

## 7-МАВЗУ: КОМПРЕССОРЛАР

### Кўриладиган масалалар:

1. Асосий тушунчалар.
2. Бир босқичли поршенли компрессорлар.
3. Компрессорнинг ҳаракатга келтирадиган ишни аниқлаш.
4. Кўп босқичли поршенли компрессор.

### Таянч сўз ва иборалар.

*Компрессор, ҳажмий компрессор, парракли компрессор, трубокомпрессор, бир босқичли поршенли компрессор, кўп босқичли поршенли компрессор, сўриш, сиқиш жараёни.*

### 1. Асосий тушунчалар

*Газни сиқиш ва ҳайдаш учун мўлжалланган машиналар компрессорлар дейилади.*

Компрессорлар халқ хўжалигида қўлланилаётган замонавий техникаларда кенг фойдаланилмоқда. Айниқса кимё, машинасозлик, металлургия, темир йўли, авиация саноатларида, газ-турбинали двигателларда ва совитиш қурилмаларида компрессорлар кенг ишлатилади.

Ишлаш принципи ва тузилишига кўра компрессорлар *ҳажмий* ва *парракли* компрессорларга бўлинади.

Ҳажмий компрессорларда газ босими унинг ҳажмини мажбурий камайтириш ҳисобига кўпаяди. Ҳажмий компрессорлар жумласига поршенли ротацион ва винтавий компрессорлар киради.

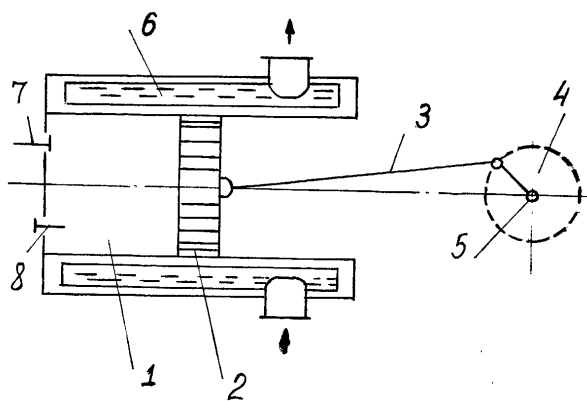
Парракли компрессорларда газнинг босими компрессорнинг ғилдираклари айланганида вужудга келадиган инерцион кучлар таъсирида кўпаяди. Улар **трубокомпрессорлар** ҳам дейилади ва *марказдан қочма* ҳамда *ўқий* компрессорларига бўлинади.

Поршенли компрессорлар миқдори унчалик катта бўлмаган газни катта босимларгача сиқишда ишлатилади. Трубокомпрессорлар эса бунинг аксича газни нисбатан паст босимларда (0,15-1,5МПа атрофида) узатиб бериш учун мўлжалланган.

Компрессорлар бир-биридан конструкцияси ва сиқиш принципига кўра фарқ қилишига қарамасдан сиқиш жараёни термодинамикаси уларда бир хил бўлади.

### 2. Бир босқичли поршенли компрессорлар

Компрессорларда содир бўладиган жараёнларни текшириш ва таҳлил қилиш учун, иш принципи оддийроқ бўлган бир босқичли поршенли компрессорларни кўриб чиқамиз (7.1-расм).



7.1- расм.

У цилиндра 1 ва ичида ҳаракатланадиган поршень 2 дан иборат. Цилиндр девори ичи бўшлиқ 6 дан иборат бўлиб унда совитувчи сув айланма ҳаракат қилади. Поршень шатун 3 воситасида кривошип 4 орқали компрессорнинг тирсакли вали 5 билан бирлаштирилган ва илгарилама-қайтма ҳаракат қилади.

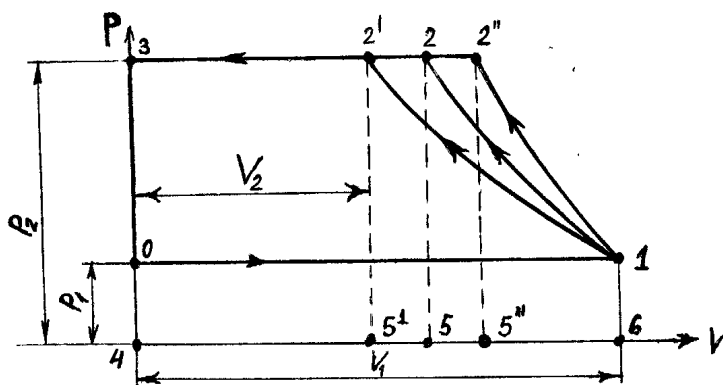
Поршень чапдан ўнгга силжиганда компрессор цилиндрида сийракланиш вужудга келади. Теварақдаги муҳитнинг босими таъсирида сўриш клапани 7 очилади ва цилиндрга сиқилиши лозим бўлган газ тўлади.

Поршень ўнгдан чапга томон силжиганида сўриш клапани ёпилади ва поршень цилиндридаги газни сиқади. Сиқилган газ ҳайдаш клапани 8 очилиб цилиндрдан итариб чиқарилади ва газ йиғичга ҳайдалади, ундан эса истеъмолчига берилади.

Бунда компрессорнинг иш жараёни поршеннинг икки марта ҳаракатланишида амалга ошади, бу эса валнинг бир марта айланишига мувофиқ келади.

Назарий (идеал) бир босқичли компрессорни ишлашини кўриб чиқамиз.

Ишқаланишни енгишга сарф бўладиган иш йўқ, цилиндрнинг геометрик ҳажми фойдали иш ҳажмига тенг ва қолдиқ бўшлиқ ҳажм ҳосил килмайди, деб фараз қиламиз. Газни цилиндрга сўриш ва йиғичга ҳайдаш ўзгармас босимда амалга ошади.



7.2- расм.

7.2-расмда компрессорда сиқилган газ олишни назарий индикатор диаграммаси тасвирланган.

Поршен чапдан ўнга қараб ҳаракат қилганда киритувчи клапан 3 очилади ва ўзгармас босим  $P_1$  да цилиндр газ билан тўлдирилади. Бу жараён диаграммада 0-1 чизиқ билан тасвирланган ва **киритиш чизиғи** деб аталади. Поршенни тескари унгдан чапга қараб ҳаракатланишида киритувчи клапан 3 ёпилади ва газ сиқилади. Газни босими белгиланган миқдорга етганда ҳайдовчи клапан 4 очилиб сиқилган газни ҳаммаси цилиндрдан сақлаш учун идишга ёки истемолчига (ишлаб чиқаришга) ҳайдалади. 1-2 чизиқ сиқиш жараёни деб аталади. 2-3 чизиқ **ҳайдаш чизиғи** деб атлади. Шунини таъкидлаш керакки 0-1 киритиш ва 2-3 ҳайдаш чизиқлари термодинамик жараёни тасвирламайди, чунки ишчи жисмни ҳолати ўзгармайди фақат уни миқдори ўзгаради. Поршенни кейинги чапдан ўнга ҳаракатланишида ҳайдаш клапан бекилади, цилиндрдаги босим  $P_2$  бир онда  $P_1$  босимгача камаяди, киритувчи клапан очилади ва кейинчалик сиқиш жараёни қайтарилади.

Жараён қайтар ва газни кинетик энергиясини ошиши бўлмаган шароитда (ишқаланиш ҳисобга олинмаганда) 1кг сиқилган газни олиш учун сарфланган  $l$  иш қуйидаги ифода орқали аниқланади.

$$l = P_1V_1 - P_2V_2 + \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

бу ерда  $P_1, V_1$  -цилиндрни тўлдиришда ташқи муҳит билан бажарилган иш;

$P_2V_2$  - газни ҳайдаш учун сарфланган иш;  $\int_{V_1}^{V_2} PdV$  -сиқишдаги иш.

$$P_1V_1 - P_2V_2 = \int_2^1 d(PV) \quad \text{бўлганлиги учун}$$

$$l = \int_1^2 [-d(PV) + PdV] = -\int_1^2 VdP \quad (7.1)$$

Ишқаланиш бўлганда компрессорни ҳаракатга келтириш учун сарфланган иш (ҳақиқий иш) ишқаланишга карши бажарилган иш миқдорида назарий ишга қараганда кўп бўлади ва қуйидагини ташкил этади.

$$lg = -\int_{P_1}^{P_2} VdP - q_{mp} \quad (7.2)$$

Бу ҳолатда сиқиш чизиғи билан ордината уқи орасидаги юта сарфланган ишини бир қисмини кўрсатади.

Агарда сиқиш жараёнида газдан  $q_g$  иссиқлик олинса, термодинамикани биринчи қонунига асосан.

$$lg = -(i_2 - i_1 - q_g) \quad (7.3)$$

Компрессорда газни сиқиш жараёнида ишчи жисм билан цилиндр

деворларини ўзаро иссиқлик алмашиши шароитига қараб жараён 1-2 изотермик, 1-2' адиабатик 1-2'' политропик бўйича кечиши мумкин. Келтирилган уччала жараёнда сиқишга сарфланган ишини юзаси турлича бўлади.

1-2 изотерма бўйича сиқишда 01230 юза ва сарфланган иш энг кам бўлади. Иш сифатида берилган энергиянинг ҳаммаси газдан иссиқлик сифатида олинади. 1-2' адиабат бўйича сиқишда 012'30 юза ва сарфланган иш энг кўп бўлади. Иш сифатида берилган энергиянинг ҳаммаси газнинг энталпиясини ўзгаришига кетади. Политроп жараён бўйича сиқишда иш миқдори юқоридаги жараёнларда келтирилган ишнинг оралиғида бўлади.

Сиқишдаги ишни камайтириш учун жараённи изотермик жараёнга яқинлаштириш керак, бунинг учун цилиндрда сиқилаётган газдан иссиқликни олиш керак. Шу мақсадда цилиндрни ташқи сатхи совитилади.

### 3. Компрессорнинг ҳаракатга келтирадиган ишни аниқлаш.

Изотермик жараёнда газни сиқишга сарфланадиган иш графикда 01230 юза билан тасвирланган (7.2-расм). 1кг сиқилган газни олиш учун сарфланган тўлиқ иш қуйидагига тенг

$$l = 4325 \text{ юза} + 5236 \text{ юза} + 4016 \text{ юза}$$

4325 юза графикда ҳайдаш ишини тасвирлайди, 4016 юза киритишдаги ишни,

$$5216 = \int_{V_1}^{V_2} PdV \text{ юза эса сиқишдаги ишни тасвирлайди.}$$

Изотермик жараёндаги сиқишда (5216 юза) иш қуйидаги ифода билан аниқланади.  $5216 = l_{из} = P_1 V_1 \ln \frac{P_2}{P_1}$   $l = const$  бўлганда,  $P_2 V_2 = P_1 V_1$  бўлишини ҳисобга олиб  $l_{из}$  ни аниқлаймиз

$$l_{из} = -P_2 V_2 - P_1 V_1 \ln \frac{P_2}{P_1} + P_1 V_1 = -P_1 V_1 \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (7.4)$$

Компрессорни ҳаракатга келтириладиган иш изотермик сиқиш ишига тенг бўлади.

Олинадиган иссиқлик қуйидагига тенг.

$$q = l_{из} = -RT \ln \frac{P_2}{P_1}$$

Адиабатик қайтар сиқиш жараёндаги иш қуйидаги тенглама орқали аниқланади.

$$5'2'16 \text{ юза} = l_{ад} = \left[ \frac{1}{\kappa - 1} \right] (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

Компрессорни ҳаракатга келтиришдаги иш қуйидагини ташкил этади.

$$l_{ad}^x = -(P_2V_2 - P_1V_1) - \frac{1}{\kappa - 1}(P_2V_2 - P_1V_1) = -\frac{\kappa}{\kappa - 1}(P_2V_2 - P_1V_1) =$$

$$= -\frac{\kappa}{\kappa - 1}RT_1 \left[ (P_2/P_1)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} - 1 \right] \quad (7.5)$$

Компрессорни ҳаракатга келтиришдаги иши адиабатик сиқишдаги ишдан  $\kappa$  марта кўп.

Сиқиш политроп жараёнда кечадиган компрессорлар учун иш  $5''2''16$  юза билан тасвирланади.

$$\ln = -(P_2V_2 - P_1V_1) = [1/(n - 1)](P_2V_2 - P_1V_1) = n[n/(n - 1)](P_2V_2 - P_1V_1) \quad (7.6)$$

1кг газни олиш учун сарфланган иш қуйидагига тенг.

$$\ln = -[n/(n - 1)]RT_1[(P_2/P_1)^{n-1/n} - 1] \quad (7.7)$$

Назарий миқдордаги олинадиган иссиқлик қуйидаги ифода орқали аниқланади.

$$q = C_v[(n - \kappa)/(n - 1)](T_2 - T_1) \quad (7.8)$$

Бир босқичлик компрессорнинг ҳақиқий индикатор диаграммаси киритиш ва хайдаш клапанларида дросселлашдаги йўқотишларни бўлиши сабабли назарий циклдан фарқ қилади. Шу сабабли киритиш цилиндридаги газни босими муҳит босимидан кам бўлганда, хайдаш эса, босими хайдаш қувиридаги босимдан юқори бўлганда амалга ошади. Компрессорни айланишлар сонини ортиши билан йўқотишлар ҳам кўпаяди.

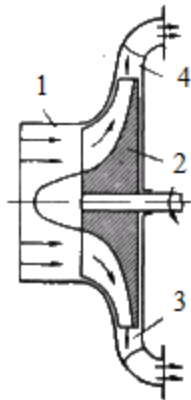
Бундан ташқари реал компрессорларда сиқилган газни ҳайдаётганда поршен-чекка нуқтада бўлган вақтда цилиндрни қопқоғи билан поршен орасида зарарли бўлган бўшлиқ қолади. Зарарли бўшлиқни ҳажми одатда компрессор цилиндрининг ҳажмини 4..10% ташкил этади. Сиқилган газни ҳайдагандан сўнг унинг маълум миқдори зарарли ҳажм  $V_{кр}$  ни эгаллайди (2-3 чизик) (7.3-расм). Поршенни қайтишида зарарли қолган газ кенгайди янги газни кириши эса қолган газни босими киритиш босимигача камайягандан сўнг ёки газни келаётган муҳитидаги босимга теиглашгандан сўнг бошланади. Сиқилган қолган газни зарарли ҳажмда кенгайиш жараёни 3-0 чизик билан тасвирланади. Газни цилиндрга кириши 0 нуқтада бошланади ва уни ҳажми  $V_h - V_0 = V$  бўлади. Зарарли ҳажм (бўшлиқ) цилиндрга кираётган газни миқдорини ва компрессорни иш унумдорлигини камайтиради.  $V$  ҳажми  $V_h$  ҳажмга бўлган нисбати ҳажмий фойдали иш коэффициент деб аталади.

Зарарли ҳажмнинг ортиши билан ҳажмий ф.и.к. камайтирилади ва унинг маълум миқдориди ҳажмий ф.и.к. нолга тенг бўлади. Зарарли ҳажми ўзгармас ҳолида сиқиш босимини ошиши ҳажмий ф.и.к. ва компрессорни иш унумдорлигини камайтиради

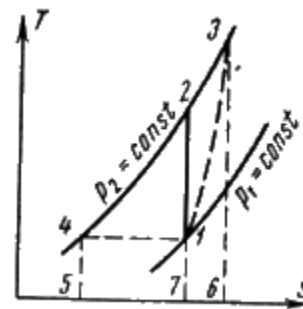


тезликда силжиши билан фарқланади. Марказдан қочма компрессор қуйидаги қисмлардан ташкил топган (7.5-расм).

1-киритиш патрубкасидан, 2 ишчи ғилдиракдан, 3 диффузордан ва 4 чиқариш патрубкасидан. Газ киритиш патрубкеси орқали ишчи ғилдиракни кураклари ҳосил қилган каналга киради. Ғилдиракнинг айланиши натижасида марказдан қочма куч таъсирида газ диффузорга улоқтирилади, у ерда газ керакли миқдоргача сиқилади, яъни газ оқимини тормозланиши натижасида сиқилади.



7.5-расм.



7.6-расм.

Ҳайдаш орқали газ оқимини ҳосил қилиш учун  $l_g$  иш сарфланади ва  $q_g$  иссиқлик олинади ( $q_{mp}$  -ишқаланиш иссиқлиги  $q_g$  га кирмайди). Агарда киришда оқимнинг ҳолати  $P_1, V_1, t_1$  ва  $W_1$  кўрсаткичлар билан, чиқишда эса -  $P_2, V_2, t_2$  ва  $W_2$  кўрсаткичлар билан белгиланса унда оқимни асосий тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$l_g = (i_2 - i_1) - [(W_2^2 - W_1^2) / 2] q_g.$$

Агарда оқимни кинетик энергиясини компрессорга киришдаги ва ундан чиқишдаги фарқи оз бўлса, уни ҳисобга олмаса ҳам бўлади ва унда

$$l_g = (i_2 - i_1 - q_g) \text{ га эга бўлади.}$$

Бу теглама поршенли компрессорларнинг тенгламасига мос келади.

Газ оқими учун термодинамиканинг биринчи қонуни қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$q_g + q_{mp} = i_2 - i_1 - \int_{P_1}^{P_2} dP - q_{mp}.$$

$l_g$  ни ифодасига  $q_g$  нинг қийматини ўрнига қўйсак, марказдан қочма компрессорнинг ҳаракатга келтириш учун сарф бўлган ишни аниқлаш тенгламасини ҳосил қиламиз.

$$l_g = - \int_{P_1}^{P_2} dP - q_{mp}.$$

бу тенглама поршенли компрессорларнинг тенгласига мос келади.

#### 4. Реал компрессорда сиқиш жараёни.

Реал компрессорларда сиқиш жараёни ишқаланишдаги йўқотишларни борлиги ва ташқи муҳит билан иссиқлик алмашиши билан белгиланади. Реал компрессорларни ҳисоблашда компрессорни ҳаракатга келтирадиган ҳақиқий иш совитиладиган компрессорларда изотермик сиқишдаги ишга ва совитилмайдиган компрессорларда адиабатик сиқишдаги ишга тенг деб қабул қилинади. Реал компрессорларнинг самарадорли иши изотермик ва адиабатик ф.и.к.лари билан аниқланади. Бу коэффицентлар компрессорни ҳаракатга келтиришдаги назарий ишини ҳақиқий ишига бўлган нисбати кўринишида бўлади.

$$\eta_{из} = l_{из} / l_g; \quad \eta_{од} = l_{од} / l_{\partial}$$

$TS$  -диаграммада қайтар 1-2 ва (шартли) қайтмас 1-3 (ҳақиқий жараён) адиабатик жараён тасвирланган (7.6-расм). 3-тенгламага асосан адиабат компрессорни ҳаракатга келтиришдаги ҳақиқий иш қуйидагига тенг.

$$l_{од} = -(i_2 - i_1) = -C_p(T_3 - T_1),$$

қайтар адиабатик сиқишидаги назарий  $l_T$  иш эса

$$l_T = -C_p(T_2 - T_1) \text{ бундан компрессорнинг адиабатик ф.и.к.}$$

$$\eta_{од} = (T_2 - T_1)/(T_3 - T_1) \text{ га тенг бўлади (7.10).}$$

Қайтмас адиабатик жараённи шартли равишда маълум аниқлик билан кўриш мумкин, кўрсаткичлари  $n$  бўлган айрим политропларга ўхшаб, қайсики қиймати ишқаланиш кучига боғлиқ бўлган.

Бунда  $T_2/T_1 = (P_2/P_1)^{(K-1)/K}$ ,  $T_3/T_1 = (P_2/P_1)^{(n-1)/n}$ , шунинг учун

$$\eta_{од} = \frac{(P_2/P_1)^{(K-1)/K} - 1}{(P_2/P_1)^{(n-1)/n} - 1} \quad (7.11)$$

Политроп кўрсаткични ўртача қиймати сиқишни бошланишидаги ва охиридаги газни кўрсаткичлари билан аниқланади. Совитилмайдиган компрессорни ҳаракатланишидаги ҳақиқий иши

$$l_g = l_T / \eta_{од} \text{ ни ташкил этади ёки}$$

$$l_g = -\left[\kappa/(\kappa - 1)\right]RT_1\left[(P_2/P_1)^{(n-1)/n} - 1\right] \quad (7.12)$$

Агарда сиқишни ҳақиқий жараёнини шартли политроп кўрсаткичи аниқ бўлса совитилмайдиган компрессорни ҳаракатга келтирадиган ҳақиқий ишини аниқлаш мумкин.  $TS$  - диаграммада 3456 юза билан  $l_g$  ва 2457 юза билан  $l_T$  назарий иш тасвирланган (7.6-расм) (фақат идеал газ учун).

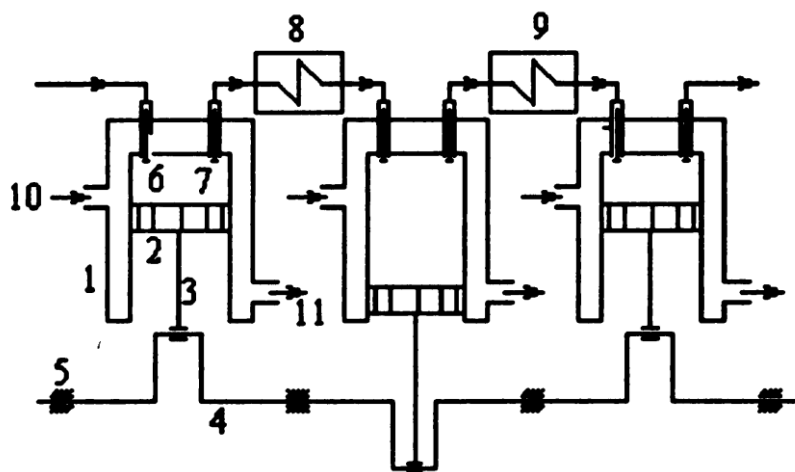
Бир ҳил миқдордаги политроп кўрсаткичи, иссиқлик олиш мавжуд бўлганда, ишқаланишдаги ишни ҳар ҳил миқдорига мос келиши мумкин, шунинг учун совитиладиган компрессорда политроп кўрсаткичини миқдорини билиш етарли эмас. Компрессорни ҳаракатга келтириш учун сарфланадиган самарали қувват қўйидаги ифода орқали аниқланадн.

$$Ne = l_n m / \eta_n \eta_{mex} \eta_{nan} \quad (7.13)$$

бу ерда  $l_n$  газни политропик сиқишдаги компрессорни ҳаракатга келтиришдаги иши,  $ж/кг$ ;  $m = V_n \rho_n$  - компрессорни секундли ва  $V_n$  - нормал шароитдаги ҳажмий иш унумдорлиги,  $м^3/сек$ ;  $\rho_n$  - нормал шароитдаги газни зичлиги;  $\eta_n$  - газни политропик сиқишидаги компрессорни ф.и.к.;  $\eta_m$  - ишқаланишдаги йуқотишни ҳисобга оладиган механик ф.и.к.;  $\eta_{nan}$  - тўлдириш ф.и.к.

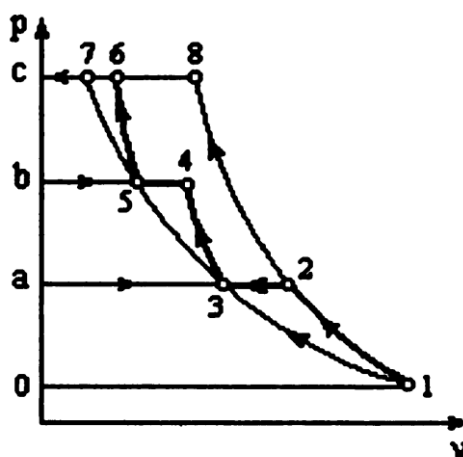
## 5. Кўп босқичли компрессор.

Юқори босимли газни олиш учун кўп босқичли компрессорлардан фойдаланилади (7.7-расм). Бундай компрессорларда ҳар бир сиқишдан сўнг оралик совитиладиган кетма-кет уланган бир неча цилиндрларда газ политропик сиқилади. Газнинг бир неча цилиндрда сиқиш ҳар бирини босимларини нисбатини камайтиради ва компрессорнинг ҳажмий ф.и.к. оширади. Бундан ташқари ҳар бир босқичдан сўнг газни совитиш поршенни цилиндрда мойлаш шароитини яхшилайтиди ва компрессорни ҳаракатга келтирадиган энергия сарфини камайтиради.



7.7-расмд.

7.8-расмда уч босқичли компрессорнинг идеал индикатор диаграмаси келтирилган. 0-1 биринчи босқични киритиш чизиғи; 1-2 биринчи босқичда сиқишни политропик жараёни;



7.8-расмда

2-а биринчи босқичдан биринчи совитгичга ҳайдаш чизиғи;

а-3 иккинчи босқични киритиш чизиғи;

3-4 иккинчи босқичдаги сиқишни политропик жараёни;

4-в иккинчи босқичдан иккинчи совитгичга ҳайдаш чизиғи;

в-5 учинчи босқични қиритиш чизиғи;

5-6 учинчи босқичида сиқишни политропик жараёни;

6-с учинчи босқичдан идишга ёки истеъмолчига ҳайдаш чизғи.

2-3 ва 4-5 кесимлар ўзгармас босимда биринчи ва иккинчи совитгичда совитиш жараёнида газни ҳажмини камайишини тасвирлайди. Ҳамма совиткичларда ишчи жисмнинг ҳарорати  $T_1$  гача совитилади, шунинг учун газнинг ҳарорати 1,3 ва 5 нуқталарда бир ҳил бўлади ва 1-7 изотерма чизиғида ётади.

Ҳамма босқичларда босимларнинг нисбати одатда бир ҳил қилиб олинади:

$$P_2 / P_1 = P_4 / P_3 = P_6 / P_5 = x \quad (7.14)$$

Ҳамма босқичларда босимларнинг нисбатини бир ҳиллигида, бошланғич ҳароратларнинг тенглигида ва политроп кўсаткичларнинг тенглигида компрессорнинг алоҳида босқичларида газнинг охириги ҳароратлари ҳам ўзаро тенг бўлади.

$$T_2 = T_4 = T_6$$

(14) тенгламадан  $x = P_2 P_4 P_6 / P_1 P_3 P_5$  бундан ҳар бир босқичда босимни ортиш даражаси

$$x = \sqrt[3]{P_6 / P_1} \text{ бўлади ёки } z \text{ босқичли бўлганда}$$

$$x = \sqrt[n]{P_2 / P_1} \text{ ни оламиз} \quad (7.15)$$

Ҳар бир босқичда газни сиқиш политроп жараёни бўлганда уч босқичли компрессорнинг ҳаракатга келтирадиган иш 0123456СО юза билан аниқланади. Агарда газни сиқиш политропик жараён бўйича амалга оширилиб, босим  $P_6$  гача кўтарилса унда компрессорни ҳаракатга келтириладиган иш 018 СО юзага эга бўлади. Бир босқичли сиқишдан оралиқ совитиш билан уч босқичли сиқишга ўтилса иш кам сарфланади, яъни иш 2345682 юзага тенг бўлади.

Ҳар бир босқичга кириш олдида газни ҳарорати тенг бўлса ва ҳар бир цилиндрдаги газлар босимининг нисбати тенг бўлса компрессорнинг босқичига сарфланган ишда ҳам тенглик бўлади;

Биринчи босқичдаги иш.

$$l_1 = \frac{n}{n-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{n}{n-1} R T_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right];$$

Иккинчи босқичдаги иш.

$$l_2 = \frac{n}{n-1} P_3 V_3 \left[ \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{n}{n-1} R T_3 \left[ \left( \frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right];$$

Учинчи босқичдаги иш.

$$l_3 = \frac{n}{n-1} P_5 V_5 \left[ \left( \frac{P_6}{P_5} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \frac{n}{n-1} R T_5 \left[ \left( \frac{P_6}{P_5} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right];$$

Бундан  $l_1 = l_2 = l_3$

Компрессорнинг уч босқичида 1кг газни сиқиш учун сарфланадиган жоул ҳисобидаги умумий иш  $l_k = 3l_1$  га тенг ёки  $m$  кг газ учун  $L_k = 3ml_1$ .

Кўп босқичли компрессорни ҳаракатга келтирадиган иш бир босқични ишини босқичлар сони кўпайтмасига тенг.

Газни бир ҳил шароитда сиқганда газдан олинаётган иссиқлик ҳамма босқичларда бир ҳил бўлади.

$$q = C_v \frac{(n - \kappa)}{(n - 1)} (t_1 - t_2) \quad (7.16)$$

Изобар жараёнда совитилганда исталган совитгичдаги газдан олинаётган иссиқликнинг миқдори қуйдаги ифода орқали аниқланади.

$$q_P = C_{pm}(t_2 - t_1) \quad (7.17)$$

Уч босқичли компрессорда адиабатли сиқиш жараёнини  $TS$  -диаграммаси 1-2, 3-4 ва 5-6 тўғри чизиқлар билан, совитиш жараёни эса 2-3, 4-5 ва 6-7 эгри чизиқлар билан 9-расмда тасвирланган.

Политропли сиқиш жараёни 1-2, 3-4 ва 5-6 чизиқ билан, совитгичда совитиш жараёни эса 2-3, 4-5 ва 6-7 чизиқлар билан 11.10-расмда келтирилган. Компрессорнинг цилиндрига кириш олдида газнинг ҳарорати бир ҳил  $T_1=T_3=T_5$  бўлганда ва цилиндрдан чиқайтган газнинг ҳарорати бир ҳил  $T_2=T_4=T_6$  бўлганда  $a12b$ ,  $c34d$  ва  $e56f$  юзалар ўзаро тенг бўлади. Бу шуни кўрсатадики газни сиқаётганда ҳамма цилиндрларда газдан бир ҳил миқдордаги иссиқлик олинади.  $b23c$ ,  $d45e$  ва  $f67i$  юзлар ҳам ўзаро тенг, бундан келиб чиқадики изобарли совитиш жараёнида совитгичлардан ҳам бир ҳил миқдордаги иссиқлик олинади.

#### **Мавзуга оид назорат саволлари.**

1. Қандай машиналар компрессор деб аталади?
2. Бир босқичли компрессорнинг назарий индикатор диаграммаси.
3. Компрессорда газни сиқишда қандай жараёнлар бўлиши мумкин?
4. Қандай сиқиш жараёни энг мақбул ҳисобланади?
5. Ҳақиқий индикатор диаграмма назарий индикатор диаграммадан нима билан фарқланади?
6. Зарарли ҳажм нима?
7. Нима учун кўп босқичли компрессор ишлатилади?
8. Компрессорни ҳаракатга келтирадиган иш қандай ифода билан аниқланади?