Коммерциялық емес акционерлік қоғам

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Өнеркәсіптік жылу энергетикасы кафедрасы

ЭНЕРГИЯНЫҢ ДӘСТҮРЛІ ЕМЕС ЖӘНЕ ҚАЙТА ЖАҢАРТУ КӨЗДЕРІ

5В071700 – Жылу энергетикасы мамандығы студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Алматы 2017

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Абильдинова С.К., Яманбекова А.К. Энергияның дәстүрлі емес және қайта жаңарту көздері: 5В071700 – Жылу энергетикасы мамандығы студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. – Алматы: АЭжБУ, 2017. – 40 б.

Зертханалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар энергетика саласындағы маңызды тақырыптарды, энергияның дәстүрлі емес және қайта жаңарту көздерін зерттеуге арналған.

Зертханалық жұмыс тақырыбына сәйкес студенттерге желгенераторының қозғалысқа шығу жылдамдығының өлшеуге арналған желэлектр қондырғысының жұмыс қағидасын; фотоэлементті күн батареяларының сипаттамаларын; автономды нысандарды жылумен жабдықтауға арналған ыстық суды дайындауда қолданылатын күн коллекторларының сипаттамасын; автономды ғимаратты жылумен жабдықтауға арналған төмен потенциалды жылу көзі бар, жер, жылу сорғысы жұмысының эффективтілігін зерттеу ұсынылады.

Зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар 5В071700 – Жылу энергетикасы мамандығы студенттері үшін құрастырылған.

Кесте – 17, без. – 18, әдеб. көрсеткіші – 6 атау.

Пікір беруші: доц. Б. Бахтияр

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2017 жылғы жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2017 ж.

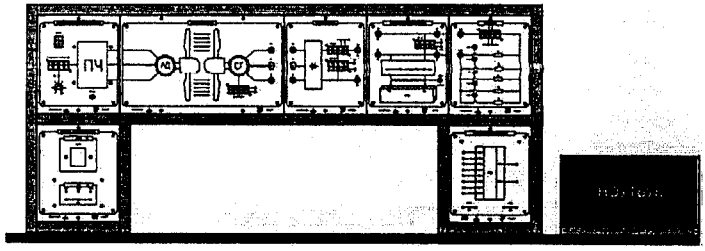
1 Зертханалық жұмыс №1. Желэлектр қондырғысының физикалық моделін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: автономды режимдегі желэлектр қондырғысы жұмысын үлгілейтін зертханалық қондырғы құрамымен танысу.

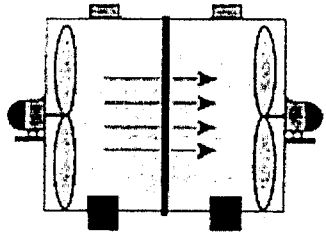
1.1 Теориялық кіріспе

Қазіргі кезеңде қозғалмалы массалар энергиясы – электр энергиясын жаңғыртудың ерекше перспективті көздерінің бірі болып табылады. Қазақстан жел энергиясын пайдалануда үлкен потенциалы бар санаулы мемлекеттердің бірі болып саналады. Отандық сарапшылардың бағасы бойынша Республикадағы жел энергиясының техникалық потенциалы шамамен жылына 3 *млрд кВт/сағ* құрайды.

Еліміздің түрлі аймақтары бір-бірінен ерекшеленетін жел режимдеріне ие. Жеке аймақтағы желдің орташа жылдық жылдамдығының шамасы желқозғалтқышын пайдалану келешегі және агрегат тиімділігі жайлы шамалы болжамдар жасауға мүмкіндік береді.



а) Орнатылған модульдері бар тұрқы



б) Жел қондырғысы

1.1 сурет – Зертханалық стендтің сыртқы келбеті

«Автономды режимде жұмыс істейтін желэлектр қондырғысының

физикалық моделі» зертханалық стенді «Энергияның дәстүрлі емес және қайта жаңарту көздері» курсын игеру барысында зертханалық жұмыстар орындауға арналған.

Зартханалық стенд құрамы:

- стендті қоректендіру моделі;
- «жел жылдамдығын беру блок» модулі;
- «жел генератор» модулі;
- «түзеткіш» модулі;
- «аккумуляторлық батарея» модулі;
- «жүктеме» модулі;
- «қосу/ажырату» модулі;
- модулдерді орнатуға арналған тұрқы;
- жинақталған желэлектр қондырғысы.

1.1 суретте зертханалық стендтің сыртқы келбеті көрсетілген.

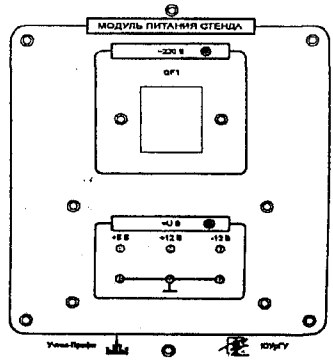
1.2 Зертханалық модульдердің қысқаша сипаттамасы

1.2.1 Стендті қоректендіру модулі.

Стендті қоректендіру модулі (1.2 сурет) зертханалық стендтің қажетті элементеріне күштік кернеуді және екіншілік электрқуат көздеріне кернуді беруге арналған.

Модульдің беттік панелінде келесі элементтері орналасқан:

- зертханалық стендке *~220 В* кернеуді беретін F1 автоматты ажыратқыш;
- *220 В* кернеуі бар индикатор міндетін атқаратын жарық диоды;
- зертханалық стенд модульдерін қоректендіруге арналған екіншілік электрқуат коздерінің *+5 В*, *+12 В*, *-12 В* бақылау клеммалары;
- екіншілік электрқуат көздерінің жұмыстық күйін сипаттайтын индикатор жарық диоды.



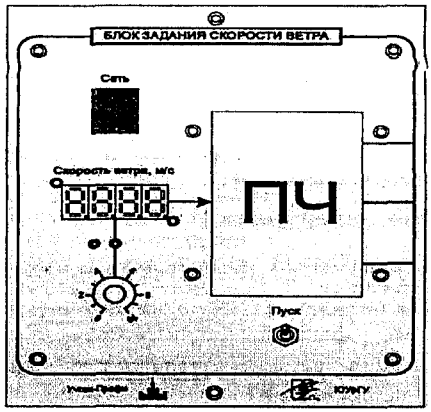
1.2 сурет – Стендті қоректендіру модулінің сыртқы келбеті

1.2.2 «Жел жылдамдығын беру блок» модулі.

«Жел жылдамдығын беру блок» модулі желэнергетикалық қондырғысының жеткізуші желдеткішін қозғалысқа келтіретін асинхронды электрқозғалтқышты басқаруға арналған. Модульдің жалпы түрі 1.3 суретте келтірілген. Модульдің қоректену желісінің бірфазалық кернеуін реттелетін жиіліктің үшфазалық кернеуіне және асинхронды электрқозғалтқышының статорлық тізбегіне берілетін амплитуданы түрлендіретін Е2 инвертор типті жиілікті түрлендіргіші бар.

Модульдің беттік панелінде келесілер орналасқан:

- модульге кернеуді беретін «Сеть» пернелі ажыратқышы;
- жел жылдамдығы тапсырма сигналын тағайындауға арналған потенциометр;
- жел жылдамдық индикаторы;
- жел жылдамдығына пропорционал, «қосу/ажырату» модуліне сигнал беру клеммалары;
- басқару элементі бар жиілік түрлендіргішінің тікелей беттік бөлігі.



1.3 сурет – «Жел жылдамдығын беру блок» модулінің сыртқы келбеті

1.2.3 «Жел генератор» модулі.

Модуль желэнергетикалық қондырғысының күштік сұлбасын жинақтауға арналған. Модульдің сыртқы келбеті 1.4 суретте келтірілген.

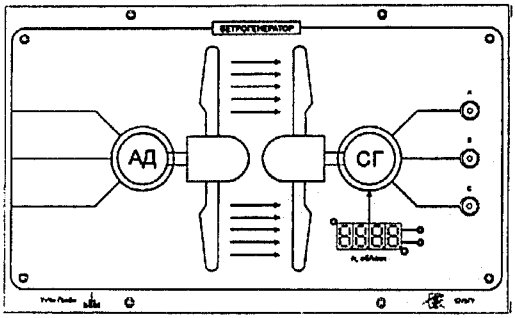
Модульдің беттік панеліне жел генераторынан және өздігінен қозғалатын синхронды жел генераторынан тұратын желэлектр қондырғысының мнемосұлбасы қондырылған.

Модульдің беттік панелінде жел генераторының мнемосұлбасынан бөлек келесілер орналасқан:

- синхронды генератордың статорлық орамаларының A, B, C клеммалары;

- синхронды генератордың айналу жылдамдығының сандық индикаторы;

- генератордың айналу жылдамдығына пропорционал, «қосу/ажырату» модуліне сигнал беруші клеммалары.

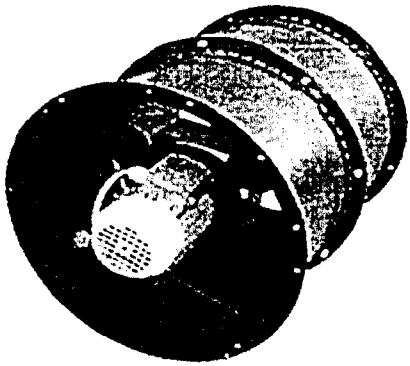


1.4 сурет – «Жел ғенератор» модулінің сыртқы келбеті

1.2.4 Желэлектр қондырғысы.

Желэлектр қондырғысы әуелік ағын жасауға және оны синхронды жел генераторына беруге арналған. Желэлектр қондырғысы FL86BLS типті синхронды жел генераторымен бір корпуста орналасқан жел генераторынан тұрады. Желэнергетикалық қондырғының сыртқы келбеті 1.5 суретте көрсетілген.

Жел генераторының қозғалтқыш механизмі ретінде АИР-56-В4 типті асинхронды үшфазалық қозғалтқыш қолданылады. Электрқозғалтқыштың техникалық сипаттамалары 1.1 кестеде көрсетілген.



1.5 сурет – Желэлектр қондырғысы жалпы түрі

Генератор ретінде тұрақты магниттерден қозғалыс алатын FL86BLS типті үшфазалық синхронды ғенератор қолданылады. Синхронды генератордың техникалық сипаттамалары 1.2 кестеде көрсетілген.

1.1 кесте – АИР-56-В4 типті жел генератор қозғалтқышының техникалық сипаттамасы

Параметр	Мәні
Номинальды қуат, *кВт*	0,18
Номинальды кернеу (Y), *В*	3×380
Статордың номинальды тогы (Y), *А*	0,70
Номинальді айналу жиілігі, *айн/мин*	1350
ПӘК, *%*	60
cos(ф)	0,68
Оқшаулау класы	F
Орындалу дәрежесі	IP54
Жұмыс режимі	S1

1.2 кесте – FL86BLS синхронды генератордың техникалық сипаттамасы

Параметр	Мәні
Номинальды айналу жиілігі, *айн/мин*	220
Қуаты, *Вт*	110
Шығыстағы максимальді кернеуі, *В*	48
Фазалар саны	3
Максимальді ток, *А*	3
Кері байланыстың ЭҚК ЭДС-і, *В/1000 айн/мин*	11,5
Қосу сұлбасы	Звезда
Массасы артық емес, кг	3

1.2.5 Желэлектр қондырғысының ортақ жұмыс принципі.

«Автономды режимде жұмыс істейтін желэлектр қондыргысының физикалық моделі» зертханалық стенді аккумуляторлы батареяда және активті жүктемеде жұмыс істейтін синхронды жел генераторының жұмысын модельдейді.

Сонымен бірге, желдің ағыны асинхронды электрқозғалтқышпен іске қосылатын жел генераторы арқылы пайда болады. Асинхронды электрқозғалтқышты инверторлы типті жиілік түрлендіргішке (жел жылдамдығын беру блогы) қосу жел генераторының айналу жылдамдығын реттеуді, яғни жел жылдамдығының өзгеруін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Синхронды жел генераторының қалақшалары жел генераторымен туындайтын жел ағынының әсеріне ұшырайды. Осы кезде синхронды жел генераторы айналады және ЭҚК өндіре бастайды.

Генератордың статорлық тізбегінен айнымалы ток кедергісін алу

«Жел генератор» модульдің А, В, С клеммалары арқылы іске асады. Бұл кедергі «Түзеткіш» модуль кірісіне беріледі және онда ол тұрақты ток кедергісіне айналады. «Түзеткіш» модулінің тұрақты ток шина шығыстары, сәйкесінше «+» және «-» деп белгіленеді.

Тұрақты ток шиналары аккумуляторлық батареяларға (АКБ) және «Жүктеме» модулінің дискретті реттелетін активті жүктемесіне тікелей қосыла алады. Аккумуляторлық батарея «+» және «-» тұрақты ток шиналарынан ажыратылуы мүмкін.

Әр өлшеу аспабы өлшенетін шамаға пропорционал сигнал берілетін клеммалармен жабдықталған. Бұл сигнал «қосу/ажырату» модулінің, кейінен оларды сандық кодқа түрлендіруді жүзеге асыратын және деректерді дербес компьютерге табыстауды іске асыратын, сәйкес клеммаларына берілуі мүмкін.

Компьютер, жұмыс бойынша толық сипаттама зертханалық стендпен комплекте көрсетілген, «DeltaProfi» бағдарламалық жасақтамамен жабдықталған.

2 Зертханалық жұмыс №2. Жел генераторының қозғалысқа шығу жылдамдығының өзгеруі

Жұмыстың мақсаты: жел генераторының жұмыс ережесімен танысу, жел генераторының қозғалыс жылдамдығына өлшеу жүргізу.

2.1 Зертханалық қондырғының құрылысы және жұмысы

Зертханалық жұмысты орындау барысында синхронды жел генераторы бос жүріс режимінде болу керек. Ол үшін жұмыс алдында стендті қоректендіру модуліндегі автоматты ажыратқыш QF1 өшірулі жағдайда болғанда стендте келесі амалдарды іске асыру қажет:

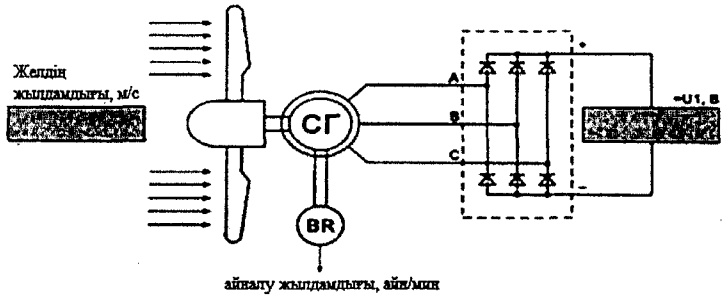
- аккумулятор батареясындағы АКБ ауыстырып-қосқыш клеммаларын «ОТКЛ» жағдайына қою;
- «Жүктеме» модуліндегі SA1-SA5 ауыстырып-қосқыш клеммаларын төменгі орналасу жағдайына ауыстыру;
- жел жылдамдығын тағайындау блогындағы «Пуск» ауыстырып-қосқышын төменгі орналасу жагдайына қою. Бұл кезде жиілік түрлендіргішінің жұмысы доғарылады;
- жел жылдамдығын тағайындаушы потенциометрді сағат тіліне қарсы шеткі жағдайға қою.

Зертханалық жұмысты өлшеу аспаптарының көрсетуін тіркей отырып жүргізуге болады. Желэлектр қондырғысы шамаларын өлшеу үшін дербес компьютерді де қолдануға болады. Ол үшін компьютерді қосу қажет, Windows толық жүктеуін күту және таңбашасы жұмыс үстелінде орналасқан «DeltaProfi» программасын қосу қажет. «Жұмыс» мәзірінде №1 жұмысты

таңдау керек, содан кейін «Пуск» (F5) батырмасын басу арқылы мәліметтерді жинау процесін бастау қажет.

Жел генераторының қозғалысқа шығу жылдамдығын өлшеу тәжірибесі синхронды генератор жылдамдығының жел жылдамдығына тәуелділігін $n_r=f(n_b)$ алуға негізделген. Тәжірибені жүргізу үшін 2.1 суретте көрсетілген сұлбаға ұқсас сұлба құру қажет.

Синхронды жел генераторының A, B, C статорлық желілер шығысы «Түзеткіш» модулінің A, B, C кірістеріне қосылады. Түзеткіш шығысындағы кернеу U1 вольтметрімен өлшенелі. Асинхронды электрқозғалтқыш жиілік түрлендіргіш шығысына қосылады (сұлбада корсетілмеген).



2.1 сурет – Жел генераторының қозғалысқа шығу жылдамдығын өлшеу бойынша тәжірибе жүргізу сұлбасы

Тәжірибе келесі кезекте жүзеге асады:

- стендті қосу модулінің QF1 автоматты ажыратқышын қосу арқылы стенд элементтеріне кернеу беру;

- жел жылдамдығын беру блогындағы «Сеть» батырмасын қосу арқылы жиілікті түрлендіргіш кірісіне кернеу беру. Түрлендіргіш, қосымшаға сәйкес скалярлы басқару режиміне бағдарламаланған болуы қажет;

- потенциометр жағдайын бір қалыпты өзгерту кезіндегі жел жылдамдығының мақсаты – асинхронды қозғалтқыштың 0-дік мәнін максималды мәнге дейін өзгерту. Сонымен бірге, ғенератордың қозғалысқа шығатын жел жылдамдығын анықтау керек. Жел генераторының жылдамдығы «Жел генератор» модулінің беттік панелінде орналасқан сандық индикаторда көрсетіледі. Көрсеткіштердің мәнін тіркеуді орнатылған жұмыс режимінен шыққаннан кейін жүзеге асыру керек. Ол үшін өлшеуді жүйе параметрі өзгеруінен кейін біраз уақыт өткен соң жүргізу керек. Өлшеу нәтижелері 2.1 кестеге жазылады.

Генератор максималды жылдамдыққа жеткеннен кейін, жел жылдамдығын максималды мәнен 0-ге дейін төмендете отырып, сипаттаманың төмендейтін тармағын жазып қою қажет. Көрсеткіштерді 2.1 кестеге енгізу қажет.

2.1 кесте

Ұлғаймалы тармақ						
$n_в$, м/с						
$n_г$, айн/мин						
Төмендейтін тармақ						
$n_в$, м/с						
$n_г$, айн/мин						

Тәжірибе жүргізгеннен кейін, жел жылдамдығын беретін потонциометрді шеткі сағат тіліне қарсы жағдайға, жел жылдамдығын беру блогындағы «Пуск» түрлендіргішін төменгі жағдайға қою, дербес компьютердегі «Стоп» (немесе F6) батырмасын басу арқылы мәліметтерді жинауды тоқтату қажет. Стендті қоректендіру модуліндегі QF1 автоматты түрлендіргішін өшіру керек.

Тәжірибе нәтижесі бойынша, желдің жылдамдауы мен баяулауына сәйкес, жел генераторының айналу жылдамдығының сығымдағыш желдеткіштің айналу жылдамдығына тәуелділігін тұрғызу қажет.

3 Зертханалық жұмыс №3. Күн батареясының сипаттамасын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: фотоэлеметтердің сипаттамаларын және қасиеттерін анықтайтын негізгі физикалық заңдылықтарды, осы қондырғылардың желілік және вольтамперлі сипаттамаларын зерттеу.

3.1 Теориялық кіріспе

Күн – жер бетіндегі барлық тіршілік тынысы және біз үшін ең негізгі энергия көзі. Ол – керемет энергия ұйытқысы. Күн бетінен шашырайтын және жер бетіне келетін энергия мөлшері қазіргі әлемдік энергия тұтыну мөлшерінен шамамен 10 мың еседен асады. Бірақ күннен берілетін энергияның қолданылатын бөлігі қазіргі таңда әлі өте аз. Жер бетінің әрбір шаршы метріне тиісті күн сәулелерінің максималды қуаты 1000 *Вт*-қа тең.

Сәулеленудің жалпы қуаты немесе бүкіл әлемдік деп аталатын радиация қуаты тура және шашыраңқы сәулеленудің қосындысы болып табылады.

«Фотовольтаика» – арнайы ұғым. Ол күн батареяларының (фотогальваникалық қондырғының) көмегімен, күн сәулесін электр тогына тікелей түрлендіруді білдіреді.

Күн сәулесінің фотоэлектрлік түрлендіргіштерде басқа элементтермен қосындысы бар кремний қоданылады, ол түрлендіргіштің *p-n* – ауысулары бар құрылымының негізін қалайды. Жартылай өткізгішті кремнилі фотоэлементінің жұмыс сұлбасы айтарлықтай қарапайым: жартылай өткізгіштің *p*-қабатында «тесіктік» (оң), ал *n*-қабатында электрондық (теріс)

өткізгіштік пайда болады. Қаббаттардың шекарасында тасымалдағыштардың (электрондар мен «тесіктер») бір қабаттан екінші қабатқа (осындай стационар жағдайда ток жартылай өткізгіштің бүкіл бетінен өтпейді) өтуіне кедергі келтіретін потенциалды тосқауыл пайда болады. Фотоэлементке сәуле (фотондар ағыны) түскенде, фотондар жұтыла отырып, электрондар жұбын құрайды – «тесіктер» қабаттың шекарасына жақындай, потенциалды тосқауылды төмендетеді, ал ол тасымалдағыштардың бір қабаттан екінші қабатқа кедергісіз өтуіне мүмкіндік береді. Жартылай өткізгіште нысаналы электркозғалтқын күш (ЭҚК) пайда болады және ол электр тогының көзі болады. Жарық ағыны қарқынды болған сайын фото-ЭҚК мәні жоғары болады.

Заманауи кремнилік (сонымен қатар галлий арсениді негізінде) жасалған фотоэлементтердің тиімділігі едәуір жоғары (олардың ПӘК-і 10-12 % құрайды), ал ПӘК-і неғұрлым жогары болған сайын, күн батареяларының қажетті ауданы томен болады. Негізінде шағын энергетикада қажетті аудан ондаған квадрат метрге тең. Жартылай өткізгіштер өнеркәсібінің жоғары табысы болып, ПӘК-і 40 % жететін кремнилік фотоэлементтерді өндіру болып табылады. Күн энергетикасының дамуының соңғы маңызды бағыты – арзан және ыңғайлы фототүрлендіргіштерді жасау: ленталық жартылай кристалды кремнилік панельдер, аморфты кремнилік жұқа пленкалар, сонымен қатар жартылай өткізгіштік материалдар. Олардың ішіндегі ең тиімді материалдар: алюминий-галлий-мышьяк болып шықты, оның өнеркәсіптік әзірленуі енді ғана басталды.

3.2 Фотоэлементтердің негізгі сипатамалары

Әр фотоэлемент параметрлер тізбегімен және оның тек қасиетін ғана емес, сонымен қатар техникада қолданылу шегін анықтайтын сипаттамалармен сипатталады. Олардың негізгісі: вольт-амперлік, жарықтық, жиіліктік және спектрлік сезімталдық, ПӘК болып табылады.

Жүктемелік вольтамперлік сипаттамалар, оның түрлі жүктемелік кедергілерге қосылуы және тұрақты жарқырау $I_н = f(U_н)_{E=const}$ кезіндегі, жүктеме тогының $I_н$ фотоэлемент кернеуіне $U_н$ тәуелділігін сипаттайды. Бұл тәуелділік қарастырылған теорияға сай 3.1 суретте көрсетілген.

Токтар өсінде жатқан $R_н = 0$ нүктесі $I_{к.з}$ сәйкес, себебі $R_н = 0$, $U_н = 0$, $I_н = I_{к.з}$, яғни вольтамперлік сипаттаманың токтар өсімен қиылысы $I_{к.з}$ мәнін береді.

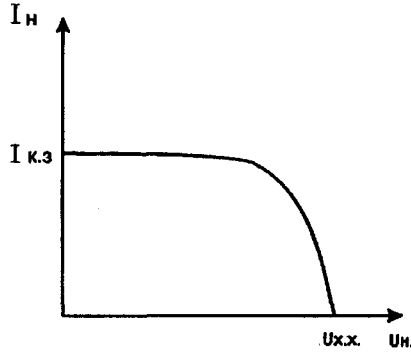
Кернеу өсінде жатқан $R_н \to \infty$ нүктесі фото-ЭҚК сәйкес келеді, себебі $R_н \to \infty$ $I_н = 0$, $U_н = U_{х.х}$, яғни вольтамперлік сипаттаманың кедергілер өсімен қиылысы фото-ЭҚК мәнін береді.

Егер жұмыстық беті жарықтандырылған фотоэлементті $R_н$ кедергісіне тұйықтаса, онда тізбекте фотоэлемент сапасымен, жарықтандыру

интенсивтілігімен және осы кедергі шамасымен анықталатын $I_н$ ток шамасы орнайды.

Жарықтандырудың бірнеше мәндеріне арналған волтьамперлік сипаттамалар 3.1 суреттегі бір біріне қатысты қосылған қисықтарға ұқсас қисықтар тізбегі болып табылады.

Жарықтық (интегралды) сипаттамалар фото-ЭҚК, қысқа тұйықталу тогының $I_{кз}$ және жүктеме тогының жарықтануға немесе жарық ағынына тәуелділігін сипаттайды: 1) $U_{к.з}=f(E)$, 2) $I_{к.з.}=f(E)$, 3) $I_н=f(E)$. Токтың жарықтанудан тәуелділігі $I_{кз}(I_{кз}=I_ф)$ жарықтану шегі аумақты кезде сызықты, ал жүктеме тогының жарықтанудан тәуелділігін сипаттайтын сипаттамалар сызықты емес.



3.1 сурет – Фотоэлементтің вольтамперлік сипаттамасы

Кейбір фотометрлік өлшеулер үшін фотоэлементтің қолданылуына шектеу қоятын жүктемелік кедергі жоғары болған сайын, сыртқы тізбектегі ток пен жарықтандыру арасындағы сызықсыздық байланысы күшейеді.

Пайдалы әсер коэффициент (ПӘК) – фотоэлементтен бөлінетін қуаттың жарық ағынына берілетін жүктемеге қатынасы:

$$\eta = \frac{I_н U}{E}. \qquad (3.1)$$

Фотоэлемент ПӘК мәні қолданылатын материалдар мен фотоэлемент конструкциясына, сонымен қатар фотоэлементтің жұмыс режимін таңдауға (жүктеме кедергісі, жарықтандыру мен температура) тәуелді энергия шығынымен анықталады.

Фотоэлемент жүктемесінде бөлінетін сәулелену энергиясын электр энергиясына түрлендіру кезіндегі энергия шығыны энегетикалық және сәулелік шығын болып бөлінуі мүмкін.

Сәулелік шығындар – бұл ең алдымен фотоэлемент бетінен жарық ағынын сәулелендіруге кеткен және түсетін жарық толқыны ұзындығына

тәуелді шығын. Олар, сонымен қатар, жарықтың фотоэлектрлі активті емес жұтылуымен: экситонды жұтылумен, фотондардың түзілуімен, ішкі аймақаралық өтулерді тудыратын жұтылумен, төменгі металлдық электродқа дейінгі үлкен тереңдікке өткен жарық ағын үлесінің жұтылуымен анықталады.

Энергетикалық шығындар – желіктеген электрондар жұбы мен тесіктер немесе олармен тасымалданылатын энергия мөлшерінің шығыны. Бұл шығындар *p-n* – өткелінен өтпеген тасымалдағыштардың қайта әрекет етуіне (рекомбинациясына) негізделген және фотоэлемент конструкциясына, жартылай өткізгіштің сыртқы қабат қалыңдығына және оның бетінің жағдайына тәуелді. Сонымен қатар, егер жарық кванттар энергиясы тыйым салынған аймақ енінен анағұрлым асса, онда жұтылған энергияның артық бөлігі фотоэлементті қыздыруға жұмсалады.

Есептеу күннің сәулеленуі кезіндегі ПӘК оңтайлы мәнін алу үшін тыйым салынған аймақ ені ΔE=1.5 *эВ* болатын жартылай өткізгіш қолдану керектігін көрсетті. Осы кезде теоретикалық ПӘК 25 % жеткізуге болады. Кремнилік фотоэлемент (ΔE=1.12 *эВ*) үшін теоретикалық ПӘК шегі 22-23 % құрайды. Нақты кремнилік күн батареясының ПӘК-і шамамен13 %.

Энергияның (20 %) мөлшері беттік қабаттан кері шағылуына, (10-20 %) мөлшері фотоэлектрлік активті емес жұтылуға, (25 % дейінгі) мөлшері жарық арқылы пайда болған тасымалдағыштардың қайтадан ыдырауына және т.б. жұмсалады.

3.3 Қолданылатын қондырғылардың сипаттамасы

3. 3.1 Күн батареялары.

Күн сәулесінің энергиясын тікелей тұрақты токтың электр энергиясына айналдыру қағидасында жұмыс істейтін СФБ 12-12 күн фотоэлектрлік батареясының сипаттамасы 3.1 кестеде берілген.

3.1 кесте

Параметр	Мәні
Номинальді кернеу, *В*	12
Максималды қуаты, Р (*Вт*), кем емес	12
Максималды қуат тоғы, I (*А*), кем емес	0,8
Максималды қуат кернеуі, U (*В*), кем емес	16
Қысқа тұйықталу тогы, (*А*), кем емес	0,75
Бос жүріс кернеуі, (*В*), кем емес	18
Сипаттамалар сынаудың стандартты жағдайы үшін келтірілген	
Күн сәулеленуінің қарқындылығы 1000 $Вт/м^2$	
АМ=1,5 кезіндегі сәуленің спектрлік шашырауы	
Күн элементтерінің температурасы (25±2) °*С*	
Техникалық сипаттамалары	
Ұзындығы (*мм*), көп емес	600

Ені (*мм*), көп емес	300
Қалыңдығы (*мм*), көп емес	10
Массасы (*кг*), көп емес	0,92
Эксплуатацияның жұмыстық жағдайы	
Температуралық диапазон	-50°*С*-тан +70°*С*-қа дейін
Салыстырмалы ылғалдылық	100 % дейін
Бұршаққа төзімділігі	бұршақ 40 мм/жылдамдық 15 *м/с*
Батареяның қызмет мерзімі кем емес	20 *жыл*

3.3.2 Радиометр.

Селективті емес «Аргус-03» радиометрі объектің энергетикалық жарықтануын 1,0-ден 2000 *Вт/м*^{2}, спектрлік диапазонда 0,5-тен 20,00 *мкм* дейін өлшеуге арналған (3.2 кесте).

3.2 кесте

Параметр	Мәні
Энергетикалық жарықтануды өлшеу диапазоны, *Вт/м*^{2}	1,0-2000
Спектрлік диапазон, *мкм*	0,5-20,0
Өлшеудің негізгі салыстырмалы қателігінің рұқсат етілген шегі, *%*	6
Қондырғыны қоректендіру қоректендірудің стандартты элементтерінен іске асады («Крона» типті немесе аналогты батарея түрі)	
Тұтынылатын қуат, *Вт*	0,02
Жұмыстық режим орнатылатын уақыт, *с*	2
Габаритті өлшемдері, *мм*, көп емес	
Индикаторлы блоктың	125×68×30
Өлшегіш бастиегінің	52×50
Масса, *кг*, көп емес	
Индикаторлы блоктың	0,15
Өлшегіш бастиегінің	0,2

Қондырғымен жұмыс.

Өзгеткішті көлденең жағдайға қою қажет, өлшегіш бастиегін сәуле өткізбейтін парақпен жабу керек, бірнеше минут күту және қондырғы көрсетулерін жазу қажет. Содан кейін сәуле өткізбейтін парақ алынады және барлық қажетті өлшеулер жүргізіледі, соңғы нәтиже жабық қондырғыдан жазылған көрсеткіштен келесі өлшеуден алынған нәтижені алғанға тең.

3.3.3 EM360 сандық мультиметрі. Тұрақты токты өлшеу.

Қызыл құлақ (щуп) «VΩmA» ұяшыққа, қара құлақ «COME» ұяшыққа, ауыстырғыш «А» жағдайына, тізбекке құлақшалар тізбектей қосылады. Ауыстырғыш А (20 m, 200 m) жағдайына қойылады.

3.3.4 MS6231 сандық мультиметрі. Тұрақты кернеуді өлшеу.

Қызыл құлақ – ұяшық «INPUT», қара құлақ – ұяшық «COME». Ауыстырғыш V жағдайына қойылады. «Range» батырмасымен өлшеу диапазонын (*В* немесе *мВ*) таңдаймыз.

Құлақтар өлшенетін тізбекке параллель жалғанады.

3.3.5 Кедергілер магазині.

Тізбекке түрлі шамадағы кедергі мәндерін орнатуға арналған аспап.

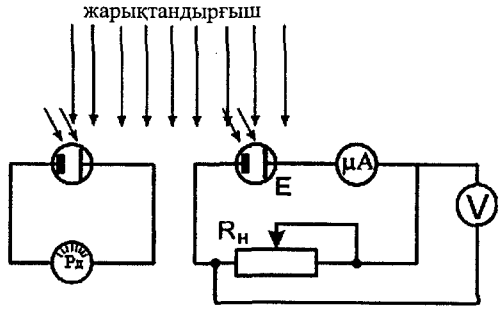
Токты өлшеу кезінде тізбекке тізбектей жалғанады.

Кернеуді өлшеу кезінде тізбекке параллель жалғанады.

Тізбектегі кедергіні өзгерту үшін ауыстырғыштар қолданылады.

3.4 Зертханалық жұмыстың орындалуы

3.4.1 Физикалық зертханада көрсетілген қондырғы сұлбасын сызып алу қажет. 3.2 суретте қондырғының қағидалық сұлбасы көрсетілген.



$R_н$ – кедергілер магазині;

$P_Д$ – радиометр;

E – фотоэлемент;

μA – микроамперметр;

V – вольтметр.

3.2 сурет – Фотоэлементтің сәулелік және вольтамперлік сипаттамаларын алуға арналған қағидалық сұлба

3.4.2 Жүктемелік вольтамперлік сипаттамасын алу. Ол үшін $R_н$ 0-ден ∞ дейін өзгеруі кезіндегі, люксметрмен (радиометрмен) өлшенетін, тұрақты жарықтану кезінде ($E = const$) фотоэлемент тізбегіндегі токтың $I_н$ шамасын өлшейді. Алынған нәтиже 3.3 кестеге жазылады.

$E_{калибрлік}$=……$Вт/м^2$; (E_1=……$Вт/м^2$); $I_{к.з.}$=…..;$U_{х.х}$.

Токтың $I_н$, кернеудің ($U_н = I_н \cdot R_н$) және қуаттың P, $Вт$ ($P = U_н \cdot I_н$) түрлі мәндеріндегі жүктеме (кедергі $R_н$) шамасын есептеу.

3.3 кесте

$I_н$, $А$										
$U_н$, $В$										
$R_н$, $Ом$										
P, $Вт$										

($I_н$,$U_н$ – аспаптармен өлшенеді, P, $R_н$ – есептелінеді).

3.4.3 Жарықтанудың басқа мәндері үшін тәжірибені қайталау. Шамалар 3.4 кестеге жазылады.

(E_2=……$Вт/м^2$); $I_{к.з}$.=…; $U_{х.х}$.

3.4 кесте

$I_н$, $А$										
$U_н$, $В$										
$R_н$, $Ом$										
P, $Вт$										

(E_3=……$Вт/м^2$); $I_{к.з}$.=…; $U_{х.х}$.

3.5 кесте

$I_н$, $А$										
$U_н$, $В$										
$R_н$, $Ом$										
P, $Вт$										

3.4.4 3.3-3.6 кесте мәндері бойынша $I_н = f(U_н)_{E=const}$ тәуелділік графигін тұрғызу керек (3 график). Үш жағдай үшін $I_{к.з}$,$U_{х.х}$ шамаларын енгізу қажет және бір графикте орналастыру керек. Алынған нәтижені сипаттау және салыстыру қажет.

3.4.5 Сәулелік сипаттаманы алу. Ол үшін $R_н$ (кез келген) белгілі шамасын қою керек, жарықтанудың E 0-ден максимал мәнге дейін өзгеруі

кезіндегі фотоэлемент тізбегіндегі фототок $I_н$ шамасын өлшеу қажет. Нәтижені 3.6 кестеге енгізу керек.

$E_{калибрлік}$=……Вт/м^2; $R_н$=……*Ом.*

3.6 кесте

E, Вт/м^2										
$I_н$, А										
$U_н$, В										
Р, Вт										
η, %										

3.4.6 Спектрдің көрінетін бөлігіндегі фотоэлемент ПӘК табу және 3.6 кестеге енгізу керек:

$$\eta = \frac{I_н U_н}{ES} = \frac{P}{ES}, \text{ (үлесте)} \qquad (3.2)$$

немесе

$$\eta = \frac{I_н U_н}{ES} \cdot 100\%, \text{ (\%)}. \qquad (3.3)$$

Вольтамперлік және сәулелік сипаттамалардың алынуы кезіндегі алынған мәліметтер бойынша түрлі Е және S жарықтану және фотоэлементің сәулеленген бөлігінің ауданы $S, м^2$ кезіндегі ПӘК табу.

$S, м^2$ – есептелінеді:

$$S = S_{фотоэлемента} \cdot n, м^2,$$

мұнда $S_{фотоэлемента} = a \cdot b, м^2$, n – фотоэлементтер саны.

3.4.7 $\eta = f(E)_{R=const}$, $P = f(E)_{R=const}$ тәуелділік графиктерін тұрғызу.

3.4.8 Жұмыс бойынша қорытынды.

3.5 Есептеме мазмұны

Есептемеде қысқаша мына сұрақтар қарастырылу керек:

1) Жұмысты орындау тапсырмасы.
2) Қондырғының сипаттамасы және сұлбасы.
3) Параметрлерді өлшеу әдістері (жұмыстың орындалуы).
4) Зерттеуді орындау шарттары мен әдістері (жұмыстың орындалуы).
5) Бақылау журналы (кесте).
6) Тәжірибе нәтижесін өңдеу әдістері (формулалармен есептелуі).
7) Тәжірибені өңдеу нәтижесі (кесте).

8) Фотоэлемент сипаттамаларын тұрғызуға қажет есептеулер.
9) 3.2-3.5 кестелердегі сипаттамалар бойынша график.
10) Қорытынды.

4 Зертханалық жұмыс №4. Күн коллекторының сипаттамаларын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: жеке ғимараттарды жылумен жабдықтау үшін күн энергиясын қолдану, күн коллекторларының жылуөндірулігін есептеу әдісін меңгеру, күн коллекторларының нақты типін таңдауды және оларды автономды активті немесе пассисті жылумен жабдықтау жүйелеріне орнатуды үйрену.

4.1 Теориялық кіріспе

4.1.1 Күн энергиясы.

Күн радиациясы – бұл таусылмайтын экологиялық таза жаңғыртылатын энергия көзі.

Жер атмосферасының беткі қабатына жылына күн энергиясы ағынының $5{,}6\times10^{24}$ *Дж* келеді. Жер атмосферасы осы энергияның 35 % кері космосқа қайтарады, ал қалған энергияны жердің бетін қыздыруға, ауалық және теңіздік ағынның, мұхиттар мен теңіздердегі толқынның пайда болуына және желге жұмсайды.

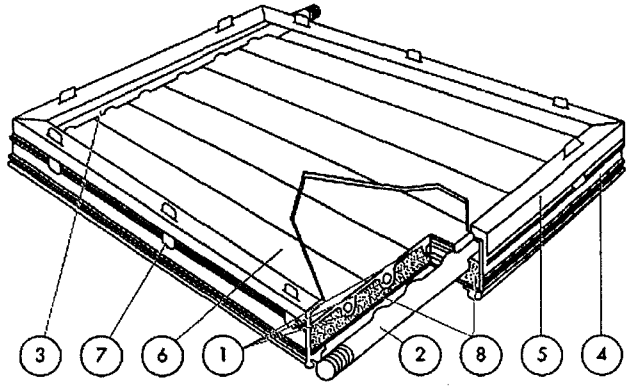
Жердің 1 $м^2$ бетіне 1 күнде түсетін күн энергиясының орташа жылдық мөлшері солтүстікте 7,2 $МДж/м^2$, ал тропикалық және ыстық аймақтарда 21,4 $МДж/м^2$.

Күн энергиясы жылулық, механикалық және электр энергиясына түрленеді, химиялық және биологиялық процестерде қолданылады. Күн қондырғылары тұрғын және қоғамдық мекемелерді жылыту және салқындату үшін, төмен, орташа және жоғары температураларда өтетін технологиялық процестерде қолданылады.

4.1.2 Автономды жылумен жабдықтау күн жүйесі.

Күн қондырғысының негізгі конструктивті элементі болып күн энергиясын жинақтайтын, оны жылуға түрлендіретін және суды, ауаны немесе кез келген басқа жылутасығышты қыздыратын коллектор табылады. Күн коллекторы екі типке бөлінеді – жазық және фокустаушы. Жазық коллекторларда күн энергиясы концентрациясыз, ал фокустаушыларда концентрациямен жұтылады, яғни түсетін радиация ағынының тығыздығының артуымен. Төмен температуралы гелиоқондырғылардағы коллекторлардың көп таралған түрі болып күн энергиясының жазық коллекторы (КЭК) табылады. Ол ыстық жәшік тәрізді жұмыс атқарады, оның жұмысын түсіну үшін көз алдымызға есіктері жабық автокөліктің салоны, мөлдір әйнектерінен түсетін күн сәулелерінен қалай қызатынын елестетейік, яғни салонды күн

сәулелерін жинақтағыш деп санауға болады. Жазық КЭК дайындау үшін, ең алдымен, қызған жылутасығыштың қозғалысын қамтамасыз ететін құбырлар қатарымен немесе каналдармен берік байланысы бар сәулесіңіруші бет қажет. Жылутасығыштарға арналған сәулесіңіретін жазық құбыр (канал) беттерінің жиынтығы біріңғай конструктивті элементті құрайды – абсорбер. Күн сәулесін жақсы сіңіру үшін абсорбердің беткі қабаты қара түске боялуы немесе арнайы жабындысы болуы керек.



1 – құбырлық регистр; 2,3 – коллекторлық құбырлар; 4 – күн коллекторының корпусы; 5 – бекіту бұрышы; 6 – әйнек; 7 – бекіткіш элемент; 8 – жылу оқшаулағыш.

4.1 сурет – Күн коллекторының жалпы түрі

4.1 суретте НПФ «Новые Технологии» құрастырған күн коллекторының (КК) жалпы түрі көрсетілген. Коллектордың жылуқабылдағыш панелі коррозияға төзімді алюминий қоспасынан жасалған балқытылған қабырғалы (плавниковыми ребрами) құбырлар регистрі түрінде жасалған.

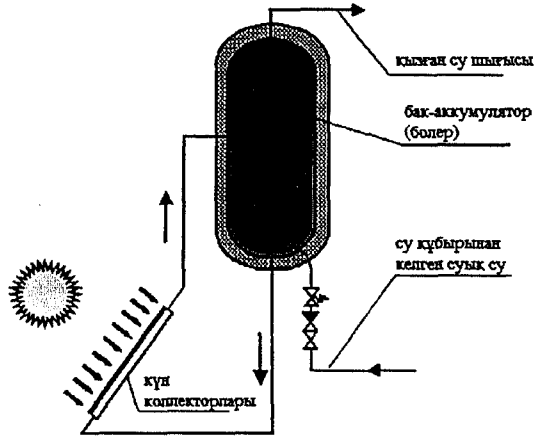
Күн коллекторы гидравликалық коллекторлардан 2, 3, профильденген алюминиден жасалған корпустан, жоғары эффективті жылу оқшаулағыштан тұрады. Бекіту бөлігінің ерекше конструкциясы әйнекті 6 орнатудың берік және қарапайым әдісін қамтамасыз етеді.

Алюминий қоспасынан жасалған жазық күн коллекторы (СК-1.1) 1991 жылдан бастап шығарылады. Күн коллекторларының жылу қабылдағышының ауданы 1,1 және 2,0 $м^2$ болып екі түрлі типте шығарылады. СК-1.1 типтегі бір коллектор Одессада шілде айында 80 *л* суды 55–60 °*С* дейін қыздыруға мүмкіндік береді.

4.2 Автономды жылумен жабдықтаудағы күн жүйелерінің классификациясы

4.2.1 Пассивті жүйе – 1.

4.2 – суретте бір тізбекті күндік ыстық сумен қамтамасыз ету жүйесі бейнеленген. Мұнда жылутасығыштың айналмалы қозғалысы пассивті түрде іске асады, яғни ерікті түрде ешбір сорғының көмегінсіз айналып жүреді. Суды тікелей қыздыруға арналған бір контурлы термосифонды жүйенің жұмысын қарастырайық.



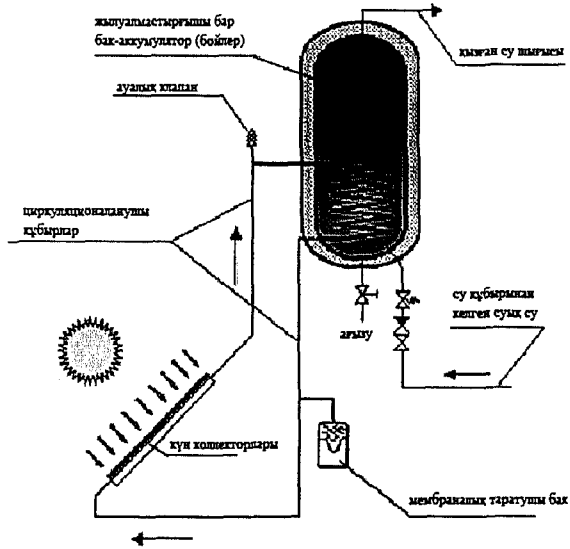
4.2 сурет – Ыстық сумен қамтамасыз ететін бір контурлы термосифонды күн жүйесінің қағидалық сұлбасы

Жүйенің коллекторлары, бак-аккумуляторлары және жалғағыш құбыр өткізгіштері суық сумен толтырылған. Күн сәулесі коллектордың мөлдір жамылғысынан (әйнегінен) өтіп оның жұтатын панелі мен оның аралығындағы суды жылытады. Қыздыру барысында судың тығыздығы азаяды және қызған сұйық коллектордың жоғарғы нүктесіне жылжи бастап және одан ары құбыр өткізгіш арқылы бак-аккумуляторға өте бастайды. Бактаға қызған су жоғарғы нүктеге өтеді, ал неғұрлым суық су бактың төменгі бөлігіне өтеді, яғни температураға байланысты судың қабатқа бөлінуі іске асады. Бактың төменгі бөлігінен неғұрлым суық су құбыр өткізгіш арқылы коллектордың төменгі бөлігіне өтеді. Осылайша, күн радиациясы жеткілікті болғанда, коллекторлық контурда жылдамдығы мен интенсивтілігі күн сәулесі ағынының тығыздығына тәуелді тұрақты циркуляция орнайды. Осындай жүйенің ерекшелігі болып термосифонды жүйе кезінде бак-аккумулятордың төменгі нүктесі коллектордың жоғарғы нүктесінен жоғары орналасуы керек

және ол коллектордан 3-4 метрден алыс болмауы керектігінде, ал жылутасымалдағышты сорғы арқылы айдағанда бак-аккумулятордың кез келген күйде бола беретіндігінде.

4.2.2 Пассивті жүйе – 2.

Оларға жылу тасығыштың екі контурлы пассивті айналымы бар жүйелер жатады. Екі контурлы термосифонды жүйенің жұмысын қарастырайық.



4.3 сурет – Ыстық сумен қамтамасыз ететін екі контурлы термосифонды күн жүйесінің қағидалық сұлбасы

Мұндай жүйенің жұмысы бірконтурлы жүйенің жұмысына ұқсас, бірақ жүйеде коллекторлардан, құбыр өткізгіштен және бак-аккумулятордағы жылуалмастырғыштан тұратын жекелеген тұйықталған коллекторлық контур болады. Бұл контурға арнайы жылутасымалдағыш (ережеге сай қатпайтын) құйылады. Коллекторда жылутасымалдағыш қызғанда жылуалмастырғыштың жоғарғы бөлігіне түседі, бактағы суға жылуын береді және суи отырып күн радиациясы болса тұрақты циркуляцияланып, коллектордың шығысына жылжиды.

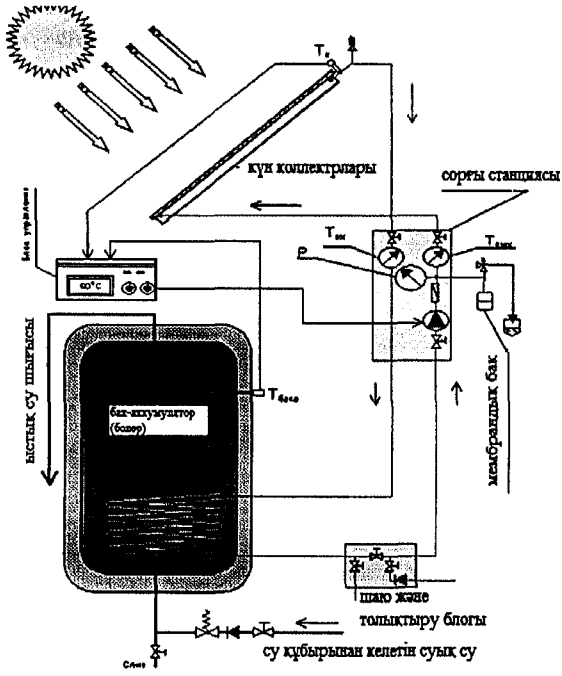
Бактың тұтастай қызуы күні бар ұзақ күнде біртіндеп іске асады, бірақ тұтынушыға суды алу неғұрлым қызған жоғары бөліктерден іске асады, ыстық сумен толық қызған кезге дейін іске асыруға болады.

Осындай жүйенің ерекшелігі болып термосифонды жүйе кезінде бак-аккумулятордың төменгі нүктесі коллектордың жоғарғы нүктесінен жоғары орналасуы керек және ол коллектордан 3-4 метрден алыс болмауы керектігінде, ал жылутасымалдағышты сорғы арқылы айдағанда бак-аккумулятордың кез келген күйде бола беретіндігінде.

4.2.3 Активті жүйе.

Жылутасымалдағышы активті жүйеде айналатын екі контурлы жүйені қарастырайық (4.4 сурет).

Мәжбүрлі циркуляциялы жүйелерде коллекторлық контурға циркуляциялық сорғы қосылады, бұл бак-аккумуляторды ғимараттың кез келген бөлігіне орналастыруға мүмкіндік береді.



4.4 сурет – Мәжбүрлі циркуляциялы ыстық сумен қамтамасыз ететін активті екі контурлы күн жүйесінің қағидалық сұлбасы

Жылутасымалдағыш қозғалысының бағыты коллектордағы табиғи циркуляцияның бағытымен сай келуі керек. Сорғыны қосу және ажырату коллекторлар мен бактардың шығысында орналасқан, температура датчиктерінің көрсетулерін салыстыратын дифференциалдық басқарушы реле түрінде болып келген электронды басқару блогы арқылы іске асырылады.

Коллекторлардағы температура бактағы судың температурасынан жоғары болғанда сорғы қосылады. Коллектор мен бактың арасындағы температураның тұрақты айырымын ұстай отырып сорғының суды айдауын және айналу жылдамдығын өзгертуге мүмкіндік беретін блоктар бар.

4.3 Күн қондырғысының жылуөндірулігін есептеу

Жылумен жабдықтаудың күн жүйесінің жылулық есептеуін дәл есептеу климаттық параметрлердің кездейсоқ тербелісіне және жүйе элементтерінің өзара қиын байланыстарының сипатына байланысты үлкен қиыншылыққа тап болады. Сондықтан көбіне ЭЕМ көмегімен гелиожүйені толық модельдеудің нәтижесін жалпылау мен жобаланушы жүйенің ұзақ мерзімді сипаттамасын алуға мүмкіндік беретін жеңілдетілген әдістер қолданылады. Ғимаратты ыстық сумен және жылумен қамдауға арналған күн қондырғысының жылулық есептеуінің жеңілдетілген әдісі оның негізгі параметрлерін: күн энергия коллекторының беттік ауданын А және жылу аккумуляторының көлемін V, сонымен қатар энергетикалық тиімділік сипаттамаларын – жылумен қамдаудың жылулық жүктемесінін жабудағы күн энергиясының жылдық мөлшерін және жылудың есептік жылдық үнемделуін анықтауға мүмкіндік береді.

Жазық күн энергия коллекторының (КЭК) жылулық қуаты (*Вт*):

$$Q_k = A\left[I_K\eta_0' - K_K'\left(T_{T1} - T_B\right)\right] = Gc_p\left(T_{T2} - T_{T1}\right), \quad (4.1)$$

мұнда A – КЭК беттік ауданы, $м^2$;

I_K – коллектор бетіне түсетін күн радиация ағынының тығыздығы, $Вт/м^2$;

η_0' – коллектордың тиімді жылулық ПӘК;

K_K' – коллектордың жылу шығынының жалпы коэффициенті, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

T_{T1}, T_{T2} – КЭК кірердегі және шығысындағы жылутасығыш температурасы, °С;

T_B – сыртқы ауа температурасы, °С;

G – КЭК-ғы жылутасығыштың массалық шығыны, *кг/с*;

c_p – жылутасығыштың меншікті изобаралық жылу сыйымдылығы, *Дж/(кг °С)*.

Күн энергия коллекторының меншікті орта айлық күндізгі жылуөндірулігі, күніне $МДж/м^2$:

$$q_k = E_k\eta_0'\left(I - aP + bP^2\right), \quad (4.2)$$

мұнда E_k – 1 $м^2$ КЭК беттік ауданына түсетін күн энергиясының орташа айлық күндізгі мөлшері, күніне $МДж/м^2$:

$$E_k = R \cdot E, \quad (4.3)$$

мұнда R – орта айлық күндізгі көлбеу және көлденең бетке түсетін күн радиациясының қатынасы. R – КЭК көкжиекке қатысты көлбеу бұрышқа тәуелді, *р, град., R* мәні 4.1 кестеде келтірілген.

Жылумен жабдықтаушы күн қондырғыларында қолданылатын КЭК негізгі түрлеріне арналған a және b коэффициентерінің шамасы 4.3 кестеде келтірілген.

$P = (T_{T1} - T_B)/K_я$ параметрі – күнделікті жердің көлденең бетіне және жер атмосферасының аймағынан тыс маңға түсетін күн радиациясының орта айлық мөлшерінің қатынасына тең болатын атмосфера айқындығының орта айлық коэффициенті, мұнда $K_я = E/E_0$. E – көлденең бетке түсетін орта айлық күндік қосынды күн энергиясының мөлшері, *МДж/(м² күніне)*; E мәні сыртқы ауа температурасы мен коллектордың географиялық орналасу орнының ендігіне байланысты зертханалық жұмысты орындауға арналған есептік программа қосымшасында берілген. Мысалға, Киев қаласы үшін (p = 50,5°с.ш.) E мәні 4.1 кестеде келтірілген.

4.1 кесте

Көрсеткіш	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
E	3,4	5,36	9,72	13,9	18,76	21,82	20,52	17,28	12,65	7,29	2,92	2,16
T	-6,1	-5,6	-0,7	7,2	14,3	17,6	18,8	17,7	13,7	7,2	1	-3,7

Берілген климаттық жағдайларда күн энергия коллекторының (КЭК) жылу өндірулігіне КЭК кірісіндегі жылутасығыш температурасы T_{TI} қатты әсер етеді. 47^0 солтүстік ендікте КЭК жазық бетіне түскен жылдық қосынды 4060 *МДж/м²* (сонымен қатар 1880 *МДж/м²* диффузалық күн сәуле шашырауы) күн энергиясы кезінде η_0=0,73 пен $K_к'$=4,5 *Вт/(м² К)* және көлбеу бұрышы β=50^0 болатын жылдық КЭК жылу өндірулігі $q_к^{жыл}$ жылутасығыштың КЭК кіріс температурасына T_{TI} байланысты келесі түрде өзгереді:

4.2 кесте

T_{TI}, ^{0}C	$q_к^{жыл}$, *МДж/м²*
10	2750
20	2320
30	1970
40	1650
50	1380
60	1150

Күн қондырғысының жылу өндірулігі, яғни белгілі уақыт аралығында (сағат, күн, ай, жыл) тұтынуыға келетін пайдалы жылу мөлшері, әрқашан күн коллекторы жылу өндірулігінен құбырдағы жылу шығыны шамасына аз болады. Құбыр коллекторды жылу аккумуляторымен, коллектор контурындағы жылуалмастырғыштармен және жылу тұтынушымен қосушы

рөлін атқарады. Бұл шығындарды үш шамамен – жылу шығыны коэффициенті (жылутасығыштан қоршаған ортаға жылу берілу) және құбырдың, жылу акумуляторының және т.б. бетік ауданы, сонымен қатар қоршаған орта (негізінен, сыртқы ауа) мен жылутасығыш температураларының айырымы арқылы анықтайды. Жылу шығыны коэффициентіне жылу оқшаулағыштың жылу өткізгіштік коэффициенті және қалыңдығы қатты әсер етеді. Сондықтан жылу шығынын азайту үшін барлық қызған беттер мұқият жылулық оқшауланған болуы керек.

4.3 кесте – КЭК негізгі түрлеріне арналған *a* және *b* коэффициенттері

КЭК түрі	η_0'	K_K'	$a \cdot 10^3$	$b \cdot 10^3$
НПК-1	0,78	8,0	10,7	29,3
НПК-2	0,73	4,6	6,9	12,7
СПК-1	0,75	5,5	7,9	16,4
СПК-2	0,7	3,5	5,6	8,7

Көбіне құбырлардағы жылу шығындары келесі формуламен есептеледі:

$$Q_{шыг}^{TP} = K_{шыг}^{TP} A_{TP} (T_T - T_{KO}), \qquad (4,4)$$

мұнда $K_{шыг}^{TP}$ – құбырлардағы жылу шығыны коэффициенті, $Вт/(м^2 \cdot °C)$;

A_{TP} – құбырдың беттік аданы, $м^2$;

T_T, T_{KO} – сәйкесінше, жылутасығыш және қоршаған орта температурасы, °С.

Күн су қыздырғыш қондырғылар жылына қалыпты ауа райында $250-350\ кВт \cdot сағ/м^2$ және ыстық ауа райында $600-700\ кВт \cdot сағ/м^2$ мөлшерде пайдалы энергия береді.

4.4 Зертханалық жұмыстың орындалу әдістемесі

Зертханалық жұмысты орындау үшін жылумен қамдаудың күн жүйелерінің негізгі түрлерін меңгеру керек. Зертханалық жұмыстың теориялық кіріспесінде жылумен жабдықтаудағы активті және пассивті күн жүйелерінің жұмыс қағидасы және сипаттамасы келтірілген. Зертханалық жұмыс екі сатыда жүргізіледі. Бірінші сатыда жүйе элементтерінің модулін қолдана отырып жылумен жабдықтаудағы активті және пассивті су жүйелерінің қағидалық сұлбасының электрондық нұсқасын келтіру керек. Тапсырма нұсқалары 4.4 кестеден оқытушы нұсқасы бойынша таңдалады.

Екінші сатыда берілген ыстық су жүктемесі бар нақты қалада орналасқан жеке ғимаратты жылумен қамдауға арналған күн коллекторының (КЭК) жылулық өндірулігі есептелінеді. Бұл есептеуді орындау үшін 4.3 бөлімде келтірілген әдістемені меңгеру қажет.

Күн қондырғысының жылулық өндірулігін есептеуге арналған программа Delphi 7 программалау тілінде құрастырылған. Есептеу программаны қосу үшін «Слонечные коллекторы.exe.» құжатын ашу керек.

4.4 кесте

№	Жылумен жабдықтаудың автономды күн жүйесінің түрін таңдау	Автономды ЖЖЖ орналасу қаласы	Ыстық судың тәуліктік тұтынылуы, $V_{ы.с}$ $м^3/күн$	Ыстық су температурасы, t_1, ^0C
1	Жылутасығыштың пассивті циркуляциясы бар ЫСҚ бір контурлы жүйесі	Алматы	1,5	
2	Жылутасығыштың пассивті циркулясы бар ЫСҚ екі контурлы жүйесі	Ашқабад	2,0	
3	Жылутасығыштың активті циркуляциясы бар ЫСҚ бір контурлы жүйесі	Баку	4	
4	Жылутасығыштың активті циркуляциясы бар ЫСҚ екі контурлы жүйесі	Ереван	1,8	
5	Жылутасығыштың пассивті циркуляциясы бар жылутудың бір контурлы жүйесі	Киев	1,6	
6	Жылутасығыштың пассивті циркуляциясы бар жылутудың екі контурлы жүйесі	Кишинев	2,2	
7	Жылутасығыштың активті циркуляциясы бар жылутудың бір контурлы жүйесі	Бішкек	2,4	
8	Жылутасығыштың активті циркуляциясы бар жылутудың екі контурлы жүйесі	Тбилиси	1,4	

5 Зертханалық жұмыс №5. Ғимараттарды автономды жылумен жабдықтау үшін жерден алынған төмен потенциалды жылу көзі бар жылу сорғысының жұмыс эффективтілігін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: «су-су» типті жылу сорғыларының жұмысымен және оның техника-экономикалық көрсеткіштерімен танысу; түрлі төсемдегі жер коллекторларының біріншілік контурының сипаттамаларын теориялық тұрғыдан анықтау және оларды таңдау; бу компрессиялық жылулық сорғының (БКЖСҚ) жылулық балансы мен энергетикалық сипаттамаларын анықтау және бір сатылы жылу сорғы қондырғысын P-h диаграммасын қолданып есептеу.

5.1 Теориялық мәліметтер

Жылулық сорғылар – дәстүрлі емес жаңғыртылатын энергия көздерінде (ДЖЭК) энергияны үнемдеу үшін қолданылатын жаңа технологиялардың бірі. Жылулық сорғылар (ЖС) 1831 жылдан бастап белгілі және бүкіл әлемдік энергетикалық комитеттің болжамы бойынша дамыған мемлекеттерде 2020 жылға дейін жылу энергиясын өндіруде жетекші орынға ие болады. Жылулық сорғылар АҚШ, Япония, Германия, Швеция, Швецария, Австрия мен Финляндияда мемлекеттерінде жарты ғасырдан астам уақыт бойы жұмыс істеуде. ЖС негізінде энергетикалық орталықтар құрылған, олардың қуаты орташа ЖЭО-ң қуатымен бірдей. Жылу сорғылары экологиялық таза, үнемді және ЖЭК монополистерінен технологиялық және финанстық тәуелсіздікті бере алады. Жылумен қамдау жүйесіне арналған суды дайындауға қолданылатын автономды жылу көздері ретінде жұмыс істейтін ЖС кең таралған. Жылулық сорғылардың электрлі суқыздарғыш қазандар орнына қолданылуы орта есеппен шығындардың төрт есе қысқаруына әкеледі. Отынның барлық түрінің бағасының өсуі ЖС бәсекеге жарамдылығын анық көрсетеді.

Жылулық сорғы кері термодинамикалық циклді қолдану негізінде жылу өндіретін қондырғыға жатады. Жылулық сорғыларды қолдану мақсаты – жылу өндіру үшін қазандар мен пештерде табиғи отынды тікелей жағудан бас тарту арқылы оны үнемдеу.

Қазіргі таңда қолданыстағы барлық жылулық сорғы қондырғылары (ЖСҚ) жұмыс ережелеріне сай компрессиялық, сорбциондық және термоэлектрлік болып бөлінеді.

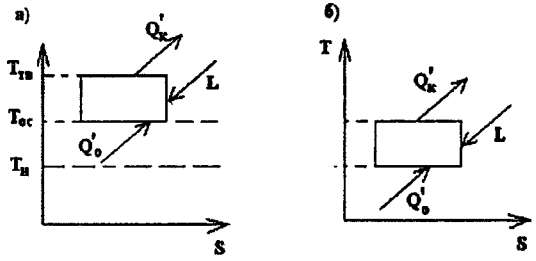
Компрессиялық ЖСҚ жұмыс ағентімен алынатын, түрлі орталардағы төмен температуралық жылулардың температуралық деңгейінің артуы жұмыс агентінің компрессорда механикалық сығылумен іске асады. Жұмыс агентінің түріне байланысты ауа компрессиялық және бу компрессиялық ЖСҚ белгілі.

Сорбциялық ЖСҚ жұмыс ағентімен алынатын, түрлі орталардағы төмен температуралық жылулардың температуралық деңгейінің артуы жұтылудың (сорбция) термохимиялық реакцияларымен іске асады. Термохимиялық реакциялар түріне байланысты абсорбционды және адсорбционды қондырғылар болып бөлінеді. Біріншісінде сорбция процесі абсорбенттің бүкіл көлемінде (сұйық және бу фаза шекарасында), ал екіншісінде – негізінен қатты фазада (мұз) орналасқан адсорбенттің беткі қабатында іске асады.

Термоэлектрикалық ЖСҚ Пельтье эффектісіне негізделген. Егер әртекті және бір-бірімен байланысқа металдар арқылы тұрақты электр тогын өткізетін болсақ, онда оң өткізгіштен теріс өткізгішке бағытталғанда байланысқан тұста (дәнекерленіп қосылған жерде) жылу бөліну іске асады, ал ток керісінше бағытталғанда – түрлі орталардың төмен температуралы жылулары жұтылады. Өткізгіштерге әкелінетін ток қуаты әсерінен бөлінетін жылудың температуралық деңгейі де өзгереді. Жартылай өткізгіш ЖСҚ жұмысы осы принципке негізделген.

Түрлі ұйымдардың жасалған зерттеулері жылу жабдықтауға қазіргі таңда ЖСҚ бу компрессиялық түрлерінің перспективі жоғары екенін көрсетті.

Бу компрессиялық ЖСҚ жұмысына толығырақ тоқталайық.



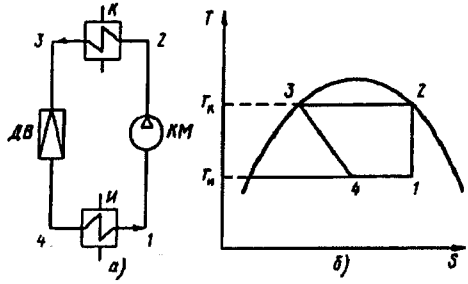
$T_В$ – температураның жоғары деңгейі; $T_Н$ – температураның төменгі деңгейі; $T_{ос}$ – қоршаған орта температурасы.

5.1 сурет – T-S диаграммадағы жылу сорғысының (а) және тоңазытқыш машинаның (б) термодинамикалық циклі

Жылулық сорғыда жұмыстық денеге $T_{ос}$ температуралық деңгейде Q'_0 жылуы әкелінеді және ол қажетті L жұмыс шығынымен $T_В$ жоғары температуралы $Q'_н$ жылуына түрлендіреді.

Кері циклмен жұмыс істейтін тоңазытқыш машиналар жылулық сорғыдан тек мақсаты мен температура деңгейі бойынша ерекшеленеді. Олар үшін қоршаған ортаның температурасы $T_{ос}$ жоғары температуралық деңгей болып табылады.

Жұмыс денесінің жағдайының өзгеруінің кері шеңберлік процестерінің (циклдер) термодинамикалық диаграммада көрсетілуі сағат тіліне қарсы бағытталады (5.1 сурет), ал жылу қозғалтқыштарының тура циклдері сағат тілімен бағыттас.



КМ – компрессор; К – конденсатор; ДВ – дроссельдік қондырғы; И – буландырғыш.

5.2 сурет – T-S диаграммадағы жылу сорғысының идеал қағидалық сұлбасы және оның шеңберлік процесі

Кері циклмен жұмыс істейтін тоңазытқыш машиналардан жылулық сорғылар мақсаты (объектіні салқындату емес қыздыру) мен сәйкесінше жұмыс температуралар шекарасымен ерекшеленеді. Егер тоңазытқыш машина жұмысы циклінде қоршаған орта температурасы жоғары температура деңгейі (жылуқабылдағыш температурасы) болса, онда жылу соргы циклінде – төменгі (жылу бергіш температурасы) болады. Бірақ жылу сорғылары мен тоңазытқыш машиналардың жұмыс принциптерінің және конструкциалық орындалуы, сонымен қатар жылу мен салқынды бір уақытта немесе кезекті алуға арналған модификациясының ұқсастықтары оларға жылу трансформаторлары (термотрансформаторлар) деген ортақ атақ берді.

Дымқыл буға арналған кері идеал Карно циклі келесі процестерден тұрады (5.2 сурет):

1-2 – компрессордағы сығылу жұмысының есебінен $T_и$ дымқыл ауаның температурасынан $T_к$ температурасына және энтальпияның i_1-ден i_2-ге дейін көтерілуімен жүретін буландырғыштағы қысымынан $p_и$ конденсатордағы қысымға $p_к$ дейін изоэнтропиялық сығылуы (S=const);

2-3 – изобаралық (p=const) және изотермиялық (T=const) конденсация, конденсатордағы жұмыстық денеден $q_к$ жылуды әкету нәтижесінде энтальпия i_2-ден i_3-ке дейін төмендейді;

3-4 – дросселдік клапанда ұлғаю жұмысының $l_{расш}$ нәтижесінде i_3-тен i_4-ке дейін төмендеуіне әкелетін буланғыш жұмыстық дененің $p_и$, $T_и$ күйіне дейін изоэнтальпиялық ұлғаюы;

4-1 – буландырғышта $q_и$ жылу әкелу нәтижесінде энтальпияның i_4-тен i_1-ге дейін ұлғаюымен жүретін изобаралық және изотермиялық булану.

Жылу сорғысының жылулық баланс теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$Q_0 + L = Q_к. \qquad (5.1)$$

Жылу сорғысының негізгі термодинамикалық сипаттамасы болып түрландіру коэффициенті табылады, ол конденсаторда берілген жылу мөлшерінің компрессорда жұмсалған жылу мөлшеріне қатынасы ретінде анықталады:

$$\varphi = Q_к / L = 1 + Q_0 / L. \qquad (5.2)$$

Идеал жылу сорғысы үшін түрлену коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$\varphi_{ид.} = T_к/(T_к - T_и), \qquad (5.3)$$

мұнда $T_к$ және $T_и$ – конденсациялану және булану температуралары.

Жоғарыда келтірілген қатынастан $T_к$ және $T_и$ арасындағы айырымды төмендеткенде түрландіру коэффициенті артатыны көрініп тұр, ал бұл жылу сорғысының қолдану тиімділігін арттырады. Демек φ әрқашан бірден жоғары болады.

Жылу қозғалтқыштарында жұмыс денесіне жоғарғы потенциал (жұмыс денесінің температурасы мен қысымы жоғары болғанда) жылуы беріледі және ол томен потенциал жылуы мен жұмысына айналады. Жылу сорғыларында жұмыс денесіне төмен потенциалды жылу беріледі (циклдің төмен

температуралық деңгейінде) және ол қажетті жұмыс шығыны болғанда жоғары потенциал жылуына түрленеді.

Жылудың төмен потенциал көзі ретінде тазартылған өндірістік және тұрмыстық пайдаланған су; технологиялық цикл сулары; жер, артезиандық, термальдық су жылуы; өзен, көл, теңіз, жылумен және сумен қамдау жүйелерінің сулары; түтін газдарын және кез келген басқа тасталатын жылу ағындарын тазартуда алынатын жылу бола алады.

Жылу сорғы қондырғысында тоңазытқыш машинаға қарағанда жылу ағынының бағытын өзгертетін арнайы реверсивті клапан бар. Біріншілік және екіншілік жұмыс контурларында қолданылатын жұмыс орта түрлеріне байланысты жылу сорғылары келесі түрлерге бөлінеді:

- «ауа-ауа» жылу сорғысы, екі контурда да жылутасығыш ретінде ауа қолданылады;

- «су-ауа» жылу сорғысы, бірінші контурда жылутасығыш ретінде су, ал екіншісінде ауа қолданылады;

- «су-су» жылу сорғысы, екі контурда да жылутасығыш ретінде су қолданылады. Бұл сорғы түрлерін Чиллер-қазан деп атауға да болады, реверсивті клапан бағытына байланысты қондырғы суды салқындата немесе қыздыра алады.

Жылу сорғылары – экологиялық таза компакті қондырғы. Жылу сорғылары тегін және қайта қалпына келетін жылу көздерін қолданады: төмен потенциалды ауа, жердің, технологиялық процестердің ақпа, жер асты, қатпайтын ашық сулар. Бұған электр энергиясы жұмсалады, бірақ алынған жылу энергиясының жұмсалған электр энергиясына қатынасы 3-тің 7-ге қатынасына сәйкес келеді.

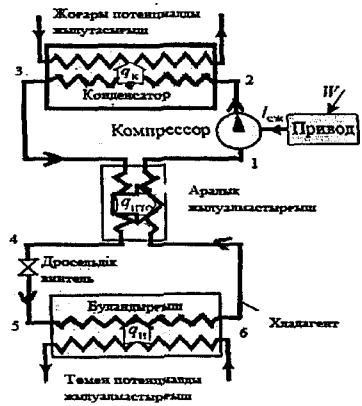
Дәлірек айтсақ, төмен температуралы жылу көзі -15-тен +15 °С дейін температурадағы қоршаған ауа, бөлмеден әкетілетін ауа (15–25 °С), жер асты (4–10 °С) және жер асты сулары (10 °С жоғары), көлдің және өзеннің (0–10 °С), беттік (0–10 °С) және тереңірек (20 м төмен) жер асты сулары (10 °С) бола алады.

Жерден төмен температуралы жылуды алудың екі тәсілі бар: 1,2–1,5 м тереңдіктегі орға немесе 20–100 м тереңдіктегі тік ұңғымаларға металлопластикалық құбырларды салу. Кей кездері құбырлар 2–4 м тереңдіктегі орларға спираль тәрізді салынады. Бұл ордың жалпы ұзындығын айтарлықтай үнемдейді. Беттік жердің максималды жылу беруі 50–70 кВт·сағ/м^{2}жылына тең. Орлар мен ұңғымалардың қызмет мерзімі 100 жылдан асады.

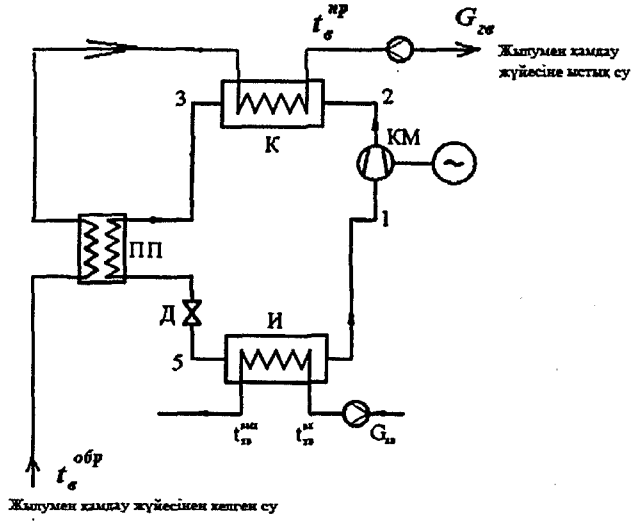
5.2 Бу компрессиялық жылу сорғы қондырғысының сұлбасын таңдау

Жылу сорғыларының нақты циклдерінде компрессор кірісіне сұйық қоспалары жоқ бу берілуі керек. Сондықтан бу компрессор алдында біршама аса қызған болу және 5.2 суреттегі 1 нүкте қанығу сызығының бойында және

сол жағында емес, ал 5.4 суретте көрсетілген секілді одан оң жақта болуы керек.



5.3 сурет – Жылуалмастырғышы бар жылу сорғысының блок сұлбасы



И – буландырғыш; КМ – компрессор; К – конденсатор; ПП – аралық салқындатқыш (регенеративті жылуалмастырғыш); Д – дроссельдік вентиль; 1,2,3,4,5 – шеңберлік процесстегі жұмыстық нүктелер.

5.4 сурет – Жұмыс процесінің сипаттамалық нүктелері бар БКЖСҚ жұмыс режимінің қағидалық сұлбасы

Конденсатор және дроссель арасындағы байланыстыру құбырларында үйкелістен туындайтын қысым құламасы фреонның біраз буланууына әкеледі. Егер дроссель кірісіне бусулық қоспа келсе оның жұмыс эффективтілігі төмендейді. Сондықтан конденсатордан кейін 3 нүкте қанығу сызығының бойында емес, ал оның сол жағында орналасатындай сұйықты қосымша салқындатады (5.2 сурет). Сонымен қатар ол жылу сорғысының жұмысын жақсартады, себебі буландырғышқа келетін будың мөлшерін азайту арқылы циклдегі фреонның ынғынын азайтады.

Фреон мен ыстық жылутасығыш арасындағы температура тегеурінінің жоғары болуын талап ететіндіктен конденсаторда сұйықты қайта салқындату мүмкін емес. Салқын жылутасығыштың температурасын өзгертуге болмайтындықтан буландырғыштағы будың аса қызуы іске аспайды, сондықтан аса қызу үшін булану температурасын төмендету қажет, демек компрессордағы қысымның жоғарлау дәрежесін ұлғайту керек.

Сұйықтың қайта салқындауын және будың аса қызуын қосымша аралық жылуалмастырғышта біріктіреді, мұнда конденсатордан шыққан ыстық фреон буландырғыштан келген суық фреонды қыздырады (5.3 сурет).

Сондықтан конденсатордан кейін орналастырылатын аралық жылуалмастырғыш – қайта салқындатқышы бар бу компрессиялық жылу сорғы қондырғысының сұлбасы таңдалады. Бұған, сонымен қатар, жылумен қамдау жүйесіне арналған жылу тасығыштың жылу сорғысының кірісі мен шығысындағы температуралар айырымы әсер етеді.

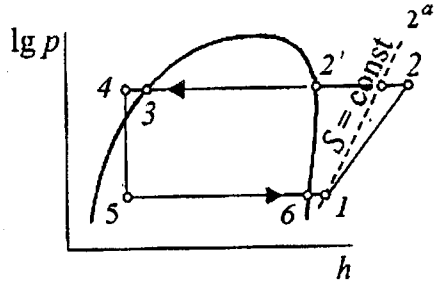
5.3 БКЖСҚ жылулық балансы мен энергетикалық сипаттамаларын есептеу және lgP-h диаграммасында бір сатылы жылу сорғы қондырғы циклін тұрғызу

Циклді lgP-h диаграммасында тұрғызу үшін буланудың t_0, конденсацияланудың $t_к$, сорылудың $t_{вс}$ есептік температураларын анықтаймыз.

Бір сатылы бу компрессиялық жылу сорғы қондырғысының циклін тұрғызу келесі кезекте жүреді: lgP-h диаграммасында қондырғының жұмыстық режимін анықтайтын t_0, $t_к$, $t_{вс}$, $t_{по}$ изотермалары тұрғызылады; t_0, $t_к$ температуралары бойынша P_0 және $P_к$ изобаралары табылады; 1,2,2′,3,4,5,6 процестерінің сипаттамалық нүктелерінің орны қондырғы циклі тұратын процестермен анықталады.

Жұмыс агентінің булану температурасы келесі формуламен анықталады:

$$t_0 = t_{н2} - \Delta t_и . \qquad (5.4)$$



5.5 сурет – Қондырғының lgP-h диаграммасындағы жұмыстық циклі

Жұмыс агентінің конденсациялану температурасы келесі формуламен анықталады:

$$t_к = t_{в1} + \Delta t_к . \qquad (5.5)$$

lgP - h диаграммасын қолдана отырып сұлбаның келесі сипаттамалық нүктелеріндегі оның параметрлерін табамыз:

1 нүктедегі жұмыстық дененің (ЖД) параметрлері: температура $t_1 = t_0 + \Delta t_{no}$, қысым $P_1 = P_6$, яғни изотерма бойынша анықталады (5-6). 1 нүктедегі басқа параметрлерді (h_1, S_1, ν_1 – жұмыс денесінің буының меншікті көлемі) термодинамикалық сипаттамалар кестесінен қанығу сызығынан немесе берілген фреонның lgP-h диаграммасынан анықталады.

2 нүктедегі ЖД параметрлері: $P_2=P_3$, 2 нүктедегі басқа параметрлер бір фазалық аумақтағы термодинамикалық сипаттамалар кестесінен немесе lgP-h диаграммасы бойынша анықталады. $P_{2^a} = P_2$; $S_{2^a} = S_1$; P_2 және S_2 бойынша бір фазалық аумақтағы термодинамикалық сипаттамалар кестесінен h_{2^a} және t_{2^a} табылады.

3 нүктедегі ЖД параметрлері: $t_3 = t_к$, бұл аймақта изотерма мен изобара сәйкес келетіндіктен P_3 қысымы t_3 изотермасы бойынша анықталады. 3 нүктедегі басқа параметрлер (h, S) термодинамикалық сипаттамалар кестесінен қанығу сызығынан немесе lgP-h диаграммасынан анықталады.

4 нүктедегі ЖД параметрлері: $t_4 = t_{no} + \Delta t_{no}$, °C. P_4 қысымы t_4 изотермасы, ал басқа термодинамикалық сипаттамалар кестесінен қанығу сызығынан анықталады.

5 нүктедегі ЖД параметрлері: $t_5 = t_0$; P_5 қысымы t_5 изотермасы, ал басқа параметрлері термодинамикалық сипаттамалар кестесінен қанығу сызығынан немесе lgP-h диаграммасынан анықталады:

$$t_5 = t_6; \quad P_5=P_6; \quad h_4 = h_5 .$$

5 нүктедегі ЖД параметрлері t_6 бойынша термодинамикалық сипаттамалар кестесінен қанығу сызығынан (сол шекаралық сызық) анықталады.

6 нүктедегі ЖД параметрлері: $t_6 = t_5$, °С. Қысым және басқа параметрлер термодинамикалық сипаттамалар кестесінен қанығу сызығынан немесе $t_5 = t_6$, P_5=P_6 болғанда lgP-h диаграммасынан анықталады.

Компрессордың ішкі адиабатты ПӘК η_i кезіндегі компрессор шығысындағы жұмыстық дене энтальпиясы:

$$h_2 = h_1 + \frac{l_a}{\eta_i} = h_1 + \frac{h_{2a} - h_1}{\eta_i}, \frac{кДж}{кг}. \quad (5.6)$$

Компрессордың ішкі жұмысы:

$$l_в = h_2 - h_1, \frac{кДж}{кг}. \quad (5.7)$$

Буландырғыштың меншікті жылулық жүктемесі:

$$q_0 = h_1 - h_5, \frac{кДж}{кг}. \quad (5.8)$$

Конденсатордың меншікті жылулық жүктемесі:

$$q_к = h_2 - h_3, \frac{кДж}{кг}. \quad (5.9)$$

Салқындатқыштың меншікті жылулық жүктемесі:

$$q_{по} = h_3 - h_4, \frac{кДж}{кг}. \quad (5.10)$$

Қондырғының энергетикалық балансы:

$$q = l_в + q_o = q_к + q_{по}, \frac{кДж}{кг}. \quad (5.11)$$

Жұмыстық дененің массалық шығыны:

$$G = \frac{Q}{(q_к + q_{по})}, \frac{кг}{с}. \quad (5.12)$$

Компрессордың көлемдік бу өндірулігі:

$$V_1 = G \cdot v_1, \frac{м^3}{с}. \quad (5.13)$$

Буландырғыштың есептік жылулық жүктемесі:

$$Q_o = q_o \cdot G, кВт. \quad (5.14)$$

Салқындатқыштың есептік жылулық жүктемесі:

$$Q_{по} = q_{по} \cdot G, кВт. \quad (5.15)$$

Компрессордың электромеханикалық ПӘК $\eta_{эм}$ есепке ала отырып, компрессордың жұмысын анықтаймыз:

$$l_{км} = \frac{l_в}{\eta_{эм}}, \frac{кДж}{кг}. \quad (5.16)$$

Жылу өндіруге кететін электрэнергиясының меншікті шығыны:

$$э_{т.н} = \frac{l_{км}}{q_к + q_{по}}. \quad (5.17)$$

Компрессордың электрлік қуаты:

$$N_э = l_{км} \cdot G, \ кВт. \quad (5.18)$$

Түрлену коэффициенті КОП:

$$\mu = \frac{q_к + q_{по}}{l_{км}} = \frac{1}{э_{т.н}}. \quad (5.19)$$

Төмен температуралы жылубергіштің орташа температурасы:

$$T_{н.ср} = \frac{t_{н1} + t_{н2}}{2} + 273, \ K. \quad (5.20)$$

Алынған жылудың орташа температурасы:

$$T_{в.ср} = \frac{t_{по} + t_{в1}}{2} + 273, K. \quad (5.21)$$

Жылудың потенциалмен жұмыс қабілеттілік коэффициенті $T_{в.ср}$:

$$(\tau_q)_в = 1 - \frac{T_{о.ср}}{T_{в.ср}}, \quad (5.22)$$

мұнда $T_{о.ср}$ – қоршаған орта температурасы, K.

Бу компрессиялық жылу сорғы қондырғысының пайдалы әсер коэффициенті:

$$\eta = \frac{(q_к + q_{по})(\tau_q)_в}{l_{км}}. \quad (5.23)$$

Салқындату коэффициенті:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_{км}}. \quad (5.24)$$

5.1 кесте – Процестің сипаттамалық нүктелеріндегі хладагент параметрлері

Нүктелер нөмірі	Температура, ^{0}C	Қысым, МПа	Энтропия, кДж/(кг*К)	Энтальпия, кДж/кг	Меншікті көлем, м^3/кг	Құрғақтық дәрежесі
1						
2						
2′						
3						
4						
5						
6						

ЖСҚ термиялық ПӘК-і:

$$\eta_T = \frac{q_0}{q_0 + l_{км}}. \quad (5.25)$$

ЖСҚ жалпы ПӘК-і:

$$\eta_{ТНУ} = \mu\eta_{эм}\eta_i\eta_т . \quad (5.26)$$

1, 2, 3, 4, 5, 6 термадинамикалық цикл нүктелеріндегі жұмыс денесінің параметрлері 5.1 кестеге толтырылады.

5.4 Қазандықпен салыстырғандағы ЖСҚ жұмыс эффективтілігін анықтау

Отын шығынының үнемділігін бағалау.

Ол үшін жылу көзі ретінде қазандықты және ЖСҚ қолданатын автономды жылумен жабдықтау жүйесінде жылуды өндіруге қажетті шартты отынның меншікті шығыны анықталады.

а) қазандықтағы шартты отынның меншікті шығыны:

$$в_к = \frac{1}{Q^p_{нут}\eta_к} = \frac{1}{7000 * 4{,}19 * 10^{-6} * 0{,}8} = 42{,}73 \text{ кг шо / ГДж} , \quad (5.27)$$

мұнда $Q^p_{нут}$ – шартты отынның жану жылуы, $Q^p_{нут} = 29300\frac{кДж}{кг}$;

η_t – автономды қазанның брутто ПӘК-і, $\eta_к$=0,9 деп қабылданады;

б) ЖСҚ жұмыс істеуіне қажетті шартты отынның меншікті шығыны ЖЭС өндірілетін және оның компрессорын іске қосуға қажетті элетрэнергиясының электр беріліс жолына (ЭБЖ) берілетін шығынымен анықталады:

$$в_{ТНУ} = \frac{1}{Q^p_{нут}\eta_{ТЭС}\eta_{ЛЭП}G}, \quad (5.28)$$

мұнда $\eta_{ТЭС}$ – Электрэнергиясын өндіруге қажетті ЖЭС ПӘК-і, $\eta_{ТЭС}$=0,3;

$\eta_{ЛЭП}$ – ЭБЖ электр жеткізу желі ПӘК-і, $\eta_{ЛЭП}$=0,85.

Автономды жылумен жабдықтау жүйесінде екі режимде жұмыс істегенде отын шығынының экономдығын бағалау экономдалған шартты отынның меншікті мөлшерін пайыздық қатынаста табуға мүмкіндік береді:

$$\Delta в = \frac{в_к - в_{ТНУ}}{в_к} \cdot 100 \text{ ,\%.} \quad (5.28)$$

5.5 Зертханалық жұмысқа тапсырма

1. Q_{wp} *кВт* жылуөндіруліктегі бір контурлы бу компрессиялық жылу сорғысының бірінші контурының жұмысын түсіндіру. Төмен потенциалды жылу көзі – 5.2 кестеде көрсетілген түрлі сипаттамалары бар жер.

2. Жылу сорғы қондырғысының энергетикалық сипаттамалары мен жылу балансын анықтау және түрлену коэффициентінің конденсация температурасына байланысын график жүзінде тұрғызу және қондырғы жұмысына байланысты тұжырымдама жасау қажет.

Төмен потенциал суының буландырғыш кірісіндегі $t_{н1}$, шығысындағы $t_{н2}$ температурасы 5.2 кестеде көрсетілген. Аралық салқындатқыш кірісіндегі жергілікті су (яғны, жылыту жүйесінде циркуляциаланатын) – $t_{п.о}$ және конденсатор шығысындағы $t_{в.1}$ температуралар, буландырғыштағы $\Delta t_и$, аралық салқындатқыштағы $\Delta t_{по}$ және конденсатордағы $\Delta t_к$ соңғы температуралар айырымы 5.2 кестеден алынады. БКЖСҚ арналған хладагент жайлы бастапқы мәліметтері 5.3 кестеден алынады.

Компрессордың ішкі адиабаттық және электромеханикалық ПӘК-і сәйкесінше η_i=0,8 и $\eta_{эм}$=0,9 тең.

3. ЖСҚ шартты отында жұмыс істейтін қазандықпен салыстырғандағы жұмыс эффективтілігін анықтау керек.

5.2 кесте – БКЖСҚ есептеуге арналған бастапқы мәліметтер

№	ЖСҚ қуаты Q_{wp}, кВт	$t_{н1}$, ^{0}C	$t_{н2}$, ^{0}C	$t_{п.о}$, ^{0}C	$t_{в.1}$, ^{0}C	$\Delta t_и$, ^{0}C	$\Delta t_{по}$, ^{0}C	$\Delta t_к$, ^{0}C	Төмен потенциалды жылу көзі: жер
1	16	10	6	45	55	2,5	10	5	ылғалды саз
2	22	12	7	45	55	8	10	5	құрғақ құм
3	26	8	6	40	55	4	10	5	құрамында суы жоғары саз
4	35	7	1	30	55	3	10	5	құрғақ шөгінді жыныстар
5	40	6	2	40	55	5	10	5	тасты жер және сумен қаныққан шөгінді
6	45	5	1	45	55	4	10	5	жоғары жылуөткізгішті тасты жер

5.3 кесте – БКЖСҚ арналған хладагенттің бастапқы мәліметтері

Нұсқа	1	3	3	4	5	6
Хладагент түрі	R-22	R-113	R-134A	R-114	R-141 B	R-142A

1 қосымшасы

1 кесте – Күн коллекторын таңдау

№	1	2
Үлгі	Sunstar 2,1	Sunstar XL 6,3
Өлшемдері, мм	2006×1066×95	3140×2011×95
Жылу қабылдағыш	TiNOX	TiNOX
Жылуалмастырғыш ауданы, $м^2$	1,91	5,8
Орташа жылдық жылуөндірулігі, кВт/$м^2$а	507	507
ПӘК, %	82,6	82,6

№	Үлгі	Түрі	Жай қалыптағы максимал температурасы, ^{0}C	Жұмыстық артық қысым, бар	Жылуалмастырғыш ауданы, $м^2$
3	Vitosol 100	s/w1.7	213	6	1,7
4	Vitosol 100	s/w2,5	211	6	2,5
5	Vitosol 100	5DI	185	6	5
6	Vitosol 200	D30	300	6	3
7	Vitosol 300	H30	150	6	3

21700000357620

1 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2010. – 232 с.

2 Теплотехника: Учебник для вузов / Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. – М.: Высш. шк., 2003. – 671 с.

3 Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 2011.

4 Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 80 с.

5 Трубаев П.А., Гришко Б.М. Тепловые насосы: Учебное пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шуховцова, 2009. – 142 с.

6 Тлеуов А.Х. Нетрадиционные источники энергии. – М.: Фолиант, 2009. – 248 с.

Мазмұны

1 Зертханалық жұмыс №1. Желэлектр қондырғысының физикалық моделін зерттеу 3
2 Зертханалық жұмыс №2. Жел генераторының қозғалысқа шығу жылдамдығының өзгеруі 8
3 Зертханалық жұмыс №3. Күн батареясының сипаттамасын зерттеу 10
4 Зертханалық жұмыс №4. Күн коллекторының сипаттамаларын зерттеу 18
5 Зертханалық жұмыс №5. Ғимараттарды автономды жылумен жабдықтау үшін жерден алынған төмен потенциалды жылу көзі бар жылу сорғысының жұмыс эффективтілігін зерттеу 26
1 қосымшасы 38
Әдебиеттер тізімі 39

Сауле Кианбековна Абильдинова
Аяулым Конусбековна Яманбекова

ЭНЕРГИЯНЫҢ ДӘСТҮРЛІ ЕМЕС ЖӘНЕ ҚАЙТА ЖАҢАРТУ КӨЗДЕРІ

5В071700 – Жылу энергетикасы мамандығы студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова
Стандарттау бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

Басуға 28 03 17 қол қойылды
Таралымы 25 дана
Көлемі 2,44 есептік-баспа табақ

Пішімі 60х84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс Бағасы 1220 теңге
109

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126