

**ЎЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҚАРЫ
ХӘМ ОРТА АРНАЎЛЫ БИЛИМЛЕНДИРИЎ МИНИСТРЛИГИ**

БЕРДАҚ атындағы ҚАРАҚАЛПАҚ МӘМЛЕКЕТЛИК УНИВЕРСИТЕТИ

Кәсіплик тәлим кафедрасы

Жыллылық техникасы пәнинен
лекция текстлери

Дүзиўши: Үлк. оқыт. Т. Узақов

Нөкис - 2007

Кирисиў

Жыллылық техникасы ыссылық машиналары, аппаратлары хэм курылмалары жәрдеминде ыссылық пайда етиў, оны басқа түрдеги энергияға айландырып бериў, тәмийинлеў, узатыў усылларының теориясын хэм амелий тәреплерин өз ишине алған улыўма-техникалық пән болып есапланады.

Энергетикалық дереклер тийкарын үйрениўде термодинамика пәни хэм оның әмелий бөлими болған ыссылық техникасы жетекши орынды ийелейди. Термодинамика хэм техникалық термодинамика нызамларын терең үйрениў жыллылық машиналарын дурыс пайдаланыўда хэм ислетиўде, жаңаларын жаратыўда үлкен әмелий әхмийетке ийе.

Термодинамика хэм оның амелий бөлими болған жыллылық техникасы пән сыпатында пайда болыўында XVIII-XIX әсир илимпазлары Р.Майер, ДЖоуль, М.В.Ломоносов, Г.Гельмогольц, С.Карно, Р.Клаузиус, В.Кельвин, В.Нернст, Д.Максвелл, Д.Бернулли, Л.Больцман, Д.Гиббс, Д.И.Менделеев, Э.Х.Ленц, А.Г. Столетов, К.Э.Циолковский хэм басқалар өзлеринин илимий мийнетлери менен үлеслерин қосқан.

Жыллылық энергиясын механикалық энергияға хэм механикалық энергияны электр энергиясына айландырыў усылларының пайда болыўы, оның халық хожалығында пайдаланыў жол жобаларының көрсетилиўи, электр энергиясын узақ аралықларға узатыў хэмде оны механикалық энергияға айландырыў мәселелери шешилди. шығылады. Жер жүзиниң көплеген жерлеринде үлкен қуўатлылықтағы ГЭС, АЭС, БЭС лар хэм басқа түрдеги энергетикалық орайлардың курылыўы нәтийжесинде ислеп шығарыў механизацияластырылды хэм автоматластырылды.

Энергияны түрлендириўши текшелердиң санын қысқартыўға әпиўайыластырыўға бағытланған жаңа машқалалар қойылмақта хэм шешилип атыр: Ыс: магнито-гидродинамикалық генераторларды пайдаланыў, электр энергиясын тиккелей жанылғыдан алыў, ярымөткизгишли материаллар жәрдеминде энергияны түрлендириў х.т.б.

Мәмлекетимизде ыссылық энергиясын ислеп шығарыў хэм оны басқа түрдеги энергияға айландырыў усылларының пайдалылығы, экономиканы жоқары дәрежеге көтериўге өз тәсирин көрсетиў менен бирге, адамлардың социал хэм мәдений жағдайын жақсылаўға да өз тәсирин тийгизеди. Хәзирги дәўирде энергия байлығынан үнемли пайдаланып атыр деп болмайды. Жыллылық энергиясының көп муғдары әспаб-үскенелерден туўры пайдаланбаў, сыпатсыз үскенелерден пайдаланыў нәтийжесинде ысырап болып атыр. Жер жүзинде жан басына орташа 25 кг көмир жағылады, бул көрсеткиш жылдан жылға өсип бармақта. Инсаният пайдаланатуғын энергияның тийкарғы бөлими (90-92 %) нефть хэм газдан алынады. Өзбекстанда болса тийкарғы энергия дереги болып тәбий газ есапланады, онан кейин аз муғдарда нефть хэм тас көмир, дәрьялардың потенциал энергиясынан пайдалнады.

Энергетика дүзилислерден туўры пайдаланбаў нәтийжесинде жердеги экологиялық тең салмақлылық жаманласып бармақта.

Экологиялық жақтан таза болған Қуяш энергиясы, самал, суў толқыны, гейзерлер сыяқлы энергиялық дереклерден пайдаланыў кейинги жыллары сезилерли дәрежеде раўажланбақта. Келешекте экологиялық талапларға жуўап беретўын энергетикалық дереклер арасында басқарылатуғын термоядро синтези реакциялары тийкарында ислейтуғын энергетикалық орайлар инсанларға хызмет етеди: гидро, гелио, гео, самал, суў толқынының энергиялары тийкарғы энергия дереклери болып қалады. Егерде, Қуяш энергиясын тиккелей электр энергиясына айналдырыўшы әспаб-үскенелердиң сапасын яғный ПЖК талапқа сәйкес жоқарылата алсақ, инсанлар энергетикалық мұтажлықтан қутылған болар еди. Хәзир Өзбекстан Республикасында бул талап жолға қойылған хэм илимпазлар бул тараў бойынша пидакерли мийнет етпекте.

I- Бап. Техникалық термодинамика. Тийкарғы түсиниклер

Реже:

- 1.1. Жыллылық техникасы пәни, оның мақсети хәм ұазыйпалары.
- 1.2. Жыллылық машиналарының жумысшы денеси хәм олардың тийкарғы параметрлери.
- 1.3. Системаның хал теңлемеси.

1.1. Жыллылық техникасы пәни, оның мақсети хәм ұазыйпалары

Термодинамика (грекше θ жылылық, μ күш) ыссылық эффектлери тийкарында пайда болатуғын түрли процесслердеги энергияның бир түрден екінши түрге айланыуы, денелердің ишки дүзлिसин есапқа алмаған жағдайда, қатнастар арасындағы байланысларды үйренетуғын пән. Термодинамика тәбияттың универсал нызамынан (энергияның айланыуы хәм сақланыуы) пайдаланып, ыссылықтың техникада қолланылыуында пайда болатуғын термодинамикалық процесслердің шешимин береді. Термодинамика пәнинің мақсети бир неше әпиұайы қағыйдалар - *термодинамика нызамлары* жәрдемінде ашып бериледи.

Термодинамика физика илиминің жыллылық хәккындағы бөлими тийкарында пайда болды, оның дәслепки мазмұны жыллылық энергиясы менен механикалық жумыстың өз-ара айналысларын үйрениуден ибарат еди. Оның пайда болуы раўажланыуы жыллылық двигателлерин соғыу ушын зәрүр болған әмелий жумыслар менен тығыз байланыслы хәм ол пән сыпатында қәлиплесе баслады. Кейинше ыссылық процесслерінде жүз беретуғын хәдийселерди теориялық хәм әмелий жақтан үйрениу усы тийкарда инсанлар зәрүр болған жыллылық машиналарын хәм әспаб-үскенелерди соғыу нәтийжесинде тез раўажланды.

Хәзир термодинамика нызамлары тийкарында қурылған беккем хәм шыдамлы әспаб-үскенелер инсан мийнет ететуғын түрли тараўларда ислетилмекте. Буған ыссылық энергиясын механикалық энергияға айландырыушы пуў машиналары, иштен жаныу двигателлери х.т.б. мысал бола алады.

Двигателлердің жумыс атқаруы процессинде қолланылатуғын газды ямаса парды әпиұайы термодинамикалық система деп қарауға болады. Бул системадағы процесслерди ямаса система халының өзгерисин билиу ушын системаны характерлеуши физикалық шамалар арасындағы қатнасты орнату хәм үйрениу керек. Мәселениң қойылыуына байланыслы термодинамикалық система түсинигин, оны анықлауғын факторларды (ыссылық дереги, механикалық энергия, қоршаған орталық х.т.б) енгизе отырып кеңейтиуге болады. Оның үстине системаның сыртқы орталық пенен энергетикалық өз-ара тәсирлесуи жыллылық алмасуы, сыртқы күшлердің жумысы хәм т.б. нәтийжесинде әмелге асырылады. Термодинамикалық системаларды хәм процесслерди идеалластыруу техникалық термодинамика усылы ушын характерли. Мысалы, халы ямаса қәсийети ұақыттың өтиуи менен өзгермейтуғын тең салмақлы системалар үйрениледи. Бундай системаның температурасы барлық точкаларда бирдей болса, онда ол жыллылық тең салмақлы система делинеди. Егерде системаны қураушы бөлекшелер бир-бирине салыстырғанда орын ауыстырмаса (басым хәм тығызлық барлық точкаларда бирдей), онда ол механикалық теңсалмақлы система делинеди. Процесслерди идеалластыруу үлги сыпатында термодинамикалық изертлеулерди жеңиллестиреди. Идеал хәм реал процесслерди салыстыруу берилген процессти термодинамикалық жақтан бахалауға мүмкиншилик береді. Хәкыйкый циклдердеги тийкарғы процесслердің өтиу шараятларын анализлеу жыллылық техникасы курсының теориялық хәм әмелий тараўларын байланыстырууда үлкен роль ойнайды. Теңсалмақлы емес халдағы системаларды үйрениу, реал кубылыслар тийкарында техникалық мәселелерди шешу ушын оғада зәрүр.

Пән хәм техниканың тез раўажланыуы нәтийжесинде дүньяда жан басына туўры келетуғын энергия мұғдары жыл сайын артып бармақта. Бирақ бундай энергия мұғдарын жанылғылар есабынан ислеп шығаруу ұзақ ұақыт даўам етиуи мүкин емес. Себеби, жер астындағы тас көмир, нефть, газ хорлары кем кемнен азайып бармақта. Жаңа энергия дереклерин пайда етиу, барларынан үнемли пайдаланыу зәрүр. Хәзирги ұақытта планетамыздың жыллық энергетикалық қурамы төмендегише: тас көмир- $997 \cdot 10^{14}$ кВт•саат, нефть $153 \cdot 10^{13}$ кВт•саат, торф $439 \cdot 10^{13}$ кВт•саат, қуяш энергиясы $79 \cdot 10^{17}$ кВт•саат, самал энергиясы $601 \cdot 10^{14}$ кВт•саат, дәрьялар энергиясы $23 \cdot 10^{12}$ кВт•саат, жердің ишки ыссылық энергиясы $232 \cdot 10^{12}$ кВт •саат, ядро энергиясы $547 \cdot 10^{15}$ кВт•саат.

Жыллылық машиналары, қурылмалары хәм үскенелери қолланылатуғын техниканың хәмме тараўларында хәм олардың жумыс ислеу процесслеринде ыссылық техникасы нызам-

қағыйдаларына сүйенбесе, ыссылық машинасынан пайдаланып болмайды, олар тез истен шығып қалады. Соның үшін хәм жыллылық техникасы пән сыпатында майданға келген хәм раўажланып атыр. Халық хожалығының хәмме тараўында ыссылық машиналары, аппаратлары, үскенелери хәм комплекслеринен пайдаланып келинбекте.

Бизге белгили, машина хәм механизмлердің деталларының хәрекеті ўақтында олардың сырғанаў точкалары арасында пайда болатуғын сүйкеліс нәтийжесинде ыссылық пайда болады. Жыллылық есаплаўда иштен жаныў двигателлеринде жаныў процессин дурыс тәртіплестириўде, олардағы артықша жыллылықты сыртқа шығарыўда, материаллар беккемлигин хәм электр қарсылығының температурағы байланыслығы, электрон хәм магнит майданларының мәнислериниң полат өзекше температурасына байланыслығын үйрениўде жыллылық техникасы пәни үлкен орынды ийелейди. Бул процесслерди билмей турып, жыллылық техникасы туўралы тәлим берип болмайды. Соның үшін да жыллылық техникасы пәни машина қурлысы пәнлериниң бири сыпатында педагогика, техникалық орта хәм жоқары оқыў орынларында талабаларға үйретиледи.

1.2. Жыллылық машиналарының жумысшы денеси хәм олардың тийкарғы параметрлери

Жыллылық энергиясын механикалық энергияға айландырыўшы қурылма-жыллылық машинасы делинеди. Жыллылық машиналарына пуў трубиналары, иштен жаныў двигателлери хәм хәр түрдеги реакторлар киреди. Жыллылық машиналарының жумыс ислеўи дәўирли тәкирарланып туратуғын термодинамикалық процесслерге тийкарланған. Бундай дәўирли процесслерде жыллылық алдын системаға узатылады, ол сыртқы күшлерге қарсы белгили жумыс орынлағаннан соң, қалдық жыллылық муғдары системадан сыртқа шығарылады.

Айланба процессте жумысшы денеге узатылған жыллылық муғдарының пайдалы жумысына тең бөлиминиң узатылған толық жыллылық муғдарына қатнасы менен өлшенетуғын шама ыссылық машинасының термикалық ПЖК делинеди хәм ол хәмме ўақытта бирден киши болады:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1 \quad (1)$$

Жыллылық - материя хәрекетиниң бир формасы. Затты пайда еткен бөлекшелер хәм майданлар жыйындысы материя болып есапланады. Заттың ишки қурамына кирген электронлардың, атомлардың, молекулалардың, кристалл решеткасы түйинлеринде жайласқан атомлардың қурамалы хәрекеті нәтийжесинде пайда болатуғын энергия- жыллылық энергиясы делинеди.

Жыллылық энергиясы денелердің өз-ара тәсирлесиўиниң нәтийжеси. Денелердің температуралар айырмасы болса, жыллылық бир денеден екиншисине тиккелей тийисиў, конвекция хәм радиация усыллары арқалы өтеди, яғный $T_1 > T_2$ болса; егер $T_1 = T_2$ болса, жыллылық өтейди; суўық денеден ыссы денеге жыллылық берилмейди, яғный $T_1 < T_2$ болыўы мүмкин емес.

Жумысшы дене - энергияны бир түрден екинши түрге айландырыў процессинде жумыс ислеитүғын затлар. Жумысшы дене дегенде жанылғының (бензин, мазут, керосин, соляр майы, газ хәм газли араласпалар, порох, суў пуўы ямаса плазма ағымы) хәр қыйлы түрлери түсиниледи. Мысалы, иштен жаныў двигателлеринде бензин пуўы менен хаўа араласпасы жумысшы дене есапланады.

Жумысшы дене есабынан жыллылық пайда болады, бериледи хәм артықша суўытқышқа өткериледи хәм белгили муғдарда жумыс исленеди. Қәлеген жыллылық даигателиниң жумыс процессинде ысытқыш температурасы T_1 суўытқыштың (T_2) температурасынан үлкен болғанда жумыс атқарылады.

Термодинамикалық система - өз-ара хәм басқа денелер менен энергия хәм зат алмаса алатуғын денелер жыйындысы термодинамикалық система делинеди. Термодинамикалық системада пайда болатуғын хәм оның хал параметрлериниң хеш болмағанда биреўиниң өзгериўи менен байланыста болған хәр қандай өзгерис **термодинамикалық процесс** делинеди. Системаның хал параметрлерин анықлаўда хал параметрлери деп аталатуғын физикалық шамалар қабыл қылынған. Хал параметрлерине - салыстырмалы көлем, басым хәм температура киреди.

Басым - сұйықтық хәм газ молекулаларының, плазма ямаса бөлешелердің ағымының ыдыс дийўалларының бет бирлигине тәсир күши басым делинеди:

$$P = \frac{F}{S} \left[\frac{H}{m^2} \right] \quad (2)$$

Газ молекулалары тәртипсиз хәрекетлениўи нәтийжесинде олар ыдыс дийўалларына үзликсиз урылып белгили күш импульсын пайда етеди хәм жыллылық муғдарын ыдыс дийўалларына берип ямаса оннан шығарып турады.

Температура - системаның ыссылық жағдайын анықлайтуғын тийкарғы хал параметрлериниң бири. Денениң ысығандағы халы температура арқалы көрсетиледи. Дене курамындағы бөлшеклердің тезлиги қанша үлкен болса, олардың кинетикалық энергиясыда сонша үлкен болады. Демек, температура дене курамындағы бөлешелердің кинетикалық энергиясының өлшеми болып есапланады. Жыллылық хәрекеті шаққанлығының сан мәниси дене курамындағы молекулалардың орташа кинетикалақ энергиясы менен байланысы төмендегише:

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{3}{2} k T \quad (3)$$

Бунда, $K=1,380662 \cdot 10^{-13}$ Ж/К-Больцман тураклысы; $mv^2/2$ -молекуланың кинетикалық энергиясы.

Демек, классикалық статистикалық физика нызамына тийкарланып, термодинамикалық тең салмақлық жағдайында, үш еркинлик дәрежесине ийе болған молекуланың орташа кинетикалық энергиясын абсолют температура арқалы анықлаўға болады:

$$T = \frac{2 \langle W_K \rangle}{3 K} \quad (4)$$

Термодинамикалық температура шкаласының «Їоль» точкасы ушын идеал газ молекуласының тәртипсиз хәрекеті тоқтайтуғын температура қабыл қылынған болып, ол *абсолют ноль* делинеди.

Турақлы көлемдеги идеал газдың басымы усы газдың абсолют температурасына пропорциональ яғный $P \sim T$. Газдың усы халы тийкарында газ термометрлери соғылған. Демек, температураны тиккелей өлшеп болмайды, ал басқа физикалық шамаларды өлшеў жолы менен анықланады. Сұйықтық термометрлери көлемнің өзгериўине, ярымөткизгишли термометрлер хәм термопаралардың ЭҚК ямаса потенциаллар айырмасын өлшеўге тийкарланған.

Халық аралық өлшеў бирлиги системасында (СИ) температура Кельвин (К) шкаласы бойынша өлшенеди.

Күнделик турмыста көбирек Цельсий (С) шкаласы қолланылады. Цельсий шкаласынан Кельвин шкаласына төмендеги қатнас арқалы өтиледи:

$$T = t^0 + 273,15 \quad (5)$$

Салыстырмалы көлем (v)- заттың бирлик массасы ийелеген көлем. Бир текли заттың массасы m болса, оның салыстырмалы көлеми:

$$v = \frac{V}{m} \left[\frac{M^3}{kg} \right] \quad (6)$$

Термодинамикалық система теңсалмақлы хәм теңсалмақсыз болыўы мүмкин: қәлеген ўақыт ишинде системаның термодинамикалық параметрлери өзгермейтуғын хәм барлық точкаларында бирдей болса, теңсалмақлы система делинеди; керисинше, системаның хәр қыйлы точкаларындағы параметрлери өзгериўши көрсеткишлерге ийе болса, ол теңсалмақсыз система делинеди.

Изоляцияланған термодинамикалық система сыртқы орталыққа жыллылық энергиясын бермейди хәм оннан қабыл қылмайды.

1.3. Системаның хал теңлемеси

Жұмысшы газдың халы өзгергенде оның термодинамикалық параметрлері (P, V, T) хәм оған сәйкес өзгереді, яғнай термодинамикалық системаның тең салмақлық халы бузылады. Термодинамикалық системаның тең салмақлылығы оның параметрлері арасындағы байланысы функция арқалы көрсетиледи хәм ол термодинамикалық системаның хал теңлемеси делинеди. Жұмысшы денениң (газ, суў пуўы, сұйықлық хәм т.б.) көлеми, басымы, температурасы арасындағы байланысты төмендегише жазыў мүмкин:

$$f(P, V, T) = 0 \quad (7)$$

ямаса термодинамикалық параметрлердиң хәр бири ушын бул функция төмендегише жазылады:

$$V = \psi(P, T): \quad P = \psi(V, T): \quad T = \psi(V, P)$$

Денениң дүзилесине хәм қасийетине байланыслы термодинамикалық системаның хал теңлемелери өзгеріуі мүмкин. Сонлықтан мәселениң шешимін табыўда термодинамикалық система әпиўайыластырылады хәм айырым шартлер енгизиледи. Мысалы, идеал газ хәм реал газ халлары теңлемелери бир-биринен күшли парқ қылады. Идеал газ түсинигин енгизиў, газлардың кинетикалық теориясы тийкарында жұмысшы денелердиң термодинамикалық қасийетлерин хәм термодинамикалық процесслерде олардың хал параметрлериниң өзгерисин анализлеўге мүмкиншилик береди.

Физика курсынан мәлим, көлем бирлигиндеги $n = \frac{N}{V}$ газ молекулаларының пайда еткен басымы $P = nkT = \frac{N}{V}kT$ ямаса $\frac{PV}{T} = kN = const$. Идеал газдың хал теңлемеси қәлеген бир текли газ массасы ушын $PV = \frac{m}{\mu}RT$, ал бир моль газ ушын $PV_\mu = RT$ түринде аңлатылады. Бул теңлеме газ араласпасы ушында орынлы хәм оны төмендегише жазыўға болады. $PV = mR_cT$: бунда m -газ араласпасының массасы, $R_c = \frac{R}{m}$ - салыстырмалы газ турақлысы. Бул теңлемени берилген көлем хәм температура, басым хәм температура ушын жазып газ араласпасының техникалық характеристикалырын (салыстырмалы газ турақлысын, парциаллық басымын, молярлық үлесин) анықлаўға болады.

Техникада реал газлар кең қолланылады, олар пәс басымдағы идеал газларға уқсап кетеди. Соның ушын айрым есаплаўларда молекулалар арасындағы өз-ара тәсирлесіу күшлери хәм молекула ийелеген көлем есапқа алынбайды.

Реал газды термодинамикалық система сыпатында пайдаланғанда газ молекулалары арасындағы тартылыў күшлерди хәм газ молекуласының көлемин итибардан шетте қалдырып болмайды. Молекулалар арасындағы тартылыў күшлери хәм молекула ийелеген ҳақыйқый көлемди итибарға алып, Ван-дер-Ваальс реал газлардың хал теңлемесин төмендегише өрнекленген:

$$\left(P + \frac{a}{v_\mu^2}\right) \cdot (V_\mu - b) = RT \quad (8)$$

Бунда- n - газ молекулаларының өз-ара тәсирлесіу күшин есапқа алыўшы шама, b -газ молекуласының ҳақыйқый көлемин есапқа алыўшы шама.

Бул теңлеме тәжирийбеде хәр дайым күтилген нәтийжени бере бермейди. Буған тийкаргы себеп газларда ушырайтұғын ассоциация қубылысы.

Жоқарылардағыдан жуўмақлап соны айтыў мүмкин, термодинамикалық системалардағы тең салмақлықтың өзгеріуі оған ыссылық муғдарының берилиўи ямасы одан шығарылыўы хәмде механикалық тәсир есабынан болып өтиўи мүмкин.

Термодинамикалык системадагы процесслерди: изохоралык ($V=const$), изобаралык ($P=const$), изотермикалык ($T=const$), адиабаталык ($S=const$), политороплык ($PV=const$) процесслерди кейинирек карап өтөмиз:

Тексериу ушун сораулар

Жыллылык техникасы пәни нениүйренеди
 Жыллылык техникасы пәни кандай процесслерди үйренеди
 Жыллылык машинасы деп кандай курылмага айтылады
 Кандай энергия жыллылык деп айтылады.
 Жумышы дене дегенимиз не.
 Термодинамикалык система дегенимиз не.
 Термодинамикалык процесс дегенимиз не.
 Басым деп неге айтамыз.
 Температура деп неге айтамыз.
 Салыстырма көлөм деп неге айтамыз.
 Термодинамикалык системада кандай процесслер болып өтеди.

II-Бап. Термодинамиканың биринши ызамаы

Реже:

- 2.1. Системаның ишки энергиясы.
- 2.2. Денелердин жыллылык сыйымлылығы.
- 2.3. Системаның энтропиясы хэм энталпиясы.
- 2.4. Термодинамикалык изопроцесслер.

2.1. Системаның ишки энергиясы

Затты кураушы бөлекшелердин (молекула атом, ион хэм т.б.) илгерлемели, айланбалы, тербелмели хәрекетиндеги кинетикалык хэм олардың өз-ара тәсирлесиуиниң потенциаллык энергияларының алгебралык жыйындысы системасының (заттын) *ишки энергиясы* делинеди. Ол заттын термодинамикалык халын характерлейди. Ишки энергия түсинигин илимге 1850 жылы В.Томсон киргизген.

Термодинамикалык система бир неше системалардан турады. Мысалы: молекулада өзине тән система болып, ол атомлардан ибарат. Атомда молекуладай гәрессиз система, себеби ол атом ядросы хэм электрон қабығында жайласқан электронлардан турады. Бирак термодинамикалык макросистемада атом ишиндеги өзгерислерге итибар бермейди.

Заттын ишки энергиясын төмендегише тәриплеу мүмкин: ишки энергия заттын халлык параметрлериниң функциясы.

$$U = f(P, V); \quad U = f(P, T); \quad U = f(V, T). \quad (9)$$

Курамалы системаның салыстырма ишки энергиясы сыпатында денениң масса бирлигине туура келетуғын энергия муғдары қабыл қылынған:

$$U = \frac{W}{m} [\text{Дж/кг}] \quad (10)$$

Ишки энергияның өзгериуи термодинамикалык системада болып өтетуғын процесслер түрине байланыслы болмастан, усы системаның басланғыш хэм соңғы халларының энергияларының айырмасына байланыслы:

$$\Delta u = \int_1^2 du = u_2 - u_1 \quad (11)$$

Системада болып атырған термодинамикалык процесс цикли болса, оның толық ишки энергиясының өзгериуи нольге тең, яғный:

$$\oint \psi du = 0$$

Себеби,

$$U_1 = U_2 \quad (12)$$

Зат бир термодинамикалық халдан екінші халға өткенде оның ишкі энергиясы өзгереді. Буны салыстырмалы көлем хэм температура функциясы көрнісінде жазыўға болады:

$$\begin{aligned} du &= \left(\frac{du}{dT}\right)_V dT + \left(\frac{du}{dV}\right)_T dV. \\ du &= \left(\frac{du}{dp}\right)_V dp + \left(\frac{du}{dV}\right)_P dV. \\ du &= \left(\frac{du}{dp}\right)_T dp + \left(\frac{du}{dT}\right)_P dT. \end{aligned} \quad (13)$$

Идеал газ молекулалары арасында өз-ара тәсир етиўши күшлерди есапқа алмасак, онда газдиң ишкі энергиясы идеал газ көлемине хэм басымына байланыслы болмайды:

$$\left(\frac{du}{dV}\right)_T = 0; \quad \left(\frac{du}{dP}\right)_T = 0 \quad (14)$$

Онда идеал газдиң ишкі энергиясы температура бойынша алынған толық туўындыға тең болады:

$$\left(\frac{du}{dT}\right)_P = \left(\frac{du}{dT}\right)_V = \frac{du}{dT} \quad (15)$$

Система dQ ыссылық муғдарын алса хэм ол сыртқы күшлерге қарсы dA жұмыс атқарса, системаның ишкі энергиясының өзгерісі төмендегіше жазылады:

$$dU = dQ - dA$$

Яғнай, денениң алған жыллылық муғдары оның ишкі энергиясының өсиўине хэм жұмыс ислеўине сарп етиледі. Буннан ыссылық хэм жұмыс энергия берилісіннің хәрқыйлы еки формасы екенлігі көринип тур. Жұмыс денениң механикалық энергиясының өзгерісін, ал жыллылық болса оның ишкі энергиясының өзгерісін анықлайды.

Егер система хэмме ўақытта дәслепкі халына қайтса яғнай $dQ=dA$ болса, онда системаның ишкі энергиясы өзгермейді. Физика курсынан мәлим, бир моль газдың ишкі энергиясы

$U_\mu = \frac{3}{2}KN_A T = \frac{3}{2}RT = C_V T$ көриніске ийе. Мейли термодинамикалық система сыпатында

цилиндрде поршеннің астында жайласқан газды қарайық хэм оған dQ жыллылық берилсин. Онда поршень бети S ке газ тәрепинен P басым түсіриледі хэм ол dL аралыққа жылжыйды, нәтижеде элементар жұмыс атқарылады. $dA=PSdL=PdV$. Газдың көлеми V_1 хэм V_2 ге кеңейгендегі толық жұмыс

$$A = \int_{V_1}^{V_2} PdV = P(V_2 - V_1) = P\Delta V$$

тең болады.

Системаның атқарған жұмысы оң болады, егер газ сыртқы күшлерге қарсы жұмыс атқарса, керісінше теріс мәніске ийе болады, егер сыртқы күшлер система устинде жұмыс атқарса.

2.2. Денелердиң жыллылық сыйымлығы

Техникалық термодинамикада ең әхмийетли түсиниклердиң бири жұмысшы денелердиң жыллылық сыйымлығы. Хәрқыйлы денелерди бирдей температураға шекем қыздырыў ушын олар хәрқыйлы муғдардағы жыллылық берилиўи керек. Бул затлардан агрегат халына хэм

дүзилісіне байланысly. Денени бир градусқа қыздырыу үшін зэрүр болған жыллылық муғдары жыллылық сыйымлылық делинеди.

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

Техникада қолланылатуғын салыстырмалы жыллылық сыйымлығы: заттың бирлик (1 кг) массасын 1^0 қа ысытыу үшін зэрүр болған жыллылық муғдары салыстырмалы жыллылық сыйымлығы делинеди. Буннан басқа молярлық жыллылық сыйымлық қолланылады. Жоқарыдағы формуланы термодинамиканың биринши нызамынан пайдаланып

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{dA}{dT}$$

деп жазыуға болады.

Буннан көрнип тур, жыллылық сыйымлылық мәниси денеге жыллылықтың берилиу жағдайына байланысly:

А) газ турақлы көлемде қыздырылса, онда $dA=0$ болады хәм $C_v=dU/dT$ турақлы көлемдеги жыллылық сыйымлылық делинеди.

Б) газ турақлы басымда қыздырылса, $dA=PSdL=PdV$ жұмыс атқарылады хәм $C_p = C_v + P \frac{dV}{dT} = C_v + R$ -турақлы басымдағы жыллылық сыйымлық ямаса Р.Майер теңлемеси делинеди.

Идеал газлар үшін $C_p > C_v$. Реал газлар үшін $C_p - C_v > R$ себеби изобаралық процессте система сыртқы күшлерге қарсы жұмыс атқарып қоймастан Молекулалардың өз-ара тартысуы күшлеринен қарсы жұмыс атқарады. Демек $P = const$ хәм $V = const$ болған термодинамикалық процесстерде реал газ жұмыс атқарыу хәм оның ишки энергиясын арттырыу үшін идеал газға салыстырғанда көбирек жыллылық муғдарын берий керек.

2.3. Системаның энтропиясы хәм энталпиясы

Термодинамиканың биринши нызамы масса хәм энергияның сақланыуы хәм айланыу нызамларының жыллылық процесстерине қолланылыуының дара жағдайы. Себеби, энергия бардан жоқ болмайды, жоқтан бар болмайды, тек бир түрден екнши түрге айланады.

Хәр қандай термодинамикалық системаның параметрлери усы системаға сырттан белгили муғдарда ΔQ жыллылық муғдары киргизилгенде (шығарылғанда) өзгереди. Система тең салмақлылық халынан шығады ямаса тең салмақлылық халына қайтады.

Термодинамикалық система (қатты зат) ΔQ ыссылық муғдарын қабыллаганан соң оның параметрлериниң айрымлары (басым, көлем, температура) өзгереди, яғный көлем dV ға, температура dT ға артады. Егер қатты зат орнына газ ямаса суйықлық алынса, онда басым P , көлем V хәм температура T өзгереди.

Демек, системаның температурасы dT ға артса, оның курамындағы молекулалардың кинетикалық энергиясы хәм потенциал энергиясы артады. Себеби молекулалар арасындағы аралық көбейеди. Системада бундай жағдайдың пайда болыуынан оның ишки энергиясы dU артады. Егер система сыртқы орталық пенен тәсирлессе, онда ол тең салмақлылық халына қайтыу үшін сыртқы күшерге қарсы жұмыс ислейди.

Демек, энергияның сақланыу нызамы тийкарында термодинамиканың биринши нызамын төмендегише айтыуға болады: Системаға берилген жыллылық муғдары усы системаның ишки энергиясының өзгериуине хәм сыртқы күшлерге қарсы атқарған пайдалы иске сарпланады.

Енди жоқарыда айтылғанларға сүйене отырып системаның хал функциялары болған энтропияны хәм энтальпияны қарайық.

Энтропия (грек тилинде *entropia* - айланыу, өзгериу) термодинамикалық системаның хал функциясы болып, ол S хәриби менен белгиленеди:

$$dS = \frac{dq}{T} \quad (17)$$

Энтропия термодинамикалық система менен сыртқы орталықтың өз-ара жыллылық алмасыу процессиниң өтиу бағдарын анықлайды. Термодинамикалық системаның сыртқы орталық пенен

байланысының қасиетіне қарап квазистатик (қайтымлы, тең салмақты) процесстерде энтропия мәнісі оң хәм терис белгиде хәмде нольге тең болуы мүмкин, яғный $dS > 0$ де зат ыссытылмақта, $dS < 0$ зат суытылмақта, $dS = 0$ зат тең салмақтылық халында.

Энтропия термодинамикалық системаның хал функциясы екенлиги себепли оны система параметрлери халының функциясы сыпатынды анықлау мүмкин:

$$S = \xi_1(P, V); \quad S = \xi_2(P, T); \quad S = \xi_3(V, T) \quad (18)$$

Системаның энтропиясын усы системаның $T \rightarrow 0 K$ анықлау мүмкин емес. Бундай қыйыншылықтан ток тәжрийбе нәтийжелери арқалы кутылуы мүмкин. В.Нернст (1906-жылы) жүдә пәс температураларда затлардың қасиетлерин үйренип, сынау нәтийжелерине таянып, абсолют ноль температурада болып өтетуғын изотермикалық процессте энтропияның өзгеріуи нольге тең деген жуумакқа келген. Бирақ, абсолют нольге ерисиу мүмкин емес, себеби абсолют ноль температурада зат курамындағы бөлекшелердің қозғалысы тоқтау керек. Бул жағдай орынлы болғанында системаның параметрлери (P, V х.т.б.) өзгеріуи мүмкин. Буған В.Нернст принципи ямаса термодинамиканың үшінши нызамы делинеди.

М.Планк 1912-жылы бул мәселени статистикалық физика тийкарында үйренип, процесс характерин квант теориясы тийкарында дәлиледи. Әмелде энтропияның абсолют көрсеткішинен емес, ал оның термодинамикалық процесстеги өзгеріуинен ғана пайдаланылады, яғный

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dq}{T} \quad (19)$$

Энтальпия (грек тилинде *enthalpo* - ыссытпа) термодинамикалық системаның хал функциясы. Термодинамикалық системаның ишки энергиясы U менен усы система басымы P ның көлем V ға көбеймесиниң жыйындысы *энтальпия* (H) делинеди. Энтальпия энергия өлшеу бирлиги (Дж) да өлшенеди:

$$H = U + PV \quad (20)$$

Теңлемеден көринип турыпты, оған кирген шамалар термодинамикалық системаның хал функциясы болып есапланады, соның ушын (H) ды функция көрнисинде хал параметрлери менен анықлау мүмкин:

$$H = f_1(P, V); \quad H = f_2(V, T); \quad H = f_3(P, T).$$

Энтальпия термодинамикалық системаның хал функциясы болғанлығы ушын оны толық дифференциал dH түринде жазуға болады. Онда энтальпияның өзгеріуи процесстин түрине байланыссы болмай усы системаның дәслепки хәм соңғы халларына байланыссы болады, яғный

$$\Delta H = \int_1^2 dH = H_2 - H_1$$

Энергетикалық көз қарастан $H = E$ десек, $E = U + PV = H$ бунда, U -системаның ишки энергиясы, PV -системаға тәсир етип атырған сыртқы басым күшиниң потенциал энергиясы.

Демек, термодинамикалық системаның энтальпиясы усы системаның ишки энергиясы менен сыртқы басым күшлериниң потенциал энергияларының жыйындысына тең екен.

Термодинамикалық процесстерди теориялық үйрениуде, ыссылық-энергетикалық үскенелерде ыссылықты пайдаланыуды анализлеуде (үскенелердің хәм оның айырым элементлериниң ыссылық байланысларын әмелий есаплау) термодинамиканың биринши нызамы үлкен әхмийетке ийе.

2.3. Термодинамикалық изопроцесстер

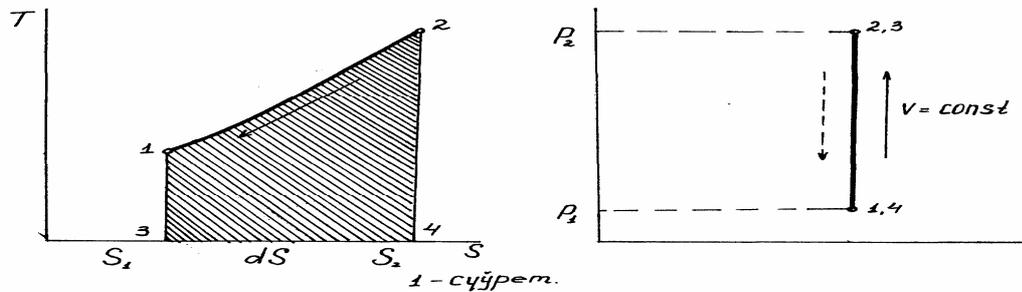
Физика курсында термодинамикалық изопроцесстер хәм бул процесстердің параметрлериниң қатнасы идеал газ нызамлары тийкарында үйренілген еди. Техникалық термодинамикада бул процесстерде идеал газ параметрлериниң қатнасын анықлау менен бирге, термодинамиканың тийкарғы нызамлары теңлемелерине киретуғын барлық шамалардың өзгериси энергетикалық көз-қарастан қаралады: Жыллылықтың берилиуи (Q), ишки энергияның өзгериси (ΔU), орынланған жұмыс (A), энтропияның өзгериси (ΔS), энтальпияның өзгериси (ΔH) хәм т.б.

Бул процесстерди графикалық (PV хәм TS диаграммалар) усыл жәрдемінде үйрениу оғада қолайлы.

Изохоралық процесс- Системаның салыстырмалы көлеми $V = const$ да жүз беретугын термодинамикалық (физикалық, химиялық) кубылыстардың жыйындысына изохоралық процесс делинеді.

Мысал ретінде цилиндрде поршень астында жайласқан газды қарайық. Газдың дәлелки параметрлері P_1, V_1, T_1 десек, Q ыссылық берілгеннен кейін P_2, V_2, T_2 . Бул халатлар ушын газ халының теңдемелеринің қатнасынан $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$ ийе боламыз. Басымның өзгериси температура өзгерисине тең болады.

Изохоралық процесстин диаграммаларын PV хәм TS координаталарында қарайық. (1-сүүрет).



Процессти термодинамиканың биринши нызамы тийкарында қарап шығамыз. Термодинамиканың биринши нызамы теңдемесин дифференциалласақ төмендеги теңлемеге ийе боламыз.

$$dq = du + dA = du + PdV \quad (21)$$

Изохоралық процессте газ көлеминің өзгеріуи $dV = V_1 - V_2 = 0$, өз нәўбетинде $dA = PdV = 0$ болғанлықтан:

$$dQ = dU \quad (22)$$

Демек, системаға берілген dQ дың жыллылық муғдары усы системаның ишки энергиясының өзгеріуине сарыпланады екен.

Енди бул процесстеги ишки энергияның өзгерисин жыллылық сыйымлық арқалы өрнеклесек төмендеги теңлемеге ийе боламыз.

$$dQ_V = C_V dT + PdV = C_V dT = dU \quad (23)$$

Бул теңлемени T ға бөлсек, $PV = RT$ хәм $dS = \frac{dQ}{T}$ теңликлерин еске алсақ, $dS = S_2 - S_1 = C_V \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V}$ ийе боламыз. Буны интегралласақ хәм V_1 хәм V_2 екенлигин еске алсақ, газ халының соңғы өзгерси ушын энтропияның өзгерсин анықлаймыз. Яғный $S_2 - S_1 = C_V \ln \frac{T_2}{T_1}$ ийе боламыз. Демек, бул процессте газ жұмыс атқармайды.

Изобаралық процесс. Турақлы басымда болып өтетугын термодинамикалық кубылыстар *изобаралық процесс* делинеді. Бул термодинамикалық процессте $P = const$ болып, газдиң V, T параметрлері берілген Q жыллылық муғдары есабынан өзгеріуи мүмкин. Бунда газдиң көлеми V_1 ден V_2 ше, температура T_1 ден T_2 ше өзгереді (2-сүүрет). Бул өзгеріу процессинде поршень өзинің тең салмақлық жағдайынан шығады, яғный төменге қарай хәрекетленеді. Хәр еки жағдай ушын

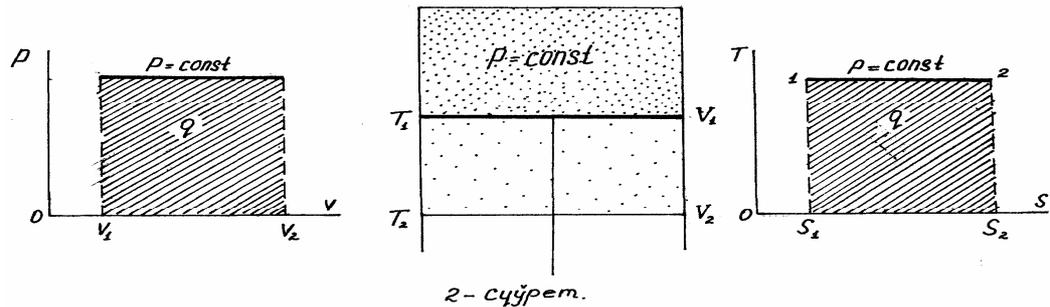
$$P_1 V_1 = RT_1 \quad P_2 V_2 = RT_2$$

□ теңдемесинің қатнасынан

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

ийе боламыз.

Изобаралық процесс диаграммасын PV хэм TS координаталарында сүўретлеймиз (2-сүўрет).



Изобаралық процессте системаға узатылған жыллылық муғдарын салыстырмалы жыллылық сыйымлығы арқалы жазамыз:

$$Q_p = C_p (T_2 - T_1) \quad (24)$$

Изобаралық процесстеги энтропияның өзгерсин изохоралық процесстеги усылдан пайдаланып табамыз:

$$\frac{dQ}{T} = C_v \frac{dT}{T} + R \frac{dT}{T} = (C_v + R) \frac{dT}{T}$$

Бул теңлемени интеграллап Майер теңлемесинен пайдаланып энтропия өзгерсин табамыз.

$$S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{T_2}{T_1} (C_v + R) \ln \frac{T_2}{T_1} = C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Изобаралық процесстеги термодинамикалық системаның атқарған жұмысының муғдарын интеграллау арқалы табамыз.

$$A = \int_v dA = \int_1^2 PdV = \int_1^2 RdT = R(T_2 - T_1) \quad (25)$$

Егер температуралар айырмасы 1^0 болса, изобаралық процессте термодинамикалық системаның орынлаған жұмысы универсал газ тураклылығының мәнисине тең болады:

$$A=R \quad (26)$$

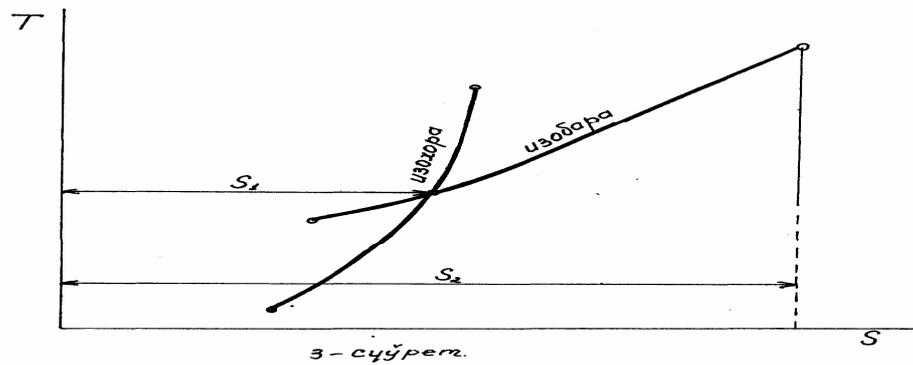
Демек, изобаралық процессте термодинамикалық системаға узатылған жыллылық муғдары тийкарынан усы системаның ишки энергиясының артыуына хэм аз бөлими сыртқы механикалық жұмыс атқарыуға жумсалады екен.

Бундай процесслер пуў машиналарында, дизель двигателлеринде хэм қазанлы от ханаларда ушырасады. Енди системаға берилген жыллылық муғдарын энтальпия өсими арқалы анықлайық. Оның ушын термодинамиканың биринши нызамының дифференциал теңлемесинен яғный $dQ=dU+PdV$ пайдаланамыз. Бунда $PdV=d(PV)-VdP$ екенлигин есапқа алсақ, системаға берилген жыллылық муғдарын сыпатлаушы теңлемеге ийе боламыз.

$$dQ_p = d(U + PV) - VdP$$

$P = const$ болғанда $VdP=0$ болады хэм $H = U + PV$ екенлигин еске алсақ $dQ_p = dH$ ямаса $Q_p = H_2 - H_1$ болады. Демек, системаға берилген жыллылық муғдары энтальпияның өзгерисине тең болады.

Процесслерди көрсетпели сүўретлеу ушын TS координата системасы (TS диаграмма) кең қолланылады. (3-сүўрет). Абцисса көшеринде салыстырмалы энтропия S (масса бирлигине туўра келетуғын энтропия) хэм ордината көшерине абсолют температура T жайластырылады.



Дәслепки хал-1, ал соңғы 2 хәм 2'. Дифференциал теңлемелер $\left(\frac{dT}{dS}\right)_P = \frac{T}{C_P} > 0$ хәм

$\left(\frac{dT}{dS}\right)_V = \frac{T}{C_V} > 0$ болғанлықтан хәм $C_P > C_V$ себепли изохора графиги изобараға карағанда тиклеў. Онда энтропиялардың өзгерислеринде де парк болады.

$$(S_2 - S_1)_P > (S_2 - S_1)_V$$

Изотермиялық процесс. Турақлы ($T = \text{const}$) температурада пайда болатуғын термодинамикалық процесс - изотермиялық процесс делинеди. Системаға сырттан берилетуғын Q жыллылық муғдары оның халын өзгертеди.

$$P_1 V_1 = R T_1; \quad P_2 V_2 = R T_2$$

$T = \text{const}$ болғанлығы ушын $T_2 = T_1$. Онда төмендеги қатнасқа ийе боламыз.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}; \quad P V = \text{const} \quad (27)$$

Системаның ишки энергиясының өзгеріуі $dU=0$, себеби $U = \text{const}$. Термодинамикалық системаға узатылған жыллылық муғдарын термодинамиканың биринши нызамынан анықлаймыз:

$$dQ_T = C_V dT + P dV \quad (28)$$

$T = \text{const}$ болғанлығы ушын системаның температурасының өзгеріуі $dT = T_2 - T_1 = 0$. Онда $C_V dT = 0$ болады, себеби $U = \text{const}$.

Демек, системаға узатылған жыллылық муғдары dQ системасының P, V хәм T параметрлерин де өзгерттиреді, яғный бул жыллылық муғдары газдың басымы хәм көлемин өзгерттирип, сыртқы күшке қарсы механикалық жұмыс орынлаўға сарыпланады:

$$dQ_T = P dV = dA \quad (29)$$

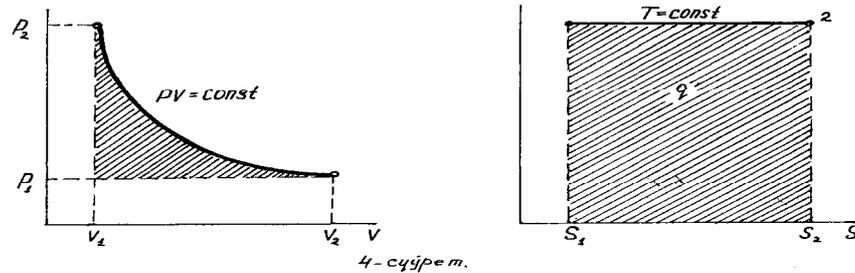
$$A = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (29 a)$$

Изотермикалық процессте газдың кеңейгендеги энтропиясының өзгерисин TS диаграммаға сәйкес (4-сүрет) теңлемени интеграллаў арқалы анықлаймыз.

$$dQ_T = \int_{S_1}^{S_2} T dS = \int_{S_1}^{S_2} P dV = A$$

ямаса

$$A = T \int_{S_1}^{S_2} dS = T(S_2 - S_1)$$



Демек, изотермикалық процессте системаның орынлаған жұмысы абсолют температура менен энтропияның өзгеруінің көбеймесіне тең екен.

Адиабаталық процесс

Жұмысшы дене сыртқы орталық пенен жыллылық алмаспай болып өтетұғын процесс адиабаталық процесс делінеді. Бундай процессте жұмысшы дене кеңейгенде ямаса қысылғанда оның температурасының өзгеруі тек системаның ишкі энергиясы есабынан пайда болады. Сырттан системаға энергия узатылмайды хәм онан шығарылмайды, яғный $dQ=0$. Реал жағдайда реал процесстер тең салмақлықта бола алмайды, соның ушын адиабаталық процессте болуы мүмкін емес. Бирақ тез өтетұғын процесстерди адиабаталық процесс деп қарауға болады.

Сырттан системаға киргизілген жыллылық муғдары $dQ_A=0$ болғанлығы ушын, усы системаның энтропиясының өзгеруі $dS=dQ/T=0$ болады. Адиабаталық процессте термодинамикалық системаның үш параметрлери P, V хәм T бирдей өзгеруі мүмкін. Дәслепки халда P_1, V_1, T_1 хәм соңғы халда P_2, V_2, T_2 болсын дейик. Адиабаталық процесс ушын термодинамиканың биринши нызамын пайдаланамыз. $dQ_A = C_V dT + PdV$ $dQ_A = 0$ болғаны ушын $C_V dT + PdV = 0$ деп жазамыз. $PV = RT$ дифференциаллап, dT хәм оны C_V/R ге бөлемиз,

кейин Майер теңлемесинен R ди тауып теңлемеге қоямыз хәм әпиұайыластырсақ $K \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0$

ийе боламыз. Буны $K = const$ шәрти менен интегралласақ $PV^K = const$ буны халлар ушын

жазсақ $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^K$ ийе боламыз. Хал теңлемесинен пайдаланып $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{K-1}$ хәм

$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}}$ аламыз. Адиабаталық процессте ($dq_A = 0$) системаның атқарған жұмысы ишкі

энергияның кемиуі ($U_1 > U_2$) есабынан болады.

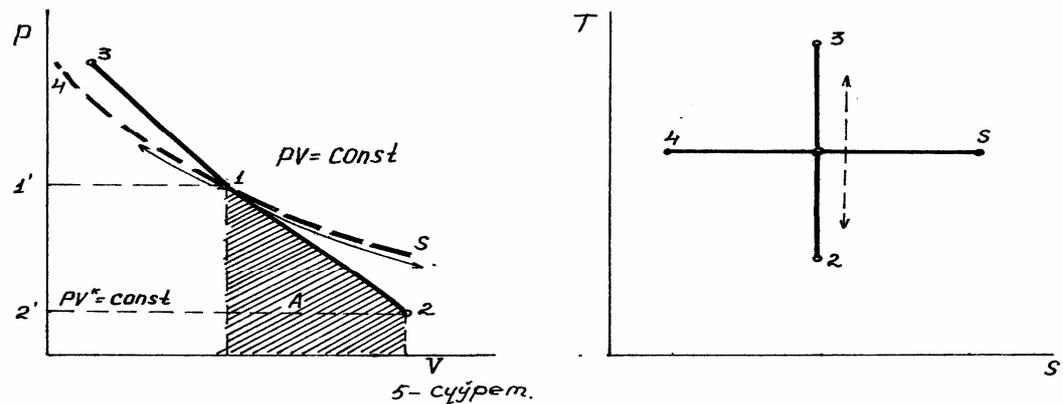
$$A = U_1 - U_2 = -C_V(T_1 - T_2)$$

Р.Майер теңлемесине хәм адиабата көрсеткішине, яғный $\left(C_V = \frac{R}{K-1}\right)$ хәм $K = \frac{C_P}{C_V}$

тийкарланып төмендегіше жазамыз.

$$A = \frac{R}{K-1}(P_1V_1 - P_2V_2) = \frac{R}{K-1}(T_1 - T_2)$$

Мейли, системаның параметрлерин дәслеп адиабата соңынан изотерма бойынша өзгертейик (сүүрет-5).



Адиабаталық процессте $dQ_A = 0$ себепли қайтымлы процессте энтропияның өзгерісі нольге тең болады, энтропия болса $S = const$. Соның үшін газ адиабаталық қысылғанда оның температурасы 1-3 бойынша ишки энергияның өзгеріуі есабынан артады; кеңейгенде 1-2 бойынша кемейеди. Нәтижесінде системаның энтропиясы өзгермейди. Изотермикалық процессте $T = const$ себепли газ 1-4 бойынша қысылса ямаса 1-5 себепли кеңейсе, сәйкес түрде оның энтропиясы кемейеди ямаса артады.

Политроплық процесс

Система (газ) ның салыстырмалы жыллылық сыйымлығының ($C = const$) өзгермес болған термодинамикалық процесси *политроплық процесс* делинеди. Политроп грекше *Poli* - көп, *trou* - жол сөзлеринен алынған болып, түрлі бурылыу, көп бурылыу деген мәнисти билдиреди. Системаның салыстырмалы сыйымлығы өзгермесде, оның жағдай параметрлери өзгередиди.

Политроплық процесстиң теңлемеси төмендегеше бериледи:

$$PV^n = const \quad (30)$$

Бунда $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ политропия көрсеткіши.

Политроптың көрсеткіши $-\infty$ нен $+\infty$ ке шекемги көрсеткішлерди өз ишине алады.

Политроплық процесстиң жыллылық сыйымлығы $C = const$ болғандағы жағдайы үшін термодинамиканың биринши нызамын төмендегеше жаза аламыз:

$$dQ = C dT = C_v dT + P dV,$$

ямаса

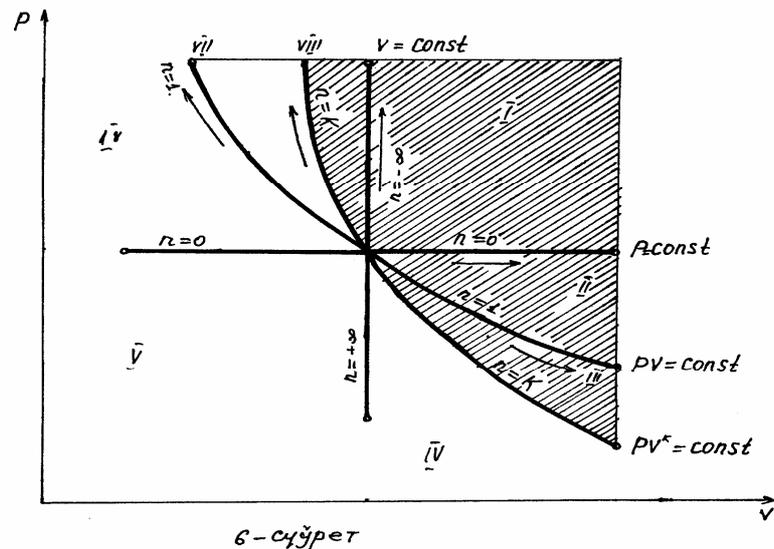
$$(C - C_v) dT = P dV \quad (31)$$

Идеал газдың хал теңлемесин дифференциаллап dT ның мәнісін орнына қоямыз. Майер теңлемесинен R диң мәнісін орнына қойып алынған нәтижени ағзама-ағза $(C - C_v)PV$ ға бөлеміз хәм математикалық өзгертулер жасаймыз. Нәтижесінде политроплық процесстиң теңлемесине ийе боламыз.

$$PV^{\frac{C - C_p}{C - C_v}} = PV^n = const \quad (32)$$

Демек, политроплық процесстеги системаның хал параметрлери өзгерсе де оның политроплық көрсеткіши өзгерместен қала бередиди екен.

Политроп процесс изопроцесслердиң улыуға халы. Политроп көрсеткішиниң мәнісін $-\infty$ нен $+\infty$ ке шекем өзгерттирип изохоралық, изобаралық, изотермикалық хәм адиабаталық процесслерди PV диаграммасында қарайық. (6-сүрөт).



Политроплық процессте системаға берілген ямаса оннан шығарылған ыссылық муғдарын системаның ишки энергиясының өзгеріуінен пайдаланып анықлау мүмкин. Буның ушын, дәслеп термодинамиканың биринши нызамының анықламасына тийкарлана отырып ишки энергияны хэм системаның салыстырма жыллылық сыйымлығы хэм абсолют температурасы хэмде политроплық көрсеткиши пенен байланысын жазамыз:

$$Q = C_V (T_2 - T_1) + \frac{R}{1-n} (T_2 - T_1) \quad (33)$$

Бизге белгили, ишки энергияның теңлемесин ($U=C_V T$) T_1 хэм T_2 температуралар арасында интеграллап, жыллылық муғдарын анықлау мүмкин:

$$Q = C (T_2 - T_1) \quad (34)$$

Политроплық процессте қатнасып атырған идеал газдің жыллылық сыйымлығы формуласын

$$C = \frac{C_V (n - k)}{(n - 1)}$$

(34) теңлемеге қойып төмендеги көриниске ийе боламиз:

$$Q = C_V \frac{n - k}{n - 1} (T_2 - T_1) \quad (35)$$

Демек, политроплық процессте системаға келтирилген жыллылық муғдары усы системаның абсолют температурасының өзгеріуіне сарыпланады екен. Соның ушын C_V , K, n турақлы болғанда $C = const$ болады. Политроплық процессте энтропияның өзгеріуін төмендеги теңлемелерди:

$$\begin{aligned} dS &= \frac{dq}{dT} = C_V \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V}, \\ dS &= \frac{dq}{T} = C_p \frac{dT}{T} - R \frac{dP}{P}, \\ dS &= \frac{dq}{T} = C_V \frac{dP}{P} + C_p \frac{dV}{V}. \end{aligned} \quad (36)$$

интеграллап анықлауға болады.

$$\begin{aligned}
 S_2 - S_1 &= C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}, \\
 S_2 - S_1 &= C_P \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}, \\
 S_2 - S_1 &= C_V \ln \frac{P_2}{P_1} + C_P \ln \frac{V_2}{V_1}.
 \end{aligned}
 \tag{37}$$

Политроп процесстеги энтропияның өзгерісін салыстырмалы жыллылық сыйымлық арқылы көрсетіуге болады.

$$dS = C \frac{dT}{T} = C_V \frac{n-K}{n-1} \frac{dT}{T}$$

Бұны интегралласақ,

$$S_2 - S_1 = C_V \frac{n-K}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1}$$

ийе боламыз. Политроп көрсеткішін теңлемге қойып әпийәйыластырсақ,

$$S_2 - S_1 = C_V (n-K) \ln \frac{V_1}{V_2} \text{ ямаса } S_2 - S_1 = \frac{C_V}{n} (n-K) \ln \frac{P_1}{P_2}.$$

Демек, процесс энтропиясының өзгеріушилиги системаның салыстырмалы жыллылық сыйымлығына, политроплық хәм адиабаталық жыллылық сыйымлығына, политроплық хәм адиабаталық көрсеткішлерге хәмде процесстиң соңғы хәм басланғыш параметрлери қатнастарының логарифмлерине байланыслы екен.

Тексеріу үшін сораулар

1. Системаның ишеи энергиясы деп неге айтамыз.
2. Өсее ұйадаеу дүпееәеі еееіаа ееі еедәеәаі.
3. Өәдіәәіәіәеәеуқ пөпәіәіә қайаә пөәіәәәдаәаі қдәәғәі.
4. Өәдіәәіәіәеәіуң әддееіөе іуқәііуіуң әіуқәәіәпұ.
5. Өәдіәәіәіәеәеуқ пөәіәіәіуң іәдәіәддәәдә қайаәә әәғәәәәәдәә өқәәдәәе.
6. Үіөдпәеу аәәәіәеіәс іә.
7. Үіәәәеуіәеу аәәәіәеіәс іә.
8. Өәдіәәіәіәеәеуқ пөпәіәіәіуң үіәәеуіәеуң іәәә дән.
9. Үіөдпәеу дүпееәәеі еееіаа әеддееіөе әіеуі ееі еедәеәәаі.
10. 'аіәәә өәдіәәіәіәеәеуқ ідіәәпәәд аәд.
11. Есідіәәеуқ ідіәәпә аәі қайаәә ідіәәпәәә әеәәіуқ.
12. Есйәәдәәеуқ ідіәәпә аәі қайаәә ідіәәпәәә әеәәіуқ.
13. Есідәәддееуқ ідіәәпә аәі қайаәә ідіәәпәәә әеәәіуқ.
14. Аәәәәәәәеуқ ідіәәпә аәі қайаәә ідіәәпәәә әеәәіуқ.
15. Үіеөддпәеуқ ідіәәпә аәі қайаәә ідіәәпәәә әеәәіуқ.

III-Бап. Термодинамиканың екінши нызамы

Реже:

- 3.1. Айланба цикл.
- 3.2. Карно цикли.
- 3.3. Термодинамиканың екінши нызамынан келип шығатуғын нәтийжелер.

Термодинамиканың екінши нызамы жыллылық машиналарында улыұма тәбиятта болып атырған хәм болатуғын жыллылық процесслерин терең үйрениу үшін оғада зәрүр.

Термодинамиканың биринши нызамы механикалық хәм жыллылық энергияларының өз-ара айланысларындағы санлық байланысты орнатады, бирақ-бул айналыслар қандай жағдайда болатуғынлығын (шәртин) қарамайды, ал термодинамиканың екінши нызамы жыллылықтың механикалық жұмысқа айналыуы мүмкин болған шәртлерди орнатады.

Жұмысшы денениң қандайда бир деректен алған жыллылықтың барлығын толығы менен жұмыс атқарыуға сарплайтуғын дәуірли ислейтуғын машинаны соғыу мүмкин емес: бундай

машина жұмыс процессінде усы жыллылықтың бир бөлегин температурасы төмен болған басқа денеге бериуі шәрт.

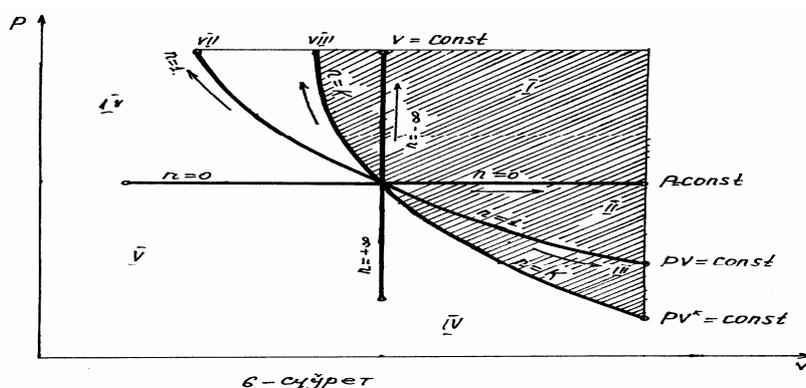
Реал процесслер ушын термодинамиканың екнши нызамының аналитикалық көриниси төмендегише:

$$dS > \frac{dQ}{T}$$

Термодинамиканың екнши нызамын жыллылық машиналарына әмелий қолланыу ушын идеал Карно цикли, Карно циклинц ПЖКсын, қайтымлы хәм қайтымсыз термодинамикалық процесслерди терең үйрениу керек.

3.1. Айланба цикл

Термодинамикалық процесстеги система жұмыс орынлауы ушын оған дәуірли түрде мәлим муғдардағы жыллылық энергиясы берилип туруы хәм жұмысқа айланбаған муғдары сыртқа (сууытқышқа) узатылыуы керек. Сонда цикл турақлы рәуиште тәкирарланады. Жұмысшы дене дәслең кеңейеди хәм белгили муғдарда жұмыс орынлайды, кейин және қысылады, соң басланғыш тең салмақлы халына келеди. Цикл қайталаңады. Иштен жаныу двигателин мысал етип келтириуе болады. Бундай түрдеги двигателге хәр уақыт жаңа жұмыс ислеуши зат ямаса жыллылық муғдары избе-из берилип турылады хәм жыллылықтың жұмыс атқармаған бөлими сууытқышқа (атмосфераға) шығарылып жибериледи. Тек бир мәрте киргизилген жұмысшы дене менен үзликсиз ислеитугын машина жаратылған емес хәм бундай машинаның болыуы да мүмкин емес. Лекин оған жақынырақ болған қурылмалар бар болып, оларда жұмысшы затты дәслеңки тең салмақлылыққа қайтарыу ушын, кеңейип жұмыс орылап болған жұмысшы зат сыртқы (энергия) күш тәсиринде қосымша жұмыс орынлайды хәм дәслеңки халына қайтады. Бундай цикллер айланба процесслерде байқалады. Буған МГД генераторының идеал циклин мысал ретинде көрсетиуе болады. Бундай циклде, әлбетте, затты қысыу ушын сарпланған жұмыс муғдары оның кеңейиуинде орынлаған пайдалы жұмыстан анағурлым киши болыуы керек. Бундай үзликсиз тәкирарланатуғын айланба процесстиң PV-диаграммасын төмендегише көрсетиуе болады. (6-сүүрет).



Жұмысшы дене Q_1 ыссылық муғдарын алғаннан соң 1,2,3 сызықлар бойынша кеңейип, оң жұмыс, ал 3,4,1 ийрек сызықлары бойынша Q_2 жыллылық муғдарын системадан сууытқышқа берип терис жұмыс ислеиди. Бул жұмыстың муғдары а,1,2,3,в,а точкалары шегараланған бетлик майданға сан жағынан тең.

Терис жұмыстың муғдары болса а,1,4,3,в,а точкалары пайда еткен майданға сан мәниси бойынша тең. Демек пайдалы жұмыстың мәниси 1,2,3,4,1 точкалар пайда еткен бетлик майданға сан жағынан тең болады, яғный

$$Q_1 = \Delta U + A_1; \quad -Q_2 = -\Delta U - A_2.$$

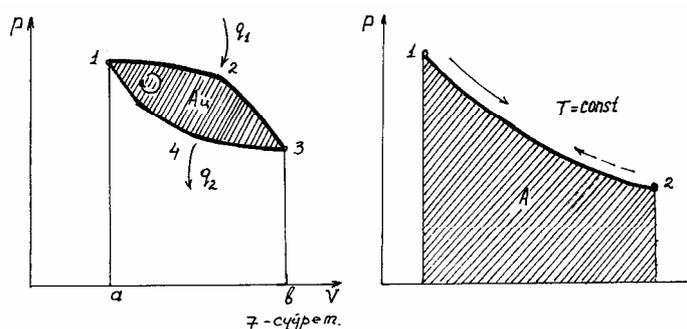
ямаса бул теңдемелерди бир-бирине қосып шықсақ,

$$Q_1 - Q_2 = A_1 - A_2 = A_{\text{ц}} \quad (38)$$

келип шығады, $A_{\text{ц}}$ - циклиң орынлаған жұмысы.

Процесс қайтымлы хәм қайтымсыз болыуы мүмкин. Термодинамикалық процесстеги тийкарғы күш консерватив (серпимли, кулон, гравитация) болғанда процесс қайтымлы болады. Термодинамикалық процесстиң соңғы халынан басланғыш халына кери бағдарда избе-из халлар

арқалы өтiу мүмкін болған процесс қайтымлы процесс делинеди. Бундай процесстiң PV-диаграммасында газ көлеминiң кеңейiу графиги қысылыу графиги менен үстпе-үст түседи (7-сүүрет).



Тек процесслер бағдарлары менен бир-биринен айырылып турады. Мысалы, кеңейип жұмыс орындап болған газ, сыртқы күшлердiң тәсирисиз, өз көлемин өз-өзинен кемейтирип басланғыш халына қайтса, бул қайтымлы процесс болады.

Демек, системаға сырттан қанша жыллылық муғдары берилген болса, сонша муғдардағы жыллылық сыртқа шығады. Бирақ бундай процесс әмелде ушыраспайды.

Сырттан жыллылық муғдарын алмайтуғын хәм алмаспайтуғын жүдә әсте өтетуғын адиабаталық процесс қайтымлы процеске мысал бола алады.

Термодинамикалық процесс өзинiң соңғы халынан процеске терис бағдарда, избе-из халлардан өтип хеш болмағанда бир халдан өтпестен, басланғыш халына қайта алмаса, бундай процесс қайтымсыз процесс делинеди. Мысалы, суу пууы кеңейип жұмыс орындап болғанан соң өз-өзинен қысылып, және өзинiң басланғыш халына келе алмайды.

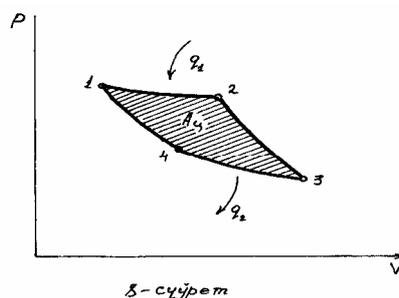
3.2. Карно цикли

Карно цикли еки изотермадан хәм еки адиабатадан турады. Системаға ысытқыш (ыссылық дереги) тан Q_1 жыллылық муғдары үзликсиз берилип турылуы есабынан температура T_1 өзгермей сақланады. Системада болып өтетуғын процесс турақлы ($T = const$) температурада пайда болады.

Қалдық (жұмыс орындамаған) жыллылық муғдары Q_2 системадан үзликсиз рәуиште сыртқы орталыққа (сууытқышқа) турақлы $T_2 = const$ температурада шығарылады.

Системаның халы кескин өзгергенде (газ кеңейгенде ямаса қысылғанда) сыртқы орталықтан толық изоляцияланған, яғный $dQ=0$ болуы шәрт. Усы шәрт орынланса системада болып өтетуғын процесс адиабаталық болады. Француз илимпазы Карно Никола Леонар Сади 1824 жылы «Отынның хәрекетлендириуши күши хәққинда көз қараслар» шығармасында жыллылық хәм жұмыстың өз-ара бир бирине өзгериуи хәққиндағы мәселениң шешимин тууры тапқан. Хәзирги күнде хәм бул шешимниң нәтийжеси өз күшин жоғалтпаған.

Диаграммадан (8-сүүрет) бизге белгили 1,2 точкаларының аралығында системаға келтирилген жыллылық муғдары:



$$Q_1 = \int_1^2 \Delta Q = \int_1^2 \Delta U + \int_1^2 PdV = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (39)$$

болса да, система сыпатында идеал газ алынғанда, оның изотермиялық процесинде ишки энергиясының өзгериуи $dU = U_1 - U_2 = 0$ болады. Соның ушын газдың орындаған жұмысы:

$$A_1 = \int_1^2 PdV = RT_1 \int_1^2 \frac{dV}{V} = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (40)$$

системаға киргизилген Q_1 жыллылық муғдарына тең болады. Цикл диаграммасының 3,4 точкалары аралығында системадан Q жыллылық муғдары сыртқы орталыққа T_2 температурада шығарылады. Бул жағдайда системаның Q_2 жыллылығы жұмыс орындауға сарыпланады.

$$Q_2 = \int_3^4 \Delta Q = R T_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = A_2 \quad (41)$$

Орынланған жұмыстың белгилерин анықлау мақсетінде циклдің 4,1 хәм 2,3 точкалары арасында болып өтуге адиабаталық ($\Delta Q=0$) процесстерин қарап шығайық.

Адиабаталық процесс үшін термодинамиканың биринши нызамы төмендегиге жазылады:

$$C_V dT + P dV = 0 \quad (42)$$

Идеал газдың хал теңлемесинен T -ны табамыз:

$$T = \frac{P V}{R} = \frac{P V}{C_P - C_V} \quad (43)$$

Әпиуайыластыруу үшін (42) теңлемени $C_V T$ ға бөлеміз:

$$\frac{dT}{T} + \frac{P}{C_V T} dV = 0 \quad (44)$$

Басым мәнисин (43) теңлемеден тауып (44) теңлемеге қойып хәм $C_P/C_V=k$ еске алсақ, төмендегиге ийе боламиз.

$$\frac{dT}{T} + (k-1) \frac{dV}{V} = 0 \quad (45)$$

(45) теңлемени интеграллап хәм потенциаллап адиабаталық процесстерин теңлемесин аламыз:

$$T V^{k-1} = \text{const} \quad (46)$$

Демек, циклдің ПЖКи жоқарыдағы теңлемелерден пайдаланып төмендегиге жазыуға болады:

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

ямаса

$$\eta_1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (47)$$

Бул теңлеме қайтымлы цикл үшін дурыс.

Демек, Карно циклинин термодинамикалық ПЖК ислетилип атырған жыллылықтын түрине байланыссы болмастан, тек жыллылық дереклеринин абсолют температураларының төменги хәм жоқары мәнислерине байланыссы болады екен.

3.3. Термодинамиканың еккинши нызамынан келип шығатуғын нәтийжелер

Термодинамиканың екінші заңы, жыллылық двигателлерінің ПЖК ти $\eta > 1$ бола алмаслығы тууысында болып, дәуірлі бір жыллылық дерегинен істейтуғын мәңгі (2-тәртіпті) двигательді жаратып болмайтуғынлығын дәлелдейді.

Термодинамиканың екінші заңының тийкарын Сади Карно 1824-жылы өз тәжірибелері нәтижесінде баян етті. Термодинамиканың екінші заңын Р.Клаузиус (1850-жылы) төмендегіше тәріптеді: жыллылық энергиясы жұмысқа айланыу процессінде толығы менен жұмысқа айланбайды хәм жыллылық сууық системадан жыллы системаға өз өзіннен өте алмайды.

Системаның температурасы жыллылықтың узатылуыын тәмийнлейтуғын тийкарғы термодинамикалық параметр болып есапланады. Соның ушын хәрекетлендириуши тийкарғы күш сыпатында температура қабыл қылынады. Мине усы күш тек температуралардың айырмасы болғанда ғана пайда болады хәм бул айырма қанша үлкен болса, күш хәм сонша үлкен болады. Демек, жұмыс орынлаушы системаның температурасы сууытқыштың температурасынан жоқары болуы шәрт. Системадан сууытқысқа шығарылған жыллылық муғдарын хеш ўақыт жұмысқа айландырып болмайды, себеби, Р.Клаузиустың тәріптеуіне сәйкес, сууық деректен жыллылық энергиясы ыссы дерекке өз-өзіннен өтпейді. Жұмысқа айланбаған қалдық ыссылық энергиясынан қайтадан пайдаланып болмайды, соның ушын хәм двигательге узатылған ыссылық муғдары 100 % пайдалы жұмысқа айланбайды. жыллылық энергиясының тийкарғы бөлімін жұмысқа айландырыу ушын циклде хеш болмағанда бір сууытқыш болуы шәрт.

Тексеріу ушын сораулар

1. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының маңызын түсіндіріңіз.
2. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының бірінші және екінші заңдармен байланысын көрсетіңіз.
3. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының бірінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.
4. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының екінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.
5. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының бірінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.
6. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының екінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.
7. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының бірінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.
8. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының екінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.
9. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының бірінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.
10. $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$ заңының екінші заңының қорытындысы ретінде жазыңыз.

IV-Бап. Жыллылықты жеткізип беріу

Реже:

- 4.1. Жыллылықтың берилиуі хәм алмасыуы.
- 4.2. Жыллылық өткізкізгішлік.
- 4.3. Конвективлі ыссылық алмасыуы.
- 4.4. Жыллылық алмасыуда пайдаланатуғын әспаб-үскенелер.

4.1. Жыллылықтың берилиуі хәм алмасыуы

Жыллылық температурасы жоқары болған денеден (T_1) температурасы төмен болған денеге (T_2) өтиу қубылысы жыллылықтың берилиуі делинеди.

Термодинамиканың екінші заңына муўапық бул жағдай өз өзіннен пайда болады, себеби $T_2 < T_1$. Жыллылық хәмме түрдеги орталықта (суйық, қатты, газ, вакуум) тарқалады. Нәтижеде ыссы дене сууыды, сууық дене ысыйды. Бундай жағдай жыллылық алмасыуы делинеди.

Демек, хәмме денелерде ыссылық энергия формасында, денени қураушы бөлекшелер хәрекеті есабынан бериледи. Бундай жағдай жыллылық өткізиушилиқ делинеди. Бул бөлекшелер хәрекеті хәр ўақыт төмен температура тәрепке бағдарлаған болады. Денелердің түрине, агрегат халына қарап жыллылық тасыушы бөлекшелер хәр түрлі болуы мүмкін.

Мс: газларда -молекулалардың тәртіпсиз қозғалысы, металларда-еркін электронлардың қозғалысы, диэлектриктерде -кристалл решеткасы түйинлеріндеги ионлардың (атомлардың)

тербелмели қозғалысы, сұйықтықтарда- бөлекшелердің қозғалысы менен бирге макроскопиялық көлемлердің қозғалысы, вакуумда-электромагниттік майдан есабынан ыссылық өткізгіштік пайда болуы мүмкін.

4.2. Жыллылық өткізгіштік

Ыссы дене суық денеге тийгенде ыссылық энергиясының пәс температуралы денеге өтуі процессі жыллылық өткізгіштік делинеді. Жыллылық өткізгіштік денелер арасында температуралар айырмасы болғанда үзліксіз өткізіледі. Бундай ыссылық өткізгіштікте ыссылықты бөлекшелер хәм молекулалар тасыйды.

Узатылатуғын жыллылық муғдары тийіп турған беттік майданға хәм ыссылықтың өтуі уақытына байланыссы болады. Термодинамикада бул шама ыссылық ағымының қуаттылығы делинеді хәм ол СИ өлшеуі бірлігі системасында Дж/с, яғный Вт да өлшенеді.

Хәмме точкаларында температурасы бирдей ($T = const$) болған бет изотермикалық (грек тилинде *isos*-тең, *therme*-ыссылық) бет делинеді. Температура майданының векторы изотермикалық бетке тик бағдарланған хәм ең үлкен мәниске ийе болады. Бундай жағдайда температура өзгерісінің Δn аралыққа қатнасы температура градиенти делинеді, яғный

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta n} = \frac{dT}{dn} = gradT. \text{ Оның бағыты ретінде температураның өсуі бағыты қабыл етіледі.}$$

Жыллылық өткізгіштіктің (Фурье) тийкарғы нызамына сәйкес жыллылық ағымының тығызлығы температура градиентіне туура пропорционал, яғный $q = -\lambda gradT$, бунда λ жыллылық өткізгіштік коэффициенті Вт/(мК): теңдемедегі «минус» белгиси жыллылық ағымы менен температура градиенти векторының бағыттары қарама-қарсы екенлігін билдиреді. Улыма жағдайда жыллылық өткізгіштік арқалы берилетуғын жыллылық муғдары төмендегіше:

$$dQ = -\lambda \left(\frac{dT}{dn} \right) \cdot dS \cdot dt$$

Өпиуайы жағдайда жыллылық тегіс дийуалда бир бағытта (X көшери) таралса, Фурье нызамы төмендегіше жазылады.

$$q_x = -\lambda \left(\frac{dT}{dn} \right) = -\lambda \left(\frac{dT}{dx} \right)$$

Затлардың жыллылық өткізгішлігі хәрқыйлы хәм бир қанша факторларға байланыссы. Мс: температура өссе газларда λ -артады, сұйықтықтарда λ -азайады, көпшилік металларда λ -азайады, геуек қурылыс материалларында λ -азайады, ал олар ызғарланса артады. Суу айырықша кәсіетке ийе: 120⁰ С да λ -максималға ийе, температураны оннан жоқары арттырсақ λ -кемийді.

4.3. Конвективлі жыллылық алмасыу

Бир тегіс қыздырылған орталықта (сұйық, газ тәрізлі) жыллылықтың көшіуі яғный энергияның ыссылық формасында берилиуі, орталықтардың макроскопиялық бөлекшелерінің хәрекеті уақытында, бөлекшелердің бир-бирине ямаса қатты дененің бетіне салыстырған орын ауыстыруы нәтижесінде (конвекция усылында) әмелге асады.

Конвекциялы жыллылық алмасыу менен бирге жыллылық өткізгіштік арқалы да жыллылық алмасыу болады. Бул процесслер арқалы жыллылықтың көшіуіне конвективлі жыллылық алмасыу делинеді.

Жоқары температуралы сұйықтық (газ) массасы барлық уақытта температурасы төмен болған орынға үзліксіз хәм тәртіпсіз хәрекетленеді хәмде өзі менен жыллылық алып жүреді. Газ хәм сұйықтықтың конвектив хәрекеті уақытында қатты, сұйық хәм газ тәрізлі затлардың ыссылық энергиясының берилиуі жағдайы жыллылық конвектив узатылуы делинеді. Бундай жыллылық ағымының мәниси жыллылық тасыушы орталықтың бети менен қатты дене (хәм сұйықтық) бетлеріндегі температуралардың айырмасының көбеймесіне тийісли, яғный:

$$\Phi = \alpha \bullet S(T_k - T_c) \quad (48)$$

Бул Ньютон хэм Рихман нызамы делинеди. Бунда T_k хэм T_c қатты хэм суйық денелердин температурасы. (олардың айырмасы хэмме ўақытта оң деп қабыл қылынады, яғный үлкен саннан кишкенеси айырылады); α -жыллылық бериў коэффициенти, $Вт / м^2 К$.

Жыллылық бериў коэффициенти α - ның физикалық мәниси жыллылық бериўдин интенсивлигин билдиреди. Оның сан мәниси қатты дене бети менен суйықлық температурасының айырмасы бир Кельвин болған бирлик бетиниң жыллылық алмасыў ағымына тең.

Конвективли жыллылық алмасыўдағы ыссылық алып жүриўши затлар (суйықлық, газ) дың хәрекети тәбий хэм жасалма болады. Тәбий конвекция жағдайы тек суйықлық (газ) массаның жыллылық дереги менен жыллылық алмасыўы нәтийжесинде жыллылық бети жанында өз көлемин өзгертирип жоқарыға қарап хәрекетлениўи есабынан пайда болады. Жыллылық бериўши бетлердин жанында суйықлық (газ) молекулаларының температурасы жоқары болып, жыллылық дерегинен узақласқан сайын олардың температурасы төменлеп барады.

Физика курсынан бизге белгили, тығызлығы киши болған газ хэм суйықлық хэмме ўақыт өзинен тығызлығы үлкен болған денеге қарағанда жоқары қатламда жайласады.

Демек, тығызлықлар айырмасы пайда болған суйықлық (газ) көлеминдеги денеге көтериў күши “ k тәсир етеди. Бул күштиң мәниси Архимед хэм аўырлық күшлердин жыйындысына тең:

$$F_k = \rho_c g h S - mg = \rho_c V - \rho g V = g V (\rho_c - \rho) \quad (49)$$

Көлем бирлигиндеги суйықлық массасы ушын ($V=1м^3$ болады). Көтериў күшиниң теңлемеси төмендегише болады:

$$F_K = g (\rho_c - \rho) \quad (50)$$

Бунда, ρ_c хэм ρ ыссы хэм суўық суйықлықлардың (газ) тығызлығы.

Көлемниң тез кеңейиў көлемлик кеңейиўдин температуралық коэффициенти арқалы анықланады:

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dT} \right)_{P=const} \quad (51)$$

Идеал газлар ушын көлемлик кеңейиў коэффициентиниң температураға байланыслығы төмендегише анықланады:

$$\beta = \frac{1}{T}$$

Соның ушын суйықлықларда бул коэффициентниң кишилигин итибарға алып, салыстырмалы көлем туўындысын жоқары хэм төмен температураларға тең келиўши көлемлердин айырмасының көрнисинде жазыўға болады:

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{V - V_c}{T - T_c} \right), \quad \beta = \frac{\rho_c - \rho}{\rho_c (T - T_c)} \quad (52), (53)$$

Бул теңликти төмендегише жаза аламыз:

$$\beta \rho_c (T - T_c) = \rho_c - \rho \quad (54)$$

Конвективлик жыллылық алмасыў процессиндеги көтериў күшиниң мәнисин суйықлықтың жоқары хэм төмен температуралары айырмасына байланыслығын төмендегише көрсетиўге болады:

$$F_K = \beta_{\rho_c} (T - T_c) \quad (55)$$

бунда, T хэм T_c ыссы хэм суўық суйықлықлардың температуралары.

Ысыған суйықлық (газ) массасын жоқарыға көтериўши күш “ k молекулаларды төменги бөлимнен жоқарыға көтереди. Бунда сыртқы күш қатнаспайды, яғный суйықлықтың жоқары температуралы бөлими өз өзинен тәбий көтериледи.

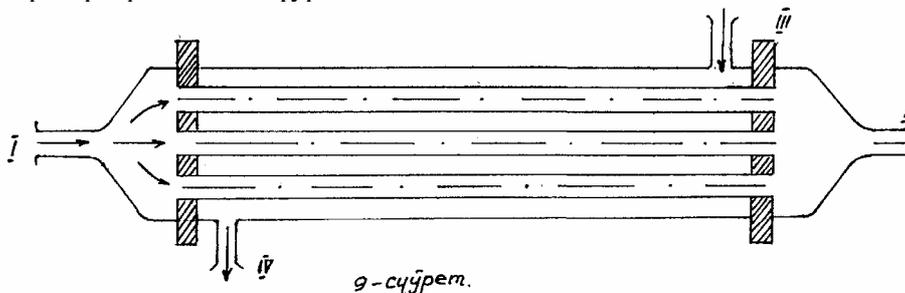
Суйыктык (газ) массасы төменги температуралы көлемнен насос, вентилятор ямаса баска машина жәрдеминде қысып шығарылып ысытқышқа берилсе, яғный хәрәкет мәжбүрий пайда етилсе, бундай конвекция мәжбүрий конвекция делинеди. Сыртқы тәсир есабынан суйыктык (газ) бөлекшелери бир тегис хәрәкетленбестен үйирмели хәрәкетке өтеди. Мәжбүрий конвекцияда жыллылықтың берилиўи ыссылық өткизгишлик бойынша әмелге асады. Жыллылық берилиўи коэффициентиниң мәниси жыллылық алып журиўши хәм қабыл өтиўшиниң физикалық кәсийетлерине карап хәрқыйлы болады. (таблица 1). Жыллылық алмасыўшы процессте қолланылатуғын жоқары хәм төмен температуралы суйыктык ағымының бағдарына карап туўры, терис хәм кесилскен ағымларға бөлинеди. Бундай ағымлар конденсаторда, экономайзерде, регенераторда қолланылады.

4.4. Жыллылық алмасыўда пайдаланатуғын әспаб-үскенелер

Жыллылық алып журиўши зат (суў, пуў, хаўа, антифриз, майлар хәм т.б.) ларды ыссытыўда ямаса суўытыўда хәр түрли қурылмалардан пайдаланылады. Бундай қурыл-маға радиатор (лат. RADIO-нур тарқатыў), конденсатор (лат. CONDENSO-суйықландырыў) хәм хәр қыйлы трубалар топламы хәм усыларға усаған қурылмалар мысал бола алады. Жыллылық тасыўшы заттың ыссылығы жыллылық алмасыў менен екинши заттқа узатылады. Бундай ыссылық тасыўшының температурасы төменлейди, ал ыссылық қабыллаўшының температурасы жоқарылайды. Затлардың арасындағы ыссылық алмасыў усыларына карап жыллылық алмасыўшы әспаблар төмендеги түрлерге бөлинеди: араластырғышлар, рекуперативли (лат. RECUPERATOR-қайта айланатуғын), регенеративли (лат. REGENERATOR-тиклений) хәм аралық ыссылық тасыўшылар.

Араласпалы жыллылық алмасыў процессинде жыллылық тасыўшы заттың температурасы төмен температурадағы зат пенен алмастырылады. Жыллылық алмасыўында тийкарғы агент сыпатында бир- бирине араласпайтуғын дене хәм материаллар ислетиледи: пуў-суў, газ-қатты материал, суў-май хәм т.б.

Рекуперативлик жыллылық алмастырғышта - атмосфераға шығып кететуғын газлердиң жыллылығынан пайдаланылады. Бунда жыллылық муғдары суўытқышқа аралық қатты дийўал арқалы узатылады. Жыллылық тасыўшы хәм суўытыўшының бағдарына карап туўры, терис, кесилскен, аралас ағымлы хәм сыртлардың геометриялық схемасына карап тегис, шеңбер, қабырғалы рекуператорлар болады. Сүўрет-9.



I-суў пуўы; II-ыссы суў (конденсат); III-ысытылатуғын зат; IV-ысытылған зат.

Регенераторларда аралық жыллылық өткизгишлиги материал сыпатында аўыр металл листлер, отқа шыдамлы гербишлер, шлак х.т.б қолланылады. Металл листлердиң алдыңғы тәрәпине ыссылыққа шыдамлы гербишлер өриледи. Жыллылық ағымы дәслеп ыссылыққа шыдамлы гербишлерге бериледи, кейин атмосфераға ямаса басқа ыссылық алмастырғышқа жибериледи. Гербиштеги ыссылық металл листке, ол өз гезегинде жыллылықты суйыктыққа береді. Аралық жыллылық тасыўшы орталық қатты дийўал, суйыктык ямаса пуў болыўы мүмкин.

Регенеративлик жыллылық алмасыўда атмосфераға (циклге қайтарылып атырған пуў) шығарылып жиберилетуғын газ (жаныў затты) диң қурамындағы жыллылық муғдарынан жаңадан киргизилип атырған газ, пуў, суў, жанылғы хәм хаўа араласпасын ысытыўда қолланылады. Бул әспаб регенератор делинеди.

Рекуператор хәм регенераторлардың ислеў тәртиби бир-бирине жүдә уксас. Рекуператор сыртының температурасы жүдә пәс ($5 < 200-250^{\circ}\text{C}$) хәм ысытыўшы менен ысыўшы затлар ортасында қатты дене болады. Рекуператорға автомобиль хәм тракторлардың радиаторлары, спираллы қыздырғышларларды мысал етип көрсетсек болады.

Жыллылық алмасыушы эспабларды соғыудан алдын олардың геометриялық схемасы таңдап алынады хэм нур таркатыушы сыртлардың бетлери есапланады. Бундай есаплауларда энергияның сакланыу нызамына бойсынған халда, яғный системаға келтирилген энергия муғдары оннан узатылған хэм ысырап болған энергиялар жыйындысына тең болыуы керек.

Жыллылық алмасыушы эспабларды есаплауда, ыссылық баланс теңлемеси қолланылады. Жыллылық баланс теңлемесин системаның энтальпиясының өзгеріуі аркалы төмендегише көрсетиуге болады:

$$q_1 = H_1 - H_2 = (C^I v_1 t_1 - C^{II} v_2 t_2) \quad (56)$$

Бунда, q_1 - системаға келтирилген толық жыллылық муғдары; m -ыссылық узатыушы массаның сарыпланыуы; C_{p1}^I, C_{p2}^{II} - өзгермес басым астында жыллылық узатыушы заттың t_1, t_2 - температуралардағы жыллылық сыйымлығы.

Жыллылықтың ысырапланыуы есапқа алынғанда келтирилген жыллылық муғдарының екінши бөлиминен өткен үлесин эспаптың ПЖК аркалы көрсетиуге болады:

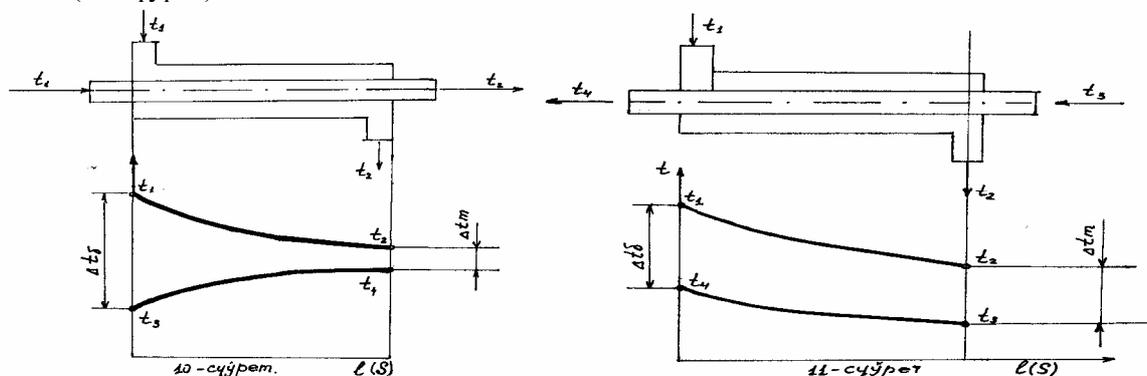
$$q_2 = \eta q \quad (57)$$

Сууытқыштың қабыл қылған ыссылық муғдарын энтальпия айырмасы сыпатында жаза аламыз:

$$q_2 = H_3 - H_4 = m(C^I P_2 t_3 - C^{II} P_2 t_4),$$

$$q_2 = \eta q_1 = \eta(H_1 - H_2) = \eta(C_{p1}^I t_1 - C_{p1} t_2) \quad (58)$$

Бунда, t_1, t_2 - жыллылық узатыушы заттың эспапқа кириуіндеги хэм оннан шығыуындағы температуралары; t_3, t_4 - жыллылықты қабыл қылыушы заттың эспапқа кириуіндеги хэм оннан шығыуындағы температуралары. Жыллылық узатыушының температурасы төменлеп барса, жыллылық қабыллаушының температурасы көтерилип барады. Жыллылық узатыушы менен жыллылық қабыллаушы затлардың ағымлары параллель болғанда бирде кемейсе бирде көтериледи (10-сүүрет).



Диаграммадан сүүрет көринип турыпты (11-сүүрет), жыллылық узатыушы хэм қабыл қылыушы затлардың ағымларының хәрекеті қарама-қарсы. Жыллылық алмасатуғын эспаптың бети жука болғанда (рекуператив) ыссы заттың сууық затқа узатқан жыллылық муғдарын шама менен төмендегише жазыуға болады:

$$q_2 = kS(t_1 - t_2) = kS\Delta t \quad (59)$$

Жыллылық узатыушының t_1 хэм ыссылық қабыллаушының t_2 температураларын өзгертпей саклау қанша қыйын болғанлағынан, усы температуралардың айырмаларының орташа көрсеткішинен пайдаланған макул, яғный:

$$q_2 = KS\Delta t = 0,5KS(\Delta t_s - \Delta t_m) \quad (60)$$

Бунда, $\Delta t_b = t_1 - t_4$, $\Delta t_m = t_2 - t_3$ - терис ағымлы жағдайда. $\Delta t_b = t_1 - t_3$, $\Delta t_m = t_2 - t_4$ - тууры ағымлы жағдайда.

Жыллылық узатыушы хэм жыллылық қабыллаушы затлардың ағымларының бағдарына қарап Δt_b хэм Δt_m лердин көрсеткішлери өзгереді. жыллылық алмасыушы эспаплар көпшилик

халларда қарама-қарсы ағымлы қылып ислениледі. Бунда олардың дүзисин есаплау аңсатласады, себеби Δt хәр ұақыт туұры ағымлы ыссылық алмасыушыға қарағанда үлкен. Жыллылық алмасыушы эбаплардың сыртларының бетлери есаплауда ең дәслеп q_2 анықланады. Соң жыллылық узатыушының тезлиги v_4 белгили диаметрдеги труба ушын табылады. Жыллылық узатыушы ушын жыллылық бериу α хэм узатқыш k коэффицентлериниң мәнислери есапланады. Δt ның көрсеткиши келтирилген теңликтен табылғаннан соң, ыссылық алмастырғыштың бетти есапланады хэм зэрүр болған ыссылық алмастырғыштың трубасының узынлығы да табылады.

Тексеріу ушын сораулар

1. Жыллылық аадеёё дегенимиз не ?
2. Жыллылық өдеёёёёёё ааааіеіеё іа ?
3. Хәііа оі-еаеадаа оііадааодәһу аедаае аіегаі аао қаіаае аао ?
4. Еііааедеаеё ұһһуеуқ әеіаһуу ааааіеіеё іа ?
5. Жыллылықтұң еііааедеаеё аадеёёёё ааааіеіеё іа Ұ
6. $1 = \alpha \cdot S(T_k, T_c)$ қандай нызам.
7. Еііааедеаеё ұһһуеуқ әеіаһууаа ұһһуеуқ аадеёёёе қадеадаға іаеаа әаоаау.
8. Жыллылық оаһууөуіуң хәі һоууоууөуіуң аағаадуіа қадае қаіаае даеотіадаоідеаа ааа.
9. Даааіадаоіо қаіаае әһіаа.
10. Жыллылық әеіаһууөу әһіааеадау өөәууаа қаіаае оаңеаіа өеёеадағу аіеуі аһәіеаіаау.
12. Жыллылық әеіаһууөу әһіааеадау еһеәі оуғадуууаа қаіаае өаіаеадау аһәіқа әеуу еадае.

V-Бап. Иштен жаныу двигателлери

Реже:

- 5.1. Иштен жаныу двигателлери хаққында улыума түсиниклер.
- 5.2. Иштен жаныушы двигателлердиң циклинде болып өтетуғын термодинамикалық процесслер
- 5.3. Иштен жаныу двигателлиниң индикаторлы кууатлылығы хэм П.Ж.К
- 5.4. Иштен жаныу двигателиниң ыссылық балансы
- 5.5. Сырттан жаныу двигателлери.

5.1. Иштен жаныушы двигателлер хаққында улыума түсиниклер хэм олардың анықламасы

Жумыс жанылғысы арнаулы қурылма ишинде жанған хэм жаныу процессинде бөлинип шыққан ыссылық муғдарының белгили бир бөлимин механикалық энергияға айландырып бере алатуғын ыссылық машинасы иштен жаныу двигателли (ИЖД) делинеди.

Иштен жаныу двигателлери жанылғы түрине қарап: газ (газ двигатели), суйық (бензин, солярка, керосин х.т.б), бинар (суйық хэм газ) жанылғыларда ислеуши двигателлерге бөлинеди. Жумыс ислеу циклине қарап еки ямаса төрт тактли; жанылғының камераға кириуине қарап басымлы хэм басымсыз; жумысшы араласпасының таярланыуына қарап жумысшы дене сыртта ямаса иште таярланатуғын болып бөлинеди.

Жумысшы араласпаны от алдыруу усылына қарап: -сыртқы электр дерегинен хэм цилиндрде қысығылған хауаның қызыуы (дизель двигатели) есабынан от алдыруушы двигателлерден турады. ИЖД лер автомобиль, авиация, газ турбиналы хэм реактив двигателлерге бөлинеди.

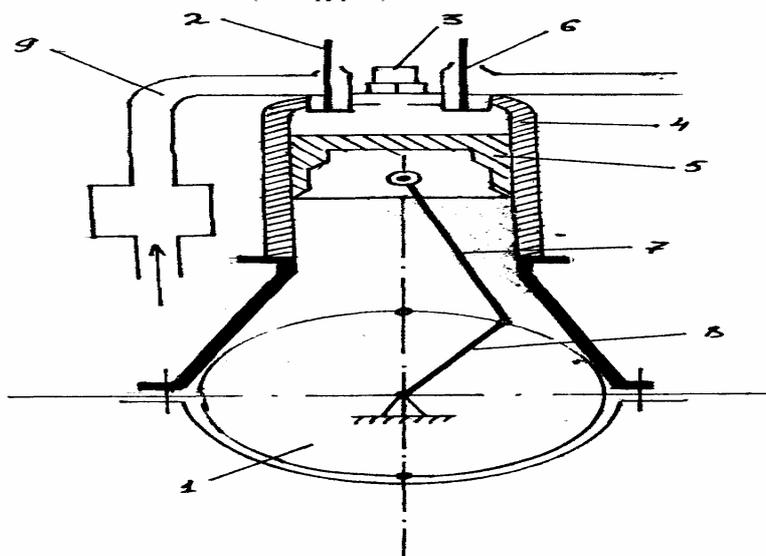
Автомобиллер ушын ИЖД-лериниң пайда болыуы XIX әсирдиң 60-жылларына тууры келеди. XIX-әсирде нефтти қайта ислеуден бериуден алынған бензин, керосинлерди электр ушқыны жәрдемінде жағылыуы ИЖД-лериниң кең тарқалыуына себепши болды. Немес инженери Р.Дизель тәрепинен қысылыу есабынан қызған хауаға буркилген жанылғының жаныуы нәтийжесинде ислеитуғын ИЖД 1899-жылы ислеп шығылды. Дизель двигателлериниң теориясы толық үйренилиу дәуиринде оның конструкциясы хэм өзгерип барды.

Дизель двигатели үнемли болғанлығы ушын ол кең тарқала баслады. Хәзриги ұақытта ең жақсы дизель двигателлиниң салыстырма жанылғы сарыпланыуы шама менен 190 г/кВт•саат, басқа түрлери ушын орташа 270 г/кВт•саат. Дизель двигателлериндеги жанылғының сарыпланыу П.Ж.К 31-44% болса, карбюраторлы двигателлерде әдетте 25-30% тен аспайды. Газ жанылғысында ислеитуғын газодизельли двигателлерде бар.

Поршенли двигателлер үнемли исленгенлиги, кем металл сарыпланғанлығы, жумысқа қосыу аңсатлығы, исненимли ислеуи, бекемлиги хэмде узақ мүддетте ислеуи себепли

транспортта жетекши орынды ийелейди. Бунан тыскары ол киши хэм үлкен куўатлы электростанцияларында (20 кВт тан 20 Мвт қа шекем) хэм қолланылады.

ИЖД-нің принципаль схемасы (12-сүүрет).



12-сүүрет.

Поршеньли ИЖД-нің тийкарын цилиндрь 4 хэм оған орнатылған поршень 5 қурайды. Поршень кривошип-шатунлы механизм арқалы тирсек валына жаныўшы газлардың басым күшлерин жеткизеди.

Цилиндрлер блоктың төменги бөлиmine тирсек валын, үстинги бөлиmine кириўши 2 хэм шығыўшы 6 клапанлары орналастырылған цилиндр корпусына орнатылады .

Цилиндрдің блок корпусына карбюраторлы двигателлерде свеча 3, дизелли двигателлерде форсункалар орнатылады. Поршень цилиндрде илгерлеме-қайтпалы хәрекет қылады. Цилиндрде поршень ЖӨТ (жоқары өли точкасы) хэм ТӨТ (төмеги өли точкасы) аралығында хәрекет қылады хэм усы аралық (L) поршень жолы делинеди. Цилиндрдің жұмысшы көлеми:

$$V_u = \frac{\pi d^2}{4} l$$

Поршень диаметрине хэм оның жолына байланыслы. Цилиндрдің толық көлеми жұмысшы көлеми менен жаныў камерасының топламына тең. $V_c = V_u + V_k$. Жұмысшы жанылғының қысылыў дәрежеси поршеньнің цилиндрдеги қалына байланыслы.

5.2. Иштен жаныўшы двигателлердің циклинде болып өтетуғын термодинамиканың процесслер

ИЖД-лериниң идеал цикллери. Төрт тактли ИЖД-дің кириў (жанылғы менен хаўа араласпасының жаныў камерасына кириўи), қысылыў (жұмысшы жанылғының қысылыўы), кеңейиў (жаныўшы заттың кеңейуи) хэм шығарыў (кеңейип болған жаныўшы заттың сығып шығарылыўы) тактлеринен турады.

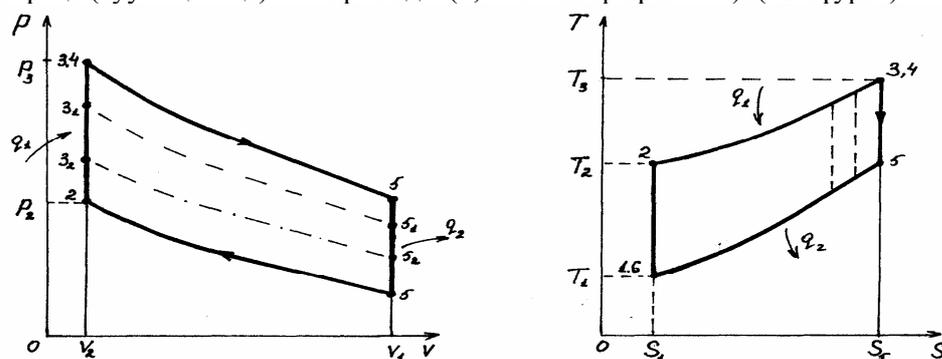
Әпиўайыластырып айтқанымызда биринши (криўши), екінши (қысылыўшы), үшінши (кеңейиўши), төртінши (шығарыў) тактлер деп жүргизиледи.

Карбюраторлы төрт тактли ИЖД-деги теориялық циклдеги процесслерди қарайық. Циклге $V = const$ болғанда ысылық киргизиўши (Отто цикли) процессте жұмысшы денениң параметрлериниң өзгериўин үйренемиз. ЖӨТ-нан ТӨТ-да цилиндрге киргизилген жұмысшы жанылғысының адиабаталық ($dQ = 0$) қысылыў процессинде, термодинамиканың системаның (жұмысшы жанылғы) параметрлери (P, V, T) өзгереди. Жұмысшы жанылғысының көлеми кемейип барыўы нәтижесинде оның температурасы, термодинамиканың биринши нызамына тийкарланып, системаның ишки энергиясының есабынан артады, яғный жанылғы араласпасы ысыйды.

ИЖД-де бензол, бензин, керосин ислетилгенде қысылыў тактти соңында басым 5-10 атм; газ қолланылғанда 9-14 атм.ға жетеди. Жұмысшы жанылғы толық қысылғаннан соң, оған сырттан Q_1

ыссылық муғдары киргизиледи, яғный свеча контаклер аралығыда электр ушқынын шығарады. Киргизилген Q_1 ыссылық есабынан жумсшы араласпа күшли химиялық реакцияға кириседи (партлаб жанады) хэм жаныўшы зат (термодинамикалық система) тың P хэм T параметрлери секирип өзгереди, яғный $P=25-30$ атм.ға, $T=2200/2300$ К ге жетеди. Жаныў процессиниң соңында поршень ЖӨТ-дан ТӨТ-сына қарай жаныўшы заттың басым күши тәсириңде хәрекетленеди.

Сонда термодинамикалық система адиабаталық ($dQ=0$) түрде кеңейеди, яғный P,V,T параметрлериниң өзгериўи есабынан жумыс орынланады. Поршень ТӨТ-ға жетиў алдынан шығарыўшы клапан ашылады хэм пайдалы иске айланбай қалған жыллылық муғдары Q_2 жаныўшы заттың газлерин, жанбай қалған жанылғы хэм реакцияға кирмеген хаўа менен сыртқа (суўытқышқа) шығарылады (4,1-точкалар аралығы). (13-сүўрет)



13-сүўрет.

Демек, циклдиң PV-диаграммасындағы 1,2-точкалар хэм 3,4-точкалар аралығындағы процеслер адиабаталық; 2,3 хэм 4,1-точкалары аралығындағы процеслер болса изохоралық болады. Солай етип, жыллылық термодинамикалық системаға $V = const$ болған жағдайда киритилген соң жаныў процесси келип шығатуғын TV-диаграммасы еки адиабатадан хэм еки изохорадан турады екен. Циклдиң TS-диаграммасынан көринип турыпты, системаға жыллылық киргизилгенде ямаса оннан шығарылғанда системаның энтропиясы өзгергиш болады екен. Лекин системаның абсолют температурасы изохоралық процессте кескин артады, адиабаталық процессте болса тегис кемейеди.

Демек, жумысшы жанылғының қысылыўы, яғный поршенниң қысыў дәрежесин PV-диаграмма тийкарында төмендегише көрсетиўге болады:

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} \quad (62)$$

V_1 хэм V_2 -цилиндрдиң толық жумыс хэм жаныў камерасы.

Тап усындай жаныў камерасындағы жумысшы жанылғыға жыллылық муғдары киргизилгеннен соңғы басым, қысыў такттиниң соңындағы басымға қарағанда неше мәрте артқанлығын төмендегише жазыўа болады:

$$\lambda = \frac{P_3}{P_2} \quad (63)$$

Демек, киргизилген жыллылық Q_1 муғдары жумысшы жанылғының толық жаныўына туўры тәсириң көрсетиўи менен циклдиң пайдалы жумысын арттырады. Циклдиң орынлаған пайдалы жумысы 1-2-3-4 точкалары менен шегараланған беттиң сан көрсеткишине тең. Толық орынланған жумыс оң хэм терис орынланған жумыслардың жыйындысына, яғный $V_1 - 0 - P_3 - 4 - q - V_1$ точкаларының көрсеткиши менен шегараланған бетлердиң сан мәнисине тең. Онда пайдалы жумыс төмендегише болады:

$$A = (V_1 - 0 - P_3 - 3 - 4 - 1 - V_1) - (V_1 - 0 - P_3 - 3 - 2 - 1 - V_1) = 1 - 2 - 3 - 4 - 1$$

Отто циклиниң термикалық ПИК төмендегише анықланады:

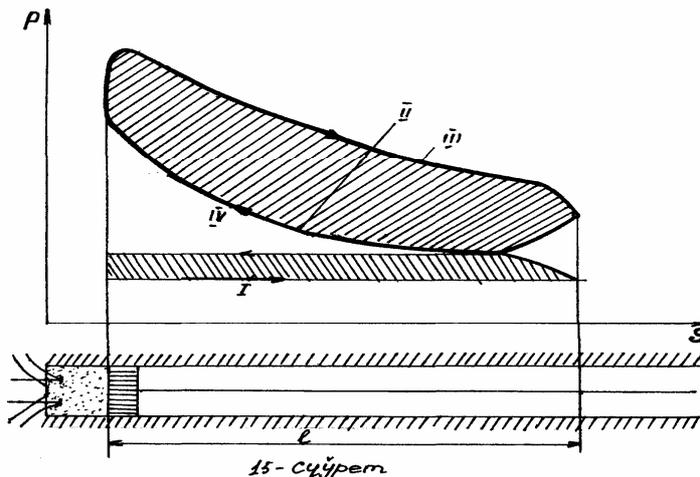
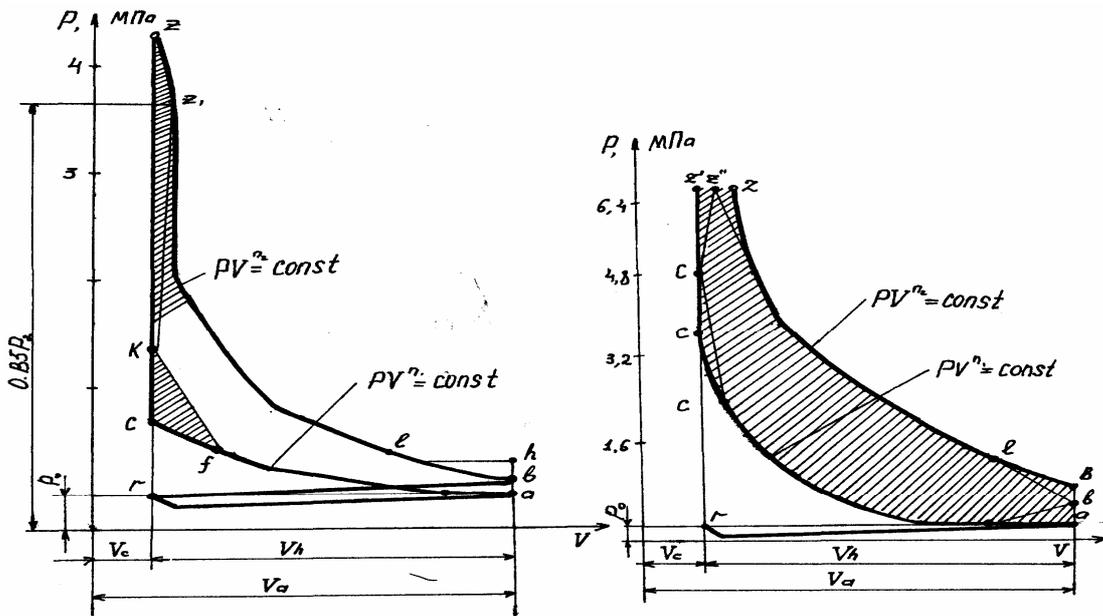
$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \quad (64)$$

5.3. Иштен жаныў двигателиниң индикаторлы қуўатлылығы хэм ПЖК

Жокарыда көрилип шығылған циклдер идеал болып, оларда түрлі түрдегі қарсылық, ысыраплық есапқа алынбады.

Реал двигателлердің жұмыс циклин шөлкемлестіріуі хәм олардың жұмысын, қуаттылығын, пайдалы жұмыс коэффициентин анықлау мақсетінде двигательдің индикатор диаграммасын (цилиндрдегі басымның поршень бети устиндегі көлемине байланыслылығы) индикатор эсабы жәрдеминде PV-координатасында көріп шығамыз.

Индикаторлы диаграмма тийкарында двигательдің жұмысы A_i анықланады. Оның көрсеткіши $a - a^1 - f - k - z_1^1 - e - b_1 - a$ точкалары менен шегараланған (15-сүүрет,а) беттин сан мәнисине тең.



Хәр қандай ИЖД-дегі жаныушы зат - түтин пайда етеди. Егер газлердің пайда болыуына сарыпланған жұмыста есапқа алынса, онда двигательдің (төрт тактли карбюраторлы двигательдің) толық индикаторлы жұмысы төмендегіше анықланады:

$$A_{ig} = A_1 - A_{lgz} \quad (65)$$

Жұмыстың A_i муғдары түрлі деталлар арасындағы сүйкелиуді кемеитиреди хәм олар механикалық ысырапланыу A_m делинеди. Механикалық ысырапланыуларға және май, жанылғы насосларын жүргизиуге сарыпланған қуаттылық муғдарларыда қосылады. Онда

пайдаланыўшының двигатель валынан алатуғын эффективли (пайдалы) жумысы төмендегише сыпатланады: Төрт тактли ИЖД-де A_i газ ге механикалық ысырапланыўларды есапка алыўшы A_m де қосылып кетеди. ИЖД-диң индикатор диаграммасын идеал цикл диаграммасына салыстырғанда, онда бир процесстен екинши процеске еркин өтиледі.

Реал ислейтўғын двигательлердеги процесслердиң басланғыш хэм соңғы точкалары анык болғанда, яғный олардың шегаралары бир бирине қосылып кетпегенде двигатель тегис ислей алмас еди.

Индикатор диаграммаларынан сол нәрсе көринип турыпты, а-с-z-b-a (15-сүүрет,а) хэм а-с-z₁-z-b-a (15-сүүрет,б) бетлериниң шегараланған теориялық есапланған индикатор жумысы A_8n ге тең. Хақыйқый жумыс болса а-a¹-f-k-z¹-l-b₁-a (15-сүүрет,а) хэм а-с¹-c¹¹-z¹¹-l-b¹-a точкалары менен шегараланған бетлердиң сан көрсеткишлерине тең болады. Диаграммалардан көринип турыпты, f-c-k-z-z₁¹-k-f хэм z¹-c¹¹-c¹-c¹¹-z¹¹-z¹ хэмде z¹¹-k-z-z¹¹ точкалар менен штрихланған бетлердиң көрсеткишине тең болған көрсеткишке двигательдиң теориялық есапланған индикаторлы жумысы A_i парык қылады екен. Дизель двигательниң индикаторлы диаграммасы $V = const$ хэм $P = const$ болғанда системаға сырттан ысылық узатылған жағдайға тең келеди. Бул индикаторлы диаграмма тийкарында дизельли двигательдиң орынлаған жумысын жаза аламыз:

$$A_i = A_{z^1 I - z} + A_{z-b} - A_{a-c} \quad (66)$$

z^1 -z точкалары аралығында $P = const$ болғанда двигательдиң орынлаған жумысы:

$$A_{z^1 I - z} = P_z V_z - P_z V_c, \quad (67)$$

$$A_{z^1 I - z} = P_z V_c (\rho - 1) = \lambda P_c V_c (\rho - 1)$$

Жаныўшы зат адиабаталық кеңейиў процессинде системаның бир неше параметрлери өзгериўи мүмкинлиги тийкарында z-b точкалары аралығында орынланған жумысты политроплық кеңейиўдеги орынлаған жумыс пенен көрсетеди, $\rho = V_z/V_c$; $\delta = V_b/V_z$; $\lambda = P_z/P_c$ екенлигин итбарға алып хэмде айрым эпиўайыластырыўлардан соң жазамыз:

$$A_{z-b} = \frac{P_z V_z}{n_{2-1}} \left[1 - \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_{2-1}} \right] = \frac{P_z V_z}{(n_{2-1})} \cdot \frac{V_c}{V_c} \left[1 - \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_{2-1}} \right] = P_c V_c \frac{\lambda \rho}{(n_{2-1})} \left[1 - \frac{1}{\delta^{n_{2-1}}} \right]$$

Қысылыў такттинде (точкалар а-с аралығында) орынланған жумысты политроплық қысылыў деп есапланса, онда оны төмендегише көрсетиўге болады:

$$A_{a-c} = \frac{P_c V_c}{n_1 - 1} \left[1 - \left(\frac{V_c}{V_a} \right)^{n_1 - 1} \right] = \frac{P_c V_c}{n_1 - 1} \left[1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right] \quad (69)$$

Толык орынланған индикаторлық жумыс циклиниң процесслеринде орынланған жумыслардың алгебралық көбеймесине тең, яғный:

$$A_i = P_c V_c \left[(\rho - 1) + \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (70)$$

ИЖД диң индикаторлы қуўатлылығы- бул цилиндр ишинде ерисетуғын индикатор диаграммасынан есаппап табылатўғын қуўатлылық. Индикатор-қуўатлылығы цилиндрдеги орташа басымға хэм қысыў такти көлемине, цилиндрлер санына, циклдеги поршень жолының санына байланыслы, яғный:

$$N_{iv} = \frac{2n}{\tau} P_i V_a = \frac{2n}{\tau} A_i \quad (71)$$

бунда, $2n/\tau$ -двигательдиң 1 секундтағы жумыс циклиниң саны; n -тирсек валының айланыслар жийлиги, айл/с; τ -циклдеги поршень жолының саны; $A_i = P_i V_h$ - двигательдиң индикаторлық жумысы; Цилиндр саны i -болғанда индикаторлық қуўатлылық төмендегише анықланады:

$$N_i = \frac{2n}{\tau} P_i V_h \quad (72)$$

Бұл теңлемени есаплау қолайлы болуы үшін төмендегі көрніске келітреміз:

$$N_i = \frac{2n}{\tau} \cdot \frac{P_i V_h}{60} i \quad (73)$$

Төрт тактлі ИЖД лерінде $\tau=4$ болғанлығы үшін (73) теңлемениң көрсеткішін төмендегіше жазамыз:

$$N_i = \frac{2n}{4} \cdot \frac{P_i V_h}{60} i = \frac{n \cdot i \cdot P_i V_h}{120} \quad (74)$$

ИЖД лерінің индикаторының ПЖК- хақыйқый циклдегі жыллылық муғдар-ының пайдаланыу дәрежесін көрсететұғын шама болып, циклдің орынлаған толық жұмысы A_i ди усы циклде жағылған жанылғы ажыратқан улыўма жыллылық муғдары Q ге қатнасы менен анықланады:

$$\eta_i = \frac{A_i}{Q_i} \quad (75)$$

Жанылғының бірлік массасы жанғанда циклде орынланған индикаторлық жұмыс арқалы ИЖД-нің индикаторлық ПЖК ин жазыуға болады:

$$\eta_i = \frac{A_i}{Q_k^u} \quad (76)$$

Хәр бір миллиметрге тең келетуғын басым Мпа да есапланады хәм усыған тийкарланып орташа индикатродың басымы анықланады:

$$P_i = \frac{S}{l \cdot P m} \quad (77)$$

бунда l -поршень жолына тең келиуши узынлық, m -масштабтың хәр бір миллиметрге туўры келетуғын басым, мм/МПа.

Егер двигательдің N_i ўақыт бірлігінде (саат) сарыплаган жанылғы муғдары белгили болса, ол жағдайда жанылғының салыстырма сарыпланыуы $\left(\frac{2}{k B t \cdot caat}\right)$ төмендегі теңлемеден анықланады:

$$Q_i = \frac{M_u}{N_i} \cdot 10^3 \quad (78)$$

Ондай болса жоқарыдағы теңлемелер тийкарында ИЖД- нің индикаторның ПЖК төмендегіше анықлаймыз:

$$\eta_i = \frac{1}{Q_k^u \cdot Q_i} \quad (79)$$

Әмелий есаплауларда Q_k^u ди Мдж/кг хәм Q_i ди г/кВт/саат өлшеп η төмендегіше табылады:

$$\eta_i = \frac{3,6 \cdot 10^3}{Q_k^u \cdot Q_i} \quad (80)$$

5.4. Иштен жаныу двигателлинің жыллылық балансы

Бизге белгили, двигательдің жаныў камерасына кирилген жанылғының жаныўынан пайда болған жыллылық муғдары толығы менен пайдалы иске сарыпланбайды. ИЖД-нің цикли соны көрсетеди, двигательдің эффектив жумыс ислеўине барлық жыллылық муғдарының тек бир бөлеги сарыпланады екен. Соның ушын қалған ыссылық муғдарын нелерге сарыпланыўын хәм суўытыў системасын есаплаўда киргизилген жанылғыдан қанша дәрежеде пайдаланыў мүмкиншилигин билиўимиз зәрүр. Усы себепли ыссылық баланысының теңлемеси дүзиледи:

$$q_y = q_{ekivalent} + q_c + q_r + q_{TE} + q_{mai} + q_{qal} \quad (81)$$

бунда: q_y -двигателге белгили ис тәртибинде киргизилген жаныл-ғының улыўма ыссылық муғдары; $q_{эkb}$ -двигателдің эффектив жумысының эквивалент болған ыссылық муғдары; q_c -суўытыўшы орталыққа узатылған жыллылық муғдары; q_r -түтиннің двигателден алып шыққан ыссылық муғдары; $q_{тж}$ -толық жанбаған жанылғы есабынан сарыпланған жыллылық муғдары; $q_{май}$ -майлаў майларының алған жыллылық муғдары; $q_{кал}$ - жыллылық балансында есапқа алынбай қалған жыллылық муғдары.

ИЖД-ге киргизилген толық жыллылық муғдарына қарағанда оны пайда етиўшилерди төмендегише көрсетиўге болады:

$$Q_{ekivalent} = \frac{q_{ekv}}{q_y \cdot 100}; \quad Q_c = \frac{q_c}{q_y \cdot 100}, \quad Q_r = \frac{q_r}{q_y \cdot 100}; \quad (82)$$

$$Q_{T.E} = \frac{q_{T.E}}{q_y \cdot 100}; \quad Q_{MAI} = \frac{q_{MAI}}{q_y \cdot 100}; \quad Q_{kal} = \frac{q_{kal}}{q_y \cdot 100}.$$

Онда

$$Q_{ekvi} + Q_c + Q_r + Q_{TE} + Q_{mai} + Q_{kal} = 100\% \quad (83)$$

Бул жағдайда $M_{ж}$ ны кг/с, 1_k^u Дж/кг анықласақ, 1 с. та сарып болған жыллылық муғдарын төмендегише жазамыз:

$$Q_y = Q_k^u \cdot M_{jan} \quad (84)$$

бунда $M_{ж}$ -сарып болған жанылғы массасы.

Двигательдің эффективли куўатлылығына тең болған жыллылық муғдарының теңлемеси төмендегише жазылады:

$$q_{ekvi} = N_{effekt} \quad (15)$$

ИЖД-нің цилиндри, цилиндр блокларының корпусы, поршень хәм онның дийуаллары арқалы суўытқыштағы суйықлыққа узатылған жыллылық муғдары төмендегише анықланады:

$$q_c = M_c C_c (t_{sh} - t_{kir}) \quad (86)$$

бунда, M_c -двигатель арқалы өтетуғын суўытыўшы заттың (суйықлық) муғдары, кг/с; C_c -суўытқыштың салыстырма жыллылық сыйымлығы (суў ушын $C_c=4186$ Дж/кг). Түтиннің двигателден сыртқа алып шыққан жыллылық муғдары төмендеги формуладан пайдаланып шығарылады:

$$q_r = M_{jan} (m_2 \mu C_{pt_r} - m_1 \mu C_{pt_0}) \quad (87)$$

10. $\tilde{N}\tilde{u}\tilde{d}\tilde{o}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{i} \tilde{x}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{u}\tilde{y} \tilde{a}\tilde{a}\tilde{e}\tilde{a}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{e}\tilde{e} \tilde{x}\tilde{a}\tilde{i} \tilde{i}\tilde{i}\tilde{n} \tilde{e}\tilde{n}\tilde{e}\tilde{a}\tilde{y} \tilde{i}\tilde{d}\tilde{e}\tilde{i}\tilde{o}\tilde{e}\tilde{i}\tilde{e} \tilde{k}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}\tilde{a}\tilde{e}$.

11. $\tilde{N}\tilde{A}\tilde{E}\tilde{A} \tilde{i}\tilde{e}\tilde{n} \tilde{I}\tilde{A}\tilde{E}\tilde{E} \tilde{k}\tilde{a}\tilde{e}\tilde{a}\tilde{e} \tilde{a}\tilde{i}\tilde{u}\tilde{k}\tilde{e}\tilde{i}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{a}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{u}$.

VI-Бап. Жанылғы

Реже:

- 6.1. Жанылғы хэм оның қәсийетлери.
- 6.2. Жанылғы түрлери.
- 6.3. Жанылғының жаныўы хэм артықша хаўа коэффиценти.
- 6.4. Жаныўшы затлар хэм олардың дүзлиси.
- 6.5. Отхана қурылмалары хэм оларда жанылғыны жағыў усыллары.

6.1. Жанылғы хэм оның қәсийетлери

Тийкарғы бөлими углеродтан туратуғын жаныўшы затқа *жанылғы* делинеди. Химиялық реакцияның бир тегис барыўы нәтийжесинде жанылғы өзинен жыллылық шығарады. Жанылғыға төмендеги талаптар қойылады: жаныў уақтында көп муғдарда жыллылық шығарыў, жаныўшы затта қршаған орталыққа зыян келтириўши затлардың кем болыўы, тез хэм толық жаныўы, қазып алыў арзан болыўы хэм қайта ислеў хэмде транспортта бир орынан екінши орынға апарыў аңсат болыўы. Жанылғы қазып алыныўы ямаса таярланаўы түрине қарап тәбий ямаса жасалма болады. Тәбиятта ислетилиўге таяр қалда болған жанылғылар-*тәбий жанылғылар* делинеди. Қазып алынатуғын тас көмир, жаныўшы сланецлер, торф, нефть, газ, отын, аўыл хожалығының ислеп шығарған шығындылары тәбий жанылғы болып есапланады. Тәбийаттағы жанылғыларды ямаса улыўма затларды қайта ислеў нәтийжесинде алынатуғын жанылғылар *жасалма жанылғылар* делинеди. Буларға кокс, кокон жағдайына шекем майдаланған қатты жанылғы, брикет, ағаш көмири, бензин, керосин, солярка майы, газойль, мотор майы, мазут, домна хэм кокс батареясының газлари хэмде тәбий газди қайта ислеў нәтийжесинде алынатуғын газлер киреди. Жанылғы қатты, суйық хэм газ жағдайларында болады. Қатты жанылғыға - тас көмир, торф, жаныўшы сланецлер, кокс, ағаш көмири х.т.б. киреди. Суйық жанылғыға - нефть, бензин, солярка майы, газоиль, мазут, қазан қурылмасы киреди. Газли жанылғыға - кокс хэм домна, генератор, нефтти қайта ислеўши берийўши заводлардың газлари, пропан, ацетилен, тас көмирди қазып алыўда алынатуғын газлер х.т.б. киреди.

Жанылғының тәркиби органикалық хэм минераль затлардан ибарат болады. Органикалық затларға углерод (C), водород (H₂), кислород (O₂), азот (N₂) хэм күкирт (S) киреди. Булар химиялық элементлер хэм олардың бирикпелериниң муғдары хәр түрдеги жанылғыда хәр түрли болады. Мысалы, нефть хэм нефть өнимлеринниң қурамы тийкарынан углерод хэм водородлардан турады.

Жанылғының агрегат жағдайында болыўына қарамай, оның қурамындағы углерод хэм водород тийкарғысы болып, суйық жанылғыда олардың муғдары 85-87 %, қатты жанылғыда болса 50-90 % қурайды. Кислород элементиниң муғдары қатты жанылғыда 6,5 %, суйық жанылғыда 25 % шекем жетеди. Газдағы водород хэм углеродтың улыўма муғдары 0,3 тен 95 % ше. С хэм H₂ биркпесиниң жағдайында, яғный метан(CH₄) газ көрнисинде көп ушырасады. Жанылғының тәбиятта пайда болыў дәуиринде оның қурамындағы химиялық элементлердиң муғдары хэм өзгерип барады. Айрым химиялық элементлердиң муғдары азайса, айрымлары артады. Дара жағдайда, жанылғының жаныўшының артып барыўы оның қурамындағы углеродтың муғдарының артып барыўына алып келеди. Мысалы, антрациттиң қурамында 93 % углерод болса, ағашта 40 % ти қурайды. Жанылғының қурамы (%) те белленеди, яғный оның жұмысшы, жаныўшы хэм органикалық бөлимлерин пайда еткен химиялық элементлер топламы хәр бир жағдай ушын 100 % деп қабыл қылынады: жанылғының жұмысшы бөлими,

$$C^u + H^u + O^u + N^u HS^u + A^u + W^u = 100 \% \quad (92)$$

курғақ массалар бөлими ушын

$$C^k + H^k + O^k - N^k + S^k + A^k = 100\% \quad (93)$$

жаныўшы массалар бөлим ушын

$$C^j + H^j + O^j + N^j + S^j = 100\% \quad (94)$$

органикалық массалар бөлімі үшін

$$C^o + H^o + O^o + N^o = 100\% \quad (95)$$

Жанылығының құрамында углерод қанша көп болса, кислород сонша кем болады хәм керисінше. Кислородтың мұғдарының жанылығы құрамында артыуы оның жыллылық беріуін кемейтиреді. Жанылығы құрамындағы химиялық элементлердің реакцияға кириуі (жаныуы) де хәр қыйлы мұғдардағы жыллылық бөлініп шығалады. Хәр түрдеги жанылығының химиялық құрылмасы түрліше болыуы мүмкін (1,2- кестелер).

Қатты хәм суйық жанылығылардың құрамының кестеси 1-кесте

Жанылығы түрлері	Жанылығы құрамындағы жаныушы элементлер, %.			
	C ^ж	H ^ж	O ^ж	S ^ж
Ағаш	50	6	43	0
Торф	53-62	5,2-6,2	32-47	0,1-0,3
Қоңыр көмір	62-72	4,4-6,2	18-27	0,5-6,0
Тас көмір	75-90	4,5-5,5	4-15	0,6-6,0
Антрацит	90-96	1,0-2,0	1-2	0,5-7,0
Нефть	83-86	11-13	1-3	0,2-4,0

Жаныушы газлардың құрамының кестеси

2-кесте

Газлердің түрі	Құрғақ газ көлеміндегі затлардың мұғдары %							
	CH ₄	H ₂	CO	C _n H _m	O ₂	CO ₂	H ₂ S	N ₂
Тәбий(Бухара түрі)	94,9	-	-	3,8	-	0,4	-	0,9
Кокс газы(газа)	22,5	57,5	6,8	1,9	0,8	2,3	0,4	U,8
Домна газы	0,3	2,7	28	-	-	10,2	0,3	Q8,5
Суйықландырылған	4	қалған басқа газлар:пропан 79%,этан 6%,избутан 11%.						

Кем мұғдарда водород газы сууды - электролизлеуі усылы менен алынады хәм илимий лабораторияларда қолланылады. Тәбий хәм жасалма газ жанылығылар сыпатында санааттың түрлі тармақларында, автомобиллерде, авиацияда соңғы он жыл ишінде кең қолланылбақта.

6.2. Жанылығы түрлері

Қатты жанылығылар. Жанылығының массасы жаныушы бөлімінің құрамы өзгермес шама болып, оның тийкарғы характеристикасы болып есапланады. Хәр қыйлы түрдеги жанылығыларда жаныушы масса хәр қыйлы болады. Соның ушын хәм олардың ыссылық беріу дәрежесі хәр қыйлы.

Жаныушы масса құрамына кирген химиялық элементлер реакцияға кирисиуінде (жаныуда) бөлініп шығатұғын жыллылық мұғдары хәмме элемент ушын бирдей емес. 1 кг углерод толық жанғанда CO₂ пайда болады хәм 32,8 МДж жыллылық мұғдары ажыралып шығады. 1 кг водород жанғанда 12,56•10⁴ кДж жыллылық мұғдары ажыралып шығады хәм т.б. Мс: хауа жеткиликли болғанда углерод кислород пенен толық реакцияға кириспегенликтен зыянлы углерод оксиді СО пайда болады.

Жаныу процессинің толық тәмийинлениуі жаныу камерасына узатылған атмосфера хауасының мұғдарына байланыслы. Хауаның көплиги ямаса кемлигине қарап химиялық реакция уақтында хәр түрдеги зәхарли хәм зәхарсиз химиялық бирикпелер пайда болады.

Суйық жанылығы. Бул тийкарынан нефтті 300-370⁰С та қыздырыудан пайда болған пууды хәр қыйлы фракцияларға ажыратыу хәм оларды кондензациялау (суйықландырыу) жолы менен алынады: суйықландырылған газ 1%, бензин 15% ке жакын суйықландырыу температурасы ($t_c = 30 - 180^0 c$), соляр майы 18%, ($t_c = 180^0 - 350 c$) хәм мазут 45% (қайнау температурасы) ($t_j = 330 - 350^0 c$) хәмде қалдық масса 4 % этирапында болады.

Мазутты жоқары басым астында жоқары температураға шекем қыздырыу жолы менен ондағы ауыр молекулалардың бөлшекленіуі нәтижесінде жеңил суйықлық алынады. Мазут 84-

86% ке шекем углерод хәм 10-12 % водородтан болып, ол мотор жанылғысы ямаса қазан қурылма жанылғысы сыпатында пайдаланылады.

Газ жанылғысы тийкарынан тәбий болып, оның қурамы метан CH_4 , водород H_2 , азот N_2 , жоқары дәрежедеги углерод бирикпелери C_nH_m , углерод оксиди CO , карбонат ангидриди CO_2 лерден ибарат. Бул газлардың муғдары тәбийғый газлардың барлығында бирдей емес.

Суйытылған газ қурамында техникалық пропан ($\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_3\text{H}_6$) ямаса бутан ($\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_4\text{H}_8$) кеминде 93% ке жақын болады. Суйықландырылған пропан хәм бутан газлары тасылатуғын баллонларындағы басымы 2 Мпа, олардың тең араласпасы салынғанда басым 0,6 МПа ға жақын болады.

Жанылғының агрегат жағдайына қарамай, хәмме жанылғы бирдей жыллылық муғдарын бөлип шығармайды. Соның ушын қурамы жаныўшы хәм балласт (күл) ден ибарат болады. Жумысшы жанылғының бирлик массасы толық жанғанда, оның қурамындағы заттың пуўланыўға сарыплаган жыллылық муғдарын есапқа алмайтуғын, жаныў процессинде бөлинип шыққан жыллылық муғдары жоқары жыллылық бөлиниў делинеди.

Жанылғының бирлик массасы жанғанда оның қурамындағы ызғарлық хәмде водородтың кислород пенен реакцияға кирисиў процессинде пайда болған ығаллықтың есабынан алынған жыллылық муғдары төменги жыллылық бөлиниў делинеди.

Қатты хәм суйық жанылғылардың жыллылық бөлип шығарыўшылығы Д.И.Менделеевтин эмперик формуласы тийкарында жетерли анықлықта Дж/кг өлшеуде теориялық есапланып табылады қатты жанылғы ушын:

$$q_k^0 = 10^6 \left[34,013C^u + 125,6H^u - 10,9(O^u - S^u) - 2,5(9H^u + W^u) \right] \quad (96)$$

газ жанылғы ушын: Дж/м³ өлшеўде төмендегише жазылады,

$$q_k^{OM} = 10^6 (12,8CO + 10,8H_1 + 35,8CH_1 + 56C_2H_2 + 59,5C_2H_1 + 63C_2H_3 + 12,0C_4H_{10} + 144C_4H_{12}) \quad (97)$$

Жанылғыны жыллылық бөлиўши (96),(97) формулалар менен есаплаганда колориметрлик усылға қарағанда онша үлкен қәтеликке жол қойылмайды.

6.3. Жанылғының жаныўы хәм артықша хаўа коэффиценти

Жанылғының жаныўы ушын әлбетте атмосфера хаўасы зәрүр болады. Оның муғдарының көп ямаса аз болыўына қарап химиялық реакция (жаныў) тез ямаса әсте болады. Өз нәўбетинде, жаныўшы заттың қурамындағы зәхәрли газлардың муғдары да кең аралықта болады.

Бизге белгили, жанылғы қурамындағы C,H реакцияға кирисип, ақыры $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ хәм SO_2 пайда болыўы менен тамамланады:



Жанылғының жаныўында тийкары оксидлениўши зат сыпатында кислород ямаса атмосфера хаўасы алынады. Жанылғының толық жаныўы ушын зәрүр болған атмосфера хаўасының муғдары теориялық жақтан есапланып табылады.

Отханада қатты ямаса суйық жанылғының 1 кг толық жаныўы ушын зәрүр болған кислород муғдары төмендеги теңлемеден табылады (кислород-жанылғы қатнасы):

$$q_{K.H} = (2,67C^u + 8H^u + S^u + O^u) : 100 \quad (98)$$

бунда, 2,67 хәм 8 санлары 1кг углерод хәм 1 кг водородтың толық жаныўы ушын зәрүр болған O_2 муғдары (кг): $q_{K.H}$ -кислородтың теориялық муғдары, кг. 1кг жанылғының толық жаныўы ушын керек болған ҳаўа массасы төмендеги формуладан анықланады:

$$m_{\text{һауа.теор}} = \frac{q_{\text{кат.теор}}}{23,15} \cdot 100 = 0,115C^u + 0,344H^u + 0,043(S^u - O^u) \quad (99)$$

Толық жаныўы ушын зәрүр болған ҳақыйқый ҳаўа муғдарының теориялық есаплап табылған муғдарынан артықшасы *ҳаўа коэффициенти* делинеди хәм ол төмендегише табылады:

$$\alpha_{\text{һауа}} = \frac{V_h}{V_{h,\text{теор}}}$$

Ҳаўа коэффициентиниң көрсеткиши жанылғының түрине, агрегаттың жағдайына, реакция кешетуғын шәриятқа, жағыўы усылына хәм басқаларына байланыслы болады.

Қәнигелестирилген отханалар ушын $\alpha_{\text{һауа}}=1,05-1,1$ болса, әпиўаылылары ушын $\alpha_{\text{һауа}}=1,3-1,5$ ке тең.

Карбюраторлы двигательлерде $d_x = 1,0 - 1,1$ -дизелли двигательлерде $\alpha_{\text{һауа}}=2,0-2,2$, авиация двигательлеринде 0,85-0,95 ке тең болады. Демек, жанылғының толық жаныўын тәмийинлеў ушын отханаларға ҳаўа муғдарын ретлеўши автомат үскенелери орнатылады хәм усының менен олардың ПЖК арттырылады.

6.4. Жаныўшы затлар хәм олардың курамы

Жанылғы жанғанда белгили муғдарда жыллылық энергиясы хәм түтин газлери бөлинип шығады хәмде қалдық күллер пайда болады. Түтин газлери хәм күл жанған затлар делинеди.

Жаныўшы заттын дүзлисин хәм оның жандырылыўы, сыпатына қарап хәр түрге бөлиуге болады.

Әмелде жаныў камерасы (отхана) на киргизилген жанылғының массасы менен ҳаўа (оксидлеўши) массаның көбеймеси жаныўшы заттың массасына тең болыўы керек.

Жаныўшы заттағы түтин бөлиминиң көлеми $V_{\text{көлем}}$, қурғақ газлер $V_{\text{к.г}}$ менен жанылғы курамындағы водородтың реакцияға кириўи ямаса пуўланыўынан пайда болған суў пуўының көлеми $V_{\text{с.п}}$ жыйындысына тең; яғный

$$V_{T.n} = V_{\text{к.г}} + V_{\text{с.п}} \quad (100)$$

Қурғақ газлерге $CO_2+CO+SO_2+O_2+N_2$ лер киреди хәм олардың жыйындысы 100 % деп қабыл қылынады. $CO_2+SO_2=RO_2$ үш атомлы газлер жыйындысы деп бегиленеди.

Жоқарыда айтып өткенимиздей, жанылғының толық жаныўын тәмийинлеў ушын теориялық есаплап табылған ҳаўаның көлеми ҳақыйқый зәрүр болған көлемнен киши болады. Соның ушын хәм $V_{x.T} > V_x$ шәрти тийкарында айрым есапларды 10-25% қәтелик пенен әмелге асырыў мүмкин. Демек, $V_{T,2}$ көлемин төмендегише жазыўға болады:

$$V_{T,2} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + 0,79\alpha_h \cdot V_h + 0,23(\alpha_h - 1)V_h \quad (101)$$

Нормаль жағдайда идеал газдиң 22,4 м³ көлемин 1 кмоль газ ийелейди. Үш атомлы газлердиң V_{RO_2} көлеми төмендеги теңлемени есаплап табылады:

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = \left(\frac{C}{12} \cdot 10^{-2} + \frac{S_{O+K}}{32} \cdot 10^{-2} \right) \cdot 22,4 = 0,0168(C - 0,375S_{O+K}) \quad (102)$$

Демек, жаныў нәтийжесиниң курамы теориялық жақтан есаплап алыўға болады екен. Демек әмелде RO_2, O_2, CO, CH_4, H_2 көлем бирлигиндеги муғдарлары айрықша газ анализаторлары жәрдемінде өлшениледи.

Иштен жаныў двигательлериниң циклиндеги жаныў процессиниң нормал өтип атырғанын CO, CO_2, SO_2 хәм басқа газлердиң муғдарларын өлшеў жолы менен бахалаў хәм оларды зәрүр

болғанда ретлеу мүмкін. Мысалы, Инфралит-1100 эспабы жәрдемінде СО муғдарын жоқары анықлықта өлшеуге болады.

6.5. Отхана қурылмалары хәм оларда жанылғыны жағыу ұсыллары

Жанылғының жаныу процесси болып өтетуғын қурылма отхана делиненди. Жаныу процессиниң барысын тәмийинлейтуғын хәм басқаратуғын үскенелер жыйындысы отхана қурылмасы делинеди. Конструкциясына қарай отханада қатты, суйық хәм газ жанылғылары жағылады. Қатты жанылғы тәбийатта қандай пайда болған болса, сондайлығынша ямаса бөлекленип жағылыуы мүмкін. Отхана қурылмаларын жойбарлауда, дәслеп жанылғының ысырапсыз жағылыуына, жаныушы заттағы түтин хәм оксидлеуши хауа ағымының шығып кетиу жолларының тууры таңланыуы хәмде отхананы жұмысқа қосыу, ислетиу жұмысларының механизацияластырылыуына хәм автоматластырылыуына тийкарғы итбарды қаратыу керек. Отханалар - қатламлы хәм камералы түрлерге бөлинеди.

Қатты жанылғыны жағыу- жанылғыны қатламлы жағыушы отханалардың тийкарын шоқ сеткалар қурайды. Шоқ сеткалардың үстине белгили қалыңлықта қатты жанылғы тегис жайластырлады хәм сетканың астында атмосфера хауасының ағымы тәбий тәризде ямаса мәжбүрий түрде жанылғыны аралап өтип турады. Оксидлеуши газ (атмосфера хауасы) қатты жанылғы менен араласып жаныу процессин тәмийинлейди хәмде жаныушы зат пайда болады. Жаныушы зат пенен жанылғы молекулалары атмосфераға ушып шығып кетпеслиги хәм толық жаныуы, хәмде көбрек ыссылық ажыратып шығарыуы ушын отханада пайда болған газ ағымының көтерилиу күши жанылғы бөлекшесиниң ауырлық күшинен киши болыуы керек. Жанылғы бөлекшелериниң өлшеми 20-30 мм ден киши болмауы керек.

Сетка жанылғыны тутып турудан тысқары, жанылғыға хауаны өткерилу, күл хәм шлакти күлханаға үзликсиз узатып берилу уазыйпасын хәм орынлайды. Сетка тийкарынан шойыннан қуйылып таярланады хәм бети үлкен болғанда, ол бир неше бөлектен турады. Отхана сеткасы горизонталь, қыя тәризли, тербелмели (Тейлор схемасы), хәрекетлениуши түрлеринде таярланады. Отхана қандай түрде қурылыуына қарай отырып хәм онда қолланылатуғын жанылғының түрине қарай қозғалмас, тербелениуши ямаса илгерлемели хәрекетлениуши болыуы мүмкін. Сетканың үстине бундай хәректлерде жанылғыларды берилудиң тийкарғы мақсети, оның толық жаныуы, күлдиң жақсы ажыралыуы хәм хауа ағымының тууры өтиуин тәмийинлеу хәмде отхана ислерин механизацияластырудан ибарат.

Суйық хәм газ жанылғыларын жағыу - Айрықша үскенелер: горелкалар хәм форсункалар (инглис тилинде *force*-дем бермек) қолланылады. Горелка хәм форсункалардың дүзлиси: камералар, отханалардың ислеу қууатлылығы хәм олардың түрлерине қарай отырып хәр қыйлы болады. Суйық хәм газ жанылғыларынан тек отханаларда пайдаланбастан, иштен жаныу двигтельлеринде, реактив двигтельлерде хәм жұмысшы жанылғы сыпатында кең қолланылады. Горелка ямаса форсунка жаныу камералары (отханалар) ның тийкарғы бөлими болып есапланады. Суйық жанылғылар жағылғанда олар форсункалар арқалы камераға бүркиледи. Жанылғыны форсунка майда бөлеклерге айландырып, камераға бүркип береді хәм бүркилип берилген жанылғы хауа менен жақсы араласып, толық жанады. Қазан қурылмаларында форсункалар қолланылғанда тийкарғы жанылғы болған мазут ямаса хәр түрдеги техникалық майлар, яғный нефть өнимлериниң қалдықтары жағылады. Бунда пуу форсункалары қолланылады.

Мазутты жағыуда Бобкок хәм Вилькокстың механикалық форсункасынан пайдаланылады. Мазут жоқары басым астында (10 атм.) форсункаға узатылады. Форсункаға узатылып атырған мазуттың температурасы кеминде 80-115⁰С болғанлығы ушын оның уйысқаклығы кемейип бир тегис болады. Механикалық форсункалар ысырапсыз болады хәм оларды ретлеу аңсат.

Газ жанылғысын жағыуда өзине тән техникалық талаптар орынланады. Соның ушын горелка хәм форсунканың дүзлиси әпиуайы, пайдаланыу аңсат болыуы керек. Домна печлеринде, кокс батареяларында, камераларда хәм металлургия заводларында газ хәм тәбий газлар жағылады. Отханаларға хауа хәм газлар горелкалар арқалы узатылады.

Горелкалар жоқары хәм пәс калориялы газ жанылғыларын жағыуға есапланған хәм таярланған. Қазан қурылмалы отханаларда газди жағыу жұмыслары хәзирги уақытта арнаулы электр үскенелери жәрдемінде әмелге асырылады хәм автоматикалық ұсылда қадағаланып турылады. Жасалма газлардың қурамындағы тийкарғы бөлимінде калориясы төмен ал тәбий газларде жоқары болады.

Газ горелка көшер бойлап хәрекетленип, алдын соплаға киреди. Сопланың алдыңғы бөлиминдеги қалқан тәризли тиркеуіш арқалы оған хаўа сорылады. Сопланың қалған бөлими газ хәм хаўаны араластырыушы уазыйпасын орынлағанлығы ушын онда жумысшы жанылғы (газ хәм хаўа араласпасы) пайда болады. Отхананың ишинде жайласқан горелканың тесикли бөлиминен жумысшы араласпа камераға киреди хәм жанады. Газ ямаса хаўа ағымының муғдары заслонка (тосық) хәм клапанлар жәрдеминде ретленеди.

Жанылғыдан күл пайда болмаслық хәм белгили бир жағдайда жаратылған жоқары температураны пайда етиу мүмкиншилиги газлардың басқа жанылғылардан айырылып туратұғын тийкарғы артықмашалығы болып есапланады. Жағыу процессин аңсат механизацияластырыу хәм автоматластырыуға болады.

Газ горелкасы төмендегише ислейди.

Иштен жаныушы двигательлерде (ИЖД) жанылғы - сыпатында нефть өнимлерин қайта ислеу жолы менен алынған бензин, керосин, солярка майы, қайта исленген тәбийий газлар хәмде хәзирги ўақытта лабораториялық жағдайларда қолланылатуғын водород газларынан пайдаланылады.

Карбюраторлы ИЖД-де, тийкарынан бензин, лигроин хәм газ: дизель двигательлеринде газойль хәм солярка майы: реактив двигательлеринде керосин-газойль фракциялары қолланылады. Бензин углерод хәм водород бирикпелеринен ибарат болып 30-205⁰С та қайнайды. Оның тығызлығы $\rho=700-800$ кг/м³ тең. Нефть өнимлеринен алынатұғын А-66, А-72, А-76, АН-91, АИ-92, АИ-93, АИ-98 маркалардағы бензинлер карбюраторлы двигательлеринде қолланылады.

Авиацияда сыпаты жоқары болған Б-100/1390, Б-95/130, Б-31/115 маркалардағы жанылғылар қолланылады.

Бензин автомобиль двигательлеирнде ең кем сарыпланады: 260 г/кВт•саат.

Газойль (газ хәм инглис тилинде 981-май) - дизель двигатели жанылғысы 200-400⁰С та қайнайды. Газойльге қайта ислеу берилсе оннан хәм жақсы жанылғы алыуға болады.

Солярка майы- нефтти қайта ислеу процессинде, оны айдау, фракцияларға ажыратыудан алынатұғын дизель двигательлериниң жанылғысы. Қайнау температурасы 240-400⁰С, қатыу температурасы-20⁰С, ашық хаўада парланыу температурасы 125⁰С тан жоқары.

Керосин- суйық углеводородлар араласпасы болып, реактив хәм дизель двигателлериниң жанылғысы болып есапланады. Керосин нефтти тууры айдау жолы менен алынатұғын тынық ямаса сарғыш түрдеги суйықлық болып есапланады. Қайнау температурасы 180-320⁰С, тығызлығы $\rho=775-795$ кг/м³ тең.

Лигроин (аўыр бензин)- нефть ямаса нефть газды қайта ислеуде пайда болатуғын конденсат фракциясы болып, 120-240⁰С та ажыратып алынады хәм дизель двигатели жанылғысы сыпатында пайдаланылады. Лигроин ренсиз, тынық ямаса сарғыш суйықлық, тығызлығы $\rho=785-795$ кг/м³ тең.

Мотор майлары - иштен жаныу двигательлериниң деталларының сырғанаушы бетлериниң арасындағы сүйкелесиуди азайтыу ушын хәр қыйлы майлау материаллары ислетиледи: Автол, ТАД-17, Литол-24, Филлол-1, Техникалық вазелинлер ВТВ-1 х.т.б.

Тексеріу ушын сораулар

1. Жанылғы қурамының тийкарғы элементлери нелерден турады.
2. О́а́е́е́ѓу́е́ а́а́і́е́ѓу́е́а́д́ қ́а́і́а́а́е́ а́і́е́а́а́у́.
3. А́а́і́а́е́і́а́ а́а́і́у́е́ѓу́е́а́д́ қ́а́і́а́а́е́ а́і́е́а́а́у́.
4. А́а́і́у́е́ѓу́і́у́н́ қ́а́і́а́а́е́ д́у́д́е́а́д́е́ а́а́д́.
5. А́а́і́у́е́ѓу́ қ́о́д́а́і́у́і́а́а́ѓу́ е́е́ñ́е́і́d́ı́ád́ı́у́н́ і́óǵáád́ı́ қ́а́і́óá а́і́е́ááı́.
6. А́а́і́у́е́ѓу́ қ́о́д́áı́ı́ қ́áı́ááé óéóáı́ áéd́ééé íáı́áı́ óéóáı́ááé.
7. А́áı́úéñ_úı́ı́ ááı́ı́ı́ı́ óóı́ı́ q́áı́ááé ýéáı́áı́á ç_ö_đ_ö_đ_ áı́éááı́.
8. Хаўа eı́ı́ód́éóáı́óéı́e_ñ_ ááı́ íááá áéd́áı́ı́ç.
9. Хаўа eı́ı́ód́éóáı́óéı́e_ñ_ éód́ñ_ı́ád́éééé íááá ááééáı́ı́ñ_ı́e_ú áı́éááı́.
10. А́áı́ı́ı́ı́o_ú ç_ä_d_e_ä_d_ı́ı́ı́n_ a_ü_ç_s_e_ñ_e.
11. İ_ö_d_ı́ı́á q_ö_d_ı́e_ı́a_e_ä_d_ı́ı́ı́n_ d_ü_d_e_ä_d_e.
12. 'ı_ä_ö_d_ı́ a_ä_ı́ı́e_g_ı́e_ä_d_ q_ä_e_ä_e_ a_ä_g_ı́e_ä_ä_ı́.
13. Ñ_ı́e_ı́ı́k_ a_ä_ı́ı́e_g_ı́e_ä_d_ q_ä_e_ä_e_ a_ä_g_ı́e_ä_ä_ı́.
14. È_Æ_Ä_ı́e_ñ_ a_ä_ı́ı́e_ı́ı́ı́e_ä_d_ı́.
15. Ó_ı́d_ñ_ı́o_ı́e_ä_e_ä_d_ı́ı́n_ a_ö_ı́ı́ı́ñ_ e_ñ_e_ä_ı́ı́ i_d_e_ı́o_e_ı́e_.
16. Ä_ı́d_ä_e_ä_e_ä_d_ı́ı́n_ a_ü_ç_s_e_ñ_e_ q_ä_ı́a_ä_e.

VII-Бап. Жыллылық хәм пуў күш қурылмалары

Реже:

- 7.1. Жыллылық күш қурылмалары хаққында тусиниклер.
- 7.2. Пуў-суў қурылмалары.
- 7.3. Қазан қурылмасы, оның дүзлиси хәм ислеў тәртиби.
- 7.4. Қазан қурылмаларының жәрдемши үскенелери.

7.1. Жыллылық күш қурылмалары хаққында тусиниклер

Тәбийий байлықлар болып есапланатуғын - жанылғы, суў, самал хәм басқалардан пайдаланып механикалық энергияны пайда етиўши двигателлер хәм жәрдемши үскенелер жыйындысы *күш қурылмалары* делинеди. Пайдаланатуғын энергия түрине қарай жыллылық, гидравликалық, атом хәм т.б. күш қурылмалары болып бөлинеди.

Жыллылық күш қурылмалары арнаўлы энергетикалық тараў болып, ол қазан қурылмасы, насослар, конденсаторлар, пуў турбиналары, электро генераторлар хәм усыларға ўқсас тийкарғы үскенелерден турады. Пуў күш қурылмалары, пуў турбиналары, газ турбиналары, реактив двигателлер, улыўма хәмме түрдеги үлкен қуўаттылыққа ийе жыллылық двигатели жыллылық күш қурылмаларына мысал бола алады.

Ыссылық двигатель жыллылық энергиясын механикалық энергияға айландырып бериўши қурылма. Оның жумыс ислеў цикли избе-из пайда болатуғын термодинаимкалық процесслерден ибарат. Бул циклде жыллылық киргизиледи, белгили муғдардағы жумыс усы жыллылық есабынан орынланғанан соң қалдық жыллылық муғдары суўытқышқа шығарылады. Циклдеги киргизилген жыллылық муғдары q_1 , әлбетте шығарылған жыллылықтан q_2 ден үлкен, яғный $q_1 > q_2$ болады.

Жыллылық двигателлери тийкарынан пуў машиналары, пуў турбинасы, ИЖД (ракета двигателлери) нен ибарат.

7.2. Пуў-күш қурылмалары

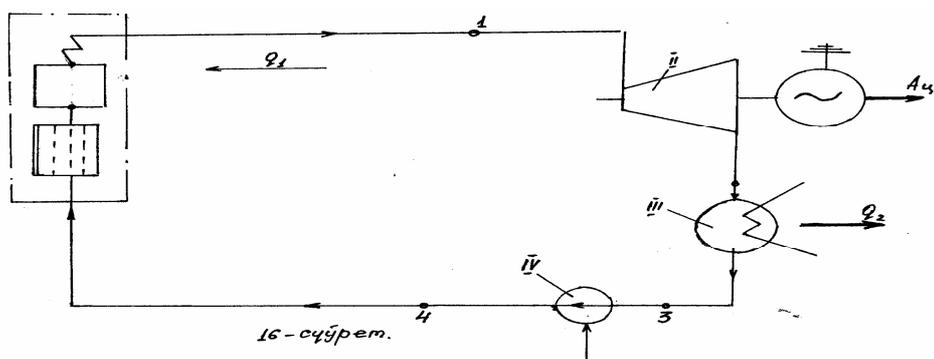
Жыллылық энергетикасында суў пуўы (суўдың газ тәризли агрергат халына өтиўи) кең қолланылады. Суў белгили температурада (сыртқы басымға салыстырғанда 0°C жоқары болғанда) газ жағдайына өтеди, яғный пуўланады. Сыртқы басым қанша киши болса, сонша тез пуўланады хәм керисинше.

Егер газ пайда еткен суў пуўы суў менен тең салмақлылықта болса, яғный суўдың қанша муғдары суў пуўына айланып пуўдың сонша муғдары конденсацияланып суўға айланатуғын халы орынлы болғанда, бундай пуў тойынған пуў делинеди. Тойынған пуўдың температурасын арттырғанымызда, суў молекулаларының тамшылары бир молекула дәрежесине шекем майдаланып дәслепп қыздырылған кейин күшли қыздырылған пуў халына өтеди.

Техникалық талаптарды тәмийинлеў ушын зәрүр болған суў пуўы пуў қазанларында таярланады хәм анық параметрли тойынған, қыздырылған, күшли қыздырылған пуў дәрежесине жеткизиледи хәмде пуў трассалары арқалы жеткерилип бериледи. Пуў қазанларында пайда болған пуў басымы температурасы имканы барынша өзгертилмей сақланады.

Пуў-күш қурылмалары қазан агрегаты, пуў трубинасы, конденсатор, насос, электрогенератор хәм басқа жәрдемши үскенелерден ибарат. Қазан агрегаты, өз нәўбетинде ошақ, пуўлатыў бетлери, пуў қыздырғышлар, суў экономайзери, хаўа ыссытқыш, моры хәм басқада хәр түрдеги вентиляторлардан ибарат.

Пуў-күш қурылмаларының теориялық циклли болып Ренкин циклли есапланады. (16-һүўдәд).



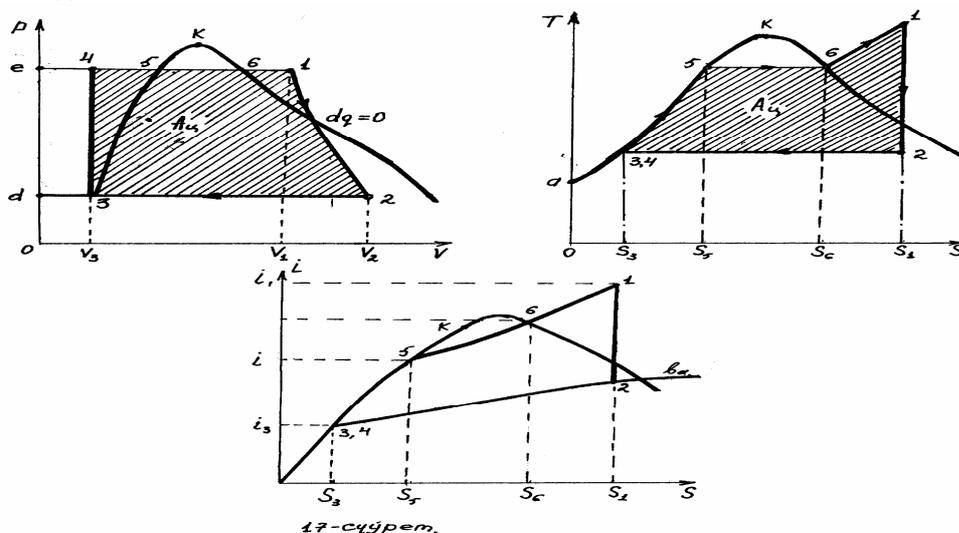
Ренкин цикли төмөндөгүшө болады: қазан қурылмасы (I) нан жоқары басымдағы хәм қыздырылған пуў пуў трубинысы (II) на узатылады. Сонда пуў сырттан артықша ыссылық муғдарын алмастан ($dq = 0$) пуў трубинысында кеңейиў процессинде пайдалы ис орынлайды. Трубинада жұмыс орынлап болған суў пуўы өзиндеги қалдық ыссылық энергиясын конденсатор (III) арқалы суўытқышқа узатады.

Пуў конденсацияланыў нәтийжесинде суўға айланады. Сыртқы күш (электро энергиясы) тәсиринде насос (IV) иске қосылады хәм конденсат (пайда болған суў) қазан агрегаттына узатылады (3 хәм 4 точкалар). Гидравлика курсынан белгили, насостың айдаў каналындағы басым оның сүриў бөлим-индегиден үлкен болады. Соның ушын диаграммадағы 3 хәм 4 точкалар арлығында басым артады, ал көлем өзгермейди.

Демек, суў пуўы жұмыс орынлап болғаннан соң өзиндеги қалдық ыссылық энергиясын шығарып (2 хәм 4 точкалардың аралығы) хәм бир изохоралы термодинамикалық процесс арқалы өзиниң тең салмақлылық жағдайына қайтады екен.

Реал жағдайларда, насосан өткен суў әлбетте экономайзерден өтип, соң қазан агрегаттына қуйылады.

Қазан агрегаттының отханасында жағылған жанылғының ажыратқан тийкарғы ыссылық муғдары қазанға қуйылған суўға бериледи. Бул суў дәслеп экономайзер арқалы өтиў процессинен қазанға шекемги болған аралықта ыссыған болады (бул 5 точкаға тең келеди). Тийкарғы ыссылық муғдары 5 хәм 6 точкаларының арлығында киргизиледи. Сонда суў өзиниң агрегат жағдайын өзгертеди, яғный пуўға айланады. Суўдың пуўланыўы өзгермес басым астында болып өтеди, бирақ усы қабылланған ыссылық есабынан пуў өзиниң көлемин арттырады, яғный қызады. Бул қыздырылған пуўдың параметрлерин жұмыс орынлаўшы дәрежесине шекем көтериў ушын қосымша ыссылық муғдары киргизиледи. Бундай процесс қазан агрегаттының пуў қыздырғыш бөлимінде әмелге асырылады. Сонда қызған пуў күшли қыздырылған пуў жағдайына өтеди. Цикл қайталанады.



Ренкин циклинде суў пуўының орынлаған жұмысы 1,2,3,4,5,6,1 точкалары менен шегараланған бетке сан жағынан тең болады. Суў пуўының TS диаграммасында пуўдың абсолют температурасы менен оның энтропиясы арасындағы байланыс көрсетилген (17-сүрөт,б). Процессиң TS-диаграммасынан сол нәрсе көринип турыпты, 1 кг пуў орынлаған пайдалы жұмыстың мәниси Ренкин циклиниң орынлаған жұмысына тең екен. Бул пайдалы жұмыстың

көрсеткіші PV диаграммасындағыдай T_S диаграммасында хәм бетлер айырмасы менен анықланады. Соның ушын 1 хәм 2 точкаларының энтальпияларының айырмасы циклдің орынлаған жумысына тең болады:

$$A_u = H_1 - H_2 \quad (103)$$

Демек, энтальпияның өзгеріуі ушын 3 хәм 4 точкалар аралығындағы суўдың көлми өзгерместен басым артады. Бул басымның артықша сарыплаған жумысы d34ed точкалары менен шегараланған бетке тең болады. Бул жумысты басымлардың айырмасы арқалы анықлаўға болады:

$$A_u = V_3 (P_4 - P_3) \cong 0 \quad (104)$$

Сондай етип, қазан қурылмасына қайтарылған конденсаттан жаңа ыссылық муғдары және сырттан киргизилген суў хәм усы жыллылық есабынан пуўға айланады, соң қыздырылған хәм күшли қыздырылған пуўға айландырылып, пуў турбинасына узатылады (17-сүүрет а, 4 хәм 1 точкалар аралығы). Бул точкалардың аралығында басым өзгермес, ал көлем болса өзгергеш болады. Бундай идеал цикл Ренкин цикли делинеди. Бирақ бундай идеал цикл болмайды.

Ренкин циклинің (идеал цикл) термикалық ПЖК-ти цикл орынлаған жумыстың усы циклге киргизилген жыллылық муғдарының қатнасына тең:

$$\eta_t = \frac{A_u}{q_1} \quad (105)$$

Циклге келтирилген жыллылық муғдары q_1 сан жағынан TS-диаграммасындағы $S_334561S_1S_3$ точкаларының пайда еткен бетлик майданға тең (17-сүүрет, б).

Қазан агрегаттындағы конденсат (пуў-суў араласпасы) ның кириуіне шекемги болған энтальпия H_3 сан мәнисі жағынан $0a3S_30$ точкалары пайда еткен бетке тең болады. Онда, суў пуўын пайда етиў ушын сарып болған ыссылық муғдары 1 хәм 3 точкаларының энтальпияларының айырмаларына тең:

$$q_1 = H_1 - H_3 \quad (106)$$

Демек, циклдің ПЖК энтальпиялардың айырмаларының қатнастары көринисинде жазыўға болады:

$$\eta_t = \frac{H_1 - H_2}{H_1 - H_3} \quad (107)$$

Ренкин циклинде жумыс орышлап болған пуўда қалған ыссылық муғдарының 60-70 % суўытқышқа узатылады. Бунда қалдық жыллылық муғдарын суўытқышқа узатыўдағы термикалық ПЖК 30-40 % жақын.

Заманагөй пуў күш қурылмалары жүдә қурамалы болыўына қарамастан олардың ПЖК 90-98 % қурайды.

Пуў күш қурылмаларында қолланылатуғын турбиналардың жыллылықтан пайдаланыў дәрежесине қарап, пуўдағы жумысқа айланбастан қалған жыллылық муғдарынан толығырақ пайдаланыў мақсетинде регенерациялық циклге ийе болған қурымаларда кең пайдаланалады. Бундай қурымаларда, пуў турбиналарында жумыс орышлап болғанан соң, пуўдың белгили бир бөлеги турбинадан ажыратылып, қазан агрегаттына узатылып атырған жаңа суўық суўды усы ажыратылған пуў менен араластырып қыздырыўда қолланылады. Бундай цикл - регенерациялаў цикли делинеди. Регенерация (латынша *regneratio* -тиклеў)- суўытқыштан шығып атырған жыллылық муғдарын жаңадан узатылып атырған жумысшы заттқа (суў, пуў-суў араласпасы, газ ямаса ҳаўа ағымы, жанылғы хәм жанылғы-хаўа араласпасы) киргизиўден ибарат болған усыл.

Регенерациялаўшы қурыманың бөлимлеринде болып өтетуғын термодинамикалық процесслер Ренкин циклинен толық айырылып турады. Соның ушын пуў-күш қурымаларының регенерациялаў усылында суў қазан қурылмасына алдынан ыссытылып бериленлиги себепли қурыманың термикалық ПЖК Ренкин циклиндегиден жоқары болады.

Демек, суўытқышқа узатылатуғын жыллылық муғдарынан үнемли пайдаланғанда регенерациялаўшы пуў-күш қурымасының ПЖК артады. Регенератив цикли күш қурымасының TS диаграммасынан сондай жуўмақ шығарыўға болады, 1 хәм 2 точкалары аралығында суў пуўының энтальпиясы өзгереді.

Себеби системадағы жыллылық муғдары жұмыс орынлауға сарыпланады. Системадан жыллылық муғдары шығарылсы ямаса киргизилсе, системаның энтропиясы өзгергиш болады. Бул халда 1 хәм 2 точкалардын аралығындағы жыллылық муғдары жұмыс орынлайды, соның ушын оның энтропиясы өзгермейди. Демек, 2-3-4-5-6-7-1 точкаларының аралығында жұмысшы зат (суў пуўы-термодинамикалық система) тың халы, энтропиясы хәм энтальпиясы өзгергиш болады. Бўған тийкарғы себеп системаға (суў, пуў-суў конденсаты, пуў, қыздырылған пуў) сырттан белгили муғдарда жыллылық муғдары киргизиледи хәм онан шығарылады.

Демек, регенерациялаушы циклде ислеуши пуў-күш қурылмасының ПЖК төмендеги түрде жазыуымызға болады:

$$\eta_i' = \frac{A_u^I}{q_1^I} \quad (108)$$

бунда, A^I -циклдің толық орынлаған жұмысы, $q_1^I = i_1 - 4,1868 t_5$ -системаға киргизилген жыллылық муғдары, ол энтальпиясының өзгеруине тең..

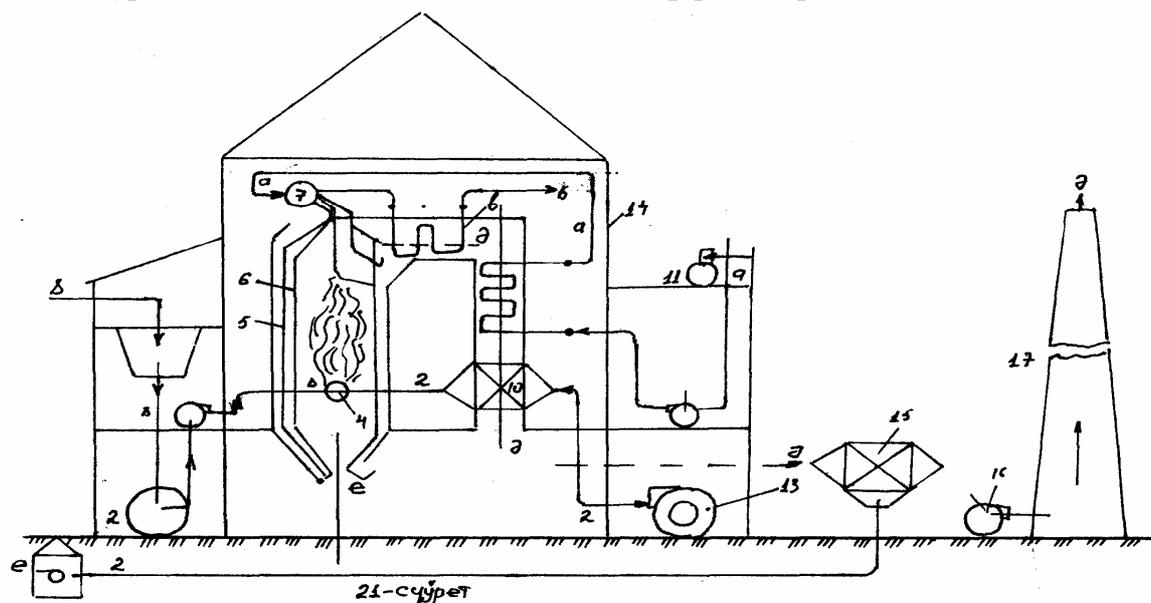
Жоқарыда айтылғанлардан тысқары бинар цикли пуў-күш қурылмалары хәм қолланылады. Жұмыс көлеми сыпатында еки заттан пайдаланатуғын хәм олар тиккелей бир бирине араласатуғын хәмде еркин циклдерге ийе болған ыссылық-күш қурылмасы бинар (лат. *binarus* - күш) цикли күш қурылмасы деп аталады.

7.3. Қазан қурылмасы, оның дүзлиси хәм ислеу тәртиби

Ошақта жағылған жанылғыдан ажыралған ыссылық есабынан басым астында ыссылық хәм пуў пайда ететуғын үскенелер **қазан агрегатты** делинеди. Қазан агрегатты ошақ, пуўлаушы бетлер- экран, пуў қыздырғыш, суў экономайзери хәм хаўа ысытқышлардан қуралған болады. Қазан қурылмасының таярлайтуғын өниминиң түрине қарай пуў қазанлары хәм суў ысытатутғын қазанларға бөлинеди. Технологиялық процесслердің шығындыларын жағып ямаса металлургия заводларынан хәм домна печлеринен шыққан түтин-газ араласпаларының ыссылығынан пайдаланып ислеитутғын қазанларға утилизаторлы қазан делинеди. Қазан агрегатты хәм жәрдемши үскенелер жыйындысы қазан қурылмасы делинеди. Қазан қурылмалары пайдаланыуына қарай: энергетикалық, ислеп шығарыушы хәм ысытыушы түрлерге бөлинеди.

Санаат, ауыл хожалығы тармақлары хәм адамлар жасайтуғын орынларды ыссы суў ямаса пуў менен тәмийнлейтуғын қазанлар ислеп шығарыушы хәм ысытыушы қазанлар делинеди.

Қазан қурылмасының технологиялық схемасы 21-сүүретте көрсетилген.



Қазан қурылмасының технологиялық схемасынан көринип турыпты, қурылма отхана хәм түтин жолы, ыссы суў-пуў араласпасы жыйналатутғын цилиндр тәризили жабық ыдыс - барабан ($h=0,9 \div 1,8$ м, $S=35 \div 40$ м, $P=20$ Мпа ше), ысытыушы бетлер (басым астындағы суў ямаса пуў трубалары), хаўа ысытқыш, экономайзер, пуў қыздырғыш, күл тутқыш, түтин, күл хәм шлак шығарыушы үскенелер, моры хәмде жәрдемши эспаб-үскенелерден турады. Ысытыушы бетлерге

басым астында хәрекетленетуғын суў хәм пуў трубаларынан тысқары отхана экраны (отхана диўалы бойлап жайластырылған трубалар жыйындысы), пуў кыздырғыш хәм суў суў экономайзери киреди. Қазан қурылмасын жеңиллестириў хәм оның ысытыўшы бетлердиң өнимдарлығын арттырыў мақсетинде ысытылыўы зәрүр болған хәмме әспаблар, тийкарынан трубалардан жасалады. Үлкен қуўатлылыққа ийе қазан қурылмаларында суў экономайзери, ҳаўа ысытыўшы әспаблар орнатылып ислетиледи.

Пуў пайда етиўши трубалар, отхана экраны хәм оларға суў келтирүши трубалар барабанларға жалғанады. Оларда суў-пуў араласпасы контур бойлап хәрекетленеди, яғный отхана сыртында жайласқан трубадан суў ағып келип 19 коллекторға қуйылады хәм онан алынған түтин газлери менен ыссылық алмасыўшы отхана экранына өтип, ол жерде пуўланады. Коллектор отхананың суўық воронкасы болып, яғный күл хәм шлак түсетуғын бөлиминде жайласқан. Ыссылық түтин газлары жолындағы суў экономайзерлерине хәм ҳаўа ысытқышқа конвектив ыссылық алмасыў усылында узатылады. Соның ушын отхананың бул бөлими конвекция шахтасы делинеди. Түтин газлериниң температурасы конвекция шахтасынан өтиў ўақтында 800-900 К нен 300-400 К ше төменлейди.

Отхана диўалының ишки бөлимине отқа шыдамлы гербишлер (динас, магнезит х.т.б.) колланады. Сыртқы жағынан метал қаплама менен оралады. Бул отхананың беккемлигин асырып, оның ишине диўал арқалы артықша ҳаўаның өтиўинен хәм газлердиң сыртққа шығыўынан сақлайды.

Суў пуўын пайда етиўде арнаўлы конструкциядағы қазан қурылмалардан- суў таярлаўшы, пуў кыздырыўш хәм пуў генераторлардан пайдаланылады. Пайда етилген пуў жәрдемінде хәм көп басқышлы (қуўатлылығына қарап) пуў турбиналы генератордан пайдаланып электроэнергия исленип шығарылады. Ислетилип болған пуўдың қалдық ыссылығынан толық пайдаланыў мақсетинде ыссылық конденсаторы арқалы шығарылып пайдаланыўшыларға (турақ жай, санаат кәрханалары, мектеплер, емлеўханалар х.т.б.) узатылады.

Қазан қурылмасының тийкарғы жанылғысы есабында тас көмир, торф, нефть хәм оның соңғы фракциялары, домна хәм тәбийғый газ, жаныўшы сланецлер ислетиледи.

7.4. Қазан қурылмаларының жәрдемши үскенелери

Бул үскенелерге қатты жанылғыны шаң формасына келтирип, оны отханаға узатыўшы қурылма, сүриў-бүркиў қурылмасы, түтин газлерин зәхарли затлардан (CO_2, CO_3) тазалайтўғын қурылмалар (ЦН циклон, батареялы күл тұтқыш, орайдан қашыўшы ВТИ скруббери, электр фильтрлер) хәм қазан қурылмасының автоматикалық басқарыў хәм қадағалап турыўшы әспаб-үскенелер киреди. Қатты жанылғыны шаң тәризли жағдайға келтирип жағыўдағы тийкарғы мақсет жанылғының толық жаныўы, оның отханаға аңсат узатылыўы хәмде узатыў процессиниң турақлылығын тәмийинлеўден ибарат болып қалмастан аўыр жумыслардың тийкарғы бөлимин механизацияластырыў хәм автоматластырыў болып есапланады.

Отханада жанылғының жаныўынан пайда болған жаныў шығындылары атмосфераға хәм қурылмадан сыртқа шығарылыўында хәмде ҳаўаны горелкаға үзликсиз бир тегис узатып турыўда сүриў-бүркиў усылынан пайдаланылады. Ҳаўаны горелкаларға жеткерип бериўде хәм түтинди атмосфераға шығарыўда орайдан қашыўшы вентиляторлар колланылады. Сүриўши-бүркиўши машиналар беккем етилип таярланады, себеби олар узақ мүдет даўамында жоқары температуралы (380-420⁰С) орталықта хәм зыянлы газлер араласпасында жумыс ислейди.

Қазан қурылмалары қоршаған орталыққа артықша муғдарда зыянлы түтин газларды хәм күлди шығармасылығы ушын олар арнаўлы жәрдемши қурылмалар менен тәмийинленеди. Жанылғының қурамы хәр түрли болғанылығы ушын толық жағып болмайды. Нәтийжеде түтин газлары атмосфераға зыянлы марганец (As), фторлы бирикпелер, ванадий бирикпелери, азот оксиди, күкирт оксиди, карбонат ангидридлерин шығарады. Бул зыянлы газлер инсанлар хәм тири организмлерге, өсимликлерге, хайўанат дүньясына, санаат қурылмаларына өзиниң зыянлы тәсирин тийгизеди.

Хәр жылы дүньяда органикалық жанылғылардың жағылыўынан атмосфераға орташа 100 млн.т күл хәм 150 млн.т карбонат ангидрид газлары шығарылады. Мысалы, майда антрацит жанылғыда ислеўши қуўатлылығы 950 т/саат болған пуў генераторының морысынан бир суткада 60 тоннаға шекем азот оксиди атмосфераға шығарылады. Соның ушын қазан қурылмаларының зыянсыз ислеўин тәмийинлеў мақсетинде электрон есаплаўшы машиналардан пайдаланылады. Автоматикалық системалардың жумысы хәм қазан қурылмасының хәмме параметрлери ЭЕМ

жәрдемінде қадағаланып турылады. Себеби горелкадағы оттың өшип қалыуы нәтижесінде аз ұақыт ишінде жыйналып қалған жанылғының бирден жаныуынан авария болыуы ямаса көплеген әспаб-үскенелер истен шығып қалыуы мүмкин.

Тексеріу ушын сораулар

1. Қандай үскенелерге күш қурылмалары делинеди.
2. 'аіаае қодуеіаәад еүө қодуеіаәадііа іуһае аіеа аеаау.
3. Аеуеуеуік аәәааоәеуеә қаіаае қодуеіа.
4. Аеуеуеуік уіадааоәеаһуіаа қаіаае сәд еаң қіеәіуеаау.
5. Іоу-еүө қодуеіаәадіуің әүсәеһе қаіаае.
6. Іоу-еүө қодуеіаәадіуің даідеуеуік өеәеә қаіаае.
7. Әаіеәі өеәеә қаіаае өеәе.
8. Әаіеәі өеәеәіеаа әоіуһ ідуіеаі аіеғаі іоуауің қаеғаі уһуеуік іоғаадіуің іаәа О һоууіоқуоқа осаоуеаау.
9. Іоу-еүө қодуеіаәадіуің ІАЕІ іаәа О-еа оаң.
10. Әааіадаоәеуеау өеәеә қаіаае өеәе.
11. Аеіаә өеәеәе еүө қодуеіа ааааіеіеә қаіаае қодуеіа.
12. 'аәаі аәдаааоу ааі іааа аеәаіуә.
13. 'аәаі қодуеіаәадіуің қаіаае дүдеәде аәд.
14. 'аәаі қодуеіаәадіуің әәдааіө уһеаіаеәде қаіаае.

VIII-Бап. Пуу хәм газ турбиналары

Реже:

- 8.1. Пуу турбиналары. Дүзилісі хәм іслеу тәртібі. Пуу турбинасының қуаттылығы хәм ПЖК.
- 8.2. Газ турбинасы. Дүзилісі хәм іслеу тәртібі.
- 8.3. Газ турбиналы қурылмалар. Газ турбиналарындағы термодинамикалық процесслер.
- 8.4. Регенерациялы газ турбиналы қурылма.

8.1. Пуу турбиналары. Пуу турбинасының қуаттылығы хәм ПЖК ти

Пуудың жыллылық энергиясын басқышпа-басқыш механикалық энергияға айландырып беріуші ыссылық машинасы пуу турбинасы делинеди. Пайда болған энергия басқа түрдегі ямаса механикалық энергияға (жумысқа) айландырылады.

Италиялық алым Д.Бранко пуу турбинасы моделине уқсас болған пуу колесосын 1629-жылы таярлаған, онда пуу ағымының кинетикалық энергиясы оятқан импульсы колесоны айландырыуға жумсалған.

Эрамыздан алдынғы дәуірде, Герон Александрийский тәрәпинен пууды реакция күші есабынан айланатуғын шар көринісіндегі әспаб жаратылған. Ол «Герон шары» деп жүргизиледи. Бранко колесосы хәм Герон шары хәш жерде қолланылмасада, бирақ олар пуу энергиясын механикалық энергияға айланырыу мүмкиншилигин дәлиллеп берген.

Суу пууының кинетикалық энергиясын механикалық энергияға айландырыу бойынша көп алымлар хәм ізлеп табыушылар жумыс алып барды. Суу пууын механикалық энергияға айландырыу мүмкиншилигин швед инженері Г.П. де-Лаваль 1888- жылы (биринші пуу трубинасын) дәлилледі. Усылай пуу турбинасы жаратылғанан соң, оннан пайдаланыу жумыслары алып барылды. Нәтижеде бир, еки, үш хәм көп басқышлы пуу трубиналары жаратылды.

Пуудың потенциал энергиясын (Бранко хәм де-Лаваль усылына тийкарланып) механикалық энергияға айландырыушы пуу турбинасы актив трубина делинеди. Пуудың потенциал энергиясы пуудың сопладан, бағдарлаушы аппаратта хәм қалақшалар аралығында тез кеңейіуінен оның кенетикалық энергиясының артыуы еабынан іслеитұғын пуу трубинасы реактив трубина делинеди. Реактив турбинаны 1884-жылы англиз инженері Парсон жаратқан, оның қуаттылығы 10 ат күшіне (18 мың айл/мин) тең еді.

Хәзиргі ұақытта іслеуші пуу турбиналарының номиналь қуаттылығы 60 Мвт ал басымы 12,8 Мпа ға жеткерілген. Турбиналар роторының айланыслар саны 2000-50000 айл/мин аралығына тең.

Пуу турбиналарында болып өтетұғын ыссылық процесслерінің түрлеріне қарай оларды төмендегі группаларға бөліуе болады: Конденсацион турбиналар хәм қарсы басымлы

турбиналар. Конденсацион турбиналарда жумыс орынлап болган пуўдың басымы атмосфера басымынан киши болып хэм пуў конденсаторда толық суўға айланады. Конденсация уақтында шығарылған жыллылық муғдары жыллылық алмасыў усылы менен системадан сыртқа толық шығарылады, яғный басқа орталыққа узатылады.

Ыссылық алмасыўшы эспаблар сыпатында регенерациялаўшы усылда ислеўши аппаратлар колланылады, яғный қазанға узатылатуғын суўық суў турбинада ислетилип болынған пуў менен ыссытылады. Қарсы басымлы пуў турбиналарында болса ислетилип болынған пуўдың қалдық жыллылық ислеп шығарыўда хэм жылытыў тармақларында пайдаланылады.

Пуў турбиналары бир, еки, көп басқышлы хэмде пәс, орташа, жоқары басымлы болады.

Жумыс орынлаўшы қалақшалар жыллылықтың төменлеўи Δi_k ниң белгили тезликке тең келиўши имканияты бар болған жыллылықтың төменлеўи Δi_u ға қатнасы менен өлшенетуғын көрсеткиши пуў турбинасының басқышының тийкарғы анықламасы болып есапланады хэм ол басқыш реактивлиги делинеди:

$$\Omega = \frac{\Delta i_k}{\Delta i_u} \quad (109)$$

Жыллылық двигателлеринен пуў турбиналары ислеген жумысы хэм қалақшаларда оятылатуғын индикатор (ишки) хэм ротор валында пайда болған эффективли куўатлылықлар арқалы айырылып турады. Бизге белгили, турбинаның эффективли куўатлылығы $N_{эф}$ оның индикаторлы N_U куўатлылығының механикалық шығындыларының қатнасының көрсеткишлеринен киши болады.

Индикаторлы (ишки) куўатлық болса шығынсыз ислеїтуғын турбина куўатлылығының ишки шығындыларының қатнасының көрсеткишинен киши болады.

Пуў турбинасының индикаторының ПИК-ти, оның ишки шығындылары есабынан алынғанда, төмендегише анықланады:

$$\eta_i = \frac{N_i}{N_o} \quad (110)$$

Усыған уқсас механикалық шығындылар хэм есапқа алынатуғын механикалық, яғный турбина валындағы (эффектив) куўатлылықтың ишки куўатлылыққа қатнасы менен өлшенетуғын ПЖК төмендегише анықланады:

$$\eta_{mechanik} = \frac{N_{effektiv}}{N_i} \quad (111)$$

Заманагөй пуў турбиналарының η_8 хэм $\eta_{mechanik}$ лери 0,7-0,88 хэм 0,9 - 0,99 *t* шамасында болады.

Пуў турбиналарын қурыў хэм олардың ең қолайлы конструкцияларын куўатлылығы бойынша таңлап алыўдың тийкарғы себепшиси, бул ыссылық машиналарын ислетіў аңсатлығы, үлкен куўатлылықты алыў мүмкиншилиги хэмде экологиялық жақтан таза болыўы.

Аўыл хожалығының экономикалық көрсеткишлерин артырыўда пуў турбинасы хэм қазан қурылмаларының блоклары системасын куўатлылығы 300 Мвт тан артық болған пуў турбиналарын қурыў техникалық талаптарға жуўап береді. Усы себепли, хәзирги ўақытта куўатлылығы 300, 500, 800, 1200 Мвт тең болған турбиналар қурылмақта. Бундай куўатлылыққа ийе турбиналарға узатылатуғын пуў температурасы $T=800-850K$, басым $P=23,5-25,5$ Мпа ға жақын болады, ал жумыс орынлап болған пуўдың температурасы 300-400K, басымы 3-7 кПа ға тең болады.

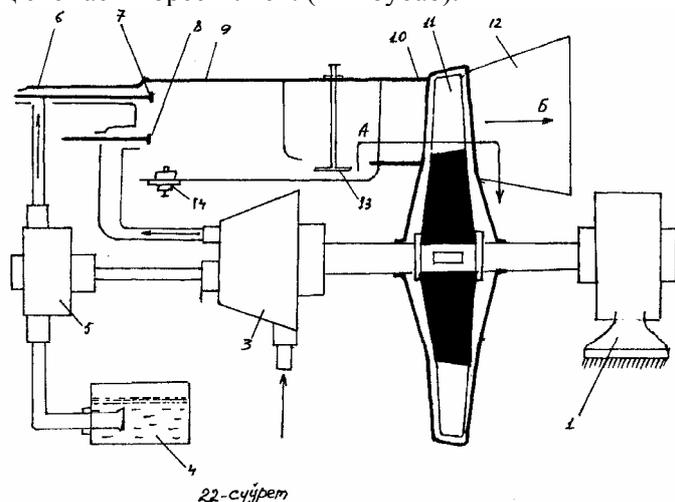
8.2. Газ турбинасы. Дүзиліси хэм ислеў тәртіби

Жоқары басым хэм температура астында жаныўшы газдің энергиясын қалақшалар жәрдемінде ротор валының механикалық энергиясына айландырыўшы жыллылық машинасы *газ турбинасы* делинеди. Газ турбиналар актив хэм реактив түрлерге бөлинеди.

Газ турбиналары газ двигателлерине тийисли болып, жумысшы заттың жағылыуы усылына қарай $V = const$, $P = const$ аралас хәм басқышлы болады. Газ турбиасы вал 1, статорда жайласқан сопло аппаратының бағдарлаушы қалақлары 2, турбина диски (лапка) 3 хәм ротордың жумысшы қалақларынан 4 турады. Сопло аппаратының бағдарлаушы қалақлары менен роторға орнатылған жумысшы қалақлар турбина басқышын пайда етеди. Әдетте газ турбиналары көп басқышлы болып, қуәттылығы 100 Мвт тан үлкен болады. Газ турбиасы газ турбиналар қурылмаларының тийкарын қурайды хәм жыллылық энергиясын механикалық энергияға айландырыуда кең қолланылады. Газ турбиналары хәм пуу турбиналарындай болып, тек оларда пуу орнына жаныушы зат -түтин тийкаргы жумысшы дене болып есапланады. Газ турбиасында газ молекулаларының кинетикалық энергиясы механикалық энергияға (хәрекет муғдарының сақланыуы нызамына тийкарлана) айланады. Түтин газларының басымының потенциал энергиясы соплода кинетикалық энергияның артыуына алып келеди хәм кинетикалық энергия ротордың механикалық энергиясына айландырылады.

8.3. Газ турбиналы қурылмалар. Газ турбиналарындағы термодинамикалық процесслер

Газ турбиасының схемасы көрсетилген. (22-һөүдәә).

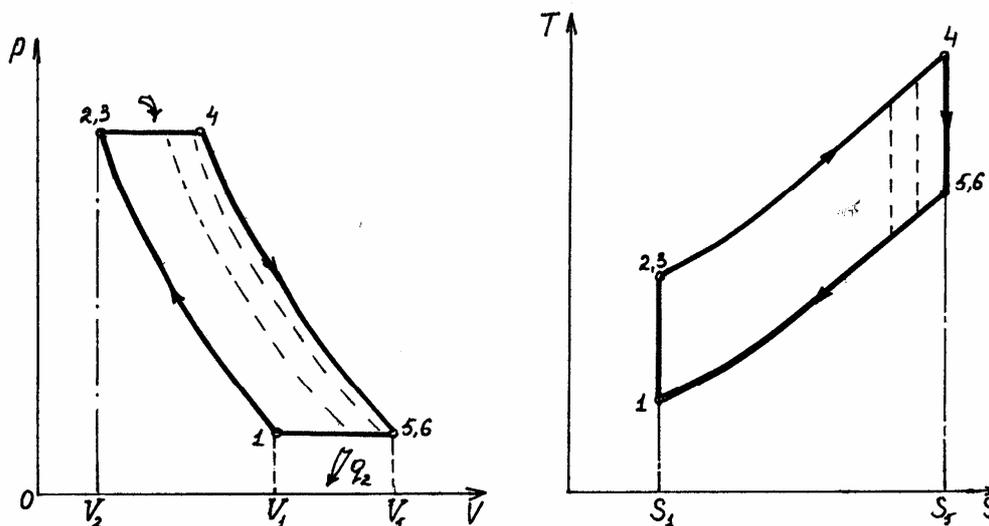


Оның тийкаргы бөлими жаныу камерасы 6, жаныушы заттың ағымындағы жыллылық энергиясын механикалық энергияға айландырыушы газ турбиасы 2, атмосфера хаўасын сорып хәм қысып узатыушы компрессор 3, жанылғы насосы 5, бак 4, электро генератор 1, сопло 11, жаныу камерасы 9, хәм жәрдемши бөлимлерден құралған. Дүзилиси хәм жанылғының жаныу усылына қарай, газ турбиасының қурылмасы (ГТҚ) қурамына газ свечасы, жумысшы затларды (хаўа хәм жанылғы) жаныушы камерадан шығарыушы клапанлар, регенерациялаушы бөлими, бир ямаса еки басқышлы жаныушы камералар хәмде турбиналар, соның менен бирге компрессор киреди. ГТҚ-ларда жумысшы затты жағыу усылына қарай $V = const$, $P = const$ хәм аралас басқышлы болады. ГТҚ жанылғы сыпатында тәбийғый газ, тазаланған кокс, домна хәм генератор газлары, арнаўлы дизель хәм солярка майлары пайдаланылады.

ГТҚ дағы турбина, электрогенераторы, хаўа компрессоры хәм жанылғы насосы улыўма валдың көшеринде орнатылған.

Жумысшы жанылғы $V = const$, болғанда жанатуғын ГТҚ циклинің термодинамикалық процессин көрип шығамыз. Атмосфера хаўасы компрессорлы 3 сүрилип онда қысылады (PV диаграммада 1 хәм 2 точкалары аралығы) хәм анық параметрге (T,P,V) ийе болғанан соң дәслепп хаўаны киргизиўши соң жанылғыны киргизиўши клапанлары ашылып жаныу камерасына қысылған хаўа хәм жанылғы узатылады. Бунда пайда болған жумысшы жанылғыға сырттан q_1 ыссылық муғдары киргизиледи, яғный свеча контактлери арасынан ушқынлар шығады. Усы электро ушқыны q_1 ыссылық дереги болып есапланады хәм жумысшы жанылғысын жандырады. Бул жаныу нәтийжесинде жаныу камерасындағы басым кескин артады (PV-диаграммада 2 хәм 3 точкалар аралығы). Жумысшы жанылғысы толық (кеминде 95%) жанғанан соң, оның температурасы 2300K ге көтериледи, сонда жаныу камерасындағы басым ең жоқары көрсеткишке жетеди.

Усылар орынланғанан соң жаныўшы затларды газ турбинысы қалқаларына узатыўшы каналда жайласқан шығарыўшы клапанлар ашылады. Жаныўшы заттың температурасын 1000-1400К ше азайтыў мақсетинде оған арнаўлы жоллар арқалы суўық хаўа узатылады (себеби газ турбинысы өте жоқары температураларға шыдамайды). Пайда болған араласпа үлкен басым астында турбина қалақшаларына тәсир көрсетип, оның роторларын айландырады, яғный жыллылық энергиясы механикалық энергияға айланады. Газ турбинысында жұмыс орынлап шыққан жаныўшы зат сопло арқалы атмосфераға шығарылады. Система өзиниң тең салмақлық жағдайына, атмосфераға шығарылған жаныўшы заттың қалдық жыллылық муғдарын суўытқышқа (атмосфераға) узатып болғанан соң қайтады (PV-диаграммасында 4 хәм 1 точкалар аралығы). Цикл қайталанады.



23-сүрет.

Демек, ГТҚ болып өтетуғын циклге $V = const$ астында жыллылық берилгенде, ол еки адиабаталық (1-2 хәм 3-4 точкалар аралығы), бир изохоралық (2-3 точкалар аралығы) хәмде бир изобаралық (4-1 точкалар аралығы) болған термодинаимкалық процесслерден куралған болады. Циклдің орынлаған пайдалы жұмысы 1-2-3-4-1 точкалары менен шегараланған бетлерди сан мәнислериниң қатнасына тең болады.

ГТҚ келтирилген толық жыллылық муғдарын жұмысқа айландырыў курамалы физикалық, химиялық, газодинамикалық хәм термодинамикалық процесслерде болып өтетуғын халларға байланыслы болып, олардың хәммесин есапқа алыў жүдә кыйын, соның ушын анық тәжірбелер нәтийжелерин итбарға алыў зәрүр болады.

Соның ушын аңсатластырыў мақсетинде процесслерди хәм оның жұмысшы денесин идеалластырып алады. Жыллылық машиналар цикли қаралып шығылғанда, оларды болып өтетуғын процесслер шәртли цикл бөлимлеринен ибарат болады хәм олардың диаграммалары PV хәм TS координаталарында қурылады. Циклдің термикалық ПЖК анықлаўда улыўмаластырылған цикл диаграммаларынан пайдаланылады. Улыўмаластырылған циклдің параметрлериниң

көрсеткиши төмендегише белгиленип алынады: $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$ қысылыў дәрежеси; $\lambda = \frac{P_3}{P_2}$ басымның

артыў дәрежеси; $\rho = \frac{V_4}{V_2}$ - көлемнің дәслепки кеңейиу дәрежеси; $\lambda_p = \frac{P_5}{P_6}$ - басымның

төменлеў дәрежеси; $\varepsilon_v = \frac{V_6}{V_1}$ - көлемнің қысқарыў дәрежеси; $q_1 = q_2' + q_1''$ -

улыўмаластырылған циклдеги 1 кг жұмысшы денеге келтирилген жыллылық муғдары; $q_2 = q_2' + q_2''$ - улыўмаластырылған циклдеги 1 кг денениң суўытқышқа узатқан ыссылық муғдары.

Циклдеги жұмысшы денениң ыссылық сыйымлығы хәм халларындағы температуралар арқалы ыссылық муғдарлары q_1 хәм q_2 лерди анықлаўға болады:

$$q_1 = C_v (T_3 - T_2) + C_p (T_4 - T_3) \quad (112)$$

$$q_2 = C_v (T_5 - T_6) + C_p (T_6 - T_1)$$

Циклдің ПЖКти термодинамиканың екінші нызамының анықламасы тийкарында анықланады, яғный

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

Бул анықламаға жыллылық муғдарлары q_1 хәм q_2 ниң орнына, жоқарыда қарап шығылған улыўмаластырылған цикл ушын табылған көрсеткишлерди койып төмендегини пайда етемиз:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{C_v (\lambda_p - 1) \cdot k (\varepsilon_v - 1)}{(\gamma - 1) + k\beta (\rho - 1)} \quad (113)$$

ГТҚ лары циклиндеги термодинамикалық процесслер ушын тап усындай теңлемелер дүзиллип, оларды қайта ислеп, эпиўайыластырып ыссылық муғдарлары q_1 хәм q_2 ни анықлап, олар тийкарында ГТҚ дың ПЖК-ти анықланады:

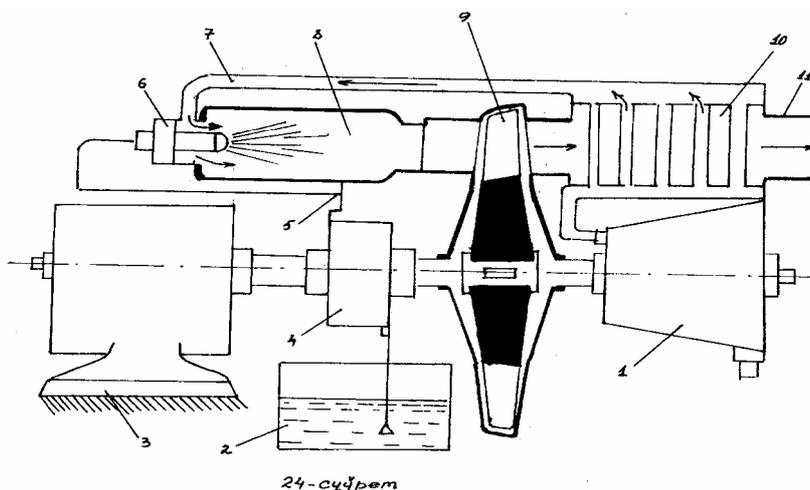
$$\eta_t = 1 - \frac{\lambda^{\frac{1}{k}} - 1}{\lambda - 1} \cdot \frac{1}{\frac{k-1}{\varepsilon^k}} \quad (114)$$

бунда: $\lambda = P_3/P_2$ - басымның артыў дәрежеси. $\varepsilon = \pi = P_2/P_1 = V_1/V_2$ -сығылыў дәрежеси.

Демек, жоқарыда келитрилген ГТҚ-сы циклиниң TS- диаграммасынан сол нәрсе көринип турыпты, оның термикалық ПЖК атмосфера хаўасының компрессорда қысылыў дәрежесине хәм жаныў камерасындағы жұмысшы заттың жаныўын пайда қылған басымның артыў дәрежесине байланыслы болады екен.

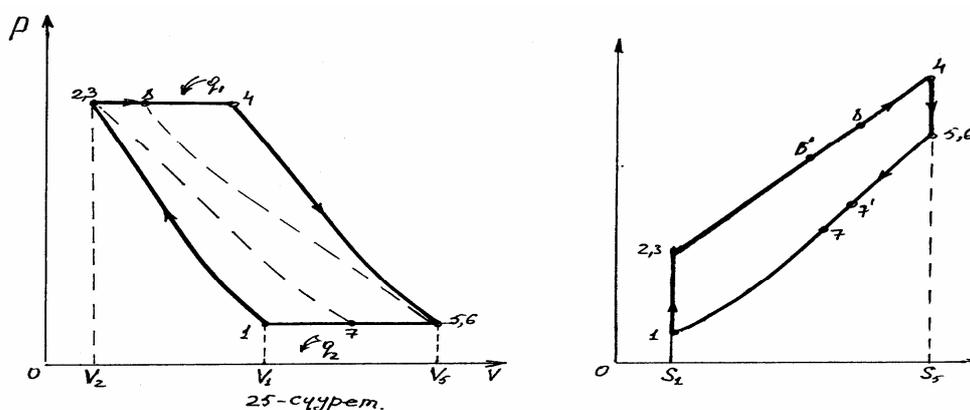
8.4. Регенерациялаўшы газ турбиналы қурылма

Регенерациялаў усылының тийкарғы мазмуну жұмыс орынлап болған жаныўшы заттың курамындағы ыссылық муғдарын атмосфераға (суўытқышқа) шығармастан ондағы қалдық ыссылықтан пайдаланып қурылманың ПЖК-тин арттырыўдан ибарат. Регенрациялаўшы усылға ийе болған ГТҚ-ға жыллылық $P = const$ астында келтирледи. Тек компрессорда қысылған атмосфера хаўасы регенерациялаўшы бөлимен (блоктан) өтиў уақтында оның атмосфераға шығарылып атырған жаныўшы өними-түтиндеги қалдық жыллылық муғдары бөлимене узатылады. Сонда газ көлеми жәнеде артады, басым болса өзгермей өз мәнисин сақлап қалады, яғный термодинамикалық көз қарастан системаның параметрлери, киргизилген жыллылық dq есабынан басқа мәнислерди қабыл қылады (2 хәм 3 точкалар аралығында V хәм S өзгермели болады). Регенерациялаўшы усылда ислеўши ГТҚ кинематикалық схемасы 24-сүүретте көрсетилген.



Регенерациялаушы усулда ислеуши ГТК пайда болган термодинамикалык процесслерди көрүп шығамыз.

Компрессорда кысылган хаўа регенерациялаушы бөлимге узатылады хэм ол жерде қалдык ыссылық муғдары есабынан және белгили дәрежеге шекем қыздырылады. (25-сүүрет).



Дэслеп регенерациялаушы бөлимде қыздырылган хаўа жаныў камерасына жоқары температурада хэм өзгермес басымда ($P = const$) узатылады. Соң оған параллел жағдайда жанылғы насос жәрдемінде айдалып форсунка арқалы жаныў камерасындағы қыздырылган хаўаға бүркиледи. Сонда хаўа хэм жанылғы арасында күшли химиялык реакция болады (жанады). Бунда жумысшы денениң параметрлери V, P хэм T өзгереди (PV хэм TS диаграмаларындағы 2 хэм 4 точкалар аралығы). Бул процесс изобаралық ($P = const$) болады. Регенерациялауы ГТК циклинде сырттан ыссылық q_1 берилмеседе жанылғы жана береди.

Өмелде комперссоға берилген хаўа онда қысылуў нәтийжесинде хаўаның қызып кетиўи бақланады. Бул қызган хаўа регенерациялаушы бөлимде және қосымша қыздырылады. Усы ыссылықлар есабынан жумысшы араласпасы жанады хэм жоқары температуралы хэмде басымлы жаныўшы өним пайда болады. Бул барлық газлардың потенциал басым энергиясы, яғный жаныўшы камераның шығарушы бөлиминиң тарайуў есабынан молекулалар тезлигиниң артыўы нәтийжесинде бөлекшелердиң кинетикалык энергиясы өседи. Яғный, бул молекулалардың импульсы артады. Үлкен импульсқа ийе түтин газлары газ турбинасының қалақшалары менен тәсирленип адиабаталық процессте кеңейеди хэм өзиниң ыссылық энергиясын ротордың механикалык энергиясына айландырады. Ротор валындағы бул механикалык энергия электро генераторға узатылады хэм ол жерде электр- энергиясына айланады.

Демек, адиабаталық процессте кеңейген түтин газлары пайдалы жумыс атқарады. Турбина қалақшалары арқалы өткен жаныўшы зат (түтин газлары) регенерациялаушы бөлимниң қабырғалары арасынан өтиў процессинде компрессордан узатылган атмосфера хаўасынан қосымша ысытылып, өзи суўытқышқа өтеди, яғный цикл қайталанады. Бунда ГТК орынлаған пайдалы жумысы 1-2-3-6-1 точкалары менен шегараланған бетлердиң санларының жағынан тең. Регенерациялаушы усулға ийе болған циклдиң орынлаған жумысы жанылғы $V = const$ хэм $P = const$ та әпиўайы цикллерге қарағанда мәнислери үлкен болады екен. Буған тийкарғы себеп

регенерация усылы менен қосымша ыссылық муғдарының жұмысшы денеге киргизилиўи болып есапланады.

Регенерациялаўшы бөлмесиндеги түтин газларындағы ыссылық толығы менен компрессордан айдалған хаўға узатылмайды. Егер усы хаўға улыўма ыссылық регенерациялаў жолы менен өткизилсе, яғный толық регенерациялаў орынлы болса, $T_7=T_2$ хәм $T_5=T_8$ болады (штрих пунктир менен сызылған сызықлар изотермиялық процесслерди билдиреди). Соның ушын $T_5-T_7=T_8-T_2$ болады (TS-диаграммасына қараң).

Демек, жаныў камерасындағы жұмысшы денеге регенерациялаў жолы менен келтирилген ыссылық муғдары төмендегише анықланады:

$$q_1 = C_p (T_4 - T_8) \quad (115)$$

Суўйтқышқа шығарылған жыллылық муғдары $q_2 = C_p (T_7 - T_1)$ болады. Онда толық регенерациялаў циклинц термикалық ПЖК-тин төмендегише жазыўға болады:

$$\eta_t = 1 - \frac{T_7 - T_1}{T_4 - T_8} = 1 - \frac{T_2 - T_1}{T_4 - T_5} \quad (116)$$

Бизге белгили, $T_2=T_1 \varepsilon^{k-1}$; $T_3=T_1 \lambda \cdot \rho \varepsilon^{k-1}$; $T_4=T_1 \lambda_p \varepsilon_v$ хәм $\lambda_p=\lambda=1$; $\varepsilon_v=\rho$ болғанлығы тийкарында (116) теңликти төмендегише жаза аламыз:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\rho} = 1 - \frac{T_1}{T_5} \quad (117)$$

Жоқарыдағы η_5 толық регенерациялық цикл орынланғанда туўры болады. Бизге белгили хәш қандай ыссылық машинасындағы ыссылық муғдары ыссылық алмасыў процессинде суўйтқышқа толық өткерилмейди. Бул TS-диаграммасында анық көрсетилген, себеби $T_8 > T_7$. Соның ушын регенерациялаў циклинц термикалық ПЖК-ти басқа көрнисте бериледи. Буның ушын регенерациялаў дәрежесин билиў керек болады, яғный

$$\delta = (T_{8I} - T_2) \div (T_8 - T_2) \quad (118)$$

бунда 2 точка 8 точканың қасында (шеп тәрәпинде) жайласады. Толық регенерациялаў орынлы болса, $\sigma=1$ болады. Соның ушын толық регенерациялаў орынлы болмағанлығынан регенерациялы циклдин ПЖК тин анықлаўда q_1 хәм q_2 ден пайдаланып төмендегише жазыўға болады:

$$q_1 = C_p (T_4 - T_{8I}) = C_p (T_4 - T_2 + T_2 - T_{8I})$$

Егер регенерациялаў дәрежесин итибарға алатуғын болсак, ол жағдайда q_1 төмендегише анықлаймыз:

$$q_1 = C_p [T_4 - T_2 - \sigma (T_8 - T_2)]$$

Тап усы усылда q_2 төмендегише жаза аламыз:

$$q_2 = C_p [T_5 - T_1 - \sigma (T_8 - T_2)]$$

Демек, бундай болса регенерациялаўшы циклдин ПЖК төмендегише болады:

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_5 - T_1 - \sigma (T_8 - T_2)}{T_4 - T_2 - \sigma (T_8 - T_2)} \quad (119)$$

Тексеріў ушын сораўлар

1. Қандай машиналарға пуў турбинасы делинеди.
2. Ыў іўуі іадаіеәәік үіадаёғà аеәаіаіўдўғà іүіеі аеаіеәәі ееі әәеәәааі.
3. Іаәа ааіқіоқà еәа іоў оодаіеәәдў еñәаі оўғадўғәаі.
4. Іаіаәе оодаіеәәà аәдәә оодаіеәә ааі аәдәәәаа.

5. $\text{Æ} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{k}} \text{ } \ddot{\text{i}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{n}} \ddot{\text{f}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{n}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{v}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{k}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \text{ } \ddot{\text{i}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{y}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{p}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{r}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}}.$
6. $\text{Í} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{y}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{n}} \ddot{\text{k}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{u}}.$
7. $\text{Í} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{y}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{n}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{n}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{k}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{v}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{u}}.$
8. $\text{'} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \text{ } \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{r}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{c}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}}.$
9. $\text{'} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{c}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{n}} \text{ } \ddot{\text{k}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{v}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{e}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}}.$
10. $\text{Đ} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{y}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{y}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{c}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{k}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{c}} \text{ } \ddot{\text{k}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{e}} \text{ } \ddot{\text{k}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}}.$
11. $\text{Ñ} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{y}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{k}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{n}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{r}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{r}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{x}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{e}} \ddot{\text{u}} \ddot{\text{k}} \text{ } \ddot{\text{i}} \ddot{\text{o}} \ddot{\text{r}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{d}} \ddot{\text{u}} \text{ } \ddot{\text{i}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{a}} \text{ } \ddot{\text{o}} \ddot{\text{a}} \ddot{\text{n}}.$

IX-Бап. Компрессорлы үскенелер. Вентиляторлар

Реже:

- 9.1. Компрессорлы машиналар. Классификациясы.
- 9.2. Поршеньли компрессорлар. Ротацион компрессорлар.
- 9.3. Компрессорлы машиналардағы қысылуы процесси.
- 9.4. Вентиляторлар. Классификациясы.

9.1. Компрессорлы машиналар. Классификациясы

Компрессорлы машиналар деп - орынланып атырған технологиялық процесслерде берілген қысылуышы хәм қысылмауышы суйықлықлардың бесымын көтеріуі ушын қолланылатуғын машиналарға айтылады. Компрессорлар хәрекетке иштен жаныуышы двигателлер ямаса турбиналар арқалы келтирледі хәм жұмысшы денеге қосымша энергия жеткерип береді.

Компрессорлардың түрлерине қарай төмендегіше классификацияланады:

I. Жұмысшы дененің түрине қарай:

а) Компрессорлар- насослар, оларда жұмысшы дене есабында қысылмауышы суйықлықлар қолланылады.

б) Компрессорлар- оларда жұмысшы дене орнына қысылуышы суйықлықлар қолланылады (пуу, газ). Бул группаға -1) вентиляторлар: олардағы жұмысшы дененің басымының артыуы басқышы $\lambda = p_2/p_1 \leq 1,15$ (P_1 хәм P_2 -басланғыш хәм соңғы басым) тең болып, ал берилісі шексиз көлемлерде болады, яғнай 0 ден $1 \cdot 10^6$ м³/саат. 2) айдауышы (газ-суу үплеуіші) компрессорлар: оларда жұмысшы дененің басымының артыуының басқышы $1,15 \cdot \lambda < 3,5$ тең болып, ал берилісі 5-10 м³/саатқа тең болады. 3) компрессорлар- оларда қысылуы процессінде жұмысшы денені сууытыуышы үскенеси бар болғанда басымының артыуының басқышы $\lambda > 1,15$ тең болып, ал өнімдарлығы айдауышы компрессорлардың көрсеткішлерине жақын болады.

II. Жұмысшы денеге қосымша энергияны узатыу түрине қарай:

а) Қысуу (көлемлі) принципінде іслеуіші компрессорлар, оларда жұмысшы дене үскенеге (цилиндр х.т.б.) сорылып алынады хәм поршеньлердің ямаса пластиналардың (ротационлы компрессор) тәсирінде жоқары басымға шекем қысыл-ып соң газопроводқа узатылады.

б) Динамикалық принципте іслеуіші компрессорлар, оларда жұмысшы дене тез айланыуышы қалақшалар, дисклер тәсирінде кереклі басымға шекем шығарылады хәмде газлардың қабыл еткен үлкен тезлігі диффузорларда қайта өзлестірилип басымға айландырылады. Бул класстағы машиналарға энергияны қайта өзлестіриуіші турбокомпрессорлар киреді. Турбокомпрессорлар радиаль (орайдан қашыуышы) хәм аксиаль (көшерлі) болыуы мүмкін.

в) хауаны бүркиуі принципінде іслеуіші компрессорлар, оларда жұмысшы дененің тийкарғы ағымлары менен тезлетілген суйықлықтың ағымының араласыуы нәтижесінде қосымша тезленіуі узатылады сол себеплі жуумақлауышы тезленіуі артады. Диффузордан өткенде оның тезлігі азаяды, ал басымы болса артады. Бул принципте инжектор, эжектор хәм элеваторлар іслейді.

9.2. Поршеньли хәм ротационлы компрессорлар

Поршеньли компрессорда хауаның қысылуышы барыуышы-қайтыуышы хәрекетте іслеуіші поршеньлер жәрдемінде цилиндр ишінде болады. Компрессорлар электродвигателлер ямаса ыссылық двигателлери жәрдемінде іске қосылады. Поршеньли компрессорлар бир биринен төмендегіше бөлиніп турады:

-хәрекетлеринің қайтымы бойынша (әпиуайы хәм жуп хәрекетлі).

- қысылуы басқышының саны бойынша (бір басқышлы хәм көп басқышлы).
- цилиндрлериниң саны бойынша (бір цилиндрли хәм көп цилиндрли).
- цилиндрлериниң жайласуы бойынша (горизонталь, вертикаль, жулдызша тәризли хәм V-тәризли).

Компрессордың индикаторлы диаграммасына тийкарланып оның жұмыс ислеу принципі төмендегіше болады: атмосфералық басымнан төмен басымды цилиндрге сорыу ўақтында (4-1 қыялығы) хәм поршенниң изине қайтыу ўақтында хаўа политроплық процесс 1-2 бойынша қысылады; 2-3 айдау процессин көрсетіуши қыялық; 3-4 компрессордың кеңислигиндегі зыянлы хаўаның кеңейуине тең келиуши көрсеткиш. Усыларға тийкарланып компрессордың жұмыс циклі поршенниң еки жүрисинде әмелге асырлады екен. Компрессордағы берилис хәм қуўатлылық төмендегіше анықланады. Әпиўайы хәрекетлениуши бір басқышлы компрессордың теориялық берилиси Q_T (м³/саат) цилиндрдиң белгили размерлери (D диаметри хәм S поршенниң жүриси) хәм тирсекли валының айланыу жийлиги n (мин⁻¹) бойынша анықланады:

$$Q_T = 60 (\pi D^2 / 4) S n \quad (120)$$

Компрессордың берилис коэффициенті төмендегі формула арқалы анықланады:

$$Q = \eta_V Q_T = 60 / \left[\eta_V (\pi D^2 / 4) S n \right] \quad (121)$$

Компрессордың берилисине жумсалатуғын қуўатлылық төмендегі формула арқалы анықланады:

$$N_i = p_i F S n / 60 \quad (122)$$

бунда, P_8 - орташа индикаторлық басым, Па; %- поршенниң майданы, м²; n- компрессор валының айланысының жийлиги, мин⁻¹.

Компрессор валына келтирилген эффективли қуўатлылық (компрессордың өзіндегі индикаторлы қуўатлылықтың сүйкелениуинен зыят) төмендегі формула арқалы анықланады:

$$N_e = N_i / \eta_M \quad (123)$$

бунда η_M -компрессордың механикалық ПЖК, поршенли компрессорлар үшін $\eta_M=0,85\dots 0,95$.

Егер индикаторлы диаграммасы жоқ болса, онда адиабаталық қысылуы бойынша теориялық қуўатлылық төмендегі теңлеме арқалы есапланып алынады:

$$N_T = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_1 V}{3600} \left[\pi^{(k-1)} - 1 \right] \quad (124)$$

бунда, P_1 - сорыушы басым, Па; k-адиабатаның көрсеткиши, хаўа үшін k=1,4.

Компрессордың эффективли қуўатлылығы теориялық қуўатлылықтан жоқары хәм ол төмендегі формула арқалы анықланады:

$$N_e = N_T / (\eta_{oi} \cdot \eta_M) \quad (125)$$

бунда, η_{98} - компрессордың адиабаталық ПЖК; η_M -компрессордың механикалық ПЖК.

Поршенли компрессорлардағы көп басқышлы қысылуы процесси

Бір басқышлы компрессорда басым π көбейген сайын қысылуы соңында газдиң температурасы өседі. Басымның хәм температураның көтерілиуи шегі онда пайдаланатұғын майлау материалларының сыпатлылығы менен анықланады. Компрессордың цилиндрлерин майлау үшін компрессорлы майлау майлары қолланылады, олардың қызыу температурасы 200-240⁰С қа тең.

Бір басқышлы компрессордағы рухсат етилген температураның шегине тийкарланып төмендегі теңлеме арқалы табыуға болады:

$$\pi = P_2 / P_1 = (T_2 / T_1)^{n/(n-1)} \quad (126)$$

қысылуының политроптық процессінде политроптық көрсеткіш пенен $n=1,3$, хаўаның басланғыш температурасы $T_1=293\text{K}$ хәм соңғы температурасы $T_2=433...453\text{K}$ тең болады, компрессордың бир басқышындағы шекленген басым $\pi=5,5...6,6$; ал әмелде ол $\pi=5...5,5$ тең.

Үлкен басымдағы хаўаны алыўда еки хәм көп басқышлы қысылушы компрессорлар қолланылады. Көп басқышлы қысылушы компрессорларды қолланыўдың себеби, олар компрессордың берилисине жумсалған куўаттылықтың муғдарын азайтады.

Дифференциаль поршень менен ислеўши еки басқышлы компрессордың схемасы көрсетилген, ол төмендеги тәртіпте жұмыс истейди. Сорыўшы клапан хәм фильтр арқалы сорылған атмосфералық хаўа компрессордың биринши (I) басқышына киреди. Ол жерде атмосфералық хаўа бир неше ўақыт басым астында қысылады, соң поршень жәрдемінде айдаўшы клапан арқалы аралық суўытқышқа келеди. Суўытылған хәм қысылған хаўа компрессордың екинши басқышына (II) өтеди, ол жерде қысылған хаўа керек болған басымға шекем қысылады хәм хаўа жыйнаўшыға узатылады.

Поршеньли компрессорларда берилести ретлеў хәм жәрдемши үскенелер -компрессорлы үскенени монтаждаўда оған қосымша газ топлаўшы (ресивера) фильтр хәм май-суў айрыўшы үскенелер орнатылады. Газ топлағыш - полаттан таярланған резервуар болып ол цилиндрдің көлеминен 20 есе үлкен болады, ол поршеньли компрессордан соң орнатылады. Хаўа фильтри-компрессорға кирместен алдын хәр қыйлы механикалық араласпадан тазалайды хәм сүйкелиўши деталлардың истен шығыўынан сақлайды. Май-суў айырғыш-қысылған газди майдан хәм ызғардан тазалаў ушын компрессор менен газ топлағыштың аралығына орнатылады.

Егер компрессордың берилиси оған орнатылған электродвигательлер жәрдемінде әмелге асырылса, онда ретлеўдің төмендеги түрлери қолланылады:

1) компрессордың жұмыс ислеўин өзинше (басқа) ислеў тәртібине өткерий; 2) компрессор двигателин ўақытша тоқтатып қойыў; 3) сорыўшы хаўаны дроссельлеў; 4) сақлаўшы клапанлар арқалы артық хаўа муғдарын атмосфераға шығарып жиберий; 5) зыят көлемлердің қосымша камераларын қосыў.

Ротационлы компрессорлар- бундай компрессорлардың еки түри қолланылады: лопастлы хәм ротор-лопастлы. Газлардың қысылуы бундай компрессорларда поршеньли компрессорлардағы принцип тийкарында әмелге асырылады. Сўўретте пластиналы ротацион компрессордың схемасы көрсетилген.

Ротор 1 цилиндр корпусында 2 экцентрик орнатылған, олар арасында орақ тәризли жұмысшы кеңислик пайда болады. Ротордың бос радиаль пазаларына жиңишке пластиналар орнатылған. Ротор айланғанда пластина өз пазасынан орайдан қашыўшы күшлер тәсирінде орын ауыстырады хәм цилиндрдің ишки бетлери бойынша сырғанайды. Пластиналар орақ тәризли жұмысшы кеңисликти хәр қыйлы көлемдеги бөлек камераларға бөледі. Ротордың саат стрелкасының бағыты менен айланғанында камераның көлеми сорыўшы потрубка 4 тәрәпинен олардың a точкадан қозғалыў мүмкиншилигине қарай үлкейеди, олардағы хаўаның басымы төмен түседі хәм атмосферадан алынған хаўа лопаткаларының арасындағы жұмысшы кеңисликти толтырады. Бул компрессорлардың тийкаргы көреткишлери: монтаждаў қоллайлылығы, кривошип-шатунлы механизми хәм клапанларының жоқлығы. Бирақ олар өзиниң төмен ПЖК ийе. Пластиналы компрессорлар аз берилислерди узатыўда қол-ланылады ($2000 \text{ м}^3/\text{саат}$ қа шекем). Олардың басымының артыўының көрсеткиши $\pi=2,5...4$, роторының айланыслар жийлиги $400...1500 \text{ мин}^{-1}$ қурайды. Пластиналы компрессорды берилиси төмендеги формула арқалы анықланыўы мүмкин:

$$Q = 120 m l (\pi D - z S) n \eta_v \quad (127)$$

бунда, m -цилиндрге қарағанда роторды экцентрлиги, m ; l -роторды ұзынлығы, m ; D -цилиндр диаметри, m ; z -пластиналар саны; S -пластиналар қалыңлығы; n -роторды айланыслар жийлиги, мин^{-1} ; η_v -берилис коэффициенти.

Жоқарыда атлары көрсетилген компрессорлардан тысқары көшерли хәм орайдан қашыўшы компрессорлар кең қолланылады.

9.3. Компрессорлы машиналардағы қысылу процесси

Компрессорлар- газ тәризли денелерди қысыуға арналған машиналар болып есапланады. Компрессорды4 берилisine сарыпланған механикалық энергиясы қысылған газди4 потенциалдық энергиясына хәм айрым бөлеги ыссылыққа айланады. Поршенли компрессорларда бундай қайта ислеу хәрекетлениуши поршеньни4 хаўаға тәсири астында болады. Турбокомпрессорларда қалақшаларды айландырууға жумсалған механикалық жұмыс газлар ағымына кинетикалық энергия береді хәм ол со4 потенциал энергияға айланады. Компрессорлар хәрекетке сыртқы дереклер жәрдемінде келтирледі.

Бир цилиндрли компрессорды4 индикаторлы диаграммасын көрип шығамыз. Поршень 1 о4ға хәрекетленгенде цилиндрге автомат хәрекетте ислеуши клапан 3 арқалы турақлы атмосфералық басым p_1 хаўа сорылады. Цикл орынланғаннан со4 клапанлар жабылады, поршень изине қайтады ал хаўа цилиндрде 2 (1-2 сызығы) керек болған басымға p_2 шекем қысылады. Бунан со4 айдаушы клапан 4 ашылады хәм ол арқалы қысылған хаўа турақлы басым p_2 астында резервуарға айдап шығарлады.

Қысылууға жумсалған техникалық жұмыс 1234 майданлар арқалы көрсетили хәм олар улыуға политроплық қысылуу жағдайында берилуи мүмкин:

$$\ell_T = p_2 v_2 + \frac{1}{n-1} (p_2 v_2 - p_1 v_1) - p_1 v_1 = \frac{n}{n-1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{n-1} \right] \quad (128)$$

$n=1$ болғанда изотермиялық қысылуу е4 пайдалы болып есапланады (1-2 қыялық). Бирақ әмелде изотермиялық қысылуу $n=1$ ди алыу қыйын себеби оған суўтылыу үлкен өзини4 тәсирин көрсетеді. Поршеньли компрессордағы суўтқышлар тәсиринде болатуғын қысылуу $1 < n < k$ (әмелде $n=1,2,\dots,1,25$) болғанда әмелге асырланды

$$l_T = p_1 v_1 \ln(v_2 / v_1)$$

Компрессорда қысылған газ айланыс процессин ямаса циклди орынламайды. Бул жердеги жағдайларды4 өзгеруи компрессорды4 үзликсиз хәрекетинде қысылуу процесси менен шекленген. Бир басқышы поршеньли компрессорда қысылуу басымы 0,7...0,8 Мпа аспайды. Сол себепли үлкен басымды алыу ушын көп цилиндрли компрессорлар хәм турбокомпрессорлар қолланылады.

9.4. Вентиляторлар. Классификациясы

Вентиляторлар деп жүдә төмен басымларда хаўаны хәм газлерди узатыушы турбомашиналарға айтылады. Хаўа вентиляторлары ушын ($\rho=1,2 \text{ кг/м}^3$), ал басымны4 көбейуи болса $\pi < 1,1 \dots 1,5$ те4. Солай етип басымны4 максимал көбейуи (басымлар айырмасы) $1,5 \cdot 10^4 \text{ Па} = 15 \text{ кПа}$ те4 болады. Вентиляторлар- орайдан қашуушы вентиляторлар (32-сүүрет, а) хәм көшерли вентиляторларға (32-сүүрет, б) бөлинеді. Оларды4 берлиси көбинше электродвигательлер жәрдемінде әмелге асырылады.

Компрессорлар менен салыстырғанда вентиляторлар төмен ПЖК, төмен басым коэффицентине ψ хәм сарыпланыуға ϕ ийе. Бул өз нәубетинде төмендегише түсіндірледі: конструкциясын әпиуайыластыруу, киши өлшемлерде алыу хәм соғыу технологиясын әпиуайыластыруу хәм арзан бахаға ийе болууына алып келеді.

Хәр қыйлы температураларда, басымларда хәм газларды4 ығалылығында вентиляторды4 хәрекетлениуи нормал хәм стандарт жағдайларда көлемлер арқалы көрсетиледі. Вентиляторды4 пайда ететуғын толық басымы, төмендеги сумаға те4:

$$p = p_{2(CT)} - p_{1(CT)} + \Delta p_{COP} + \Delta p_{au} + \rho C_2^2 / 2 \quad (129)$$

Статикалық басым $p_{2(CT)}$ хәм $p_{1(CT)}$ вентилятор ушын артықша статикалық басымда бериледі:

$$\rho_{CT} = \rho - \rho C_2^2 / 2 \quad (130)$$

Вентилятор үскенесиндеги вентиляторлы4 пайда еткен толық басымы $p_{1(CT)} = p_{2(CT)} = 0 \cdot \rho$, өткізгіш трубадағы қарсылықты жоқ етуге хәм шығуыда динамикалық басымды $p_{2д}$ пайда

етиўге жумсалады. Напор $H(m)$ хэм басым $p(Па)$ арасындағы байланыс белгили формула арқалы анықланады:

$$p = 9,81\rho H \quad (131)$$

Вентиляторды4 өзине алатуғын куўатлылық ямаса вентилятор валындағы куўатлылық төмендеги формула арқалы анықланады:

$$N_B = Q\bar{p} \cdot 10^{-3} / \eta_B \quad (132)$$

бунда P -толық басым, Па; Q -берилис, м³/саат; η_B -вентиляторды4 толық ПЖК.

Вентиляторды хәрекетке келтирүши двигательди4 куўатлылығын төмендеги те4леме арқалы анықлаўға болады:

$$N_{DB} = K \frac{Q\bar{p} \cdot 10^{-3}}{\eta_{DB} \cdot \eta_{ber} \eta_{DB}} \quad (133)$$

бунда, $\eta_{бер}$ -берилисти4 ПИК, $\eta_{бер}=1$ двигательди4 валы вентилятор менен өз-ара бириктирилген, $\eta_{бер}=0,8..0,95$ ременьлер жәрдеминде бириктирилгенде; K -куўатлылық коэффиценти, $k=1,05..1,15$; $\eta_{дв}$ -двигательди4 ПЖК.

Вентиляторды статикалық басым пайда p етиўши машина деп есаплағанда, статикалық ПЖК кабыл етиледі:

$$\eta_{B(CT)} = Qp \cdot 10^{-3} / N_B \quad (134)$$

Орайдан қашыўшы вентилятордағы қалақлар пайда етилип атырған басымға белгили дәрежеде тәсирин көрсетеді.

Көшерли вентиляторлар аз басымларда көп көлемдеги газларды узатыў ушын қолланылады.

Вентиляторлар төмендеги көрсеткишлери менен бир биринен айырылып турады:

1) Пайда еткен басымы бойынша- төмен басымлы 1000 Па; орташа басымлы 3000 Па; жоқары басымлы 3000...15000 Па шекем.

2) Жумысшы колесоларыны4 айланысыны4 бағдары бойынша (берилис тәрөпинен карағанда).

3) Спираль кожухтан шыққан газди4 бағдары бойынша.

4) Сорыўшы санлары бойынша.

5) Двигател менен байланысыў усыллары бойынша.

6) Тез хәрекетлениў коэффиценти бойынша.

7) Жумысты орынлаў түрине қарай.

Вентиляторды та4лап алыўда, керек болған берилис Q хэм жумыс орынлаў жағдайыны4 басымы p ға итбар бериледи. Каталоглардағы берилген мағлыўмат тек стандарт жағдайларда жумыс орынлаўшы вентиляторларға тийисли болады. Сол себепли $Q_k=1,1Q$ хэм $P_k=1,2P\rho_k/\rho$ те4 болады. Вентиляторларды4 түрлерине, размерлерине хэм айланыў жийлигине берилген мағлыўматлардан тысқары, айланыслар бағдары, сорыўшы кутылар жағдайлары хэм электродвигательлер хәккында да мағлыўматлар болыўы керек.

Каталогларда тез хәректлениў коэффиценти максималъ ПЖК-деги жағдайларға көрсетиледи, ол өз нәўбетинде жоқары үнемликте ислеўши вентиляторларды сайлап алыўға мүмкиншилик береди.

Тексеріў ушын сораўлар

1. Қандай машиналарға компрессорлар деп айтамыз.
2. Ёиїдәññїдәәд қәәәе ёәәññёдәәәөуәіәә.
3. Ыдәәіеё ёиїдәññїдәәдәу4 әөіўñ ёñәәү їдөіөетө қәіәәе.
4. Ыдәәіуеё ёиїдәññїдәәд қәәәе әөөіәәе.
5. Әіқәдү әәññїәәғү хәүәіү әөүәә қәіәәе ёиїдәññїдәәд қіеәәіуеәә.
6. 'әіәәе ёиїдәññїдәәғә дїдәөөїеу ёиїдәññїдәәәә әәі әөдәіүс.
7. Ёиїдәññїдәәдғә дәдәәәү әәдөәәе4 қәіәәе дүдәәдә әәд.

8. $\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \dot{W}$ қандай қоршаған ортаға қатысты?
9. $\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \dot{W}$ қандай қоршаған ортаға қатысты?
10. $\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = \dot{W}$ қандай қоршаған ортаға қатысты?
11. Вентилляторлар бір-биринен қандай көрсеткіштері менен айырылып тұрады.
12. Вентилляторларды қалай таңдауға аламыз.

Х-Бап. Суытығышы құрылмалар

Реже:

- 10.1. Идеал суытығышы құрылма хәм оны4 жұмыс циклиндеги термодинамикалық процесстер.
- 10.2. Хаўа менен суытығышы құрылмалар.
- 10.3. Қысылған пуў менен суытығышы құрылмалар.
- 10.4. Пуў ағымлы суытығышы құрылмалар.

10.1. Идеал суытығышы құрылмасы хәм оны4 жұмыс циклиндеги термодинамикалық процесстер

Суытығышы машиналарыны4 ислеў принципи термодинамиканы4 екінши нызамына тийкарланған болып, оларда жұмысшы денени4 температурасы оны қоршаған орталықты4 температурасыны4 төменлеўинен ибарат болады, яғный денеден ыссылық муғдары сыртқы орталыққа шығарылады. Затты4 температурасыны4 төмен болыўын тәмийинлеў ушын әлбетте жұмыс орынланады. Бул құрылмаларда суўық узатқыш сыпатында суў, дузланған суў ($-221,4^{\circ}\text{C}$), кальций хлорид (-55°C), этилен-гликоль (-70°C), хладон ($-96,7^{\circ}\text{C}$) х.т.б. затлардан пайдаланылады.

Суытығышы машиналарды4 цикли Карно циклине кери цикл болып есапланады. Карно циклине кери болған циклди суытығышы машиналаржы4 идеал цикли делинеди. Идеал циклге суытығышы машиналарды4 реал цикллери салыстырылып, оларды4 экономикалық жақтан сапасы анықланады.

Карноны4 суытығы циклинен сол нәрсе көринип тұрыпты, суытығышы затқа ыссылық муғдары суытығышы заттан изотерма ($T = const$) бойынша узатылады (2,3 точкалар аралығы). Бул процесс даўамында жұмысшы дене (реал жағдайда суў пуўы, аммиак, карбонат ангидриди, фреон-12 х.т.б.) басымы өзини4 көлемин4 артыўы есабынан кемейеди. Жұмысшы денени4 көлеми ке4ейип барған сайын оны4 температурасы төменлейди, яғный жұмысшы дене суўыйды. Кейин жұмысшы дене адиабаталық ($dq \approx 0$) процессте қысылады. Бул қысылыў процессинде белгили муғдарда жұмыс орынланады хәм жұмысшы денени4 температурасы көтерледи, яғный ысыйды (3,4 точкалар аралығы).

Ысыған жұмысшы денени изотермикалық қысылыў процессинде 4 хәм 1 точкалар аралығы, оннан q_1 муғдардағы ыссылық қоршаған орталыққа шығады. Қысыў тактини4 ақырында жұмысшы дене қатты басымға хәм киши көлемге ийе болады (1 точкада). Кейин жұмысшы дене адиабаталық процесс бойынша ке4ейеди (1,2 точкалар аралығы) хәм кескин суўыйды. Нәтийжеде сыртқы орталықтан артықша ыссылық муғдарын жутады. Цикл қайталанады.

Суытығы циклини4 орынлаған жұмысы 1-2-3-4-1 точкалар менен шегараланған бетлерди4 сан мәнислерине те4, яғный

$$A = q_1 - q_2 \quad (135)$$

бунда, q_1 -жұмысшы заттан суытығышы денеге узатылған ыссылық муғдары; q_2 -суытығышы денеден жұмысшы затқа узатылған ыссылық муғдары; А-циклди4 орынлаған жұмысы.

Суытығышы машиналарды4 пайдалы мәнислери суытығышы коэффицент ξ аркалы бериледи:

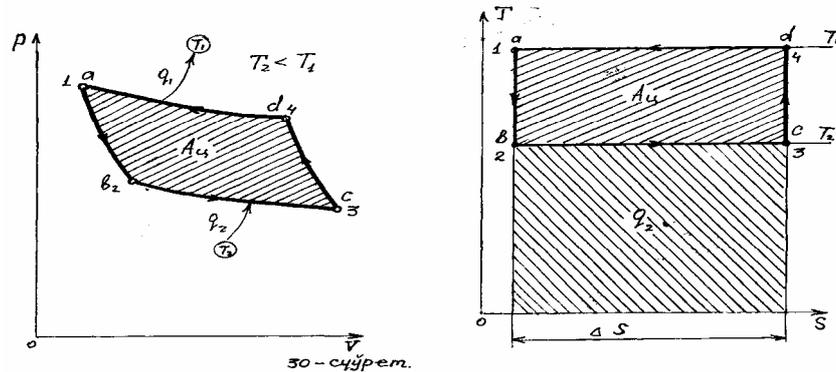
$$\xi = \frac{q_2}{A} \quad (136)$$

Карноны4 суытығышы цикли ушын ξ коэффицентин төмендегише жазыўға болады:

$$\xi = \frac{q_2}{A} = \frac{\Delta S \cdot T_2}{\Delta S \cdot (T_1 - T_2)} = \frac{1}{\left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right)} \quad (137)$$

бунда, T_1 хәм T_2 -жумысшы дене хәм сырткы орталықтың температуралары; ΔS -жумысшы денениң изотермиялық кеңейуіндегі хәм сығылуындағы энтропиясының өзгеріуі.

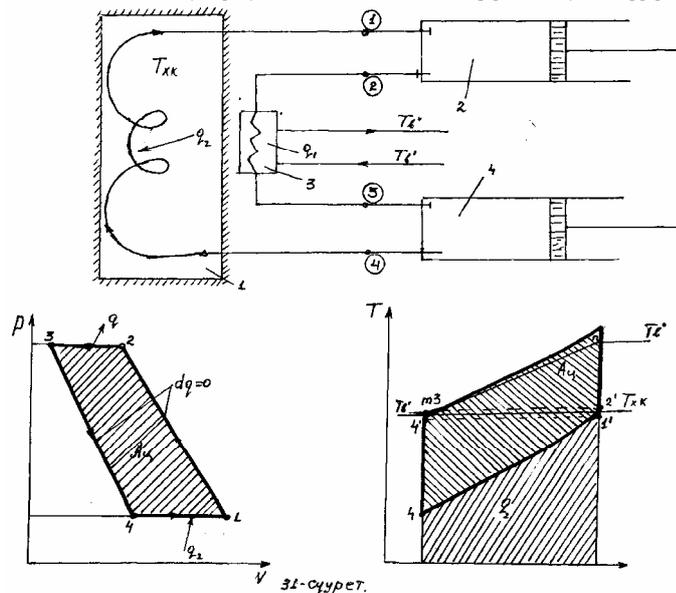
Карноның сууытыу циклинің PV-диаграммасынан сол нәрсе көринип турыпты, (30-сүүрет)



цикл еки изотермиялық хәм еки адиабаталық процесслерден ибарат болады екен. Бундай қурылмаларда сууытыу процесси жумысшы денениң ишкі энергиясының өзериуі есабынан пайда болады екен. Физика курсынан бизге сол нәрсе белгили, хәр қандай газ ямаса сұйықлық өзиниң көлемин кескин кеңей-тиргенде сууыйды. Сууытқышларда усы эффектлерден пайдаланылады.

10.2. Хаўа менен сууытыушы қурылмалар

Хаўа менен сууытыушы қурылманың тийкарғы жумысшы денеси болып атмосфералық хаўа есапланады. Бундай сууытыушы қурылма сууытыушы хана 1, компрессор 2, ыссылық алмастырғыш 3 хәм пневматикалық (хаўа) двигательнен 4 турады (31-сүүрет).



Хаўа менен сууытыушы қурылманың цикли төмендегіше болады: компрессор 2 сууытыушы ханадағы 1 T_1 температуралы хаўаны сорыйды хәм усы хаўаны адиабаталық процесс арқалы қысып шығарыушы клапан 2 арқалы хаўаны ыссылық алмастырғышқа 3 шекем айдайды. Хаўаның компрессордан шығуындағы температурасы сууытыушы суу температурасынан жоқары болады. Соның ушын ыссылық алмастырғыштан q_1 ыссылық мұғдары қысылған хаўадан сууға өтеди, нәтижеде хаўа сууыйды. Бул сууытылған хаўа пневматикалық двигательге клапан 3 арқалы айдалады хәм онда адиабаталық процессте кеңейип жумыс орынлайды. Адиабаталық кеңейу процесінде пневматикалық двигательдегі хаўа сууыйды хәм оның температурасы сууытыушы хана 1 температурадан төмен болады. Сууық хаўа пневматикалық двигательден сууытыушы ханаға 1 айдалады. Ол жерде артықша ыссылық мұғдары q_1 жутады. Сууытыушы ханадағы 1 дене сууыйды. Цикл қайталанады.

Компрессорда хаўаны қысуу ушын сарп етилген жумыс мұғдарының мәнислері $4^1-1-2-3^1-4^1$ точкалары (PV-диаграммада) менен шегараланған бетлери, пневматикалық двигательдегі

хаўаны4 ке4ейиунде орынланған жумыс муғдарыны4 3-3-4-4-3 точкалары (PV-диаграммада) менен шегараланған бетлерди4 сан мәнислери менен те4 болады. Циклди4 орынлаған жумысы компрессорды4 хэм пневматикалық двигательни4 орынлаған жумысларыны4 айырмасына, яғный 1-2-3-4-1 точкалар менен шегараланған бетлерини4 сан көрсеткишлерине те4 болады.

Ыссылық алмастырғыштағы суўға узатылған q_1 ыссылық муғдары сан мәнислери жағынан а-3-2-в-а точкалары менен шегараланған бетке те4 болады (31-сүүрет TS-диаграммасы), яғный

$$q_1 = q + A \quad (138)$$

Суўытыў циклини4 коэффициенти TS-диаграмма арқалы төмендегише жазыўға болады:

$$\xi = \frac{q_2}{A} = \frac{1}{[(T_2 - T_1) \div (T_1 - T_4)] - 1} \quad (139)$$

PV-диаграммадан сол нәрсе көринип турыпты, 1-2 хэм 3-4 точкалары аралығындағы хаўа адиабаталық процесс арқалы қысылады хэм ке4ейеди. Соны итибарға алып хаўа температуралары4 катнасын төмендегише көрсетиуге болады:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4}$$

Онда суўытыў циклини4 коэффициентин компрессор хэм двигательди4 соруўшы хэмде айдаўшы каналарындағы хаўа температураларыны4 катнасы арқалы анықлаў мүмкин болады, яғный

$$\xi = \frac{1}{\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - 1} = \frac{1}{\left(\frac{T_3}{T_4}\right) - 1} \quad (140)$$

Демек, компрессорды4 айдаўшы клапанынан өткен қысылған хаўа температурасы қанша киши болса ямаса хаўа двигательди4 соруўшы каналындағы хаўаны4 температурасы қанша пәс болса, суўытыўшы қурылманы4 ислеў көрсеткиши сонша жоқары болады.

Жыллылық алмастырыўшыға киргизилетуғын суўды4 температурасы қанша пәс болса, хаўа менен суўытыўшы қурылманы4 көрсеткиши сонша жоқары болады. Себеби компрессорда хаўаны жоқары басымға шекем сығыў ушын артықша мийнет сарыплаў зәрүр болмайды.

Суўытыў коэффициентин ξ гейбир ўақытлары салыстырма суўықлық ислеп шығарыў q_1 деп хэм жүргизиледи. Суўық заттан жумыс бирилгини4 сарыплпныўы ўақтында шығарылған ыссылық муғдарын билдириўши көрсеткиш кДж ямаса Мегажоульде өлшенеди. Салыстырма суўықлық ислеп шығарыўды төмендегише есаплаўға болады:

$$q_0 = 10^3 \cdot \xi$$

Хаўа менен суўытыўшы қурылмалар ушын $q_0 = 950 - 1250$ кДж/МДж шамасында болады.

10.3. Қысылған пуў менен суўытыўшы қурылмалар

Атмосфералық басымда ямаса усыған жақын басымларда пуў жағдайына өтиўши газлар, хаўаны сығып суўытыўшы қурылмаларды4 тийкарғы жумысшы денеси болып есапланады, олар гейде суўытыўшы агенти депте жүргизилиеди. Бундай газлер ноль градустан төмен температураларда тойыныў точкасына ийе болады.

Қысылыў есабынан суўытыўшы қурылмаларда қолланылатуғын суўытыўшы агентлер термодинамиканы4 нызамыны4 төмендеги талапларына жуўап бериўи керек:

а) вакуумны4 ишинде пуўланбаўы хэм сырттан суўытыўшы ханаға хаўа кирмеслиги ушын нольден төмен болған температураларда тойыныў точкасына ийе болған суўытыўшы агентти4 пуўыны4 басымы атмосфера басымынан киши болмаўы керек;

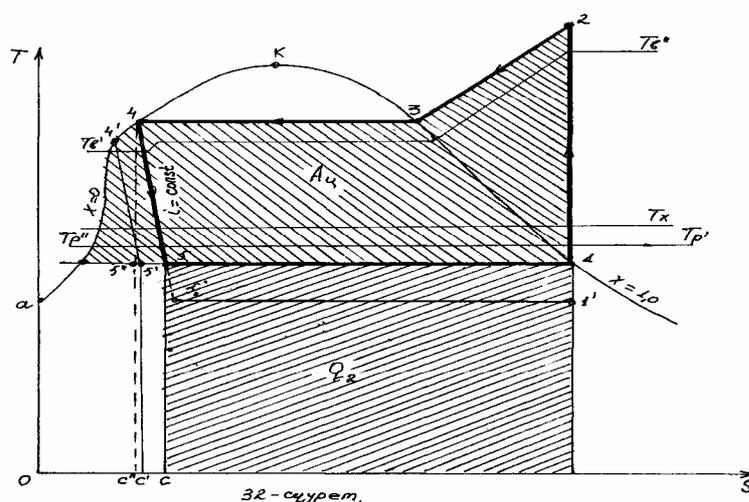
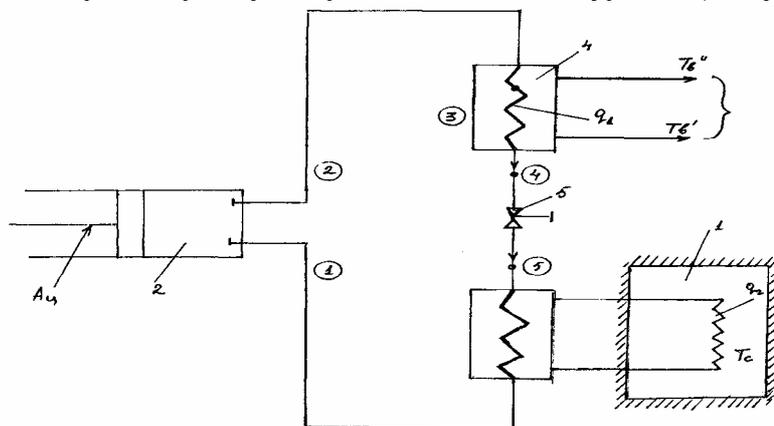
б) қысыу камерасындағы басым муғдары киши болуы талап етиледи (сонда машина бөлимлерин же4ил конструкциядан таярлау мүмкиншилиги болады);

в) пәс температураларда тез хәм көп пуўланатуғын, яғный көлемли суўықлық ислеп шығарушылығы жоқары болуы керек;

г) суйықлықты4 ыссылық сыйымлығыны4 төмен болуы талап етиледи;

Бундай талапларға толық жуўап беретугын суўытыушы агент, яғный идеал газ еле табылған жоқ. Бирақ усыған жақын болғанлары суўытыушы курылмаларда қолланбақта.

Қысылған пуў менен суўытыушы курылма суўытыушы хана 1, компрессор 2, пуўлаткыш 3, конденсатор 4 хәм ретлеуши дросселли вентиль 5 куралған (32-сүурет).



Қысылған пуў менен суўытатугын курылмаларда болып өтетуғын термодинамикалық процесстерди4 TS-диаграммасынан сол нәрсе көринип турыпты, онда болып өтетуғын цикл суўытыушы агент (жумысшы зат) ти компрессорға сорыудан хәм оны адиабаталық ($dq = 0$) қысылуынан басланады (1,2 точ-каларды4 аралығы). Пуўлаткышта 3 өзегермес басым ($P = const$) астында пайда болған.

Суўытыушы агенті4 Атамасы хәм формуласы	q бар басымдағы тойыныу t °C	тойыныу басымы, бар	
		15 °C	-15 °C
Суу пууы, H ₂ O	- 99,64	0,017	0,00287
Аммиак, NH ₃	- 33,4	5,28	2,91
Карбонат ангидрид, CO ₂	- 78,9	50,9	26,4
Күкирт ангидриди	- 10,3	2,75	1,015
Метил хлориди, CH ₃ CL	- 24,0	4,18	1,75
Фреон	- 30,0	4,9	2,19

Сууытыушы агентти4 пууын компрессор 2 сорып алады. Әлбетте, бул сууытыушы агентти4 пайда еткен пууыны4 басымы атмосфералық басымнан үлкен болып ал температурасы тегис болады. Сорылған пуу 2 точкаға шекем адиабаталық процессте сығылады хәм оны4 температурасы сууытыушы суу температурасынан үлкен болады. Қысылған пуу өзини4 ишки энергиясыны4 артыуы аркалы ыссыды. Демек, $T > T_c$ болады, яғный артықша ыссылықты сууытыушы агент конденсатор (сууытқыш) 4 те ыссылық алмасыу жолы менен сууытыушы сууға береді хәм турақлы басым астында ($P = const$) сууытыушы агентти4 пуу толық конденсацияланады. Бул TS-диаграммадағы 2-3-4 точкаларға туура келеді. Пайда болған сууытыушы агентти4 конденсатын және пуулануу дәрежесине жеткеріу мақсетинде ол дросселлеу 5 вентилиен өткериледи (4,5 точкаларды4 аралығы). Пуулануу дәрежесине жеткерілген сууытыушы агент пуулатқышқа айдалады хәм онда кескин ке4ейип сууыды. Бул шор суу сууытыу ханасыны4 температурасын төменлетип, ондағы затларды сууытады, яғный олардан ыссылық муғдарын шығарады. Шор суу тәрәпинен жутылған ыссылық пуулатыушы ханадағы сууытыушы агентти4 және де күшлирек пууланууын тәмийинлейди. Цикл қайталаанады.

Циклди4 орынлаған жумысы 1-2-3-4-5-1 точкалары менен шегараланған бетлерди4 сан көрсеткішлерине те4 болып, оны сууытыушы агентти4 адиабаталық сығылуындағы (1,2 точкалар аралығы) энтальпияны4 өзгеріуі аркалы көрсетіуге болады:

$$A = H_2 - H_1 \quad (141)$$

Пуулатыушы ханадағы сууытыушы агентти пуулатыу үшін сарп болған ыссылық муғдарыны4 q_2 көрсеткіши TS- диаграммада жайласқан 5-1-d-c-5 точкалар менен шегараланған бетке сан көрсеткіши те4, яғный 1 хәм 5 точкаларды энтальпияларыны4 айырмасы көрнисинде жазамыз:

$$Q_2 = H_1 - H_5 \quad (142)$$

Қурылманы4 сууытыу коэффициентини4 сууытыушы ханадан шыққан ыссылық муғдарыны4 циклини4 орынлаған жумысқа қатнасы ямаса бетлерди4 хәмде 5-1 хәм 1-2 точкаларды4 энтальпияларыны4 айырмаларыны4 қатнасы көрнисинде беріуге болады:

$$\xi = \frac{Q_2}{A} = \frac{\text{бетлер}5-5-d-c-5}{\text{бетлер}1-2-3-4-b-1} = \frac{H_1 - H_5}{H_2 - H_1} \quad (143)$$

Демек, сууытыу ханасынан Q_1 қанша көп муғдарда Q_2 ыссылық шықса, компрессорды жумысқа қосыу үшін сонша кем ис сарыпланады, нәтижеде сууытыушы қурылманы4 өнімдарлығы жоқары болады.

Циклди4 TS-диаграммасындағы суу сызығы $T_p^I - T_p^{II}$ пууланау сызығына (2-1) қанша жақынласып келсе, сууытыушы ханадан Q сонша көп жыллылық муғдарыны4 шығып атырғанын билдиреди. Сууытыушы ханадағы Q температураны және де пәсейтиріу мақсетинде қурылмаға және сууытыушы системаны қосыуға болады. Бунда системадан (сууытыу ханасы) шығатұғын T артады хәм қурылманы4 өнімдарлығы көтерледі, келиуши бетлер $t^1 - q - d - c^1 - t^{11}$ үлкейеди.

Және де күшлирек сууытыу үшін жоқары дәрежеде дросселлеу, яғный вентильди4 өткеріу каналыны4 тесигин кишрейтіу усылынан пайдаланыу керек болады. Бунда аз муғдардағы сууытыушы агент тесиктен үлкен көлемде өтеді хәм кескин ке4ейип сууыды хәмде басымы түседі.

Қысылған пуу жәрдемінде сууытыушы қурылмадан хауа двиғаели орнына ретленетұғын дросселлеуши вентиль қолланылады. Усыны4 менен қурылмадағы хәрәкетлениуши бөлімлерди4 саны кемейтирледі хәм оны4 исенимлі ислеуин тәмийинлейди. Экономикалық тәрәптен усы қурылма хауа менен сууытыу қурылмасынан қымбат болып есаплансада исенимлі ислеуи тәмийинленген.

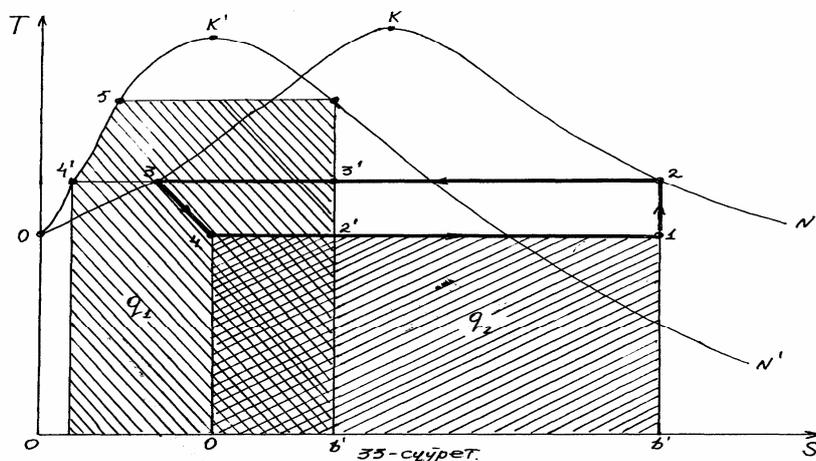
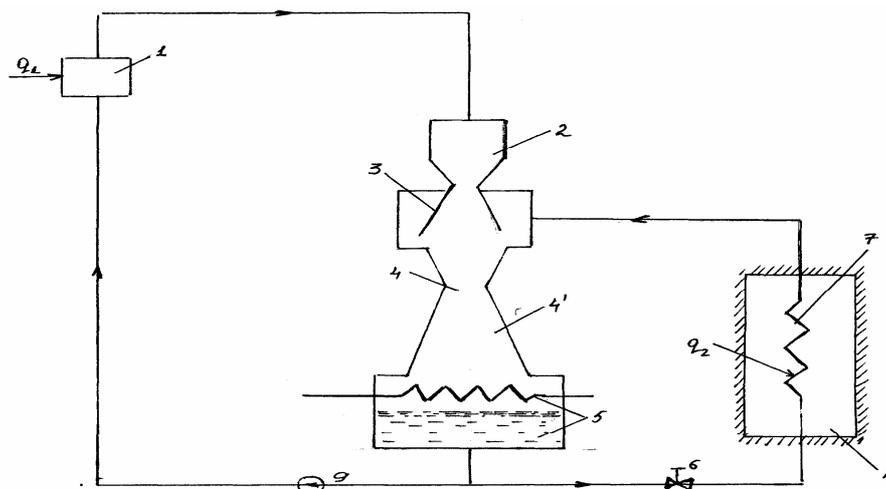
10.4. Пуу ағымлы сууытыушы қурылмалар

Суу пуу тийкарғы жумысшы дене сыпатында суу ағымлы сууытыушы қурылмаларда ислетилиуи мүмкін. Бундай пуу кескин ке4ейгенде сууытыу жағдайынан пайдаланады. Егер әпиуаый суу орнынан шор суудан пайдаланса, ол жағдайда $-21,4^0\text{C}$ ше болған температураны

қоршаған орталық температурасына шекем түсіріуге болады. Себеби сол температурада шор суы мұзлай баслайды.

Пуў ағымлы суўытыўшы қурылма: пуў қазаны 1, эжектор (франц. тилинде *ejecteur, ejecter* – атыў), ағымлы насос 2 (эжектор өз нәўбетинде Лаваль сопласы 3 хәм конфузор-диффузор 4 тен турады), конденсатор 5, дросселлеў вентильли 6, пуўлатқыш 7, суўытыў ханасы 8, конденсат насосы 9 дан турады (33-сүўрет). Пуў ағымлы суўытыўшы қурылмасыны4 жумыс цикли төмендегидей: қазан 1 ден пуў ағымы эжекторға ағып киреди, ол жерде де-Лаваль сопласы арқалы өтип атырғанда өз параметрлерин (басымын, температурасы хәм көлеми) өзгертириўи нәтийжесинде пуў ағымы молекулаларыны4 тезлиги даўыс тезлигинен үлкен болады. Пуў бундай ке4ейгуден со4 ол эжекторды4 араластырыўшы бөлиминде пуўлатқыш 7 ден сорылған температурасы төмен пуў менен биргеликте 4 конфузорда адиабаталық процессте қысылады (1 хәм 2 точкалар аралығы). Бул қысылған араласпаны4 температурасы оны4 ишки энергиясыны4 есабынан артады. Бундағы қысылыў компрессорлы үскенелердегидей болады. Конфузордан шыққан араласпа диффузор 4 те бирдей ке4ейип суўыйды. Бул суўы процесси конденсаторда даўам етиледи. Бул процесс TS-диаграммадағы 2-3 точкаларға те4 келеди.

Конденсатты4 белгили улеси дросселлеў вентилинде үлкен көлемге өтиўде ке4ейип суўыйды (3-4 точкалар аралығы) хәм суўытыўшы ханадағы 8 пуўлатқышқа 7 өтеди. Өз нәўбетинде, ол жерде пуўланып суўыйды хәм суўытыўшы ханада 8 жайласқан денелерди4 артықша ыссылық муғдарын жутады, ал денелер болса суўыйды. Пуўлатқыштағы денелерди4 ыссылық муғдары q_2 суўытқышқа изотрмикалық процесс арқалы келтириледи хәм суўытыўшы затты4 (пуў) көлеми артады (TS-диаграммадағы 4 -1 точкаларды4 аралығы). Пуў қазанында үзликсиз пуў пайда болыўы ушын эжекторға узатылған пуў муғдарына те4 болған конденсат суйықлық насосы 9 арқалы қазанға айдалады. Цикл қайталанады.



Демек, пуў ағымлы суўытыўшы қурылманы4 циклиндеги термодинамикалық процесстер: бир адиабаталық (1-2 точкалар аралығы), еки изотрмикалық (2-3 хәм 4-1 точкаларыны4 аралығы) хәм бир изохоралық (3-4 точкалар аралығы) процесстерден турады екен.

Циклди4 TS-диаграммасындағы ОКН сызығы 1 кг хэм О¹ К¹ N¹ сызығы болса 1 кг пуўға те4 келеди. О¹ К¹ N¹ ийрек сызығындағы 1¹-2¹ точкаларыны4 аралығы пуўды4 де-Лаваль сопласынан ағып шығыуына те4 келсе, 2¹-3¹ точкаларыны4 аралығы конфуздор-диффуздорда 1 кг пуўды4 сығылыуын билдиреди. 3¹-4¹ точкаларыны4 аралығына 1 кг пуўды4 конденсацияланыуы туўры келеди. 1 кг суўды4 қазанда пуўланыуына 4¹-5¹-1¹ точкаларыны4 аралығы те4 келеди.

Суўытыуыды4 пайдалы эффекти суўытыу ханасындағы денелерди4 қанша муғдары Q₂ ыссылықты4 шыққанына байланыслы хэм ол TS-диаграммадағы a¹-4¹-5¹-1¹-b¹-a¹ точкалары менен шегараланған сан көрсеткишлери жағынан те4. TS-диаграммадағы a¹-4¹-5¹-1¹-b¹-a¹ точкалары менен шегараланған бет 1 кг суўды пуўлатыуға сарып етилген ыссылық муғдарына сан көрсеткиши жағынан те4.

Пуў ағымлы суўытыушы қурылманы4 экономикалық көрсеткиши тийкарында, насосқа сарыпланған жұмысты есапқа алмай, яғный қурылмадан шыққан q₂ хэм оған киргизилген q₁ ыссылық муғдарларыны4 қатнасын ыссылықтан пайдаланыу коэффициенти көрнисинен пайдаланыуға болады:

$$\xi = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{beta - 4 - b - a}{beta^I - 4^I - 5^I - b^I - a} \quad (144)$$

Циклди4 жұмысшы заттыны4 энтальпияларыны4 өзгермели болғаны ушын ξ ди төмендегише жазыуға болады:

$$\xi = \frac{H_1 - H_4}{g(H^I_1 - H^I_4)} \quad (145)$$

бунда H₁-H₄TS диаграммадағы 1 хэм 4 точкаларды4 энтальпиялары; H^I₁ - H^I₄ 1 кг пуўды4 (TS-диаграммадағы) 1¹ хэм 4¹ точкаларындағы энтальпиялары.

Пуў ағымлы суўытыушы қурылманы4 жұмыс ислеу циклинен сондай жуўмақ шығарыуға болады, яғный термодинамиканы4 екінши нызамына муўапық температуралар айырмасы пайда болғанда пайдалы жұмысты алыуға болады екен. Бул қурылмада температуралар айырмасы қазандағы пуў менен конденсатордағы суў ортасында пайда болады.

Тексеріу ушын сораулар

1. Суўытыушы машиналарды4 ислеу принципи неге тийкарланған.
2. Нюуодууоу кодуйеаіу4 әоіуну әаіаһе нуаодуіаа іәәд қтееаіуеаау.
3. Нюуодууоу іәәеіәәдау4 өеее қаіаә әіәау.
4. Хауа іаіаі нюуодууоу кодуйеаіу4 өееәдғу әоіуну әаіаһе-әоә.
5. Хауа іаіаі нюуодууоу кодуйеаіу4 өеее қаіаә әіәау.
6. 'унуәғаі іоу іаіаі нюуодууоу кодуйеаәәдәу4 өееәдғу әоіуну әаіаһе- әоә.
7. 'унуәу аһауіаі нюуодууоу кодуйеаәәдәә қтееаіуеәдәдғуі нюуодууоу аааіәәәд дәдйәеіәіәә іуәаіуіу4 қаіаә дәәәәәдәуа әоуаі аәдәәә еәдәә.
8. 'унуәғаі іоу әәдәәіәәа нюуодууоу кодуйеаәа хауа аәәәәәәә ідйуа қаіаә кодуйеа қтееаіуеаау.
9. Іоу ағуіәу нюуодууоу кодуйеаәәдәу4 әоіуну ідйеәу ідәіәәә қаіаә.
10. Іоу ағуіәу нюуодууоу кодуйеаіу4 әоіуну ідйеәу өеееіаі қаіаә әоуіәк әуғадууғә әіәау.

11-Лекция Реактив двигателлер

- 11.1. Реактив двигателинің түрлери, дүзилиси ислеу тәртіби.
- 11.2. Реактив двигатель циклиндеги термодинамик процесслер.
- 11.3. Туўры ағымлы ХРД хэм олардың жұмыс циклиндеги термодинамикалық процесслер.
- 11.4. Пулсациялы ХРД хэм олардың циклиндеги термодинамикалық процесслер
- 11.5. Ракета двигателлери.

Норматов Ж. Ыссылық техника 191-201 бетлер.

11.1. Реактив двигателинің түрлері, дүзилісі іслеу тәртібі.

Ишинен үлкен тезлікте бөлекшелер ағымы ушып шығыуынан тартыу күші пайда ете алатуғын жыллылық машинасы реактив двигатель деп аталады. Жыллылық, химиялық, ядро, электр Қуяш энергияларының тәсири нәтижесінде жұмысшы дене ағымының кинетикалық энергиясы пайда болады.

Реактив двигательдерде атмосфера хаўасының қолланылыуына қарап олар еки түрлі болады. Атмосфера хаўасындағы кислородтан оксидлеуші сыпатында қолланылатуғын хаўа-реактив двигательдер оксидлеуші кислород ушыушы аппараттағы арнаўлы ыдыста сақланатуғын барлық түрдеги реактив двигательлер ракета двигательлери деп аталады. Олар ракеталарға қойылады.

1-жанылғы баки.	1-суйық газ балоны
2-газ генераторы.	2-редуктор
3-турбонасос агрегаты	3-жанылғы баклары
4-форсункалар	4-клапонлар
5-жаныу камерасы	5-жаныу камерасы
6-сопло	6-ишки суўытыу жанылғы беріу дөңгелеги
Жанылғы турбонасос жәрдемінде жеткеріп беретуғын суйықлықлы двигатель	7- сопло Жанылғы қысып шығарыу усылы менен жеткізетуғын суйықлықлы двигательлер

Хаўа реактив двигательлери (ХРД) компрессорлы (трубореактив (ТРД) хәм компрессорсыз (туўры ағымлы хәм пульсациялы) двигательлерге бөлінеди.

Ракета двигательлери қатты суйық жанылғылы хәм химиялық және ядро ракета двигательлерине бөлінеди. Реактив двигательлеринің тийкарғы көрсеткіши бул тартыу күші болып есапланады. Тартыу күші жанылғының соплода кеңейіуінен газ бөлекшелери ағымның тезленіуі менен атмосфераға атылып шығыуы нәтижесінде пайда болады.

Ең эпіуайы трубореактив двигатель труба формасындағы диффузорлы дене хәм оның ишки бөліміне орнатылған турбокомпрессорлар, газ турбинасы ғ,х жаныу қ, жанылғы жеткізіп беріуші турбалар хәм форсункалар 4, сопло әх, дан хәм басқа жәрдемши үскенелер куралған. Хаўа копрессоры менен газ турбинасы бир Лекцияға қатырылған.

Атмосфера хаўасы диффузор у аркалы турбокомпрессор ө ке бериледи, ол жерде хаўа қысылады. Усы қысылған басым астында хаўа турбокомпрессорының айдау турбасы аркалы жаныу камерасына қ өтеди, усы уақытта жанылғы насосынан берілген жанылғы труба 4 аркалы камераға форсункалар жәрдемінде бүркеледи.

Сонда хаўа менен жанылғы химиялық реакцияға кирисип үлкен муғдардағы жыллылық ажыралып шығады хәмде жанылғының көлеми хәм температурасы жоқарылайды. Температураның жоқарылауы изобарик ($P = \text{const}$) процессте кешеди. Өзгермейтуғын жоқары басымлы хәм температуралы жаныушы зат газ турбинасының қалақшаларына тийип роторды айландырады хәм соның менен бирге турбокомпрессор айланып жаңа хаўа ағымын қысады. Турбина қалақшалары менен тәсирлесип өткен жаныушы заттың бир бөлімі адиабатик кеңейеди. Турбина қалақшаларынан соплоның ақырына дейин жаныушы зат адиабатик кеңейип барады хәм бул аралықта түтин газларының бөлекшелер жоқары тезлікке ериседи. Қозғалыс муғдарының сақланыуы нызамына муўапық бөлекшелер ағымы хәрекетине қарама-қарсы бағытта жаныушы зат жүдә үлкен тепки күші (импульс) пайда етеди. Бул күш реакция күші болып, трубореактив двигательди үлкен тезлікте алдыға қозғалтады. Реакция күшин соплодан үлкен тезлікте атылып шыққан жаныушы зат газлары пайда етеди. Соның ушын двигательлер реактив двигательлер деп аталады.

11.2. Реактив двигатель циклиндеги термодинамик процесслер

Атмосфера хаўасы диффузор у ге ағып қириуінен баслап алдын турбокомпрессорға дейин болған аралықта кейин компрессорда адиабатик қысылады.

1-1'-2	точкалар аралығы хаўа өзинің ишки
--------	-----------------------------------

	энергиясының өзгеріуінен қызады. Қысылыудан қызған хауа температурасы жанылығының жаныу температурасынан жоқары болады. Керекли параметрлерге жеткен қызған хауа жаныу камерасына кириуі менен оған жанылығы бүркелери хэм күшли жаныу жүз береді.
--	--

Жаныу камерасындағы жұмысшы дене $P=\text{const}$ болғанда жанады хэм кеңейеди (1-4 точкалар аралығы) турақлы басым астында жаныушы зат ең ақырына жеткеннен соң, жаныу камерасынан шығып алдын турбина қалақлары (4-4' - точкалар аралығы) тәсирлесіу процессінде кеңейеди.

	Бул адиабатик кеңейіу кейин ала соплада дауам етеді. (4-5 точкалар аралығы) хэм тийкарғы жұмыс атқарылады.
--	--

Жаныушы заттың қурамындағы қалдық 1_r жылпылық муғдары сууытқышқа (атмосфераға) шығарылады. Бул процесс изобарик болады (5-1 точкалар). Демек реактив двигателлер циклиндеги термодинамикалық процесслер еки адиабата (1-2 хэм 4-5 хэм еки изобара (2-1 хэм 5-1 точкалар) дан қуралған екен. Циклдің TS диаграммасынан көринип турыпты, диффузорда хэм компрессорда хауа қысылғанда хэмде жаныушы зат турбина қалақшалары хэм соплада кеңейгенде жұмысшы дененің қураушы бөлегинің ишки энергиясы алдын артыуы, соңынан теңсалмақлылық жағдайына қайтыуы дәуиринде оның энтропиясы өзгермели болады.

Реактив двигатели циклинің атқарған жұмысы хэм ПЖК ти ГТҚ типиндей болады.

$$A = \frac{P_2 V_2}{K-1} (P-1) K \eta_+ \quad K = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\eta_+ = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{K-1}} \quad P\text{-көлемнің кемейіу дәрежеси, } \varepsilon\text{-хауаның қысылыу дәрежеси}$$

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} \quad \lambda = \frac{P_3}{P_2}$$

ә0.к. Тууры ағымлы ХРД хэм олардың циклиндеги термодинамикалық процесслер

Тууры ағымлы ХРД диффузор 1, сүйрелегіш 2, ийирим пайда етиуши рещеткалар 3 хэм 4,

форсункалар 5, жаныу камерасы, стабилизатор 6 хэм сопло 7 ден қуралған.

Дауыс тезлигинде ушатуғын тууры ағымлы ХРД ниң схематик көриниси

Тууры ағымлы ХРД лери циклиндеги термодинамикалық процесслер турбореактив двигателлерине уқсас болады.

Циклдің PV хэм TS диаграммаларынан көринип турыпты

Дәслепки қысылыу қысылыу процессінде (0-1 т) диффузордан сыртта жүз береді. Қысылыудың (1-2 та) диффузорда адиабатик ($d1=0$) кетеді.

Атмосфера хауасының қысылыуы нәтийжесинде оның температурасы, басым хэм көлем өзгереді. Жоқары басымлы хэм температуралы хауаның бир жыныслылығын хэм жаныу процессинің жедел барыуын тәмийинлеу мақсетинде қысылған хауа ийиримли ағым пайда етиуши рещеткалардан өткизилип жаныу камерасына өзгермес ($P=\text{const}$) басымда бериледі. Бул қызған хауаға жанылығы форсункалар 5 арқалы бериледі. Сонда химиялық реакция температурасы артады. Бирақ басым $P=\text{const}$ сақланады. (2-3 те) процесс изобарик болады.

Жаныушы дене рещеткадан өтип, төмен басымы атмосфераға жүдә үлкен тезликте ушып шыққаннан кейин адиабатик кеңейеди (3-4 та). Қалдық ыссылық муғдарын атмосфера хауасына $P=\text{const}$ астында берген жаныушы дене теңсалмақлылық жағдайына қайтады (4-ота).

Пулсациялы ХРД хэм олардың циклиндеги термодинамикалық процесслер

Пулсациялы хаўа реактив двигатели (ПХРД) комперссорсыз реактив двигатель болып ол диффузордан 1,

Ийиргиш 2, клапонлы решетка 3, форсункалар 4, свеча жаныў камерасы 6, конфузор 7, түтин газлары трубочы 8 ден турады.

ПХРД цикли еки адибатадан турады, бир изохора хэм изобарадан қуралған.

Ракета двигателлери

Ракета двигателлери қатты хэм суйық жанылғыларда ядро жанылғыларында ислейди. РД қолланылыўына көре ҳарбий метерологик, космик түрлерге бөлинеди.

1-турбина, жанылғы хэм оксидлеўши ыдыслар 2 хэм 3, олардың насослары 4 хэм 13, турбина редукторы 5, жұмысшы зат 6 хэм жанылғы оксидлеўши 14 хэм суўытыўшы 12 ни берийўши турболар жанылғы 10, оксидлеўши 11 форсункалардан ибарат аппаратлар РД ниң алдыңғы бөлиминде орналасқан. Еки изобара бир адибатадан ибарат.

РД циклиниң атқарған жұмысы

$$A_u = i_3 - i_4 \quad i = U + PV$$

$$ПЖК \quad \eta_t = \frac{A_u}{q_1} = \frac{i_3 - i_4}{q_1}$$

$$i_3 - i_2 = \Delta i \quad \eta_t = (i_3 - i_4)/(i_3 - i_2)$$

$$\eta_t = \frac{v^2}{2g}$$

12-лекция. Жыллылық электр станциялары

- 12.1. Конденсациялы электр станциясы (КЭС)
- 12.2. Ыссылық электр орайы (ЫЭО)
- 12.3. Атом электр станциялары (АЭС)
- 12.4. Термоядро синтез энергетикасы (ТЯЭС)

Улыўма түсиник

Органикалық жанылғы жанғанда бөлинип шығатуғын ыссылық энергиясын өзгертиў нәтийжесинде ыссылық пенен электр энергиясын ислеп шығаратуғын қурылма ЫЭС деп аталады. ЫЭС жұмысшы жанылғы түрине қарап, қатты, суйық, газ тәризли хэм аралас жанылғыларда ислейтуғын станциялар ыссылық двигателлериниң түрине қарап пуў турбиналы, газ турбиналы, ишки жаныў двигатели станциялар тутыныўшыға усынылатуғын энергиясы түрине қарап конденсациялы хэм ыссылық электр орайлары тийкарғы тәмийнлеўши (үзликсиз) хэм тығыз станциялар болады.

(КЭС) Конденсациялы электр станциясы

Бундай электр станциялары тек электр энергиясын ислеп шығарыўға мөлшерленген болады. Район ушын мөлшерленген КЭС әдетте ГРЭС деп аталады. ГРЭС лер пуўының басымы критик басымынан (82 мПа) жоқары болған басымларда ислейди. Қуўаты 250-300 мВт болған турбиналар

критик басымлар (24 мПа) да истейди. Пуудың басланғыш басымы 13-14 мПа, температурасы 830-850 К болады.

КЭС лер тийкарынан блоклы болады, яғный пуў генераторы хәм турбинасы электр генераторы менен бирге энергия блогы деп аталады. КЭС тиң өзине жумсалатуғын энергияны есапқа алмағанда брутто ПЖК төмендегише

$$\eta_{бр} = \frac{W_э}{q_c} = \frac{W_э}{B \cdot q_{кжэ}} \frac{кжэ}{кг \cdot кжэ}$$

$W_э$ - ўақыт бирлигинде электр генераторы ислеп шығарған энергия

q_c - ўақыт бирлигинде станция жумсаған ыссылық муғдары

B - ўақыт бирлигинде жанылығы сарпы

$q_{кжэ}^{жэ}$ -жанылығының төменги жаныў ыссылығы кж/кг

Әмелде 1 кВт саат=3600 кЖ.

$$\eta_{бр} = \frac{3600}{q_c} W_э$$

КЭС лерде ПЖК 20 % этирапында болады.

Жыллылық электр орайы (ЖЭО)

Жыллылық электр орайы бир ўақыттың өзінде электр хәм ыссылық энергиясын ислеп шығаратуғын болып, олар үлкен санаат орайларын хәм қалаларда қурылады.

Үлкен санаат хәм металлургия орайларындағы ыссылық энергиясының 90% ин ИЭО лар береді. ИЭО ның ПЖК ислеп шығарылған электр хәм ыссылық энергиялары жыйындысының жанылығы сарпын оның төменги жаныў ыссылығына көбеймесине бөлиниўи арқалы шығарылады.

$$\eta_{I}^{ыэо} = \frac{W_{ши} + q_{ши}}{B^{жэ} q_{тыб}^{жэ}}$$

ИЭО ислеп шығарған электр хәм ыссылық энергиялар

$$\eta_{I}^э = \frac{W_{ши}^{жэ}}{B_э^{жэ} \cdot q_{кжб}^{жэ}}; \quad \eta_{I}^{бі} = \frac{W_{ши}^{жэ}}{B_{ы}^{жэ} \cdot q_{кжб}^{жэ}}$$

$$B_э = B - B_{ы}$$

$q_{кжб}^{жэ}$ -жанылығының төменги ыссылық беріўи қасийети.

Атом электр станциялары

Хәзирги ўақытта дүнья энергетикасында нефт хәм газдың үлеси 50% этирапында, көмирдики 25% тин қурайды, қалған 15% энергия гидро, атом хәм басқа электр станцияларына туўры келеді. АЭС атом энергиясын электр энергиясына айландырыўшы станция болып, атом реакторы, төмен хәм жоқары басымлы регенератор, төмен хәм жоқары басымлы пуў турбиналар, конденсатор, электр генератор хәм басқа жәрдемши үскенелер хәм автоматикалық ионтр ол-өлшеў аспаблары хәм басқарыў системасынан қуралған.

Тәбиятта уран-ғкө изотопының муғдары 0,73% уран 238 тики 99,274 % уран 384 тики 0,006 % қурайды. АЭС лерде атом реакторына өтетуғын басқарылатуғын шынжырлы ядро реакциясы ўақытында уран 33,3, уран 335, плутоний 239 атомлары ядроларының ыдыраўы нәтийжесинде ыссылық энергиясы ажыралып шығады. Ядро реакциясында ажыралған ыссылық муғдары ыссылық тасыўшы (гелий, аўыр-суў, суйық натрий) ға бериледи, ол биринши жабық контурда, яғный реактор хәм сыртқы ыссылық алмастырғыш аралығында насос жәрдемінде мәжбүрий хәрекетлендириледи. АЭС тиң екінши контурындағы процесслер ЖЭС ларындағындай кешеди. Атом электр станцияларының суў-суў энергетик реакторы (ССЭР) суйық металлы энергетик реакторы (СМЭР) бар болып, олар суў, суйық металл хәм суйылтырған газ жәрдемінде суўытылады.

Заманагөй АЭС лерде 1 млн кВт-саат электр энергиясын ислеп шығаруы ушын орташа 200 г уран элементи ядро реакциясы ўақтында жағылады. Усындай муғдардағы электр-энергиясын БЭС ларында ислеп шығаруы ушын 400 т көмир жағыу керек болады.

Термоядро синтез энергетикасы

Тәбиятта органик жанылғы зонасы кемейип баратырғанлығы, атом электр станцияларының экологиялық талапқа жуўап бермейтуғынлығы есапқа алынғанда экологиялық таза электр энергиясы дереклерин табыу өз шешимин күтпекте.

Бул мәселениң шешими термоядро энергетикасын жаратыудан ибарат. Термоядро синтез реакциясы 1930 жылларда анықланған болып, ол Куяш хәм жулдызларда водород хәм гелий ядроларының косылыуы нәтийжесинде пайда болады.

Дүнья океанларындағы водород хәм дейтерий зонасы 0,015 % ти курайды. Бул запас бир неше миллион жылларға жетеди. Мысалы 1 т термоядро жанылғысы 1 кг тас көмир энергиясына салыстырғанда 5810^7 мәрте көп энергия береді, яғный ишимлик суўдың бир литринен ажыралып дейтерийди жағыудан пайда болған жыллылық энергиясының муғдары 300 кг нефтти жаққанда ажыралып шығатуғын энергияға тең.

Басқарылатуғын термоядро синтез реакциясы жеңил химиялық элемент-водород изотопларын, яғный дейтерий хәм трийтиди бир бирине қосыу (синтезлеу) нәтийжесинде радиоактивликтен азат болған энергияны алыудан ибарат.

Термоядро реакциясы икзотермик болғанлағы себепли реакция ўақтында көп муғдарда ыссылық энергиясы ажыралып шығады.

Синтез реакциясын әмелге асыруы ушын қосылуы керек болған химиялық элементлердин ядроларын бир-бирине ядро күшлери тәсир етутуғын дәрежедеги аралыққа дейин, яғный $Gя=10^{-90}$ м жақынластыруы керек. Ядролар оң зарядлы екенлиги есапқа алынса, әлбетте олар ортасында бир-бирин ийтериуши Кулон күши бар. Оларды 10^{-90} м аралыққа дейин жақынластыруы ушын әлбетте бул Кулон күшиниң потенциал тосығын жеңиуши изотоплар ядролары сырттан алынуы шәрт. Бундай энергия ыссылық энергиясы болып есапланады. Демек, жеңил элементлер изотопларының ядроларының температурасы 100 млн К хәм оннан жоқары болғанда ғана синтез реакциясын әмелге асыруы мүмкин.

ӘДЕБИЯТЛАР

1. Баскаков А.П., Берг Б.В. и др. Теплотехника-М.,»Энергоиздат» 1982, 162 с.
2. Политехника луғати (махсус мухарир Т.Р. Рашидов, Уз ФА акад.)-Т., УзСЭ Бош редакцияси, 1989, 704 б.
3. Бекжанов Р.Я. Ядро физикаси.-Т., «Фан» 1975.
4. Кириллин В.А., Сичев В.В., Шейндлин А.Е. Техникавий термодинамика.-Т., «Ўқитувчи» 1979, 512 б.
5. Рышкин В.Я. Тепловые электрические станций.-М., «Энергия», 1977, 343 с.
6. Архангельский В.М., Вихерт М.М. и др. Автомобильные двигатели.-М., «Машиностроение», 1977, 591 с.
7. Ястержембский А.С. Техническая термодинамика. М., «Госэнергоиздат», 1960.
8. Михеев М.А., Михеев И.М. Основы теплопередачи.-»Энергия», 1977, 343 с.
9. Дрижаков Е.В., Козлов Н.П. и др. Техническая термодинамика.-М., «Высшая школа», 1971, 472 с.
10. Нурматов Ж., Халилов Н.А., Толипов Ў.Қ. Иссилик техникаси. Т., «Ўқитувчи», 1998,256