пластинка-тирқишли дағал тозалаш фильтри кўрсатилган. Бу фильтр ўлчами 0,07 мм ва ундан йирик механикавий заррачаларни ушлаб қолади. Дағал тозалаш фильтрларида ўтказиб юбориш клапанлари бор. Мойлаш системасида қаршилиқ ортганда (двигателни иситиш пайтида ёки фильтрловчи элемент ҳаддан ташқари ифлосланганда) ўтказиб юбориш клапани очилиб, мойни фильтр ёнидан ўтказиб юборди. Ўтказиб юбориш клапанининг пружинаси 0,8 — 1,2 Мн/м² (0,8 — 1,2 кг/см²) босимлар фарқига созланган бўлади.

Тиниқ тозалаш фильтрлари (233- расм, б) мойнинг йириклиги 0,001 мм гача бўлган механикавий заррачалардан тозалайди.

Кейинги пайтларда марказдан қочма турдаги тиниқ тозалаш фильтрлари (центрифугалар) кенг қўлланилмоқда. 234- расмда гидравлик юритмали центрифуганинг схемаси келтирилган. Фильтр қўзғалмас цилиндрик корпус 2 дан ва



234- расм. Мойни марказдан қочма усулда тозалайдиган фильтр (центрифуга) нинг схемаси:

1 — жиклёр; 2 — корпус; 3 — ротор; 4 — мой магистралига туташган канал; 5 — қайта ўтказиб юбориш клапани; 6 — насосдан мой юбориш трубкаси; 7 — мойнинг қартерга оқизадиган трубка

айланувчи фильтрловчи элемент—ротор 3 дан иборат. Мой насосидан $0,25-0,3$ $Мн/м^2$ ($2,5-3,0$ $кг/см^2$) босим остида трубка 6 бўйлаб роторга келаётган мой роторнинг пастки қисмидаги жиклёрлар 1 дан катта тезлик билан оқиб чиқади.

Жиклёрлардан босим билан отилиб чиқадиган мой оқимининг реактив кучлари роторнинг $5000-8000$ $айл/мин$ тезликда айланишини таъминлайди. Шунда мойдаги аралашмалар роторнинг ён деворларига ташланиб ўтириб қолади. Тозаланган мой фильтрнинг корпусидан канал 4 орқали мой магистралига узатилади, трубка 7 бўйлаб эса двигателнинг қартерига оқиб тушади. Қизитилган двигателни ишга туширишда мой центрифугага кирмасдан ўтказиш клапани 5 орқали канал 4 га ўтиши мумкин.

Центрифуга мойлаш системасига кетма-кет уланганида насос узатаётган мойнинг ҳаммаси ротор орқали ўтади. Шунда ҳам йирик, ҳам майда механикавий заррачалар филтёрда ушлаб қолинади, бунинг натижасида двигатель деталларининг ишқаланувчи юзалари кам ейилади.

ЗИЛ-130 автомобили двигателининг дағал ва тиниқ тозалаш филтёрлари 235- расмда кўрсатилган.

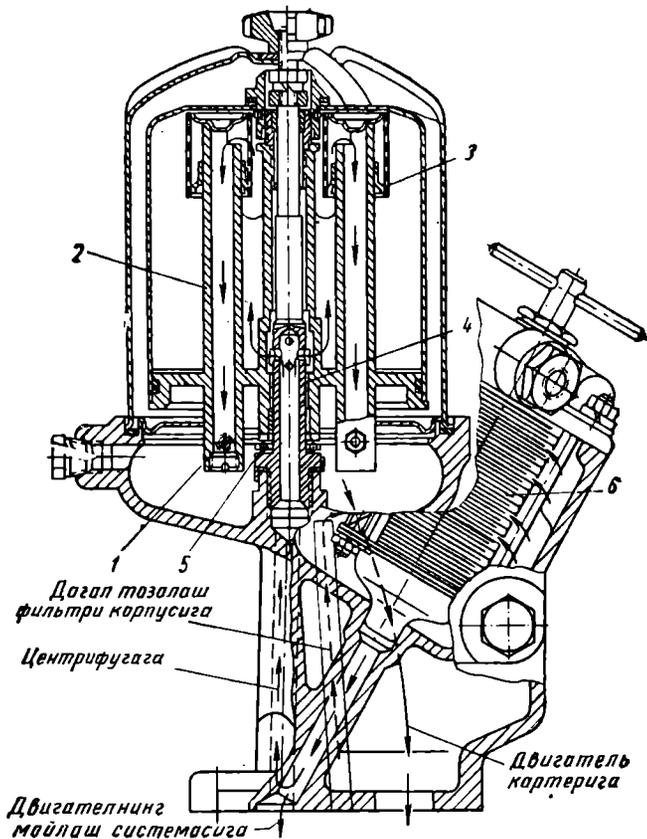
Мойни аввал марказдан қочма филтёр, сўнгра подшипниклар орқали мажбурий ўтказиш учун икки секцияли мой насоси қўлланилади. Насоснинг пастки секцияси двигателнинг қартеридан мойни марказдан қочма филтёрга, юқориги секцияси эса марказдан қочма филтёрдан асосий мой магистралига узатади.

Марказдан қочма филтёрлар мойни яхши тозалайди. Улар мойдаги намни яхши ушлаб қолади, бу эса двигатель деталларининг каррозияланиб ейилишини камайтиради.

3. Мой радиаторлари

Двигателларда мойни совитиш учун қўлланиладиган мой радиаторлари сув-мой ва ҳаво-мой радиаторларига бўлинади. Ҳаво-мой радиаторлари (ГАЗ-51, ЗИЛ-130 ва бошқа двигателлар) энг кенг тарқалган бўлиб, улар пухта ишлайди ва мойни яхши совитади. Одатда мой радиаторлари двигатель совитиш системасининг ҳаво оқими йўлига ўрнатилади.

Мой радиаторлари трубкали ва трубка—пластинкали қилиб тайёрланади. Қизитилмаган двигатель ишлаганда ва ташқи муҳит температураси паст бўлганда мой радиаторининг труб-



235- расм. ЗИЛ-130 двигателининг мой фильтри:

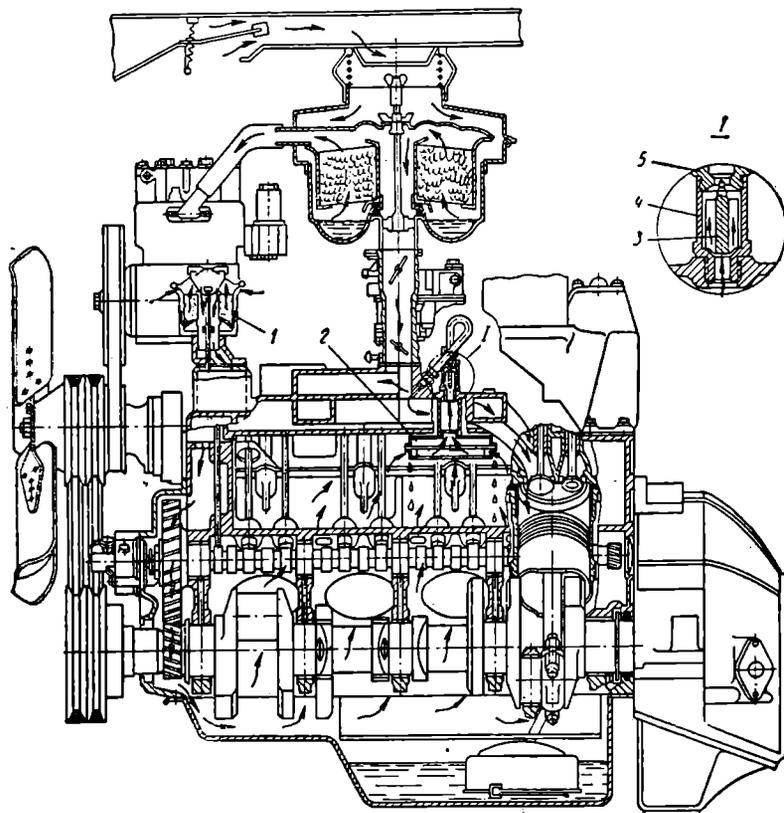
1 — калибirlанган тешик; 2 — центрифуганинг корпуси; 3 — тўр фильтр; 4 — ўқ; 5 — подшипник; 6 — дағал тозалаш фильтри

каларини бузилишдан сақлаш учун радиаторда ўтказиб юбориш клапани бор. Радиаторга келаётган мой босими $0,12 - 0,2 \text{ Мн/м}^2$ ($1,2 - 2,0 \text{ кг/см}^2$) дан ошганда клапан очилади ва мой радиаторга кирмасдан ўтади.

4. Контрол асбоблар

Мойлаш системасининг контрол асбоблари мойлаш системасидаги мой босимини текширадиган манометр ва температурасини кўрсатадиган термометрдан иборат. Ҳўл картерли мойлаш системасидаги мой сатҳини текшириш учун мой ўлчаш стержени бўлади.

Замонавий автомобиль двигателларида мойни совитиш режимини автоматик равишда бошқарувчи термостатлар, шунингдек, мойлаш системасидаги мой босимининг пасайганлигини билдирувчи асбоблар ҳам қўлланилади.



236- расм. ЗИЛ-130 двигателининг картерни шамоллатиш схемаси ва уни ҳаво билан таъминлаш:

1 — картерни шамоллатувчи ҳаво филтри; 2 — мойтутқич; 3 — картерни шамоллатиш клапани; 4 — корпус; 5 — штуцер

5. Картерни шамоллатиш

Поршень ҳалқаларининг нозич жойлари орқали ўтган газларни ва мой буғларини ташқарига чиқариб юбориш учун картерни шамоллатиш зарур. Картерни махсус тузилма ёрдамида шамоллатилади. Бу тузилма картер бўшлигини бир томондан ташқи муҳит билан (мой қўйиладиган бўғиз орқали), иккинчи томондан эса карбюратор ёки киритиш трубопроводи билан боғловчи трубалар системасидан иборат. Сўриш жойида картердан газлар ва буғлар билан чиқадиган мой томчиларини тутиб қоладиган мослама қўйилади. Киритиш патрубкисига махсус мой қуйиш бўғизи ўрнатилади. Бу бўғизга ҳаво филтри қўйилади.

236- расмда ЗИЛ-130 двигателининг картерни шамоллатиш системаси кўрсатилган.

СОВИТИШ СИСТЕМАСИ

108- §. СОВИТИШ СИСТЕМАСИНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ
ВА УЛАРНИНГ ТУРЛАРИ

Двигателни совитганда цилиндрлардан мажбуран олинadиган иссиқлик ташқи муҳитга берилади. Цилиндрни совитувчи муҳит ва унинг ҳолати турлича бўлиши мумкин; шу белгиларга биноан совитиш системалари қуйидагича бўлади:

1) суюқлик билан совитиш системаси — совитувчи муҳит сифатида сув ёки юқори температурада қайнайдиган бошқа суюқлик қўлланилади;

2) ҳаво билан совитиш системаси — деталлар ҳаво оқими билан совитилади;

3) буғлатувчи совитиш системаси — қизиган деталларни ювиб турувчи суюқликнинг буғланиши натижасида иссиқлик тарқатилади.

Автомобиль двигателларида суюқлик ва ҳаво билан совитиш системалари қўлланилади. Двигателнинг иссиқлик ҳолати суюқлик билан совитишда совитувчи суюқлик ва мой температурасига қараб аниқланади, ҳаво билан совитишда эса мой температураси билан баҳоланади.

Ҳаво билан совитиладиган двигателларнинг иссиқлик ҳолати баъзан совитувчи ҳавонинг чиқиш жойига ёки кучли қизийдиган цилиндрдаги ёндириш свечаси тагида ўрнатилган термोजуфт ёрдамида ўлчанган шартли температура билан баҳоланади. Двигателдан ташқи муҳитга олинadиган иссиқлик цилиндрда ҳосил бўлган, лекин механикавий энергияга айланмаган ва ишлатилган газлар билан чиқиб кетмаган иссиқликдан ва ҳаракатланувчи деталларнинг ишқаланишидан вужудга келадиган иссиқликдан иборат.

Тарқатиладиган иссиқликнинг катта қисми совитиш системаси орқали ташқи муҳитга, оз қисми эса мойга ва двигатель деталларининг сиртқи юзасидан бевосита ташқи муҳитга ўтади.

Совитиш системаси двигателнинг иссиқлик режимини бир меъёрда сақлаши керак. Двигатель ортиқча қизиб кетганда ишқаланувчи юзалар ёмон мойланади ва мой куйиб кетади. Мой куйганда ўзаро бирикиб ишлайдиган деталлардаги зазорлар бузилади ва двигатель ишдан чиқади. Двигатель бир оз ортиқча қизиганда ҳам унинг тежамлилиги ёмонлашади, яъни цилиндрларнинг янги зарядга тўлиши камаяди, карбюраторли двигателларда детонация ҳосил бўлади, дизелларда ёнувчи аралашма ўз-ўзидан алангланади. Двигатель ортиқча совуқ бўлса, ёнилги заррачалари конденсацияланади, аралашма ҳосил қилиш ва иш аралашмасининг ёниши ёмонлашади, ёниш тезлиги камаяди ва натижада двигателнинг қуввати ҳамда тежамлилиги пасаяди.

109- §. СУЮҚЛИК БИЛАН СОВИТИШ СИСТЕМАСИ

Суюқлик билан совитиш системасида ҳаракатланувчи суюқлик цилиндрлар деворларидан, блок головкасида ва бошқа қизиган деталлардан иссиқликни олиб, радиатор орқали ташқи муҳитга узатади.

Совитувчи суюқликнинг системада ҳаракатланиш усули бўйича термосифонли ва суюқлик мажбурий ҳарақатлантириладиган (насосли) системалар мавжуд.

Термосифонли совитиш системаларида суюқлик иссиқ ва совуқ суюқликлар зичлигининг фарқи натижасида ҳаракатланади. Насосли совитиш системаларида суюқлик махсус насос ёрдамида ҳаракатлантирилади. Бу система пухтароқ ишлайди ва бундан ташқари, унинг массаси ва ҳажми термосифонли совитиш системасидан анча кам.

Автомобиль двигателларида мажбурий совитиш системаси қўлланилади. Одатда иссиқлик ўтказувчи модда сифатида сув ишлатилади. Бироқ сув паст температурада қайнаб, юқори температурада музлагани учун уни бошқа совитувчи модда билан алмаштириш мақсадга мувофиқ. Ҳозирги пайтгача ҳамма талабларга жавоб берадиган совитувчи суюқлик (қайнаш температураси юқори, музлаш температураси паст, иссиқлик сиғими етарли даражада катта, қовушоқлиги кам, занглатмайдиган, яхши намлайдиган, физикавий хоссалари ва химиявий таркиби ўзгармас, арзон, сақлаш ва ишлатиш қулай бўлган суюқлик) топилмаган. Двигателларни қишда ишлатишда глицерин билан гликольнинг сувли аралашмалари кенг қўлланилади. Бундай суюқлик музлаш температурасини минус 40—65°C гача пасайтиради.

Суюқлик билан совитиладиган двигателлар учун, ёпиқ системаларда (совитиш системаси буғ-ҳаво клапани билан жипс ёпилган), совитувчи суюқликнинг 100°C гача исиши, очик системаларда эса (совитиш системаси атмосфера билан контрол трубка орқали боғланган) 90—95°C гача исиши рухсат этилади.

Замонавий автомобиль двигателларида суюқлик мажбурий ҳаракатлантириладиган ва суюқлик температураси термостат билан, ҳаво температураси эса радиатор олдидаги жалюза билан ростланадиган ёпиқ совитиш системаси қўлланилади.

Мажбурий совитиш системаси қўйидаги элементлардан иборат: цилиндрларни ва цилиндрлар головкасини совитиш ғилофи, сув насоси, радиатор, вентилятор, ёрдамчи ускуналар ва контрол ўлчаш асбоблари (термостатлар, жалюзалар, термометрлар ва манометрлар).

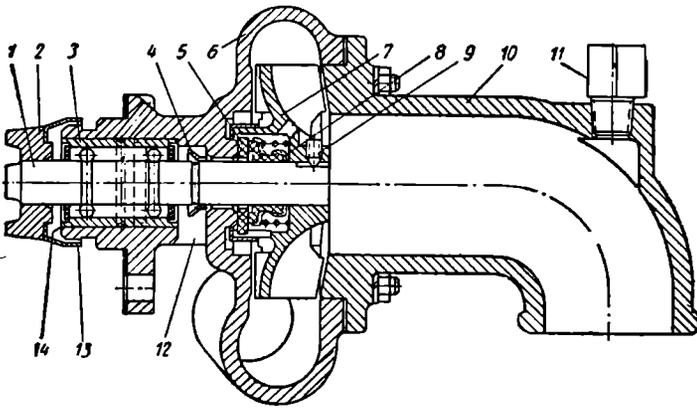
1. Совитиш ғилофи

Цилиндрларни ва цилиндр головкасини совитиш ғилофи блокнинг ва головканинг мустақкамлигини ва, уларни тайёрлаш технологиясининг осон бўлишини ҳисобга олиб лойиҳаланади. Ғилофда сув секундига 0,5—1,0 м тезликда оқади. Ҳамма цилиндрларни бир текис совитиш учун совитувчи суюқлик ҳар бир цилиндрга алоҳида келтирилади. Бунинг учун цилиндрлар блоки ичида канал қилинади ва бу канал бўйлаб сув ана шу канал деворидаги дарчалар орқали ўтиб цилиндрга боради. Сув блокдаги ва цилиндрлар головкасидаги бир неча тешиклар орқали қайта оқиб чиқади. Бу тешиклар цилиндр головкасининг кучли қизийдиган зоналарида жойлашган. Цилиндрлар головкасининг ички бўшлиқлари шундай шаклга эга бўлиши керакки, системани сув билан тўлдирганда бўшлиқларда буғ ёки ҳаво пуфакчалари ҳосил бўлмаслиги керак. Бундан ташқари, сув чиқариш жўраги орқали тўкилганда совитиш системасида сув қолмаслиги керак.

Совитувчи суюқликни двигательга қўйидагича келтириш мумкин: 1) цилиндрларнинг пастки қисмига келтириш, бунда сув ҳеч қаерда тўхтаб қолмайди ва буг-ҳаво пуфакчалари ҳосил бўлмайди; 2) блокнинг юқори қисмига келтириш, бу ҳолда ғилофнинг пастки қисмида сув мажбурий ҳаракатланмайди, натижада гильзанинг пастки қисмининг температураси кўтарилади; 3) цилиндрлар головкасига келтириш, бу ҳолда суюқликнинг нисбатан кам қисми блокка келади, қолгани эса радиаторга беради. Суюқлик головкага келтирилганда блокларнинг совитиш ғилофида сув тўхтаб қоладиган жойлар ҳосил бўлади ва цилиндрлар ғилофига головкада дастлаб исиган суюқлик келади. Бунда суюқлик торец томондаги дарчалар орқали насос билан сўриб олиниши натижасида блокнинг ғилофида оқади. Бу система двигатель ишга тушгандан кейин гильзаларнинг тез қизишини таъминлайди.

2. Сув насоси

Совитиш системасида одатда марказдан қочма сув насоси қўлланилади. Насос вали вентиляторнинг вали билан яхлит ясалган бўлиб, тирсакли валнинг олди қисмидаги шкивдан



237- расм. ЯА3-М206 двигателнинг сув насоси:

1 — вал; 2 — юритманинг қудачокли муфтаси; 3 — подшипник; 4 — сув тушириб юборгич; 5 — сальникнинг таянч ҳалқаси; 6 — насос корпуси; 7 — қанотча; 8 — сальник манжетаси; 9 — стоп винт; 10 — трубади қопқоқ; 11 — компрессордан сува чиқариш штуцери; 12 — корпус дарчаси; 13 — мой қайтаргич; 14 — белги қўйиладиган жой

понасимон тасма билан ҳаракатга келтирилади (237- расм). Паррак билан сув насосининг корпуси орасидаги радиал зазор кўпи билан 1 мм, ўқ йўналишидаги зазор эса 0,2 мм бўлиши керак. Насос юритмасининг узатиш нисбати 0,98—1,95 га тенг. Бир погонали сув насосларининг сўриш патрубккаларида суюқликнинг тезлиги 2,5—3 м/сек дан ошмайди. Сув насоси ҳосил қиладиган энг катта босим совитиш системасининг қаршилигига боғлиқ. Совитиш системасининг нормал ишлаши учун суюқлик оқадиган йўлнинг исталган нуқтасидаги босим суюқликнинг буг ҳосил қилиш босимидан кичик бўлмаслиги керак. Автомобиль двигателларида сув насоси ҳосил қиладиган босим 35—150 кн/м^2 (3,5—15 м. сув. уст.) ни ташкил қилади. Насосни ҳаракатга келтириш учун сарфланадиган қувват двигатель эффектив қувватининг 0,2—0,5% и га тенг.

Совитиш системасининг пухта ишлаши учун насос корпусига кириш қисмида паррак олдида келаётган суюқликни айланма ҳаракатга келтириш учун йўналтирувчи винтли аппарат жойлаштирилади. Киришти каналларида суюқликнинг тезлиги 2,5—3 м/сек дан ошмайди.

3. Радиатор

Радиатор сувнинг иссиқлигини ташқи муҳитга узатиш учун хизмат қилади. Радиаторнинг совитиш кучини ошириш учун двигателдан келаётган иссиқ сув оқими қатор майда оқимларга бўлинади, бу оқимларнинг ҳар бири ҳаво билан пуфлаб совитиладиган трубка ёки канал бўйлаб ўтади. Автомобиль дви-

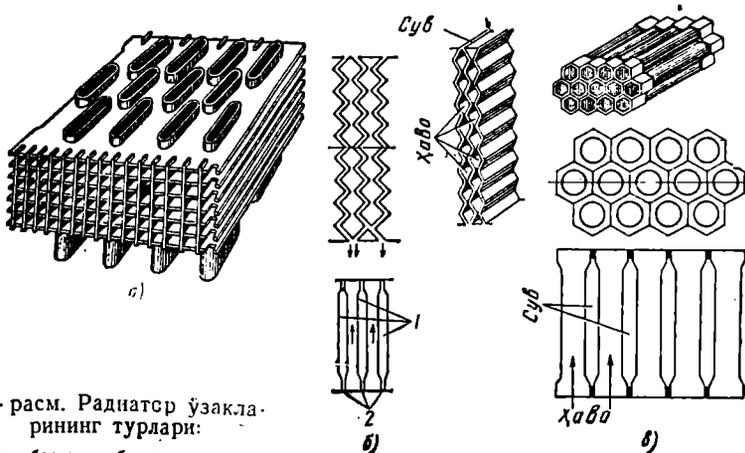
гателларида қўлланиладиган радиаторнинг совитиш юзаси катта бўлгани ҳолда унинг олд томондаги юзаси кичик бўлиши керак.

Трубкали радиаторлар энг кўп тарқалган (238- расм, *а*). Бундай радиаторларнинг совитувчи панжаралари ясси, овал ёки думалоқ кесимли вертикал трубкалардан тузилган бўлиб, улар радиаторнинг пастки ва юқориги резервуарларига кавшарлаб уланади. Бу трубкалар қатор юпқа горизонталь пластинкалар орасидан ўтади. Бу пластиналар совитиш кучини ва радиаторнинг мустаҳкамлигини оширади. Овал ва ясси кесимли трубкалар узилишга қарши мустаҳкам бўлиб, ҳаво уларнинг атрофидан яхши оқади. Бундай трубкаларнинг совитиш юзаси юмалоқ трубкаларникидан нисбатан катта бўлади.

Пластинкали радиаторларда (238- расм, *б*) совитувчи суюқлик қирралари 2 ўзаро кавшарлаб уланган пластинкалар *1* орасида ҳосил бўлган бўшлиқда ҳаракат қилади. Пластинкаларнинг пастки ва юқори учлари радиаторнинг пастки ва юқориги резервуарларидаги тешикларга кавшарланган. Ҳаво пайвандланган пластиналар орасидан ўтади. Пластинанинг совитиш юзасини ошириш учун улар тўлқинсимон ясалади. Бундай радиаторлар тез ифлосланади, кавшарланган чоклари кўп ва уларни синчиклаб тозалаш керак, шунинг учун пластинали радиаторлар кам қўлланилади.

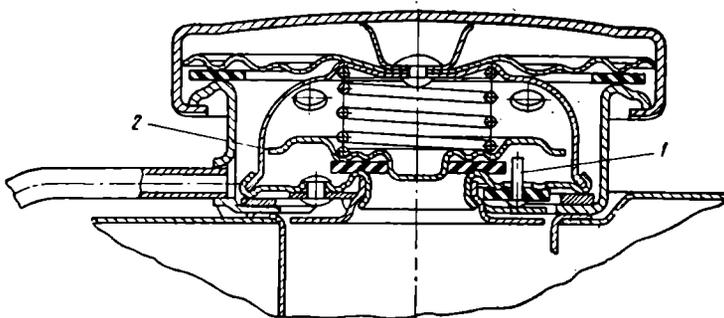
Трубкали ва пластинали радиаторларда совитувчи суюқлик ташқи томондан ҳаво билан пуфланадиган трубкалар орқали оқади.

Ари иннисимон радиаторларда (238- расм, *в*) ҳаво горизонтал трубкалар орқали ўтади, бу трубкалар ташқи томондан совитувчи суюқлик билан ювилади. Бундай радиаторнинг бошқа радиаторларга нисбатан афзаллиги шундаки, унинг совитиш



238- расм. Радиатор ўзакларининг турлари:

а — труба-симон; *б* — пластинка-симон; *в* — ари иннисимон



239- расм. Буғ-ҳаво клапани

юзаси бошқа радиаторларникидан катта. Бу радиаторларнинг камчилиги пластинкали радиаторларникига ўхшайди ва бу камчиликлар уларнинг кенг кўламда тарқалишига тўсқинлик қилади.

Радиатор ўзагининг чуқурлиги 75—150 мм ни ташкил қилади. Радиаторнинг чуқурлиги 75—150 мм бўлган ўзаги резервуарларга кавшарлаб жипшлаштирилади. Радиатор резинкали ёстиққа қўйилиб, автомобилнинг рамасига ўрнатилади. Юқоридаги резервуарда тўрсимон филтрли қўйиш патрубogi жойлашган. Бу патрубокда контрол трубканинг учи жойлашган. Контрол трубканинг пастки учи ташқи муҳитга чиқарилган бўлиб, у радиатор трубкаларини ёрилишдан сақлайди.

Ёпиқ совитиш системали двигателларда системани бузилишдан сақлаш учун радиаторнинг бўғизидagi қопқоққа буғ-ҳаво клапани ўрнатилади (239- расм). Бу клапан ўз навбатида иккита клапандан: буғ ва ҳаво клапанларидан ташкил топган. Буғ клапани 2 суюқликнинг температураси ортганда системани ёрилишдан сақлайди ва у босим $20\text{--}30 \text{ кн/м}^2$ ($0,2\text{--}0,3 \text{ кг/см}^2$) дан ошганда очиладиган қилиб ростланади. Бу босимда буғ клапани буғни атмосферага чиқариб юборади. Ҳаво клапани 1 совитувчи суюқлик совиб, босим камайганда системани бузилишдан сақлайди ва у системадаги ҳаво $1\text{--}4 \text{ кн/м}^2$ ($0,01\text{--}0,04 \text{ кг/см}^2$) га сийракланганда очиладиган қилиб созланади. Бу босимда клапан очилиб, системага атмосферадан ҳаво киритади.

Радиаторнинг трубкaларида суюқликнинг оқиш тезлиги $0,7\text{--}0,9 \text{ м/сек}$ бўлиши керак. Ҳавонинг тезлиги радиаторнинг олд қисмида $7\text{--}12 \text{ м/сек}$ чамасида ўзгаради.

Лойиҳаланаётган радиаторнинг ўлчамлари автомобилнинг ихчам бўлишини ҳисобга олиб ва двигателни нормал совитиш учун вентиляторга кам қувват сарфланадиган қилиб танланади. Автомобиль двигателининг радиатори орқали ўтувчи ҳавонинг миқдори $(0,2 \div 0,3) N_e \text{ л./соат}$ [ёки $(140 \div 220) N_e \text{ кг/соат}$, бу ерда N_e — от кучи ҳисобида] га тенг бўлади.

Енгил автомобиллар учун радиаторнинг тахминий совитиш юзаси $F = (13 \div 20) \cdot 10^{-5} N_e \text{ м}^2$, бу ерда N_e *вт* да [$F = (0,10 \div 0,15) N_e \text{ м}^2$, бу ерда N_e от кучи ҳисобида] ва юк автомобиллари учун $F = (20 \div 40) \cdot 10^{-5} N_e \text{ м}^2$, [$F = (0,15 \div 0,3) N_e \text{ м}^2$, бу ерда N_e от кучи ҳисобида].

4. Вентилятор

Автомобиль двигателларида асосан ўқий типдаги вентиляторлар қўлланилади (236- расмга қаранг). Вентиляторларнинг диаметрлари 0,3—0,7 м атрофида бўлади (катта диаметрли вентиляторлар юк автомобилларида қўлланилади). Текис парраklar учун қамраш бурчагининг энг яхши қиймати 40—45°, қавариқ парраklar учун эса 35° атрофида бўлади. Парраklarнинг эни 30—70 мм га тенг. Қалинлиги 1,25—1,8 мм ли листовий пўлатдан тайёрланган куракчалар сони 4—6 тадан ошмайди.

Титраш ва шовқинни камайтириш учун вентиляторнинг парраklари жуфт-жуфт қилиб ўзаро 70° ва 110° бурчак ҳосил қилиб Х симон жойлаштирадилар. Вентиляторлар сув насоси билан бир ўққа ўрнатилади. Вентилятор тасмали узатма билан ҳаракатга келтирилади. Бу узатманинг етакчи шкиви двигателнинг тирсақли валига ўрнатишган. Радиатор билан вентилятор ораси йўналтирувчи кожух қўйилганда 80—100 мм ва қўйилмаганда эса 10—15 мм бўлади.

Тежамлиликни ошириш учун иш унуми ўзгарувчан вентиляторлар қўлланилади, уларнинг айланишлар сони максималдан то нолгача ўзгаради, ёки парраklarнинг ҳаво оқимида қиялик бурчаги ўзгаради. Парраklarнинг қиялик бурчаги термостат ёрдамида ростланади. Совуқ двигателни ишга туширишда термостат вентиляторнинг парраklarини радиатор орқали ҳаво сўрилмайдиган ёки ҳаво двигателдан радиаторга сўриладиган ҳолатга ўрнатилади, бунда двигателнинг иситилиши тезлашади.

Вентиляторни ҳаракатга келтириш учун зарур бўладиган қувватни камайтириш ва совитиш системасининг ишини яхшилаш учун автоматик ишга тушиб тўхтайдиган юритмали вентиляторлар яратилган ва қўлланилмоқда (ГАЗ-53А двигатели ва бошқаларда). Бу ҳолда вентилятор юритмасининг шкиви электромагнитли муфта билан таъминланади, вентиляторнинг ўзи эса гупчаги билан подшипникларга эркин ўрнатилади. Совитиш системасидаги сувнинг температураси нормал бўлса, радиаторнинг юқори бакчасига ўрнатишган температура датчиги муфтанинг электр занжирини узиб қўяди ва шкивдан вентиляторга ҳаракат ўтмайди, яъни вентилятор ишламайди. Температура 90—95°С га кўтарилганда датчик электр занжирни улаб муфтани эса вентиляторнинг гупчагини тортади ва у шкив билан бирга айлана бошлайди.

Вентиляторни танлашда шуни ҳисобга олиш керакки, вентилятордан берилладиган ҳаво миқдори тирсақли валнинг ай-

ланишлар сонига биринчи даражали, ҳосил бўлувчи босим айланишлар сонига иккинчи даражали, сарф бўладиган қувват эса, айланишлар сонига учинчи даражали мутаносиб.

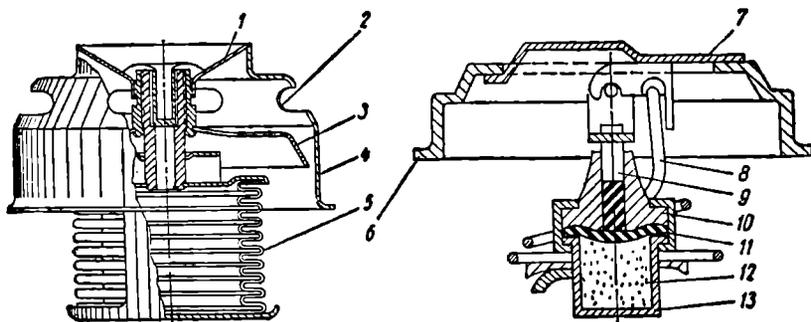
5. Термостат

Икки клапанли термостат қуйидагича ишлайди.

Системадаги сув совуқ бўлганда клапан 1 (240- расм) радиаторга олиб борувчи тешикни ёпади, сув эса радиаторга ўтмасдан, цилиндр головкасида дарчалар 2 орқали корпус 4 га сув насосининг киритувчи патрубкисига ўтади. Сув температураси 65°C га етганда (ГОСТ бўйича клапаннинг очилиш температураси $70-75^{\circ}\text{C}$) термостатнинг гофрли баллони 5 аралашма буғларининг кенгайиши натижасида кўтарилади ва клапан 1 очила бошлайди, клапан 3 эса термостат корпусидаги дарча 2 ни ёпади. Бунинг натижасида сув оқими радиаторга йўналади ва насосга бевосита қайтмайди. Сувнинг температураси 90°C га етганда клапан 1 тўлиқ очилади (ГОСТ бўйича клапаннинг тўлиқ очилиш температураси $83-90^{\circ}\text{C}$ га тенг). Сув совиганда термостат клапанларни бошланғич ҳолатга қайтаради. Термостат дарчаларининг умумий юзаси асосий клапаннинг ўтиш юзасининг 70% идан кам бўлмаслиги керак.

Суюқлик термостатларининг камчилиги шундаки, улар ташқи босимга боғлиқ бўлиб, клапаннинг очилиш температураси катта чегарада ўзгаради.

Баъзи двигателларда (ЗИЛ-130 ва бошқалар) ишончли ишлайдиган қаттиқ тўлдиргичли термостатлар қўлланила бошланди. Бундай термостат қопқоқ 10 билан зич ёпилган баллон 13 дан иборат (240- расм, б). Баллон ва унинг қопқоғи орасида резинкали мембрана 11 маҳкамланган. Баллоннинг ичи актив модда 12 билан тўлғизилган. Бу модда мис кукуни билан аралаштирилган церезин (нефтли кристалл воск) дан иборат. Бу массанинг ҳажмий кенгайиш коэффиценти, бинобарин



240- расм. Термостатлар:

а — суюқлик билан ишлайдиган; б — қаттиқ тўлдиргич билан ишлайдиган

силжиш кучи ҳам катта бўлиб, термостатнинг ташқи босимнинг ўзгаришига сезгирлигини камайтиради. 75—80°C температурада энг кўп кенгайди.

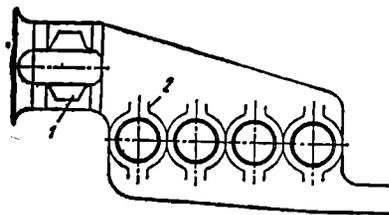
Қопқоқнинг йўналтирувчи қисмида жойлашган ва клапан 7 билан шарнирли боғланган шток 9 мембранага таянади. Клапан 7 сув патрубкисининг бўғзида шарнирли таянч ўрнатилган. Клапан 7 пружина 8 таъсирида бўғизга доим сиқилиб туради.

Совитиш системасининг температуравий режимини қўшимча сошлаш учун радиатор олдида парда ва бураладиган пластиналардан тузилган панжара (жалюзя) ўрнатилади. Булар қўл билан ёки автоматик (термостат ёрдамида) бошқарилади.

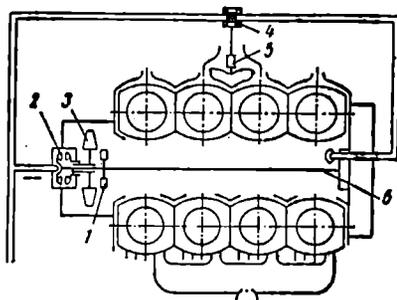
110- §. ҲАВО БИЛАН СОВИТИШ СИСТЕМАСИ

Ҳаво билан совитиладиган двигателларда головка ва цилиндрларнинг ташқи сиртлари қовирғали қилиб тайёрланади. Бу, двигателнинг нормал иссиқлик ҳолатини таъминлаш учун зарур. Совитиш самарадорлиги ҳаво оқимининг цилиндр бўйлаб йўналишига боғлиқ.

Ҳаво оқимини қаторли двигатель цилиндрлари бўйлаб йўналтириш ва иссиқ ҳавони чиқариб юбориш учун капот 1 (241- расм) ўрнатилади. Ҳаво оқимини алоҳида цилиндрларга ажратиш учун дефлекторлар 2 (йўналтирувчи мослама) хизмат қилади. Булар ҳавони биринчи галда кучли қизиган зоналарга йўналтиради. Дефлекторлар алоҳида цилиндрларнинг температурасини бир хил сақлашга ёрдам беради. Айрим ҳолларда ҳаво қовирғалар оралиғидаги каналлар орқали ҳайдалмайди, балки сўрилади. Лекин қатор камчиликлари (вентиляторни ҳаракатлантириш учун қувватнинг кўп сарфланиши ва бошқалар) сабабли бу совитиш усули автомобиль двигателларида қўлланилмайди.



241- расм. Қаторли двигателни ҳаво билан совитиш системасининг схемаси



242- расм. V-симон двигателни совитиш системасининг схемаси

V- симон двигателлар двигателя олдида жойлашган ўқий вентилятор ёрдамида ҳавони цилиндрлар қатори орасига ҳайдаш йўли билан совитилиши мумкин (242- расм). Келтирилган схемада иккита ўқий вентилятор 1 ва 3 кетма-кет ўрнатилган. Вентилятор 3 золотник 4 га бирлаштирилган, термостат 5 ёрдамида ишга туширилади, гидромурфта 2 ишга тушганда золотник 4 мойнинг магистралга ўтиш йўлини тўсади. Кам унумли ёрдамчи вентилятор 1 вал 6 дан механикавий усулда ҳаракат олади ва у системага барча иссиқлик режимларида ҳаво ҳайдайди.

V- симон двигателларни совитиш учун бошқача тузилган совитиш системалари ҳам қўлланилиши мумкин. Жумладан, ҳаво цилиндрлар қатори бўйлаб ташқи томондан иккита ўқий вентилятор ёрдамида, ҳайдаладиган ҳаво цилиндрлар қатори оралиғида жойлашган бир ёки икки ўқий вентилятор ёрдамида сўриладиган системалар қўлланилади.

Ҳаво билан совитиш системасининг афзалликларига қуйидагилар киради: енгил, оддий тузилган, музлаганда двигатель ишдан чиқмайди, сув танқис жойларда двигателни эксплуатация қилиш қулай.

АДАБИЁТ

- Архангельский В. М. ва бошқалар. Автомобильные двигатели. М. С. Ховахнинг умумий таҳрири остида, М., „Машиностроение“, 1967.
- Бениович В. С., Апазиди Г. Д. ва Бойко А. М. Роторо-поршневые двигатели. М., „Машиностроение“, 1968.
- Гутьяр Е. М. ва Малыгин А. Д. Машиноведение., М. Сельхозгиз, 1959.
- Конев Б. Ф. ва бошқалар. Автомобильные карбюраторные двигатели М., Машгиз, 1960.
- Литвин А. М. Техническая термодинамика. М., Энергоиздат. 1963.
- Попык К. Г. Конструирование и расчет автомобильных двигателей. М., „Высшая школа“. 1968.
- Попык К. Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей, М. „Высшая школа“, 1970.
- Рубец Д. А. ва Шухов О. К. Системы питания автомобильных карбюраторных двигателей. М., Автотрансиздат. 1963.
- Теплов А. В. Основы гидравлики. М., Энергоиздат. 1965.
- Ховах М. С. ва Трусов В. И. Системы питания автомобильных дизельных двигателей. М., „Транспорт“. 1967.

Кириш	3
-----------------	---

Биринчи қисм

ТЕХНИКАВИЙ ТЕРМОДИНАМИКА АСОСЛАРИ (М. С. Ховак)

<i>I боб</i> Идеал газларнинг хоссалари	7
---	---

1-§. Умумий маълумот	7
2-§. Иш жисмининг ҳолатини белгиловчи параметрлар	8
3-§. Идеал газларнинг хоссалари	10
4-§. Идеал газлар аралашмаси	15
5-§. Газларнинг иссиқлик сифими	19

<i>II боб</i> Термодинамиканинг биринчи қонуни	25
--	----

6-§. Процесс иши ва ички энергия	25
7-§. Қайтар ва қайтмас процесслар ҳақида тушунча	27
8-§. Термодинамика биринчи қонунининг таърифи ва тенгламаси	29
9-§. Термодинамикавий процесслар	31
10-§. Идеал газ энтропияси ҳақида тушунча	40

<i>III боб</i> Термодинамиканинг иккинчи қонуни	51
---	----

11-§. Термодинамика иккинчи қонунининг таърифи ва циклниинг термик ф. и. коэффициенти	51
12-§. Карно цикли	55
13-§. Компрессорнинг идеал цикли	58

Иккинчи қисм

Ички ёнув двигателлари назарияси (М. С. Ховак)

<i>IV боб</i> Поршенли ички ёнув двигателларининг назарий цикллари	61
--	----

14-§. Умумий маълумот	61
15-§. Иссиқлик ўзгармас ҳажмда бериладиган цикл	62
16-§. Иссиқлик ўзгармас босимда бериладиган цикл	65
17-§. Иссиқлик аралаш усулда бериладиган цикл	66
18-§. Назарий цикллр анализи	66

<i>V боб</i> Ёнилғи ва унинг ёниш химиявий реакциялари	73
--	----

19-§. Ёнилғи	73
20-§. Ёнилғининг ёниш реакциялари	77
21-§. Атмосферага чиқарилиб ташланадиган ёниш маҳсулотларини зарарсизлантириш	87

<i>VI боб</i> Автомобиль двигателларининг ҳақиқий цикллари	89
--	----

22-§. Умумий маълумот	89
23-§. Тўрт тактли двигателнинг иш цикли	90
24-§. Икки тактли двигателнинг иш цикли	93

<i>VII боб</i> Автомобиль двигателларида содир бўладиган процессларни текшириш	97
--	----

25-§. Кириштиш процесси	97
26-§. Сиқиш процесси	117
27-§. Учқун билан ўт олдириладиган двигателларда ёниш процесси	118

	28-§. Дизелларда ёниш процесси	133
	29-§. Кўринадиган ёниш охиридаги температура ва босимни аниқлаш	138
л	30-§. Кенгайтиш процесси	146
	31-§. Ишлатилган газларни чиқариш процесси	148
VIII боб	Циклнинг ўртача босими, двигателнинг қуввати ва тежамлилиги	149
	32-§. Циклнинг ўртача индикаторий босими	149
	33-§. Двигателнинг индикаторий қуввати	154
	34-§. Двигателда механикавий йўқотишлар	155
	35-§. Двигателнинг эффектив қуввати ва механикавий ф. и. к.	157
	36-§. Двигателнинг тежамлилиги ва ф. и. к.	158
	37-§. Двигателнинг тежамлилиги ва қувватга таъсир қилувчи факторлар	163
	38-§. Двигателнинг иссиқлик баланси	170
	39-§. Двигатель иссиқлик ҳисобининг мисоллари	172
IX боб	Автомобиль двигателларининг характеристикалари ва ишлаш режимининг турғунлиги	180
	40-§. Умумий маълумот	180
	41-§. Двигатель характеристикалари	181
	42-§. Автомобиль двигателя ишлаш режимининг турғунлиги ва буровчи моменти запаси	189
X боб	Карбюрация ва карбюраторлар	191
	43-§. Умумий маълумот	191
	44-§. Гидродинамикадан қисқача маълумот	192
	45-§. Элементар карбюратор	198
	46-§. Идеал карбюратор	203
	47-§. Карбюраторнинг асосий дозалаш системаси	205
	48-§. Карбюраторнинг ёрдамчи тузилмалари	213
	49-§. Ёнилғининг карбюрацияланиш хоссалари	219
	50-§. К-88А карбюраторининг тузилиши ва ишлаши	221
	51-§. Карбюраторли двигателни энг катта тезлик режимида ва мажбурий салт ишлашида ростлаш	223
	52-§. Ёнилги бево сита пуркаладиган двигателларда аралашма ҳосил қилиш	226
XI боб	Дизелларда аралашма ҳосил қилиш ва уларнинг ёнилги бериш аппаратураси	228
	53-§. Дизелларнинг ёниш камералари	228
	54-§. Ёнилгини пуркаб тўзатиш	233
	55-§. Пуркаш характеристикаси ва ёнилги беришнинг давом этиш вақти	236
	56-§. Автотрактор дизелларининг ёнилги бериш аппаратураси	238
XII боб	Дизелларнинг ёнилги бериш регуляторлари ва корректорлари	255
	57-§. Регуляторлар	255
	58-§. Ёнилги бериш корректорлари	259
XIII боб	Автомобиль двигателларининг кўрсаткичларини ошириш усуллари ва уларни ривожлантириш истиқболлари	261
	59-§. Умумий маълумот	261
	60-§. Двигателнинг қувватини ошириш усуллари	262
	61-§. Автомобиль транспортида ёнилгини тежаш усуллари	264
	62-§. Бошқа тип двигателларни ривожлантириш истиқболлари	266

XIV боб Двигателларни синаш	276
63-§. Умумий маълумот	276
64-§. Двигателнинг қувватини аниқлаш	278
65-§. Ёнилгининг соатли сарфини ўлчаш ва унинг солиштирма сарфини аниқлаш	282
66-§. Ҳаво сарфини ўлчаш ва ҳавонинг тўлдириш ва ортиқлик коэффициентларини аниқлаш	284
67-§. Температурани ўлчаш	286
68-§. Двигателнинг индикаторий босимини ўлчаш	287

У ч и н ч и қ и с м

**АВТОМОБИЛЬ ДВИГАТЕЛЛАРИ КИНЕМАТИКАСИ, ДИНАМИКАСИ
ВА КОНСТРУКЦИЯСИ (Г. С. Маслов)**

XV боб Кривошип-шатунли механизм кинематикаси	291
69-§. Асосий тушунчалар ва белгилар	291
70-§. Марказий кривошип-шатунли механизмдаги кинематик муносабат	294
XVI боб Кривошип-шатунли механизм динамикаси	301
71-§. Кривошип-шатунли механизмнинг массаларини келтириш	301
72-§. Кривошип-шатунли механизмда таъсир этувчи кучлар	304
73-§. Двигателнинг ишлаш тартиби	313
XVII боб Двигателларни мувозанатлаш	315
74-§. Бир цилиндрли двигателни мувозанатлаш	316
75-§. Двигателларни мувозанатлаш	320
76-§. V-симон двигателларни мувозанатлаш	332
77-§. Мувозанатлашга оид умумий эслатмалар ва тирсакли валларни мувозанатлаш	342
78-§. Двигателнинг равои ишлаши	345
79-§. Тирсакли валнинг тебранишлари ҳақида асосий тушунчалар	349
XVIII боб Асосий конструктив параметрларни танлаш	354
80-§. Двигателнинг типини, цилиндрларнинг сони ва жойланишини танлаш	354
81-§. S/D ва $\lambda = \frac{R}{L}$ нисбатларни танлаш	356
XIX боб Двигатель корпуси	358
82-§. Блок-картер	358
83-§. Цилиндрларнинг гильзалари	362
84-§. Туб подшипниклар	366
85-§. Цилиндрлар головкаси	368
86-§. Шпилькалар ва болтлар	374
87-§. Газ сизадиган чокларни зичлаш	375
88-§. Картернинг пастки қисми	377
XX боб Поршень группаси	379
89-§. Поршенлар	379
90-§. Поршень бармоқлари	388
91-§. Поршень ҳалқалари	392
XXI боб Шатун группалари ва тирсакли вал	400
92-§. Шатунлар	400
93-§. Втулкалар ва вкладишлар	403

94- §. Шатун болтлари	407
95- §. Тирсакли вал	408
XXII боб Газ тақсимлаш механизми	417
96- §. Клапанларнинг жойлашиши	418
97- §. Ҳаракатлантириш механизми	420
98- §. Тақсимлаш вали	422
99- §. Толкатель	424
100- §. Штангалар ва коромислолар	426
101- §. Клапанлар	428
102- §. Клапан ўриндиқлари, йўналтирувчи втулкалар ва пружиналар	430
103- §. Газ тақсимлаш механизмининг асосий параметрлари	432
104- §. Газ тақсимлаш механизмининг деталлари учун ишлатиладиган материаллар	437
XXIII боб Мойлаш системаси	439
105- §. Асосий қоидалар	439
106- §. Мойлаш системаси турлари	440
107- §. Мойлаш системасининг асосий элементлари	442
XXIV боб Совитиш системаси	449
108- §. Совитиш системасининг хусусиятлари ва уларнинг турлари	449
109- §. Суюқлик билан совитиш системаси	450
110- §. Ҳаво билан совитиш системаси	457
Адабиёт	459

На узбекском языке

Макс Самойлович Х о в а х, Георгий Сергеевич М а с л о в

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Допущено Управлением учебных заведений
Министерства автомобильного транспорта РСФСР
в качестве учебника для автомобильно-дорожных техникумов

Перевод со второго издания „Машиностроение“. М, 1971

*Издательство „Ўқитувчи“
Ташкент — 1977*

Таржimon С. М. Қодирова
Муҳаррирлар А. Хамидов, А. С. Турахонов
Бадий муҳаррир Ф. Неқадамбоев
Техн. муҳаррир О. Чиряева
Корректор В. Абдуллаева

Тершига берилди 8/IX-1976 й. Босишга рухсат этилди 25/III-1977 й. Қогоз
№ 3. 69×90^{1/16}. Физ. б. л. 29,0 Нашр. л. 29,3. Тиражи 6900.

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент. Навоий кўчаси, 30. Шартнома 100-76.
Баҳоси 97 т. Муқоваси 14 т.

ЎзССР Министрлар Советининг нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси
ишлари Давлат комитетининг 1-босмаҳонаси. Ҳамза кўчаси 21. Зак. № 164.

Типография № 1 Государственного Комитета Совета Министров УзССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ташкент, Хамзы, 21.