

Жылулық сорғы

Кез келген тоңазытқыш циклының жұмысының нәтижесі - сырттан жұмысты істеу арқылы салқын көзді суыту есебінен ыстық көзді қыздыру болып табылады. 1852 жылы Кельвин тоңазытқыштың кері циклін қолданып, үй-жайды жылыту мақсатында салқын көзден (сыртқы ортадан) алынған жылуды бөлмеге (ішкі ортаға) қотаратын ([4] II том, 58 бет) жылу сорғысын қолдануды ұсынды.

Жылумен қамтамасыз етудің отын жағу негізіндегі дәстүрлі әдістеріне балама таңдауы бар. Бұл - жылулық сорғының көмегімен жылу алу болып табылады. Тұтынушы, жылу сорғысының түрінен және компрессор жетегінің түрінен тәуелсіз, жұмсалған отын бірлігіне шаққанда, отынды тура жаққанмен салыстырғанда, кем дегенде 1,1-2,3 есе көп жылу алады. Жылу өндірудің бұндай жоғары тиімділігінің себебі: жылу сорғысының төменгі потенциалды *табиғи жылуды* (мысалы: топырақ жылуы, табиғи су көздерінің жылуы, жер асты суларының жылуы) және *техногендік жылуды* (айталық: өндірістік науалар, тазалау құрылыстары, вентиляция) пайдалы қолданысқа енгізетінімен байланысты. Бұл жылу көздерінің ерекшелігі: температурасы +3 тан +40°C –дейін болатындығы және жылумен қамтамасыз етуге тікелей қолданылмайтындығы болып табылады.

Жылу сорғылары органикалық отынды жағуға негізделген жылумен қамтамасыз етудің дәстүрлі әдістерін қарқынды түрде ығыстырып жатыр. Қазіргі таңда дүние жүзінде қуаттылығы бірнеше киловаттан жүздеген мегаваттқа дейін жететін 15-18 млн-нан астам жылу сорғылары бар. Дүниежүзілік энергетикалық комитеттің (МирЭК) болжамдары бойынша 2020 жылға дейін елдерде жылумен қамтамасыз етудің 75%-і жылу сорғыларының көмегімен жүзеге асырылатын болады.

Жұмыстың мақсаты – жылу сорғысының циклін зерттеу, салқын денеден алынатын жылу мөлшерін және ыстық денеге берілетін жылу мөлшерін анықтау, циклдің ПЭК-ін (пайдалы әсер коэффициентін) анықтау.

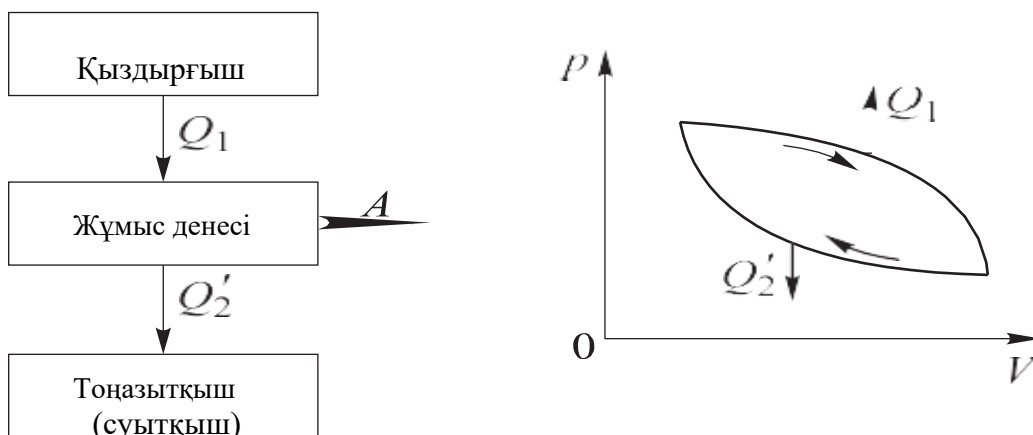
Жылулық машина

Жылу энергиясын толығымен механикалық энергияға айналдыру мүмкін емес екені белгілі. Бұған термодинамиканың екінші бастамасы тиым салады. ([5] 76-бет). Энергияның тек бір бөлігінайналдырумүмкін болады және бұл мақсатта жылу машиналары, мысалы автомобильдердің іштен жану двигателдері, жылу электрстанциялары, паровоздардың двигателдері жұмыс істейді. Бұлардың барлығыныңқұрылымдарыұқсас келеді.

Жылулық машина ([5] 78-бет): қыздырғыштан, тоңазытқыштан және жұмыс денесінен құралған және олар циклді түрде жұмыс істейді (1-сурет).

Жылулық машинаның циклі:*қыздырғыш жұмыс жасайтын денеге Q_1 жылу мөлшерін береді. Қызған жұмыс денесі механикалық A жұмыс*

жасап (мысалы, турбинаны айналдырып), тоңазытқышқа Q_2' жылу мөлшерін береді. Циклдің бағыты сағат тілімен бағыттас. Q_2' формуласындағы штрих, Q_2 – тоңазытқыштан жұмыс денесіне берілетін жылу мөлшерін білдіреді (ол теріс болып келеді: $Q_2' = -Q_2$).



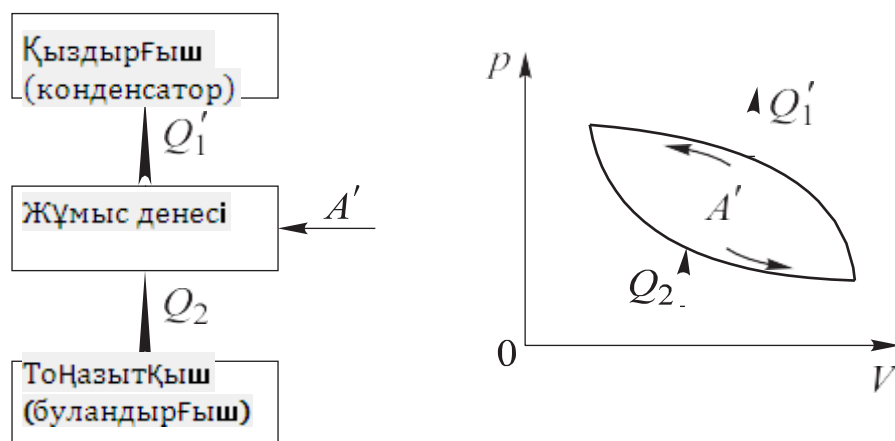
1-сурет. Жылулық машинаның сұлбасы және оның термодинамикалық циклі

Кез келген құрылғының пайдалы әсер коэффициенті деп (ПӘК) пайдалы жұмыстың жұмсалған энергияға қатынасын атайды. ([5] 79-бет) Жылулық машина қыздырғыштан алынатын Q_1 жылуды механикалық жұмысқа айналдыру үшін жасалған, яғни оның ПӘК-і $\eta = A / Q_1$ (1)

Q_1 -дің тек бөлігі ғана жұмысқа айналатындықтан, жылулық машинаның ПӘК-і әрдайым бірден кем.

Тоңазытқыш машина

Егер жылулық машинаның циклін сағат тіліне қарсы бағытта жүргізсе, яғни жылу тоңазытқыштан алынып қыздырғышқа берілсе, тоңазытқыш машинасын аламыз (2-сурет). Тоңазытқыш машиналарының мысалдары: әртүрлі тоңазытқыш құрылғылар, солардың ішінде тұрмыста қолданылып жүрген тоңазытқыштар болып табылады.



2-сурет. Тоңазытқыш машинаның және жылулық сорғының сұлбасы (оң жақта), олардың термодинамикалық циклі (сол жақта)

Тоңазытқыш машинасының негізгі міндеті – сыртқы денелердің A' жұмысы арқылы суытылатын денеден Q_2 жылуын алып, қыздырылатын денеге (қоршаған орта) Q_1' жылуын беру. Тоңазытқыш машинасының ПӘК-і:

$$\eta_{т.м.} = Q_2/A' \quad (2)$$

Тоңазытқыш машинаның ПӘК-і бірден кемде, үлкенде болуы мүмкін. Соңғы тұжырым энергияның сақталу заңын бұзбайды, себебі A' жұмыс Q_2 жылуға тікелей айналмайды, тек суытылатын денеден Q_2 жылуды алуға себепші болады.

Жылулық сорғы

Жылулық сорғы – бұл жылуды суық денеден тартып алып, ыстық денеге жеткізуге арналған құрылғы.

Жылулық сорғының сұлбасы тоңазытқыш машинамен бірдей келеді. Айырмашылығы тек жылулық сорғының жұмыс істеу мақсатында, яғни қыздырылған денеге Q_1' жылу мөлшерін неғұрлым тиімді аудару болып табылады. Жылулық сорғысы тоңазытқыш машинасы сияқты «кіретін» шама болып сыртқы денелердің жұмысы A' есептеледі (оның рөлін желіден тұтынатын электроэнергия атқарады).

Жылулық сорғысының ПӘК-і

$$\eta_{ж.с.} = Q_1'/A' \quad (3)$$

(1) формуланы ескере отырып,

$$\eta_{ж.с.} = Q_1'/A' = -Q_1/(-A) = Q_1/A = 1/\eta > 1$$

Жылулық сорғының ПӘК-і жылулық машинаның ПӘК-іне кері, әрдайым бірден үлкен болады.

Кәдімгі қыздырғыш құрылғы (мысалы, электроқыздырғыш) сыртқы денелердің жұмысын A' жылуға айналдырады. Жұмысты толығымен жылуға айналдыруға болады. Қыздырғыштан бөлінетін жылу Q әрдайым A' жұмысқа тең, содан қыздырғыш ПӘК-і бірге тең:

$$\eta_H = Q/A' = 1.$$

Егер қыздырғышты бөлмедегі ауаны қыздыру үшін қолдансақ, ауаға берілетін жылу мөлшері желіден алынатын электр энергиясына тең болады.

Жылулық сорғы сыртқы денелердің жұмысын A' қолданып, салқын денеден Q_2 жылуды алып, қыздырылған денеге A' және Q_2 жылу мөлшерін береді.

Осылайша, қыздырылатын денеге берілетін жылу тұтынатын

жұмыстан (немесе электр энергиясынан) артық болады және жылулық сорғының ПӘК-і

$$\eta_{\text{ж.с.}} = Q_1'/A' > 1$$

Жылулық сорғысының режимінде көптеген заманауи кондиционерлер жұмыс істей алады. Жылыту режиміне қосылғанда ол даладан Q_2 жылуды алып, тұтынылған A' электр энергиясымен бірге бөлмедегі қыздырылатын ауаға береді.

Ауаға берілетін жылу желіден алынатын электр энергиясынан артық болуы мүмкін, бөлмелерді жылытудың бұндай әдісі қарапайым электр қыздырғыштарды қолданғанмен салыстырғанда әлдеқайда тиімдірек болады.

Қысқы мезгілде жылу тартып алынатын дене ретінде даладағы салқын ауа емес, жер бетінен бірнеше метр тереңдіктегі плюстік температураға ие болатын топырақты (немесе жерасты сулары) алған тиімді. Техникалық жақтан дамыған елдердің өнеркәсібі жылулық қуаттылығы 5кВт-тан 1000кВт-қа дейін булық компрессиялық жылулық сорғының алуан түрлерін ұсынады. Энергетика ресурстарын үнемдеу 70% - ға жетеді.

Жылулық сорғылар жұмыс істеу принципі бойынша компрессиялық және абсорбциялық болып бөлінеді. Компрессиялық жылулық сорғылар механикалық немесе электр энергиясы арқылы іске қосылады. Абсорбциялық жылулық сорғысы механикалық энергияның көзі ретінде жылуды пайдаланады.

Жылу көздері бойынша жылулық сорғылар келесі түрлерге бөлінеді:

- геотермальді (Жердің қойнауларындағы жылуды немесе жер астындағы немесе жер бетіндегі топырақ суларының жылуын қолданады). Тұйық түрдегі (жылуды тасымалдайтын зат коллектор бойымен тұйық жолмен қозғалады) және ашық түрдегі (жылулық сорғы арқылы өтетін жерасты сулары қайтадан жерге оралады) болады;
- ауалық жылулық сорғылар (жылу көзі болып ауа алынады). Оларға жылулық сорғы режимінде жұмыс істейтін кондиционерлер жатады.
- өндірілген жылуды қолданатын (мысалы, өнеркәсіп объектілерінің шығарған жылуын) жылулық сорғылар.

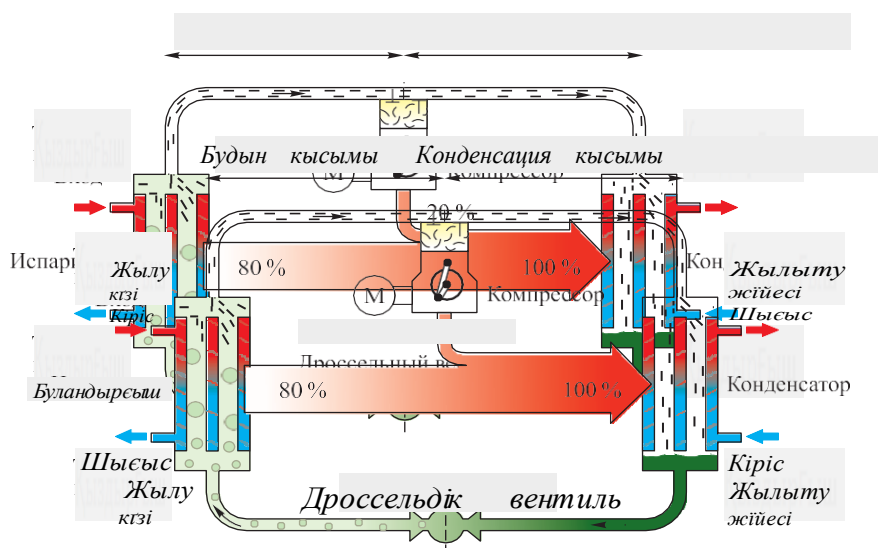
Жылу сорғысының жұмыс істеу принципі

3- суретте жылу сорғысының негізгі элементтері көрсетілген. Төмен потенциалды энергия суық көзден алынады және циклде циркуляцияланатын жұмыс денесі (хладагент) қабылдайтын жылу сорғысының буландырғышына ([6] 261-бет) түседі. Төмен потенциалды жылу көздері: сыртқы ауа, табиғи су қоймалары, топырақ, ауыз суы, өнеркәсіптік ағымдар, құйма ([6] 347-бет), желдеткіштердің шығарған ауалары және т.б болуы мүмкін. Циклде хладагент ретінде қайнау температурасы төмен жылу тасымалдаушылар - көмірқышқылы, аммиак, фреондар қолданылады. Хладагент сұйық күйде буландырғышқа түседі.

Жылудың сұйық хладагентке сіңірілу процесінде оның буға айналуы

болады (тұрақты температура мен қысым кезінде). Хладагенттің буы компрессорға түседі, онда олардың қысымы мен температурасы сығылады және артады. Компрессорда сығылу кезінде сыртқы көзден (электродвигательден) жұмыс жасалынады. Хладагенттің қыздырылған буы конденсаторға түседі, ол жерде үй-жайды жылыту системасына өзінің жылуын Q_1 береді және жылу беру есебінен тұрақты қысым мен температура кезінде конденсацияланады (сұйыққа айналады).

Сұйық хладагент дроссельге түседі, ол жерде оның қысымы мен буландырғыштың қысымына дейін түседі, ал температура төмен потенциалды көздің температурасына дейін түседі. Цикл тұйықталады.



3-сурет. Жылу сорғының негізгі элементтері

Тәжірибелік құрылғы

Жұмыс сорғысы жұмысының техникалық орындалуы буландырғыштағы температурасы жылу көзінен төмен, ал конденсаторда жылу қабылдағыштың температурасынан жоғары болатын жұмыс денесі (хладагент) іріктелініп алынады. Мұндай хладагентке көбіне циклде барлық температура кезінде қаныққан қысымы жоғары емес, жеңіл қайнайтын сұйықтар қызмет етеді. Хладагент ретінде фреондар мысалы, атмосфералық қысымда қайнау температурасы $T = 273 - 29.8 / K$ фреон-12 (CCl_2F_2) жиі қолданылады.

Тәжірибелік құрылғы РНУВЕ (4-сурет) суы бар ыдыстан (жылу сол жақтағы ыдыстан алынып, оң жаққа беріледі) компрессордан (ортада), манометрлерден, термометрлерден, электр қуатын өлшегіштен, суық өткізгіштен, дроссельден тұрады. Хладагент ретінде хладон R134a пайдалынады.

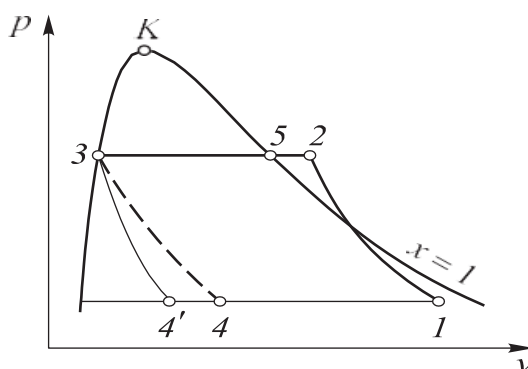
Жұмыс затының булану мен конденсация процесін жылу

сорғысының көретін әйнегінен байқауға болады.



4-сурет. Тәжірибелік құрылғы

5-суретте бумен жұмыс істейтін компрессорлы жылу сорғысының циклі көрсетілген. Қисықтың K кризистік нүктесі бар және сұйық пен газды фазалары қатар өмір сүретін ылғал будың аймағын сызады. Бұл аймақта изотерма V өсіне параллель. Егер 1 нүктесінен бастасақ, компрессор жұмыс денесін 2 нүктесіне дейін қысады. Идеал жағдайда бұл әсер сыртқы ортамен еш жылу алмасуынсыз өтуі тиіс. 2 нүктеден 3 нүктеге дейін жолда жылу бөлінеді және жұмыс денесі конденсацияланады. Содан кейін жұмыс денесі дроссельді клапан арқылы өтіп, 4 нүктеге жетеді. Изобаралық процесс арқылы жұмыс денесі 4 нүктеден 1-нүктеге өткенде, энергияны қоршаған ортадан алады және буланады.



5-сурет. Бу компрессорлы жылу сорғысының циклі

Зертханалық жұмыс үшін тапсырма

- 1) Жылу сорғысының су-су режиміндегі ПӘК –ін анықтау
- 2) Жылу сорғысының су-су режиміндегі циклдің жылыту коэффициентін анықтау

Жылу сорғысының жұмыс істеу тәртібі

- 1) Алдын ала өлшеніп алынған (4,8л) суды резервуарға жылу алмастырғыш толық батып тұратындай етіп құямыз.

2) Жылу сорғы іске қосылғанға дейін конденсатор жақтағы T_1 , буландырғыш жақтағы T_2 судың бастапқы температураларын өлшеп алу керек. Нәтижесін кестеге енгізу керек.

3) Жылу сорғыны және секундомерді қосамыз.

4) Кезегімен конденсатор (T_1) және буландырғыш (T_2) жақтағы судың температурасын өлшеңіз. Компрессордың қозғалтқышының тұтынған орташа электрлік қуатын анықтаңыз. Нәтижелерін кестеге енгізу керек. Өлшеулер әр 3 минут сайын жүргізіледі. Өлшеу ұзақтығы 30.....40 минутты құрайды. Судың көлем: V_1 - л, V_2 - л.

5) Резервуардағы су температурасының өзгерісінің уақытқа тәуелділік графигін тұрғызу.

Кесте

t , мин	T_1 , °C	T_2 , °C	W , Вт	Wt , Вт·с
0				
3				
6				
...				
39				

6) Энергия ағынын Q конденсатор жағынан Q_1 және буландырғыш жағынан Q_2 таңдалған уақыт мерзімінде (мысалы, 10 мин) резервуардағы судың жылыну және салқындауы бойынша есептеу.

$$Q_1 = Cm_1\Delta T_1$$

C - судың меншікті жылу сыйымдылығы, Дж/кг;

m_1 - конденсатор жағындағы судың массасы, кг;

ΔT_1 - таңдалынып алынған t уақыттағы Δt уақыт интервалында конденсатор жақтағы су температурасының өзгерісі, град;

$$Q_2 = Cm_2\Delta T_2$$

m_2 - конденсатор жағындағы судың массасы, кг;

ΔT_2 - таңдалынып алынған t уақыттағы Δt уақыт интервалында конденсатор жақтағы су температурасының өзгерісі, град;

7) Компрессордың жылу алмасуға кеткен жұмысын есептеу:

8)

$$A = W\Delta t$$

W- компрессордың двигателі тұтынған электрлік қуат; Δt - жылу берілген және конденсатор жақтағы судың температурасы өзгерген уақыт интервалы.

- 9) Таңдап алынған уақыт кезеңі үшін (мысалы, 10 мин) жылу сорғының ПӘК-ін есептеу керек.

$$\eta_{т.н.} = Q_1' / A' > 1$$

2 тапсырма

Жылу сорғының цикл тиімділігін сипаттайтын циклдің жылу берілу коэффициентін есептеу

$$\varepsilon = Q_1 / A,$$

Бақылау сұрақтары

- 1) Жылу сорғылар не үшін қажет? Олардың қолданылу аймағын атаңыз.
- 2) Жылу сорғының құрылысы мен принципі жайлы айтыңыз.
- 3) Төмен потенциалды жылу көздерін атаңыз.
- 4) Жылу сорғыда хладагент ретінде қандай заттарды пайдалануға болады.
- 5) Хладагент жылуды қалай жұтады, сосын оны қалай береді?
- 6) Жылумен жабдықтау үшін тікелей арнайы құрылғысыз төмен потенциалды жылу көздерін пайдалануға бола ма?
- 7) Үй-жайларды жылу сорғымен жылыту орынды ма? Орынды болса, онда неге?
- 8) Қандай бағытта жылу сорғы жылу әкеледі (суық көзден ыстыққа ма әлде керісінше ме)?
- 9) Хладагенттің булану кезінде жылу энергиясы бөліне ме әлде жұтыла ма?
- 10) Хладагенттің конденсациясы кезінде жылу энергиясы бөліне ме әлде жұтыла ма?
- 11) Жылу сорғының жылыту коэффициенті нені сипаттайды? Оның шамаларының тәртібін айтыңыз.
- 12) Жылу сорғышта хладагенттің температурасының жоғарылауы ненің есебінен болады?
- 13) Құрылғының қай бөлігінде қарқынды энергия жүзеге асады?
- 14) Тәжірибелік құрылғының негізгі элементтері мен олардың мақсатын атаңыз.

Зертханалық жұмыстың қорытындысы

Қорытынды тәжірибелік құрылғының қысқаша сипаттамасы мен сұлбасынан, өлшеу аспаптарының төлқұжат деректерінен, өлшеу нәтижесі бар кестеден, есептелген өрнектерден, есептеу нәтижелерінен, есептеу

нәтижелерімен тұрғызылған графиктен, алынған нәтижелер талдауынан және шешім мен ұйғарымнан тұруы қажет.