

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі
А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті
Электроэнергетика кафедрасы



Т.И.Глушенко
Т.В.Белыч
Г.А.Хабдуллина

ДӘСТҮРЛІ ЕМЕС ЖӘНЕ ЖАҢАР ТЫЛАТЫН ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ
ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Оқу кітабы

Қостанай, 2021

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі

**А.Байтұрсынов атындағы
Қостанай өңірлік университеті**

Электрэнергетика кафедрасы

**Т.И.Глуценко
Т.В.Бедыч
Г.А.Хабдуллина**

**ДӘСТҮРЛІ ЕМЕС ЖӘНЕ ЖАҢАРТЫЛАТЫН
ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ**

Оқу құралы

Қостанай, 2021

УДК 621.31 (075.8)

ББК 31.25я73

Г 55

Рецензенттер:

Баймухамедов Малик Файзулович, техника ғылымдарының докторы, академик З.Алдамжар атындағы Қостанай элеуметтік-техникалық университетінің ғылыми жұмыстар және халықаралық байланыстар жөніндегі проректоры

Шаяхметов Амангельды Булатович, техника ғылымдарының кандидаты, профессор, М.Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университетінің ғылым және инновация жөніндегі проректоры

Кошкин Игорь Владимирович, техника ғылымдарының кандидаты, А. Байтұрсынов атындағы ҚӨУ Электр энергетикасы кафедрасының доценті

Авторлар:

Глушенко Татьяна Ивановна, экономика ғылымдарының кандидаты

Бедыч Татьяна Витальевна, техника ғылымдарының кандидаты

Хабдуллина Гульдана Абдухалыковна, магистр технических наук

Г55 Глушенко Т.И.

Дәстүрлі емес және жаңартылатын энергетиканың теориялық негіздері.

Білім беру бағдарламасына арналған оқу құралы 7М07101 –

Электрэнергетика – Қостанай, 2021. - 142 бет

ISBN 978-601-356-088-5

Оқу құралында электр және жылу энергиясын алу үшін күн, жел, су және биомасса энергиясын түрлендіру туралы теориялық материал бар. Өр түрлі энергия сақтау құрылғылары келтірілген. 7В07101 - Электр энергетикасы білім беру бағдарламасына арналған; ол жоғары оқу орындарының оқытушыларына жаңартылатын энергия көздері бойынша оқу сабақтарын өткізу кезінде ұсынылуы мүмкін.

УДК 621.31 (075.8)

ББК 31.25я73

А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университетінің Оқу-әдістемелік кеңесімен бекітілген және баспаға ұсынылған, 30.11.2021 ж., № 7 хаттама.

ISBN 978-601-356-088-5

© Глушенко Т.И., 2021

© Бедыч Т.В., 2021

© Хабдуллина Г.А., 2021

Мазмұны	бет.
Кіріспе	5
1 тақырып Күн энергиясы	6
1.1 Жалпы теориялық мәліметтер	6
1.2 Күн элементі	8
1.3 Күн элементі материалдары	10
1.4 Күн элементінің бос және қысқа тұйықталу режимдері... ..	16
1.5 Күн батареясының Вольт-амперлік сипаттамалары.....	19
1.6 Күн батареяларымен автономды электрмен жабдықтау жүйесі	21
1.7 Күн жылумен жабдықтау жүйелері	24
1.8 Концентраторлар.....	38
1.9 Күн электростанциялары	40
2 – тақырып Жел энергиясы	42
2.1 Жел энергиясын электр энергиясына түрлендіру принципі	42
2.2 ЖЭҚ-нің әрекет ету принципі және жіктелуі	43
2.3 Жел энергетикалық қондырғының бос жүрістегі және жүктемеде жұмыс істеуі	46
2.4 Жел энергетикалық қондырғысы жел тартқыштарының страгирлеу жылдамдығы	49
3-тақырып Потенциалдығы төмен жылу	57
3.1 Жылу сорғысының циклы	57
3.2 Жылу сорғыларының түрлері.....	60
3.2.1 Пельтье эффектіндегі жылу сорғылары.....	61
3.2.2 Буландыратын компрессиялық жылу сорғылары.....	63
3.2.3 Буландырғыш абсорбциялық (диффузиялық) жылу сорғылары	66
3.2.4 Құйынды жылу сорғылары.....	69
3.3 Сыртқы температура өзгерген кездегі Стирлинг қозғалтқышының жұмысы.....	71
4-тақырып Биомасса энергиясы	79
4.1 Биоресурстардың ерекшеліктері.....	79
4.2 Биогаз алуға арналған шикізат.....	81
4.3 Биомассадан энергия алу технологиялары.....	83
4.3.1 Жылу алу үшін биотынды жағу.....	84
4.3.2 Өсімдік материалдардың ыдырату және газдандыру... ..	90
4.3.3 Өсімдік материалдарының гидролизі.....	94
4.3.4 Спирттік ферменттеу (ашу).....	95
4.3.5 Анаэробты ашыту арқылы биогаз алу.....	97
4.4 Қатты және тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу және пайдалану	102

4.5 Қатты қалдықтарды қайта өңдеу технологиясының түрлері	103
5 – тақырып Су энергиясы	110
5.1 Шағын және микро СЭС.....	110
5.2 Гидроэлектр станциялар құрылғысы.....	113
5.3 Гидрогенераторлар.....	116
6-тақырып Энергия жинақтауыштар	118
6.1 Энергия жинақтауыштарын пайдаланудың қажеттілігі....	118
6.2 Энергия жинақтауыш жүйелері.....	120
6.2.1 Механикалық жинақтауыштар.....	121
6.2.2 Электрлі, электромагнитті жинақтауыштар.....	124
6.2.3 Электрохимиялық жинақтауыштар	130
6.2.4 Отын энергиясын жинақтау.....	136
6.2.5 Химиялық жинақтауыштар.....	137
Қорытынды.....	140
Қолданылған әдебиеттер тізімі.....	141

Кіріспе

«Дәстүрлі емес және жаңартылатын энергияның теориялық негіздері» пәнін оқып үйренудің және Қазақстандағы жаңартылатын энергия көздерін қарастырудың маңыздылығы табиғи ресурстардың сарқылуымен, энергетикалық жабдықтардың тозуымен, экологиялық және әлеуметтік аспектілерімен байланысты белгілі бір алғышарттарға ие. Қазақстан Республикасы жаңғыртылатын энергетика ресурстарының, әсіресе жел мен Күн радиациясының, шағын өзендер мен тау бұлақтарының энергиясының жоғары әлеуетіне ие. Сондай-ақ, энергия көзі ретінде ауылшаруашылық қалдықтарын жанғыш Биогаз және жердің төмен потенциалдық энергиясын алу үшін пайдалануға болады.

"Дәстүрлі емес және жаңартылатын энергетиканың теориялық негіздері" курсы халық шаруашылығының нақты салаларында энергетикалық ресурстарды тиімді пайдаланудың арнайы мәселелерін әрі қарай зерттеу үшін негіз болып табылады.

Осы оқу құралы 7B07101 "Электр энергетикасы" білім беру бағдарламасының магистранттарына арналған. Оқу құралында электр және жылу энергиясын алу үшін күн, жел, су және биомасса энергиясын түрлендіру туралы теориялық материал бар. Әр түрлі энергия сақтау құрылғылары келтірілген.

Оқу құралының материалы жарық энергиясы мен жел энергиясын электр және жылу энергиясына түрлендірудің негізгі әдістерін; төмен әлеуетті жылуды (жылу сорғыларын) пайдалану әдістерін қамтиды); кіші өзендерге арналған гидроэнергетикалық қондырғыларды, биогаз алу және энергия жинақтау технологияларын қолдануды қарастырады.

1 Күн энергиясы

1.1 Жалпы теориялық мәліметтер

Күн – Жердегі тіршіліктің болуын қамтамасыз ететін негізгі энергия көзі. Күннің белсенді ядросындағы ядролық синтез реакцияларына байланысты температура 107 к дейін жетеді, сонымен бірге Күн бетінде шамамен 6000 к температура болады. Электромагниттік сәулелену арқылы күн энергиясы ғарыш кеңістігінде беріліп, жер бетіне жетеді. Жердің бүкіл беті Күннен шамамен $1,2 \cdot 10^{17}$ Вт қуат алады. Бұл энергияның бір сағаттан аз уақыт ішінде бүкіл әлем халқының энергетикалық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жеткілікті болатындығына тең. Жерге түсетін күн сәулесінің максималды тығыздығы шамамен 1 кВт/м^2 құрайды. Елді-мекендер үшін орналасқан жеріне, тәулік уақытына және ауа-райына байланысты күн энергиясының ағындары күніне 3-тен 30 МДж/м^2 -ге дейін өзгереді.

Орташа алғанда, жайлы өмір сүру жағдайларын жасау үшін бір адамға шамамен 2 кВт энергия немесе күніне шамамен 170 МДж энергия қажет. Егер күн энергиясын тұтынуға ыңғайлы 10% пішінге және күніне 17 МДж/м^2 күн энергиясының ағынына айналдыру тиімділігі қабылданса, онда бір адамға қажет энергияны жер бетінің 100 м^2 ауданынан алуға болады. Қалалардағы орташа халық тығыздығы 500 адам болса, бір адамға 1 км^2 -ге 2000 м^2 жер бетінен келеді. Осылайша, осы аймақтың тек 5% - ы күн энергиясының есебінен адамның энергетикалық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жеткілікті.

Күн радиациясын сипаттау үшін келесі негізгі шамалар қолданылады.

Сәулелену ағыны - ерікті бет арқылы бір секундта электромагниттік толқындар өткізетін энергияға тең шама. Сәулелену ағынын өлшеу бірлігі - $\text{Дж/с} = \text{Вт}$.

Сәулелену ағынының тығыздығы (энергетикалық жарықтануы) - сәулелену ағынының ол біркелкі сәулелейтін беттің ауданына қатынасына тең шама. Сәулелену ағынының тығыздығын өлшеу бірлігі - Вт/м^2 .

Жер атмосферасынан тыс оған перпендикуляр аймаққа түсетін күннен сәулелену ағынының тығыздығы **S күн константасы** деп аталады, ол 1367 Вт/м^2 құрайды.

Жарық ағыны. Жарық ағыны – бұл адамның көзіне әсер етуімен бағаланатын сәуле ағыны. Адам көз неодинаково бейім ағындар жарықтың әртүрлі динами толқындар. Әдетте күндізгі жарықта көз толқын ұзындығы 555 нм болатын жарыққа өте сезімтал.

Сондықтан бірдей қуатты сәулелену ағындары, бірақ әртүрлі толқын ұзындығы адамдарда әртүрлі жарық сезімдерін тудырады. Жарық ағынын адам көзімен қабылдау тұрғысынан өлшеу бірлігі (жарықтық) - люмен (лм). 1 лм ақ жарықтың жарық ағыны $4,6 \times 10^{-3} \text{ Вт}$ (немесе 1 Вт=217 лм).

Жарықтандыру - бетіне түсетін жарық ағынының осы беттің ауданына қатынасына тең шама. Жарық 1 л =1 лм/м² люкстерде (лк) өлшенеді. Ақ жарық үшін 1 лк = $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м}^2$ (немесе 1 Вт/м² =217 лк) (1.1 – кесте).

1.1 – кесте. Әр түрлі көздерден жасалған жарықтандыру

Көздері	Жарықтандыру, лк	Жарықтандыру, Вт/м ²
Түскі уақыттағы күн сәулесі (орта ендік)	100000	460
Қыста күн сәулесі	10000	46
Жазда бұлтты аспан	5000-20000	23-92
Қыста бұлтты аспан	1000-2000	4,6-9,2
Жарық бөлмеде шашыраңқы жарық (терезе жанында)	100	0,46
Оқуға қажетті жарықтандыруды жасайтын шамдар	30-50	0,14-0,23
Жер бетін сәулелендіретін толық ай	0,2	$0,92 \cdot 10^{-3}$

Жарықтандыруды өлшеуге арналған құрылғылар **люксметрлер** деп аталады.

Күн энергиясының үлкен әлеуетіне байланысты оны адамдардың қажеттіліктері үшін мүмкіндігінше тікелей пайдалану өте қызықты.

Бұл жағдайда күн энергиясын пайдалануда ең көп таралған электр энергиясына тікелей түрлендіру ең оңтайлы болып көрінеді.

Бұл фотоэлектрлік эффект сияқты физикалық құбылысты қолдану арқылы мүмкін болады.

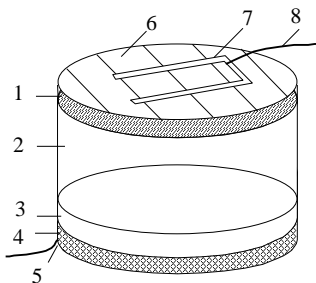
Фотозффект дегеніміз – затты жарықпен жарықтандыру кезінде пайда болатын электрлік құбылыстар, атап айтқанда: электрондардың металдардан шығуы (*фотоэлектрлік эмиссия немесе сыртқы фото эффект*), зарядтардың әртүрлі өткізгіштігі бар жартылай өткізгіштердің интерфейс арқылы қозғалуы (p-n) (*клапан фото эффектісі*), электр өткізгіштігінің өзгеруі (*фото өткізгіштік*).

Күн элементтерін жасау үшін қолданылатын ең көп таралған жартылай өткізгіш-кремний.

1.2 Күн элементі

Күн элементтері Күн энергиясын электр энергиясына *түрлендіру коэффициентімен* сипатталады, бұл ол шығаратын электр энергиясының максималды қуатының элементке түсетін сәулелену ағынына қатынасы. Кремний күн элементтерінің конверсия коэффициенті 10-15% құрайды (яғни, 1 кВт/м^2 жарықтандыру кезінде 1-1,5 Вт электр қуатын шығарады), шамамен 1 В потенциалдар айырмасы бар.

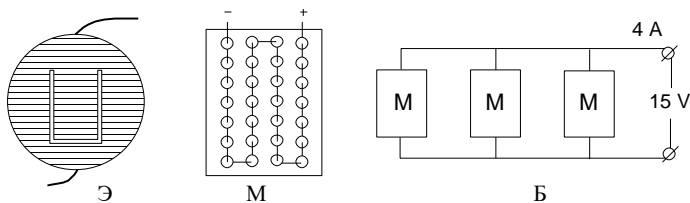
P-n өткелі бар күн элементінің типтік құрылымы 1.1 - суретте көрсетілген және мыналарды қамтиды: 1-n-өткізгіштігі бар жартылай өткізгіш қабаты (қалыңдығы 0,2 - 1,0 мкм); 2-p - өткізгіштігі бар жартылай өткізгіш қабаты (қалыңдығы 250-400 мкм); 3 - қосымша потенциалды кедергі (қалыңдығы 0,2 мкм); 4 - артқы жағынан металл байланыс; 5 - алдыңғы элементтің алдыңғы бетімен байланыстырушы өткізгіш; 6 - шағылысуға қарсы жабын; 7 - бет байланысы; 8-алдыңғы өткізгіш келесі элементтің артқы контактісіне. Күн элементінің тән мөлшері 10 см.



1.1 сурет – Күн элементінің құрылымы

Күн батареялары күн модулдеріне кезекпен қосылады, олар өз кезегінде 1.2-суретте көрсетілгендей күн батареяларына параллель қосылады [1].

Күн батареяларының алғашқы прототиптерін армян тектес итальяндық фотохимик Джакомо Луиджи Чамичан жасаған.



1.2 сурет – Э-күн элементі; М-күн модулі;
Б-Күн батареясы

1954 жылдың 25 сәуірінде Bell Laboratories компаниясының мамандары электр тоғын алу үшін кремний негізіндегі алғашқы күн батареяларын жасағандарын мәлімдеді. Бұл ашылуды компанияның үш қызметкері — Келвин Соулзер Фуллер (Calvin Souther Fuller), Дэрил Чапин (Daryl Chapin) және Геральд Пирсон (Gerald Pearson) жасады. 4 жылдан кейін, 1958 жылы 17 наурызда, АҚШ — та күн батареялары бар алғашқы спутник-Vanguard 1 ұшырылды. Бірнеше айдан кейін, 1958 жылы 15 мамырда КСРО-да Күн батареяларын қолдана отырып, 3 спутнигі ұшырылды. Кейіннен олар ғарыш аппараттарының ажырамас бөлігіне айналды.

Микрокалькуляторлар, сағаттар, радиоқабылдағыштар және күн батареяларымен жұмыс істейтін басқа да көптеген электронды аппараттар кеңінен танымал [2].

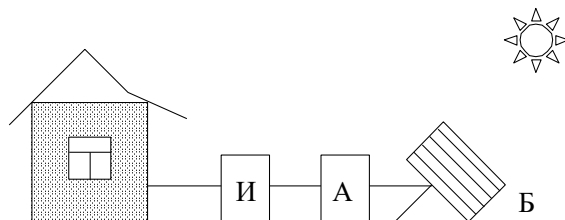
Соңғы жылдары күн модульдерінің әлемдік сатылымы 1986 жылы 25 МВт және 1991 жылы шамамен 60 МВт болды.

1974 жылдан 1984 жылға дейін күн батареяларының толық құны максималды қуаттың 1 Вт-қа шамамен 100 доллардан 4 долларға дейін төмендеді. Бұл шаманы 0,8 АҚШ долларына дейін төмендету көзделіп отыр. Алайда, күн батареяларының толық құны 1 Вт-қа 4 доллар болса да, қосымша жабдықтар күніне $20 \text{ МДж}/\text{м}^2$ сәулелену кезінде 1 Вт-қа 2 доллар, ал күн батареяларының беріктігі 20 жыл болса да, олар шығаратын электр энергиясының құны 1 квт*сағ үшін шамамен 16 цент құрайды. (1 МДж - 4,4 цент) Бұл дизель генераторлары шығаратын электр энергиясымен, әсіресе отын мен техникалық қызмет көрсету құны күрт өсетін шалғай аудандарда бәсекеге қабілетті. Алдағы бірнеше жылда Күн батареяларын дамушы елдер ауылдық жерлерде жарықтандыру және сумен жабдықтау жүйелерінде кеңінен қолданады деп күтілуде.

Күн электр станциясының негізгі компоненттері 1.3-суретте көрсетілген және мыналарды қамтиды: В - бақылау және басқару

құрылғылары бар күн батареясы; А - қайта зарядталатын батарея; И - күн батареясының тұрақты тоғын көптеген электр құрылғылары тұтынатын өнеркәсіптік параметрлердің ауыспалы тоғына түрлендіруге арналған инвертор.

Күн сәулесінің күнделікті ағынының біркелкі болмауына және түнде болмауына қарамастан, күн батареясы шығаратын электр энергиясын жинақтайтын батарея күн электр станциясының үздіксіз жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.



1.3 сурет – Күн энергиясын орнату

1.3 Күн элементтерінің материалдары

Модульдердің материалы. Фотоэлектрлік түрлендіргіштер (ФЭТ) жартылай өткізгіш материалдардан жасалған. Материалдардың негізгі түрлері кристалды және жұқа қабықшалар болып табылады, олар жарық сіңіру қабілетімен, энергия түрлендірудің тиімділігімен, өндіріс технологиясымен және өндіріс құнымен ерекшеленеді [3].

Төменде әр түрлі ФЭТ материалдары үшін кейбір негізгі сипаттамалар берілген:

Кристалды материалдар

Монокристалды кремний. Монокристалды кремнийге негізделген ФЭТ біздің заманымызда кең таралған.

Монокристалды кремнийді өндіру үшін поляк ғалымы Чохральский әдісі қолданылады (CZ-1.4-суретте көрсетілген әдіс).

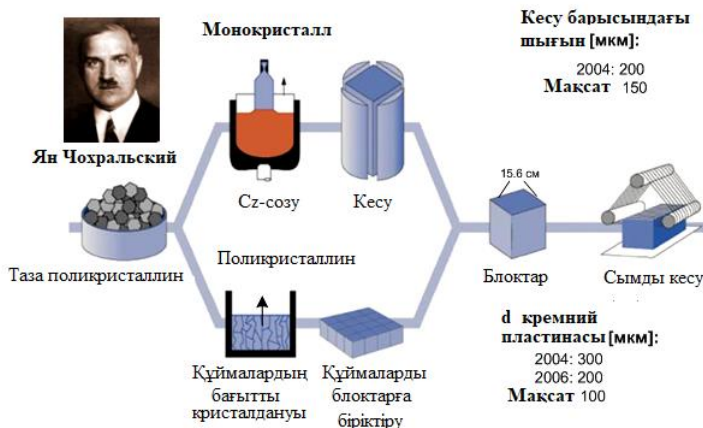
Төменде монокристалды кремний негізіндегі ФЭТ өндірісінің негізгі кезеңдері келтірілген:

- 1) жоғары таза поликристаллин кварц тиглінде ериді;
- 2) Монокристалды кремнийлі кристалл-тұқым поликристаллиннің осы балқытылған массасына батырылады;

3) Кристалл-тұқым балқымадан баяу тартылатындықтан, монокристалды құйма түзіледі;

4) содан кейін құймалар қалыңдығы шамамен 200-400 микрометр болатын жұқа табақтарға кесіледі.

Содан кейін жұқа тақталар жылтыратылады, тегістеледі, жабылады, біріктіріледі және модульдер мен массивтерге жиналады.



1.4-сурет – Кремний ФЭТ өндірісінің технологиялық процесі (жоғарғы бөлігі-Чохраль немесе тигель созу әдісі; төменгі бөлігі-блоктарды кристалдау әдісі)

Кристалды емес материалдармен салыстырғанда монокристалды кремний өзінің біртекті құрылымына байланысты келесі *артықшылықтарға* ие:

- энергияны түрлендірудің жоғары тиімділігі-ол күн сәулесімен жарықтандырылған белгілі бір аймақ үшін көбірек электр энергиясын шығарады (бүгінгі күні шамамен 15-20%.);

- ашық ауада энергия пайдалану үшін жоғары сенімділік.

Поликристалды кремний. Поликристалды кремнийге негізделген ФЭТ көптеген монокристалды кремний дәндерінен тұрады және осыған байланысты олар монокристалды ФЭТ-ке қарағанда тиімділігі төмен. Астық шекаралары электрондардың ағуына кедергі келтіреді және түрлендіргіштің энергия өндірісін азайтады (олардың

энергияны түрлендіру тиімділігі шамамен 10-14 %). Поликристалды ФЭТ өндірудің ең озық әдісі "кремний таспасын өсіру" болып табылады, онда кремний ФЭТ жасау үшін қолайлы қалыңдығы бар жұқа таспа немесе парақ ретінде тікелей өседі.

Поликристалды кремний ФЭП-тері монокристалды ФЭП-терге қарағанда кейбір *артықшылықтарға* ие:

- олар күшті;
- монокристалды материалдың қалыңдығының үштен біріне кесуге болады;
- пластинаның құны сәл төмен және өсудің қатаң талаптары аз.

Галлий арсениді. Галлий арсениді (GaAs) екі элементтен тұрады: галлий (Ga) және арсенид (As), галлий арсениді кремнийге ұқсас кристалды құрылымға ие.

Галлий арсенидінің келесі *артықшылықтары* бар:

- Жарық сіңірудің жоғары деңгейі;
- кристалды кремнийге қарағанда энергияны түрлендіру тиімділігі жоғары (шамамен 25-30 %);
- жоғары ыстыққа төзімділік оны ФЭТ температурасы өте жоғары концентраторлық жүйелер үшін жақсы етеді.

Галлий арсениді ғарыштық қосымшалар үшін танымал, онда радиациялық зақымға жоғары қарсылық және жоғары п.э.к. ФЭТ қажет.

Галлий ФЭТ арсенидінің ең үлкен кемшілігі-бұл өте қымбат монокристалды субстрат, онда GaAs өседі (осылайша ол концентрациялық жүйелерде қолданылады, онда галлий ФЭТ арсенидінің аз ғана бөлігі қажет).

Жұқа пленкаларға негізделген материалдар

Жұқа пленкаларға негізделген ФЭТ-де жартылай өткізгіш материалдың жұқа қабаты арзан көмекші қабатқа (шыны, металл, полимерлі пленка) қолданылады.

Бұл технологияның *артықшылықтары*:

- кристалды материалдармен салыстырғанда Жарық сіңіру қабілеті жоғары және аз фотоэлектрлік материалдың қолданылатын қабатының қалыңдығы (бірнеше микрометрден тіпті микрометрге дейін);
- Қарапайым, жылдам және арзан технологиялық процесс (фотоэлектрлік материалды қолдану әйнекке немесе металлға тікелей бүрку арқылы жүреді).

Мұндай материалдардың *кемшіліктері*:

- монокристалды емес құрылымға байланысты Энергияны түрлендірудің төмен тиімділігі;

- массивтердің үлкен аудандары орнату сияқты ауданға байланысты шығындарды ұлғайтуды қажет етеді.

Фотоэлектрлік модульдердің жұқа пленкаларында қолданылатын материалдар:

Аморфты кремний (a-Si). Тұрмыстық электронды құрылғыларда қолданылатын барлық жұқа пленкалы фотоэлектрлік материалдардың ең көп таралған материалы, онда электр энергиясының төмен өндірісі және өндіріс құны қажет. Аморфты кремний кристалды емес кремний құрылымына ие, оның атомдары бұзылған. "Бос (қанықпаған) байланыстар "электрондар" тесіктермен " рекомбинациялай алатын жерлерді жасайды, бірақ сутегі атомдары бұл процесті бейтараптандырады. Аморфты кремний негізіндегі ФЭП құрылымы 1.5 (б) суретте көрсетілген.

Бұл технологияның *артықшылықтары*:

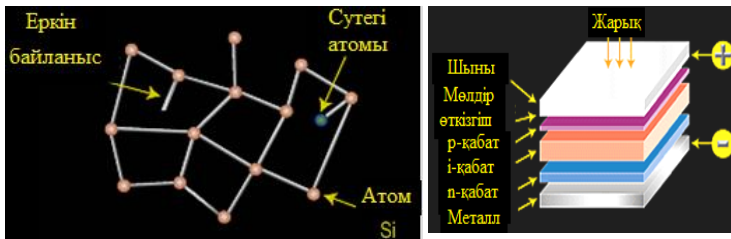
- жоғары жарық сіңіру қабілеті (монокристалды кремнийге карағанда шамамен 40 есе жоғары).

ҒАР жасау үшін қалыңдығы шамамен 1 микрометр болатын a-Si қабаты қажет, аморфты кремнийді әртүрлі арзан субстраттарға (болат, шыны және пластмасса) қолдануға болады, Технологиялық процесс төмен температураны қажет етеді, яғни энергия аз және материалдық шығындар аз болады.

Аморфты кремнийдің *кемшіліктері*:

- төмен к. п. д. энергияны түрлендіру (5-9 %);

- сыртқы пайдалану кезінде қасиеттердің тозуы(күн сәулесінің әсерінен бірнеше ай бойы 10-15% жоғалту).



а) кристалды емес құрылым a-Si.

б): a-Si негізіндегі ФЭТ құрылымы

1.5 сурет – Аморфты кремний

Кадмий теллуриді (CdTe). Кадмий теллуриді-кадмий мен теллур негізінде жасалған поликристалды жартылай өткізгіш.

Кадмий теллуридінің *артықшылықтарын* атап өтуге болады:

- Жарық сіңірудің жоғары деңгейі (қалыңдығы микрометр күн спектрінің 90% сіңіреді);

- жоғары жылдамдықты бүрку, бүрку немесе экранды басып шығару арқылы өндірудің салыстырмалы түрде қарапайым және арзан әдісі.

Бұл технологияның негізгі *кемшіліктері*:

- ФЭТ төмен пәк (шамамен 7 %);

- элемент пен модульдің жұмыс параметрлерінің тұрақсыздығы.

Кадмий улы зат болғандықтан, технологиялық процесте қосымша қауіпсіздік шараларын сақтау қажет.

Мыс селениді-индия-галлий (CuInSe₂ немесе CIS). Мыс-индий-галлий селениді-мыс, индий және селеннен тұратын поликристалды жартылай өткізгіш.

Мыс-индий-галлий селенидінің келесі *артықшылықтары* бар:

- Мыс селениді-индий-галлий пленкаларға арналған энергияны түрлендірудің ең үлкен зерттелген тиімділігіне ие (шамамен 18%);

- сыртқы пайдалану кезінде қасиеттердің төмен тозуы;

- ең жарық жұтатын жартылай өткізгіштердің бірі (0,5 микрометр күн спектрінің шамамен 90% сіңіреді).

Бұл технологияның *кемшіліктері*-бұл ерекшеліктер:

- өте ауыр технологиялық процесс;

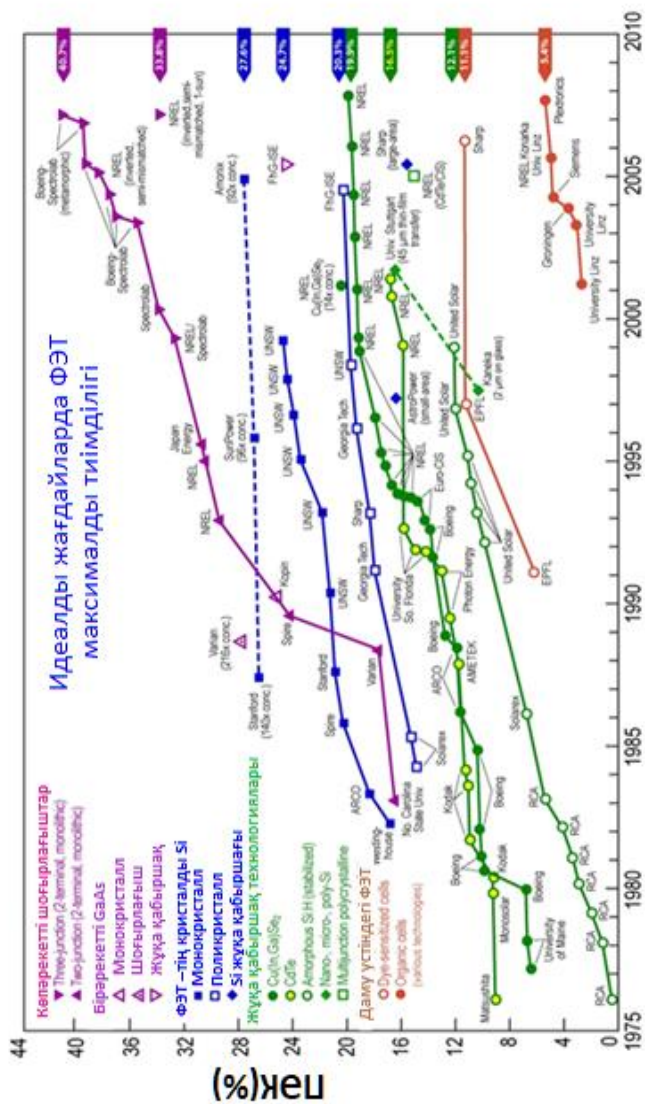
- сутегі селениді өте улы газ болғандықтан, технологиялық процесте қосымша қауіпсіздік шараларын сақтау қажет.

Соңғы 30 жыл ішінде кристалды кремний ФЭП-тің негізгі құрамдас бөлігі болды. Бірақ жұқа пленкаларды өндірудегі соңғы технологиялық прогресс жұқа FAP пленкалары болашақта күн технологиясы үшін өміршең және бәсекеге қабілетті таңдау екенін көрсетеді. Фотоэлектрика саласындағы мамандар үшін негізгі міндеттер электр қуатына арналған арзан және сенімді ФЭТ құру болып табылады.

Ең жоғары зерттелген (қол жеткізілген) тиімділік схемасы және әртүрлі технологияларды салыстыру 1.6-суретте көрсетілген.

Жоғары ПӘК қол жеткізу мүмкін:

- **Беттің құрылымы шағылысқан кезде шығындарды азайту кезінде** (фэп бетінің пирамидалық құрылымы, осылайша оқиға жарығы бетіне бірнеше рет соғылады);



1.6 сурет – Идеалды жағдайларда (25°C, ~1000 Вт / м²) ФЭТ максималды тиімділігі. Қазіргі уақытта сатылатын кремний күн батареялары 14-17%, Модульдер шамамен 11-13% құрайды %

- **Жаңа материалдар** (галлий арсениді (GaAs), кадмий теллуриді (CdTe) немесе мыс селениді-индия (CuInSe₂));
- **Тандем немесе көп қабатты ФЭТ** (сәулеленудің кең спектрі үшін спектрдің әртүрлі аймақтарына сәйкес келетін және бір-бірінің үстінде орналасқан әртүрлі жартылай өткізгіш материалдар қолданылады.

Бақылау сұрақтары

1. Фотоэффект деп нені атаймыз?
2. Күн элементтерін жасау үшін қолданылатын ең көп таралған материал қандай?
3. Күн элементінің құрылымы қандай?
4. Сәулелену ағыны мен сәулелену ағынының тығыздығын, олардың өлшем бірліктерін анықтау.
5. Күн элементтері не үшін арналған?
6. Күн модулі қалай жұмыс істейді?
7. Күн модулінің сипаттамаларына қандай сипаттамалар жатады?
8. Жарық ағынын өлшеу үшін қандай құрылғылар қолданылады?
9. Күн радиациясын өлшеу үшін қандай құрылғылар қолданылады?
10. Күн модулерінің ПӘК-і қандай?
11. Күн модульдерін шығару үшін қандай материалдар қолданылады және олардың қысқаша сипаттамасы?

1.4 Күн элементінің бос және қысқа тұйықталу режимдері

Монокристалды кремнийге негізделген күн элементінің қарапайым дизайны 1.1 – суретте көрсетілген. **p** типті кремний пластинасының бетінен таяз тереңдікте жұқа металл байланысы бар **p-n** өткелі пайда болады. На тыльную сторону пластиналар келтірілсе, тұтас металл байланыс.

P-n өткелі жартылай өткізгіштің жарықтандырылған бетіне жақын орналассын. Күн элементін электр энергиясының көзі ретінде пайдаланған кезде оның шығуларына gn жүктеме кедергісі қосылуы тиіс. Алдымен екі төтенше жағдайды қарастырайық: **R_n=0** (қысқа тұйықталу режимі) және **R_n=∞** (бос режим) [4].

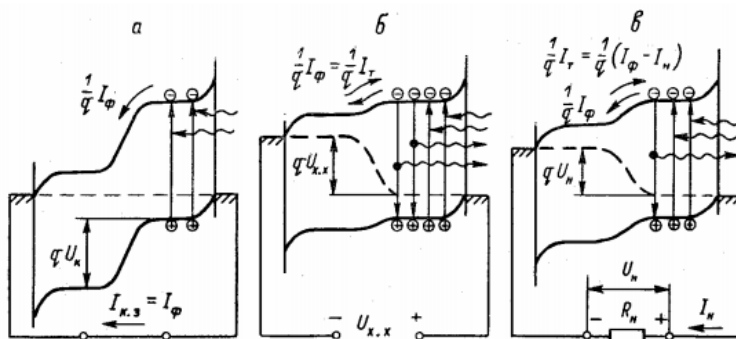
Осы режимдерге арналған аймақтық диаграммалар 1.7 суретте көрсетілген. а,б. Бірінші жағдайда жарықтандырылған **p-n**-ауысудың аймақтық диаграммасы термодинамикалық тепе - теңдік кезінде (жарықтандырусыз және қолданылатын ығысу кернеуіңіз) аймақтық диаграммадан ерекшеленбейді, өйткені сыртқы қысқарту **n** - және **p**-

аймақтар арасындағы нөлдік мүмкін айырмашылықты қамтамасыз етеді. Алайда, **p-n**-ауысу және сыртқы өткізгіш арқылы **p**-аймағында электронды тесік жұптарының фотогенерациясына байланысты ток өтеді. Көлемді заряд аймағына жақын жерде пайда болған фотоэлектрондар **p-n**-өтпелі электр өрісіне түсіп, **n**-аймаққа түседі. Қалған электрондар **p-n**-ауысуына таралып, олардың азаюын толтыруға тырысады және ақыр соңында **n**-аймаққа да енеді. **n**-аймақта электрондардың артқы металл контактіге бағытталған қозғалысы, сыртқы тізбекке және **p**-аймаққа контактіге ағуы орын алады.

p-аймағына байланыс шекарасы мұнда келген электрондардың фотогендік саңылаулармен рекомбинациясы жүреді.

Ашық сыртқы тізбек **p-n**-ауысу кезінде (1.7-сурет,б) **n**-аймаққа түсетін фотоэлектрондар оған жиналып, **n**-аймақты теріс зарядтайды. **p** аймағында қалған артық тесіктер **p** аймағын оң зарядтайды. Осылайша пайда болатын потенциалдар айырмасы бос $U_{x,x}$ кернеуі болып табылады. Полярлығы $U_{x,x}$. **p-n**-ауысудың тура ығысуына сәйкес келеді.

Жарық шығаратын медиа ағыны I_{ϕ} фототүсірілімін құрайды.



1.7 – сурет – Жарықтандыру кезіндегі **p-n**-ауысудың аймақтық энергетикалық диаграммалары: а-қысқа тұйықталу режимінде; б– бос жүріс; в– жүктеме кедергісіне қосу.

I_{ϕ} шамасы **p-n**-ауысудың бірлігіне өту арқылы өткен фотогендік тасымалдаушылардың санына тең:

$$I_{\phi} = q \frac{P_u}{h\nu} \quad (1.1)$$

мұндағы q -электронның заряд мөлшері;

P_u -сіңірілген монохромды сәулеленудің қуаты.

Бұл жерде жартылай өткізгіште $h\nu \geq E_g$ энергиясы бар әрбір сіңірілген фотон бір электронды тесік жұбын жасайды деп болжанады. Бұл жағдай кремний мен галлий арсенидіне негізделген күн батареялары үшін жақсы орындалады.

Күн элементіндегі нөлдік ішкі омдық жоғалу кезінде қысқа тұйықталу режимі (1.7-сурет,а) **p-n**-ауысудың нөлдік ығысу кернеуіне тең, сондықтан **Iкз** қысқа тұйықталу тогы. Фото ағынға тең

$$I\phi = I_{кз}. \quad (1.2)$$

Бос режимде (1.7-сурет,б) фотокөшірме "қараңғы" токпен теңестіріледі **Iм**, **U_{xx}** – ығысу кернеуі кезінде пайда болатын **p-n**-өткел арқылы тікелей ток.

"Қараңғы" токтың абсолютті мәні:

$$I_m = I_0 \exp\left[\left(\frac{qU_{xx}}{AkT} - 1\right)\right] = I_\Phi, \quad (1.3)$$

Егер $I\phi \gg I_0$

$$U_{xx} = \frac{AkT}{q} \ln\left(\frac{I_\Phi}{I_0} + 1\right) \approx \frac{AkT}{q} \ln \frac{I_\Phi}{I_0}, \quad (1.4)$$

егер k –Больцман тұрақтысы, $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К= $0,86 \cdot 10^{-4}$ эВ/К;

T – абсолютті температура, К;

I_0 – қанықтыру тогы;

A – келесі заң бойынша 1–ден 2-ге дейінгі графиктің әртүрлі сегменттері үшін өзгертін **p-n**-ауысу вольтампер сипаттамасының параметрі:

$$A = 0,434 \frac{q}{kT} \Delta U \quad (1.5)$$

егер U_Δ – тангенс бойынша ток тығыздығының (немесе токтың абсолютті мәнінің) бір ретке өсуі кезіндегі кернеудің өсуі.

"Қараңғы" ток негізгі емес ток тасымалдаушыларының рекомбинациясымен бірге жүреді (бұл жағдайда **p**-аймағындағы электрондар). Рекомбинация кезінде электронды тесік буларының потенциалдық энергиясы $h\nu \approx E_g$ фотондарының сәулеленуі арқылы шығарылады немесе кристалл торды жылытуға жұмсалады. Екі процесс те сызбалық түрде 1.7-суреттегі қосымша көрсеткілермен көрсетілген, б, күн элементінің бос жүріс режимі жарық диодтарының жұмыс режиміне, сондай-ақ өткізу бағытындағы түзеткіш диодтарға тең [5].

1.5 Вольт-Ампер күн батареясының сипаттамалары

Жарықтандырылған **p-n**-ауысудың вольт-амперлік сипаттамасы үшін жалпыланған өрнекті табамыз. Ол үшін оған әр түрлі кернеулі қуат көзі қосылған делік. Оң ығысу кернеуінде **I_ф** фототүсірілім **p-n**-өтуінің "күңгірт" тогынан алынады, ал теріс кернеуде онымен қосылады. Вольт-амперлік сипаттамаға арналған өрнек мынадай түрде жазылады:

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{qU}{AkT}\right) - 1 \right] - I_{\Phi} \quad (1.6)$$

Әр түрлі жүктеме кедергісінің **p-n**-ауысуына қосылуды қарастырыңыз (2.1-сурет, в). Жүктемедегі токтың бағыты әрдайым **I_ф** бағытына сәйкес келеді, ал **I_н** жүктеме тогының өзі **p-n**-ауысу арқылы алынған токқа тең (қараңыз: 3.1)). **I_ф** тогының бағытын оң бағытта қабылдай отырып, сіз **I_н** үшін жаза аласыз:

$$I_H = I_{\Phi} - I_0 \left[\exp\left(\frac{qU_H}{AkT}\right) - 1 \right] \quad (1.7)$$

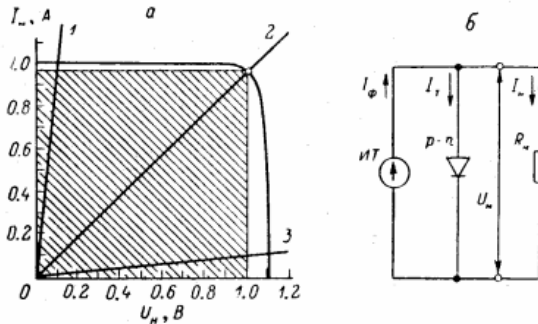
егер U_H – **p-n**-ауысу кернеуіне тең жүктемедегі кернеу.

Өрнек (1.7) жарықтандырылған **p-n**-ауысудың жүктеме вольт-амперлік сипаттамасын сипаттайды. $I_{\Phi}=1$ А фототок мәні үшін арсенид-галлий **p-n**-өтуінің жүктеме ВАС 1.8- а суретте көрсетілген, сол суретте жүктеменің ВАС омдық кедергісі көрсетілген:

$$I_H = \frac{U_H}{R_H} \quad (1.8)$$

егер $R_{H1}=0, 1 \text{ Ом}$, $R_{H2}=1,026 \text{ Ом}$ и $R_{H3}=10 \text{ Ом}$.

Жүктемелік ВАС (1.7) белгілі параметрлері және R_H берілген мәні кезінде I_H және U_H шамалары (1.7) және (1.8) бірлескен шешімдерінде немесе 3.1а –суретте көрсетілгендей графикалық түрде бірізді жуықтау әдісімен табылады. Егер R_H аз болса, графиктердің қиылысуы жүктеме ВАС көлденең учаскесінде, яғни **p-n** арқылы "күңгірт" ток өтетін учаскеде болады-өтуді фототокпен салыстырғанда елемеуге болады. R_H жоғарылаған сайын жүктеме арқылы ток азаяды, өйткені **p-n** тікелей ығысудың жоғарылауымен ауысу жүктемені айналып өтетін сияқты.



1.8 – сурет – Жүктеме ВАС p-n-GaAs-қа ауысу және R_H сипаттамалары мәндерінде 0,1 (1), 1,026 (2) және 10 Ом(3) (а) және жүктеме кедергісі бар жарықтандырылған p-n-ауысудың эквивалентті схемасы(б).

Т. о., жарықтандырылған **p-n**-ауысу (1.7) өрнегіне сәйкес эквивалентті схема түрінде ұсынылуы мүмкін (1.8-сурет, б). Мұнда ток көзі **p-n**-ауысу кернеуіне тәуелсіз тұрақты фототүсірілімнің пайда болуына еліктейді, ал диод-жарықтандырылмаған **p-n**-ауысу. R_H өзгерген кезде фотокөшірме жүктеме мен **p-n** - ауысу арасында қайта бөлінеді.

Жүктемеде бөлінетін электр қуаты формула бойынша анықталады (формуладағы бірлікті ескермейміз (1.7)):

$$P = I_H U_H = I_\Phi U_H - I_0 U_H \exp\left(\frac{qU_H}{AkT}\right) \quad (1.9)$$

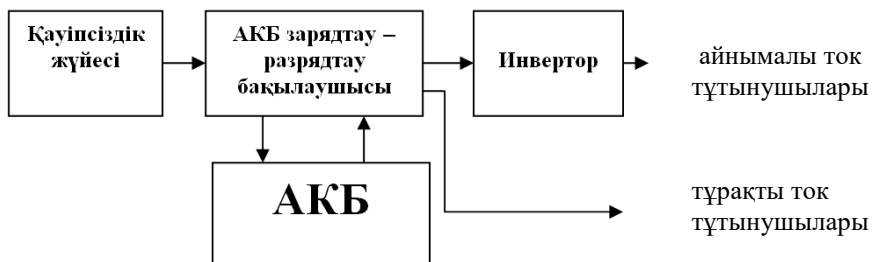
Қысқа тұйықталу және бос режимдерде $P=0$, өйткені U_H немесе I_H нөлге тең [4].

Бақылау сұрақтары

1. Күн Модулінің вольт-амперлік сипаттамасы қандай тәуелділік деп аталады?
2. Күн Модулінің қуаты жарыққа байланысты қалай өзгереді?
3. Күн Модулінің максималды қуаты қандай шарттарға сәйкес келеді?
4. Фототүсірілімдер мен оң ығысу кернеуіндегі р-n-ауысу тогының бір-біріне қатысты бағыты қалай?
5. Бір-біріне қатысты фототүсірілімдер және теріс ығысу кернеуіндегі р-n-ауысу тогы қалай бағытталған?
6. Жарықтандырылған р-n-ауысудың эквивалентті ауыстыру схемасы дегеніміз не?

1.6 Күн батареяларымен автономды электрмен жабдықтау жүйесі

Бұл схемадағы электр энергиясының көзі тек күн батареялары болып табылады (1.9 сурет). Зарядтағыш арқылы олар электр қуатын сақтайтын батареяларға қосылады. Сондай-ақ, аккумуляторларға инвертор қосылған және ол арқылы тұтынушылар қуат алады [1,2].



1.9 сурет – Күн батареясын қосудың құрылымдық схемасы

Күн панельдерінің жұмыс принципі күн сәулесін электр тогына тікелей айналдыру болып табылады. Бұл жағдайда тұрақты ток пайда болады. Энергияны әр түрлі тұрақты ток жүктемелерімен тікелей пайдалануға болады немесе қажет болған жағдайда кейінірек пайдалану үшін қайта зарядталатын батареяларда сақтауға болады. Сондай-ақ, аккумуляторлық батареялар ең жоғары жүктемені қамтамасыз етеді, яғни жүктеме тогы күн батареясынан және батареядан болатын токтардың қосындысымен қамтамасыз етіледі. Егер 220 В айнымалы ток алу қажет болса, онда тұрақты ток түрлендіргіштерін айнымалы ток түрлендіргіштеріне қолдану керек.

Аккумулятор – бұл күн батареясының нөлдік сәулелену деңгейінде де тұтынушы құрылғылардың жұмыс істеуіне мүмкіндік беретін өндірілген электр қуатын сақтау құралы. Айта кету керек, кепілдендірілген үздіксіз электрмен жабдықтау үшін жүйеге балама қуат көзін (мысалы, стандартты дизель генераторы) енгізу қажет.

Зарядтау–разрядтау контроллері – аккумулятор батареясын шамадан тыс зарядталуы мен разрядталуынан қорғайтын құрылғы. Бірінші жағдайда, аккумулятор батареясының кернеуі өшіру кернеуінен төмен болған жағдайда, құрылғы жүктемені ажыратады. Екіншіден, зарядтау аяқталған кернеуге жеткенде зарядтау тогын шектейді.

Аккумуляторлардың зарядын және разрядын бақылау құралдарында құрамында аккумулятор батареялары бар кез келген дербес электрмен жабдықтау жүйесі болуы тиіс. Бұл әсіресе қорғасын қышқылы аккумуляторлары бар жүйелерге қатысты. Бұл батареялар терең разрядтан да, зарядтаудан да қорқады. Қайта зарядтау жағдайында батареяның қызмет ету мерзімі күрт қысқарады немесе ол тіпті істен шығуы мүмкін.

Егер батарея зарядталса, бірақ зарядтау тогы ол арқылы ағып кетсе, онда бұл электролиттің қайнауына және газдың тез бөлінуіне (су құйылған батареялар жағдайында) немесе ауа өткізбейтін батареялардың ісінуіне және тіпті жарылуына әкелуі мүмкін.

Сілтілі батареялар терең разрядтан қорықпаса да, қайта зарядтауға шыдамайды. Сондықтан, автономды электрмен жабдықтау жүйесіне аккумуляторлық батареялардан жүктемені ажырататын құрылғылар, егер олар зарядталмаса, сондай-ақ батареялар зарядталған болса, қуат көзін (фотоэлектрлік батарея, жел турбинасы және т.б.) өшіреді.

Зарядтау контроллерлерін инверторларға немесе үздіксіз қуат беру блоктарына салуға болады. Зарядтау құрылғылары әдетте ББП-ге салынған.

Қорғасын қышқылы батареяларына арналған жүктеме кернеуі әдетте 10,5-тен 11,5 в-қа дейін болады, 12 В үшін 10 сағаттан астам зарядты аккумуляторлар үшін бұл номиналды сыйымдылықтың 100% - дан 20% - ға дейін пайдаланылатынын білдіреді. Тезірек разрядтармен таңдалған сыйымдылық саны азаяды.

Инвертор – тұрақты электр тогын айнымалы токқа түрлендіргіш құрылғы. Егер күн батареясы тек тұрақты ток тұтынушыларына (радиоаппаратура, жарықтандыру) электр қуатын беру үшін орнатылса, Инверторды күн электр жүйесінен шығаруға болады [6].

Электрмен жабдықтау жүйесінің негізгі элементтерін таңдау әдістемесі

1. Тұтынушылардың жалпы қуаты анықталады (Рсум.):

$$P_{\text{сум.}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \text{ Вт} \quad (1.10)$$

егер, P_1, P_2, P_n – тұтынушы құрылғылардың "n" санының әрқайсысының паспорттық қуаты;

2. Инвертордың қуаты анықталады (Ринв.) шарттары:

$$P_{\text{инв.}} \geq 1,25 \cdot P_{\text{сум.}} \text{ Вт} \quad (1.11)$$

3. Аккумуляторлық батареялардың зарядтау сыйымдылығының қажетті мәні есептеледі:

$$Q_{\text{АБ}} = P_{\text{сум.}} / U_{\text{АБ.}} \cdot h_{\text{АБ.}} \text{ (А)}, \quad (1.12)$$

егер $U_{\text{АБ.}}$ – аккумуляторлық батареялардың кернеуі, В;

$h_{\text{АБ.}}$ – аккумулятор батареясының разряд тереңдігі, %;

Разряд тереңдігінің ұсынылатын мәні 20% (30% артық емес). Бұл АБ номиналды сыйымдылығының мәнінің 20% - ын пайдалануға болатындығын білдіреді. Әдетте 0,2 (немесе 0,3) коэффициенті қолданылады. Ешқандай жағдайда батареяның заряды 80% - дан аспауы керек!

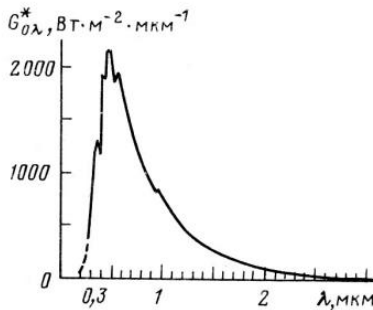
Зарядтау контроллері инверторларға немесе үздіксіз қуат беру блоктарына салынуы мүмкін [7].

Бақылау сұрақтары

1. Күн модулдеріндегі автономды электрмен жабдықтау жүйесінің негізгі элементтері?
2. Күн модулдеріндегі автономды электрмен жабдықтау жүйесі элементтерінің мақсаты қандай ?
3. Инвертордың қуаты қалай анықталады?
4. Аккумуляторлық батареялардың зарядтау сыйымдылығы қалай анықталады?
5. Инвертордың жұмыс принципі қандай?
6. Батареялардың қандай түрлері белгілі?

1.7 Күн жылумен жабдықтау жүйелері

Күн энергиясы күн ядросының ішіндегі термоядролық процестерге байланысты, нәтижесінде шамамен 10^7K температура болады. Күн ядросынан жылу ағыны оның бетіне жетеді және белсенді емес (жылу шығару мағынасында) сыртқы қабаттармен сіңеді. Күн беті шамамен 5800 K температураға дейін қызады және мүлдем кара дененің сәулеленуіне ұқсас салыстырмалы түрде үздіксіз спектрлік сәулеленуге ие (10.1-сурет).



10.1 -сурет – Жер атмосферасынан тыс күн сәулесінің спектрлік таралуы

Осы қисықпен шектелген аудан күн тұрақтысына тең $G_C = 1367\text{ Вт/м}^2$. Күн тұрақтысы-жер атмосферасынан $1,496 \cdot 10^8$ қашықтықта күн сәулесінің ағынының тығыздығы (немесе күн

сәулесінің қарқындылығы) күннен км (жер мен Күн арасындағы орташа қашықтық).

Қатаң мағынада күн тұрақтысы тұрақты емес және күннің айналасындағы Жер орбитасының аз эллиптикалық болуына байланысты $\pm 1,5\%$ өзгереді ($\pm 4\%$).

Күн сәулесінің спектрі температурасы шамамен 5800 К болатын мүлдем қара дененің сәулелену спектріне сәйкес келеді және оны үш негізгі аймаққа бөлуге болады:

- ультракүлгін сәуле ($\lambda < 0,4$ мкм) - 9%;
- көрінетін сәуле ($0,4$ мкм $< \lambda < 0,7$ мкм) - 45%;
- инфрақызыл сәуле ($\lambda > 0,7$ мкм) - 46%.

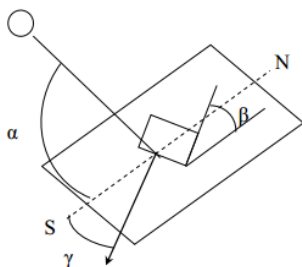
Атмосферадан өтіп, күн сәулесі ішінара сіңіп, шашырайды және жер бетінде аз қарқындылыққа ие. Күн радиациясының қарқындылығы маусымдық сипатқа ие және күн ішінде өзгереді. Жер бетіне түсетін күн сәулесінің параметрлерін көптеген жылдар бойы метеостанциялар тіркейді. Алайда, бұл метеостанциялар орташа және ағымдағы мәндер орташа мәндерден айтарлықтай ерекшеленеді.

Күн сәулесінің қарқындылығының ағымдағы мәні және олардың әсер ету ұзақтығы жердің ендігіне, климаттық аймаққа, жыл мен күннің уақытына және басқа факторларға байланысты. Осыған байланысты олар кездейсоқ.

Күн радиациясының қарқындылығы күн мен күн коллекторының өзара бағытына байланысты. 1.10-суретте күннің азимуттық бұрышы нөлге тең, яғни солтүстік жарты шарда орналасқан бақылаушыға қатысты Күн қатаң оңтүстікте орналасқан.

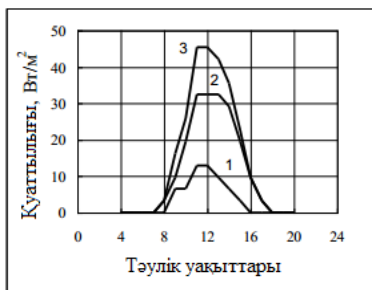
1.11-1.14 суреттерінде мысал ретінде 52^0 ендік бойынша жер бетіне жететін күн радиациясының орташа статистикалық графиктері көрсетілген.

Бұл метеостанциялардың орташа статистикалық деректері, яғни қатаң айтқанда, Жыл мезгілдері бойынша тәулік ішінде күн сәулесінің қарқындылығын математикалық күтудің өзгеру графигі. Күн жылыту жүйелері мен күн электр станцияларының параметрлерін анықтау үшін күн сәулесінің кепілдендірілген қарқындылығының кестесі болуы керек.



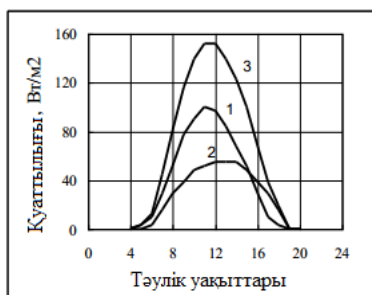
- α – күн бұрышы;
- β – коллектордың көлбеу бұрышы;
- γ – коллектордың азимуттық бұрышы;
- γ_c – күннің азимутты бұрышы.

1.10-сурет – Жердің солтүстік жарты шарындағы күн коллекторының бағдарлау параметрлері



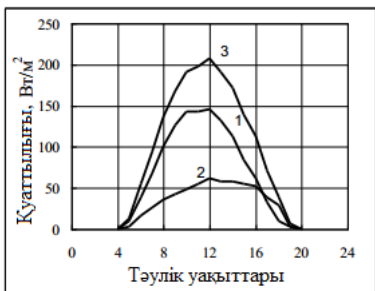
- 1 – тікелей сәуле;
- 2 – шашыраңқы сәуле;
- 3 – жиынтық сәулелену

1.11- сурет – Қаңтар айында күн сәулесінің ағыны



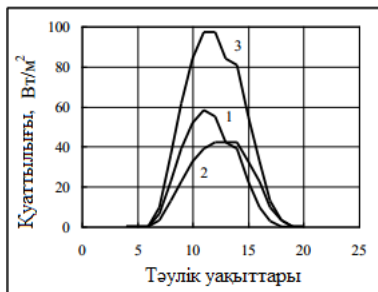
- 1 – тікелей сәуле;
- 2 – шашыраңқы сәуле;
- 3 – жиынтық сәулелену

1.12- сурет – Сәуір айында күн сәулесінің ағыны



- 1 – тікелей сәуле;
- 2 – шашыраңқы сәуле;
- 3 – жиынтық сәуелелену

1.13-сурет – Шілде айында күн сәулесінің ағыны



- 1 – тікелей сәуле;
- 2 – шашыраңқы сәуле;
- 3 – жиынтық сәуелелену

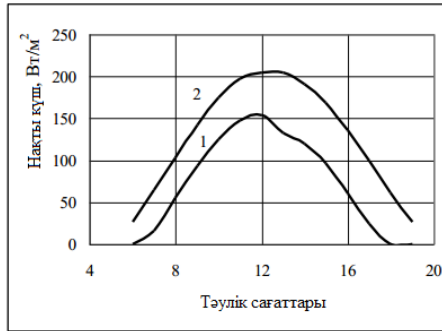
1.14-сурет – Қазан айында күн сәулесінің ағыны

Күн сәулесі кездейсоқ шама болғандықтан, алдын-ала анықталған ықтималдықпен кепілдендірілген күн сәулесінің қарқындылығы туралы айту дұрысырақ. Күн сәулесінің қарқындылығының мұндай ықтималдығы кездейсоқ шаманың берілген аралыққа түсу ықтималдығына сәйкес келеді және келесідей анықталуы мүмкін:

1.15-суретте мысал ретінде шілде үшін солтүстік ендікке арналған 500 метеодәліметтер негізінде алынған күн сәулесінің қарқындылығының кепілді графиктері келтірілген. Бұл графиктер бақылау алаңындағы күн сәулесінің тығыздығын сипаттайды.

Қазақстан аумағында орын алған барлық айлар үшін ұқсас кестелерді метеорологиялық деректер негізінде алуға болады.

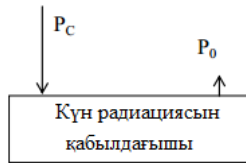
Жылу алу принципі өте қарапайым-күн сәулесінің сәулелі энергиясы затпен сіңіп, заттың атомдарының кинетикалық энергиясына өтеді, олар тербелістер жоғарылаған сайын олардың температурасын жоғарылатады. Қыздырылған дененің жылуы аз қыздырылған денеге әртүрлі жолдармен берілуі мүмкін.



- 1 – ықтималдығы 0,9;
 2 – ықтималдығы 0,5.

1.15 – сурет – Кепілді күн сәулесінің графиктері

Қыздыру процесі 1.16 суретімен түсіндіріледі.



1.16 сурет – Қыздыру процесі

Күн радиациясының кез келген қабылдағышымен сіңірілетін P_C сәулелі энергиясының ағыны, Вт-қа тең:

$$P_C = \alpha_{\text{пр}} F_{\text{пр}} I_{\text{пр}} \quad (1.13)$$

егер $\alpha_{\text{пр}}$ – күн сәулесінің қабылдағыш бетінің жұтылу коэффициенті;

$F_{\text{пр}}$ – жарықтандырылған беттің ауданы, м^2 ;

$I_{\text{пр}}$ – қабылдағышқа күн сәулесінің қарқындылығы, $\text{Вт} / \text{м}^2$.

Қоршаған орта температурасынан жоғары температураға дейін қызған күн радиациясының қабылдағышы қоршаған ортаға жылу бере бастайды. Жылу ағыны формула бойынша анықталады:

$$P_0 = (T_{PP} - T_{OC})F_{PP}\beta_{PP} = \frac{T_{PP} - T_{OC}}{R_t} \quad (1.14)$$

где T_{PP} – қабылдағыш бетінің температурасы, К;

T_{OC} – қоршаған орта температурасы, К;

β_{PP} – жылу беру коэффициенті, Вт/К·м²;

R_t – жылу кедергісі, К·с/Дж.

Нәтижесінде пайда болатын жылу ағыны күн сәулесінен түсетін энергия ағынының және қоршаған ортаға жылу беру ағынының геометриялық қосындысына тең:

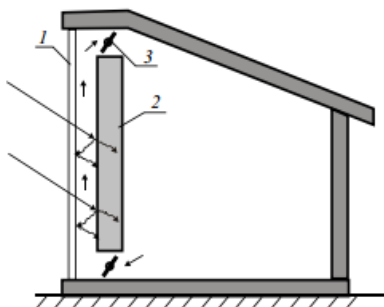
$$P_{\Sigma} = \alpha_{PP}F_{PP}N_{PP} - \frac{T_{PP} - T_{OC}}{R_t} = \eta_{СИ}F_{PP}N_{PP} \quad (1.15)$$

егер $\eta_{СИ}$ – күн сәулесін түсіру коэффициенті.

(1.14) сәйкес, қабылдағышты қыздыру үшін күн сәулесінің энергиясын неғұрлым толық пайдалану үшін күн сәулесінің түсу коэффициентін арттыру керек, яғни қабылдағыштың күн сәулесінің сіңу коэффициентін және оның жылу кедергісін арттыру қажет. Соңғысы жылу беру коэффициентінің төмендеуіне тең. Бұл жағдайлар күн коллекторларын – жылыту құрылғыларын жасау кезінде ескеріледі.

Күн жылыту жүйелері **пассивті** және **белсенді** болуы мүмкін [9].

Пассивті күн жылыту жүйелері деп аталады, онда Күн радиациясын қабылдайтын және оны жылуға айналдыратын элемент ретінде ғимараттың өзі немесе оның жеке қоршаулары (коллектор ғимараты, қабырға коллекторы, шатыр коллекторы және т. б.) қызмет етеді (1.17-сурет)

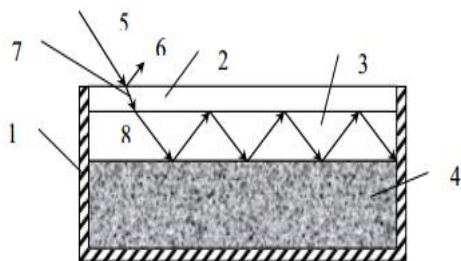


- 1 - мөлдір экран;
- 2 - қара радиациялық қабырға беті (аккумулятор);
- 3 - ауа өткізгіш.

1.17 сурет – "Қабырға-коллектор"пассивті төмен температуралы күн жылыту жүйесі

Белсенді күн жүйелерінде күн сәулесінің энергиясын қабылдайтын және қыздырылған элементтерге жылу беретін жылытқыш бар. Жылытқыш ретінде кез-келген материалды қолдануға болады, ал жылытқыштың өзі кез-келген құрылым болуы мүмкін. Бірақ бүкіл жылу жүйесінің тиімділігі осы параметрлерге байланысты, Сондықтан біз күн коллекторларына, күн радиациясының энергиясын қабылдайтын және осы энергияны жылуға айналдыратын құрылғыларға толығырақ тоқталамыз.

Күн коллекторы күн сәулесінің ағынын сіңіретін және жылуды салқындатқышқа (сұйықтық немесе газ) беретін қабылдау панелінен және қызмет көрсету желісінен (құбырлар, сорғы сорғылары және т.б.) тұрады. Тиімділікті арттыру үшін қабылдау панелі барлық жағынан оқшауланған ,бұл ретте күнге қараған жағы мөлдір селективті жабынмен жабылады (1.18-сурет)



- 1-жылу оқшаулағыш корпус;
- 2-селективті жабын;
- 3 - ауа аралығы;
- 4 - қабылдау тақтасы;
- 5-құлаған жарық сәулесі;
- 6-шағылысқан сәуле;
- 7 - сынған сәуле;
- 8-қабылдау тақтасы мен селективті жабын арасындағы жарық соққысы.

1.18 – сурет – Селективті жабыны бар күн коллекторының схемасы

Селективті жабын спектрдің көп бөлігін өткізеді және инфрақызыл сәулелерді көрсетеді. Селективті жабын арқылы өтетін жарық жылу жұтқышынан инфрақызыл сәулелер түрінде шағылысады, олар өз кезегінде селективті жабынның ішкі жағынан шағылысады және жылу жұтқышқа кері түседі. Осылайша, шағылысу арқылы жылу шығыны айтарлықтай азаяды.

Коллектор ауданының бірлігінен бөлінетін N_K пайдалы қуаты мынадай түрде анықталады: $Вт / м^2$:

$$N_K = N_{пр} k_{опт} k_T - \Delta N \quad (1.16)$$

- егер $N_{пр}$ – меншікті пайдалы қуат, $Вт / м^2$;
- $k_{опт}$ – коллектордың оптикалық п.э.к.;
- k_T – жылу тасымалдағышқа берілген жылудың сіңірілген жылуға қатынасына тең қабылдау панелінің тиімділік коэффициенті;
- ΔN – күн коллекторының жылу жоғалтуының тығыздығы, $Вт/м^2$.
- Оптикалық п.э.к тең :

$$k_{\text{опт}} = \mu_{\text{сп}} \alpha_{\text{пр}} \quad (1.17)$$

егер $\mu_{\text{сп}}$ – селективті жабынның өткізу қабілеті;

Қазіргі күн коллекторларында оптикалық п.э.к. бірлікке жақын. Қабылдау панелінің тиімділік коэффициенті қазіргі уақытта 0,9-дан асады. Осылайша, қазіргі заманғы күн коллекторлары жылу қабылдау қабілетіне қатысты іс жүзінде жетілдіруге қол жеткізді және осы бағытта олардың тиімділігін одан әрі арттыру баяу жүріп жатыр.

Жоғарыда айтылғандай, күн коллекторы қызған кезде оның бетінің температурасы көтеріліп, қоршаған орта температурасынан асып түседі. Бұл қыздырылған коллектордың қоршаған ортаға жылу бере бастауына әкеледі. Коллектор бетінің бірлігінен алынатын жылу ағыны селективті жабынды ескере отырып, мынадай формула бойынша анықталады:

$$\Delta N = k_T k_{\text{сп}} (T_{\text{пр}} - T_{\text{ос}}) \quad (1.18)$$

егер k_T – жылу шығындарының жиынтық коэффициенті, Вт / м²·град.

(1.18) талдау арқылы қоршаған ортамен конвективті алмасу коэффициентін төмендету және бетінің қараңғылығын азайту қажеттілігі туралы қорытынды жасауға болады. Бұған жылу оқшаулауды жақсарту, екі қабатты әйнектеуді қолдану, коллекторды желден қорғалған жерге орналастыру, корпустың айналы жабынын қолдану (қабылдау жағынан басқа) және қабылдау жағының селективтілігі арқылы қол жеткізіледі.

Сонымен қатар, (1.18) коллектордың температурасы мен қоршаған орта температурасының айырмашылығының жоғарылауымен жылу шығыны артады, сондықтан к.п. д. төмендейді.

Салқындатқышты жылыту үшін қажет қуат, мысалы, сорылатын сұйықтық осы сұйықтықтың берілуімен, оның жылу сыйымдылығымен және қажетті қыздыру температурасымен анықталады:

$$N_{\text{II}} = g \cdot c_p (T_2 - T_1) \quad (1.19)$$

егер N_{II} – пайдалы қыздыру қуаты, Вт / м²;

g – жылу тасымалдағышты беру, кг / м²·с;

c_p – тұрақты қысымдағы сұйықтықтың нақты жылу сыйымдылығы, Дж / кг. град.;

T_2 – шығудағы сұйықтық температурасы, К;

T_1 – кіретін сұйықтықтың температурасы, К.

Қуат балансының теңдеуінен көрініп тұрғандай, күн коллекторының п.э.к. келесідей анықталуы мүмкін:

$$\eta_K = \frac{g \cdot c_p \Delta T}{N_C} = k_{опп} k_T - \frac{\Delta P}{N_C} \quad (1.20)$$

егер ΔT – жылу тасымалдағыш пен қоршаған орта температурасының айырмасы, град.

Немесе жылу жоғалту функциясының сызықтық жуықтауын ескере отырып (1.18), біз аламыз:

$$\eta_K = k_T \left(\mu_{СП} \alpha_{СП} - k_{СП} - \frac{\Delta N}{N_C} \right) \quad (1.21)$$

Осылайша, п.э.к. күн коллекторы неғұрлым жоғары болса, қорғаныш жабыны неғұрлым мөлдір, сіңіру қабілеті жоғары және жылу беру коэффициенті аз болады. Қоршаған орта температурасының жоғарылауымен күн коллекторы да өседі. Салқындатқыштың температурасының жоғарылауымен күн коллекторының п.э.к азаяды. Бұл жылы климаттық аймақтарда күн жылытқыштарын қолданудың тиімділігін тағы бір рет растайды. Сонымен қатар, күн жылытқыштарын көктем-күз мезгілінде жылыту үшін, ал жазда ыстық су алу үшін және тоңазытқыш машиналарда (кондиционерлерде) пайдалануға болады.

Күн коллекторының тиімділігі оның түріне байланысты. 1.19 суреттерінде тиімділіктің өсу ретімен күн коллекторларының түрлері келтірілген [10].

Белсенді күн коллекторларының салқындатқыштары ретінде әртүрлі заттарды қолдануға болады.

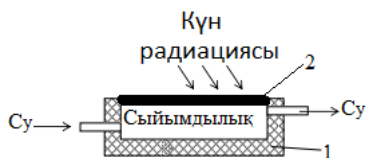
Ауа салқындатқыштың жұмыс параметрлерінің барлық диапазонында кең таралған. Оны салқындатқыш ретінде қолданған кезде жылу жүйелерін желдету жүйесімен біріктіруге болады. Алайда, ауаның жылу сыйымдылығы төмен, бұл су жүйелерімен салыстырғанда ауаны жылыту жүйелерінің құрылғысына металл шығынын арттыруға әкеледі.



а)



б)



в)

- а) Жылу оқшаулағышы жоқ металл ыдыс;
- б) Жылу оқшаулағышы бар металл сыйымдылық: 1-жылу оқшаулау;
- в) Жылу оқшаулағышы және селективті жабыны бар металл сыйымдылық: 1-жылу оқшаулағыш, 2-селективті жабын.

1.19 сурет – Күн коллекторларының түрлері

Су – бұл жылу сыйымдылығы және кең қол жетімді салқындатқыш. Алайда, 0°C -тан төмен температурада оған қатпайтын сұйықтықтарды қосу керек. Сонымен қатар, оттегімен қаныққан су құбырлар мен құрылғылардың коррозиясын тудыратынын ескеру қажет. Бірақ су күн коллекторларындағы металл шығыны ауаға қарағанда әлдеқайда төмен, бұл оларды кеңінен қолдануға ықпал етеді.

Жылу оқшаулағышы және селективті жабыны бар күн жылыту қондырғылары күн сәулесінің концентраторларын пайдаланбай шамамен $80 - 100^{\circ}\text{C}$ жылу тасымалдағыштың (әдетте судың) температурасын алуға мүмкіндік береді. Бұл температура жылумен

және ыстық сумен қамтамасыз ету үшін жеткілікті. Алайда, күн сәулесінің максималды энергиясын алу үшін күн коллекторлары дұрыс бағытталуы керек.

Тікелей күн сәулесінің қарқындылығын анықтайтын атмосфераның мөлдірлігі күн мен жыл ішінде өзгеретінін ескеру қажет. Мәселен, мысалы, статистикаға сәйкес, күндізгі жарықтың бірінші жартысында атмосфера мөлдір болады, ал күннің екінші жартысында бұлттылық пайда болады. Осыған сүйене отырып, бекітілген түрлендіргіштер теріс азимутальды бұрышқа ие болуы керек, яғни шығысқа қарай қандай да бір бұрышқа бұрылуы керек деп болжауға болады. Азимут бұрышының өзгеруі көлбеу бұрыштың өзгеруіне әкеледі, өйткені күн түске жетпей, солстицаның кішірек бұрышына ие болады.

Күн коллекторының горизонтқа *оңтайлы көлбеу бұрышы* оның оорт азимуттық бұрышына байланысты.

1.2-кестеде мысал ретінде 50⁰ солтүстік ендікке арналған фотоэлектрлік түрлендіргіштердің тіркелген батареяларының есептелген және ұсынылған бағдарлау параметрлері келтірілген.

Кесте 1.2-тіркелген батарея фотоэлектрлік түрлендіргіштер бағдар параметрлері

Ай	Азимут бұрышы, град.	Горизонтқа еңіс бұрышы, град.
Қаңтар	- 0,3	70,4
Ақпан	- 0,3	62,9
Наурыз	- 1,3	51,8
Сәуір	- 18,5	40,6
Мамыр	- 16,4	31,1
Маусым	- 11,7	27,2
Шілде	- 14,3	28,4
Тамыз	- 15,6	35,7
Қыркүйек	- 20,7	47,3
Қазан	- 5,6	57,8
Қараша	- 8,5	67,5
Желтоқсан	- 17,6	71,8

Жылу энергиясын сақтау денені жылытуға негізделген. Егер дене белгілі бір температураға дейін қыздырылса, онда ол басқа денемен немесе температурасы төмен қоршаған ортамен байланыста болса, оған белгілі бір жылу береді [11].

Жылу аккумуляторының сыйымдылығын арттыру үшін жоғары жылу сыйымдылығы мен үлкен массасы бар денелерді пайдалану керек. Сонымен қатар, жылу аккумуляторын максималды температураға дейін қыздыру тиімділігін болжауға болады.

Алайда, қыздырылған дене түріндегі жылу аккумуляторының ерекшелігі-жылу энергиясын беру тоқтатылғаннан кейін жалпы жылу ағыны қоршаған ортаға жылу беру ағынына тең болады. Яғни, жинақталған жылу жинақтау процесі тоқтатылғаннан кейін бірден тұтынылуы керек.

Жылу аккумуляторының салқындату уақыты экспоненциалды түрде өзгереді және ΔT 100 градустан асқан кезде аздап артады. Бұдан шығатыны, жылу аккумуляторларын төмен температуралы жылумен жабдықтау немесе ыстық сумен жабдықтау жүйелерінде пайдалану ұсынылады, қоршаған ортадан температура 80 К-ден аспайды.

Жылытылатын денелердің фазалық түрлендірулерін жасау арқылы жылу аккумуляторының салқындату уақытын едәуір арттыруға болады.

Егер сіз жылу жинағышты фазалық ауысу температурасына дейін қыздырсаңыз, мысалы, қатты зат оның балқу температурасына дейін, онда берілген жылу оның фазалық өзгеруіне (балқу) өтеді. Бұл жағдайда жылу жинағыштың температурасы толығымен ерігенше жоғарыламайды. Қыздыруды тоқтатқаннан кейін жылу сақтағыш температураны өзгертпестен толығымен қатайғанға дейін бастапқы қатты күйге орала бастайды. Осыдан кейін ғана жылу сыртқы ортаға жұмсалады.

Бұл қасиетті жылу аккумуляторының салқындату уақытын кешіктіру үшін пайдалануға болады, бірақ жылу аккумуляторын балқыту үшін қажет мөлшерге көбірек жылу энергиясын жеткізу қажет екенін ескеру қажет. Сонымен қатар, егер жинақталған жылу энергия көзін ажыратқаннан кейін бірден қажет болса, онда фазалық түрлендірілген батареядан ұзақ уақыт ішінде көбірек жылу алуға болады.

Фазалық түрлендірулерді қолданған кезде екі қарама – қайшы қажеттілік пайда болады-фазалық ауысудың ең төменгі температурасында мүмкіндігінше көп жылу энергиясын жинақтау қажет.

Химиялық таза заттардың көпшілігі фазалық ауысу үшін көп энергияны қажет етпейді, дегенмен кейбіреулер, мысалы, литий, қайнау үшін айтарлықтай жылуды қажет етеді. Бірақ литийдің қайнау температурасы-1315°C. Бұл оның жылу аккумуляторы ретінде қолданылуын айтарлықтай шектейтіні анық, өйткені жоғары температурада қажетті жылу оқшаулауын қамтамасыз ету өте қиын.

Алайда, екі талапты да қанағаттандыратын заттар категориясы бар. Мұндай заттар гидраттар деп аталады. 1.3-кестеде күн жылыту жүйелерінде жылуды сақтау үшін ең қолайлы гидраттардың қасиеттері келтірілген.

1.3 кесте – жылу аккумуляторларына арналған гидраттардың сипаттамасы

Гидрат	Балқу температурасы, °C	Балқу жылуы, Дж/кг
$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$	18	186
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 12\text{H}_2\text{O}$	88	260
$\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	58	264
$\text{LiNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$	30	306

Фазалық түрлендірулері бар жылы аккумулятордың кемшіліктері бір фазалық күйден екіншісіне ауысқан кезде заттың көлемі өзгереді, бұл корпусстың бұзылуына немесе жылу байланысының жоғалуына әкеледі. Осыған байланысты күн жылу жинайтын коллекторлар серпімді материалдардан жасалуы керек, бірақ сонымен бірге жоғары жылу өткізгіштікпен. Мұны күшейту арқылы қамтамасыз етуге болады, мысалы, резеңке, бірақ әлі де жоғары жылу өткізгіштікті алу мүмкін емес.

Бақылау сұрақтары

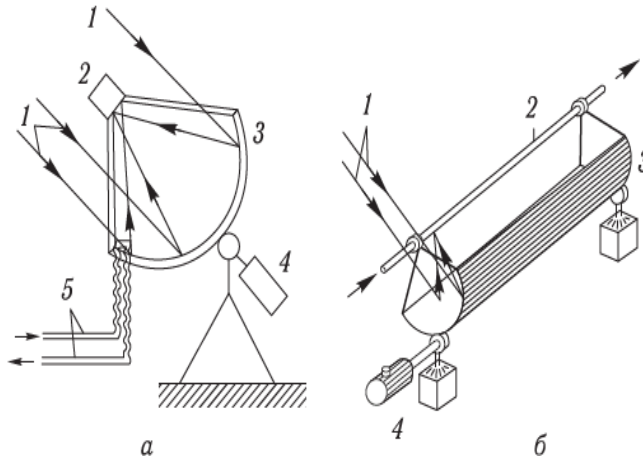
1. Күн тұрақтысы неге тең?
2. Күн спектр сәулесін қандай негізгі аймақтарға бөлуге болады?
3. Кепілдендірілген күн сәулесі дегеніміз не?
4. Күн коллекторы дегеніміз не?
5. Пассивті күн жылыту жүйесі мен белсенді жүйенің айырмашылығы неде?
6. Күн коллекторының тиімділігін арттырудың қандай жолдары бар?
7. Күн коллекторының бағытын оңтайландыру қандай критерий бойынша жүзеге асырылады?
8. Жылу аккумуляторының температурасы фазалық ауысумен қалай өзгереді?

1.8 Концентраторлар

Жоғары потенциалды жылуды өндіру үшін күн сәулелері температурасы 3600°C -қа дейін көтерілуі мүмкін шағын аймақта шоғырланған (күн энергиясы ағынының тығыздығы артады).

Бұл температурада Барлық металдар мен отқа төзімді материалдар ериді. Параллель күн сәулелерін объективтің немесе құрылғының негізгі бөлігі – гелиоконцентратордың көмегімен фокустауға болады. Мұндай күн түрлендіргіштеріндегі айналар дәстүрлі қолданылады-әйнек немесе жылтыратылған металл немесе жоғары шағылысатын басқа материалдар.

Күн радиациясының ең тиімді концентраторлары цилиндрлік параболаид немесе айналмалы параболаид түрінде болады (1.20-сурет). Параболалық цилиндрлік шағылыстырғыш жүйелер қояқ түрінде үлкен практикалық қолдануға ие болды. Оның назарында 350°C және одан жоғары температураға дейін қыздырылған салқындатқышы бар құбыр өтеді.



1.20 сурет – Шоғырланған күн қабылдағыш:

а-параболалық концентратор;

б-параболалық концентратор;

1-күн сәулелері; 2-жылу қабылдайтын элемент (күн коллекторы); 3-айна;

4-бақылау жүйесінің жетек механизмі; 5-жылу тасымалдағышты өткізетін және шығаратын құбырлар

Күн сәулесін түсіру және конверсиялау процесінің жоғары тиімділігін қамтамасыз ету үшін концентрацияланған күн қабылдағышы үнемі күнге бағытталуы керек. Осы мақсатта гелиоқабылдағыш күн бағыты датчигін, сигналдарды түрлендірудің электрондық блогын, гелиоқабылдағыштың конструкциясын бір (цилиндрлік параболоид үшін) немесе екі (айналмалы параболоид немесе жазық гелиостат үшін) жазықтықта бұру үшін редукторы бар Электр қозғалтқышын қамтитын бақылау жүйесімен жабдықталады.

Осындай гелиоконцентраторлар өнеркәсіптік жағдайларда металдарды дәнекерлеу, материалдарды балқыту және термоөңдеу үшін, сондай-ақ тұрмыста тамақ дайындау және суды қайнату үшін қолданылады. Дәнекерленетін бұйым жарық ағыны үшін терезелері бар камераға орналастырылады. Гелиосварканың басты артықшылығы - процестің абсолютті стерильділігі және отқа төзімді металдарды дәнекерлеу мүмкіндігі.

Материалдарды балқыту және термоөңдеу үшін күн қондырғылары – күн пештері қолданылады. Күн пеші қысқа фокустық гелиоконцентратордан, қабылдағыш құрылғыдан (пештің өзі) және күн қозғалысын автоматты түрде бақылау жүйесінен тұрады, ол гелиоконцентраторды оның осі үнемі күнге бағытталған етіп айналдырады. Қабылдау құрылғысы гелиоконцентратордың фокусында орналасқан және жарық өткізгіш терезесі бар камера болып табылады, оның ішінде сіз вакуум жасай аласыз, инертті газ атмосферасы және т. б. Жұмыс температурасы жетуі мүмкін 3600 °C күн пештері, олардың жоғары құнына байланысты, өңделетін материалға қоспалардың енгізілуін болдырмайтын арнайы ("стерильді") балқыту және термоөңдеу жағдайларын жасау қажет болған жағдайларда ғана қолданылады.

Тұрмыстық күн қондырғысы-күн ас үйі тамақ дайындауға арналған. Күн ас үйінің негізгі элементі-күн сәулесін радиациялық қабылдағыштың бетіне (кастрюль, қазандық және т.б.) бағыттайтын гелиоконцентратор (көбінесе параболоидты рефлектор түрінде). Әдетте, күн асүйіне арналған гелиоконцентраторлардың фокустау дәлдігі төмен, өйткені қабылдағыш бетіндегі энергияның жоғары тығыздығы күн асүйін өңдеуге ыңғайсыз етеді; әдетте күн энергиясының концентрациясы (сәулелі ағынның тығыздығының салыстырмалы өсуі) 250-ден аспайды. Гелиоконцентратордың айналуы күннің көрінетін қозғалысынан кейін қолмен жүзеге асырылады. Күн асүйінің тиімділігі 55-60% жетеді. Күн тағамдары негізінен отын жеткізу қиын шалғай аудандарда қолданылады.

1.9 Күн электр станциялары

Жылу қозғалтқыштарын қолдана отырып, күн энергиясын электр энергиясына термодинамикалық түрлендіру жүйелері ең үлкен практикалық қолданысқа ие болды.

Күн энергиясын механикалық энергияға түрлендіру екі кезеңде жүзеге асырылады. Бірінші кезең фототермиялық түрлендіруді қамтиды, нәтижесінде шоғырланған күн радиациясының қабылдағышында сіңірілетін күн энергиясы салқындатқышты немесе жұмыс сұйықтығын (қатты қыздырылған бу) қыздырады. Екінші кезең жылу қозғалтқышында жүзеге асырылады, онда жұмыс істейтін дененің жылу энергиясы жұмысқа айналады.

Күн энергиясы күн энергиясын алуға және оны жылу, механикалық және ақырында электр энергиясына айналдыруға арналған жабдықтары бар күн электр станцияларында (СЭС) электр энергиясына айналады. КЭС тиімді жұмыс істеуі үшін жылу аккумуляторы және автоматты басқару жүйесі қажет.

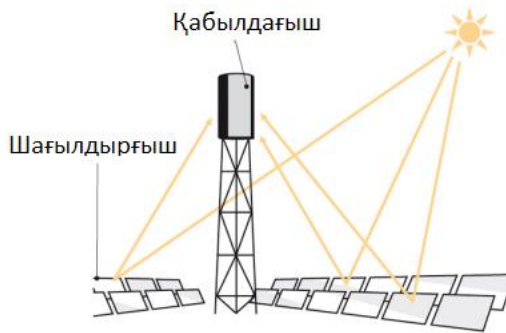
Күн энергиясын алу және жылуға айналдыру оптикалық шағылыстырғыш жүйе және су буын алу немесе газ тәрізді немесе сұйық металл салқындатқышты (жұмыс корпусын) жылыту үшін қолданылатын шоғырланған күн энергиясын қабылдағыш арқылы жүзеге асырылады. Жылу қозғалтқышында (бу немесе газ турбинасы) әдетте температурасы 550°C – қа дейін қыздырылған су буы, ауа және басқа газдар – 1000°C -қа дейін, төмен қайнаған органикалық сұйықтықтардың (оның ішінде фреондардың) қатты қызған буы – 100°C -қа дейін, сұйық металл салқындатқыштар- 800°C -қа дейін қолданылады.

Қазіргі уақытта екі типтегі күн электр станциялары салынуда: *мұнара типтегі СЭС және таратылған (модульдік) типтегі СЭС.*

Мұнара түріндегі СЭС бір қағида бойынша құрылады: өріс күнді бақылайтын жер деңгейінде орналасқан гелиостатикалық айналар (бірнеше мың концентрация дәрежесі) күн сәулесін жеткілікті биік мұнараның жоғарғы жағына орнатылған қабылдағыш қабылдағышқа көрсетеді (1.21-сурет). Ресивер-бұл күн қазандығы, онда орташа параметрлі су буы шығарылады, содан кейін стандартты бу турбинасына жіберіледі.

Кемшіліктері: мұнара КЭС-тің басты кемшілігі-олардың жоғары құны және үлкен алып жатқан ауданы.

Қуаты 10 МВт-қа дейінгі мұнара КЭС тиімсіз, олардың оңтайлы қуаты-100 МВт, ал мұнараның биіктігі-250 м.



1.21 сурет – Мұнара түріндегі күн электр станциясының схемасы

Тарату (модульдік) типтегі КЭС көптеген модульдерді пайдаланады, олардың әрқайсысына күн сәулесінің параболалық-цилиндрлік концентраторы және хабтың фокусында орналасқан және электр генераторына қосылған жылу қозғалтқышына берілетін жұмыс сұйықтығын жылыту үшін қолданылатын қабылдағыш кіреді.

Аз қуатпен модульдік типтегі КЭС мұнараға қарағанда үнемді. Модульдік типтегі күн электр станцияларында әдетте максималды концентрациясы шамамен 100 болатын күн энергиясының желілік концентраторлары қолданылады.

2 Жел энергиясы

2.1 Жел энергиясын электр энергиясына түрлендіру принципі

Жел-бұл Күн атмосферасының біркелкі қызбауына байланысты атмосферадағы температураның өзгеруінен туындаған жер атмосферасының ауа массаларының қозғалысы. *Осылайша, пайдаланылатын жел энергиясы күннің механикалық энергиясына айналады.*

Жел энергиясын энергияның пайдалы механикалық, электрлік немесе жылу түрлеріне айналдыратын құрылғылар *жел энергетикасы қондырғылары (жел қондырғылары)* немесе *жел қондырғылары* деп аталады.

Механикалық қондырғылардағы жел энергиясы, мысалы, Диірмендер мен су сорғыларында бірнеше ғасырлар бойы қолданылып келеді. 1973 жылы мұнай бағасының күрт көтерілуінен кейін мұндай қондырғыларға деген қызығушылық күрт өсті. Қолданыстағы жел қондырғыларының көпшілігі 70-ші жылдардың аяғы мен 80-ші жылдардың басында аэродинамика, механика, Микроэлектрониканың соңғы жетістіктерін бақылау және басқару үшін кеңінен қолдана отырып, заманауи техникалық деңгейде салынған.

Жел энергиясын пайдалануды дұрыс ұйымдастыру арқылы жел сияқты арзан және таусылмайтын энергия көзі экономиканың кез-келген саласына қажеттіліктің көп бөлігін қанағаттандыра алады. Жел энергиясын электр, жылу және механикалық энергияға айналдыратын қондырғылар мыналарды қамтамасыз ете алады:

- әр түрлі жергілікті нысандарды автономды энергиямен жабдықтау (суару жүйелері, мал фермаларының механизмдері, желдету, микроклимат құрылғылары және т. б.);

- ыстық сумен жабдықтау, жылыту, Тоңазытқыш қондырғыларын энергиямен қамтамасыз ету;

- бақша учаскелеріне, жайылымдарға және т. б. арналған суды көтеру.;

- тік және көлденең дренаж жүйелерінен және басқа жүйелерден су сору.

Энергия көздерінің басқа түрлерімен салыстырғанда жел энергетикасы қондырғылары келесі артықшылықтарға ие:

- отынды өндіру және тасымалдау шығындарының болмауы;

- жылу немесе атом станцияларын салумен салыстырғанда Жел

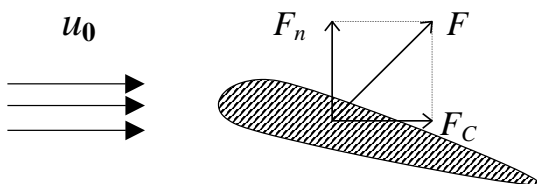
энергетикалық қондырғысын салуға жұмсалатын еңбек шығынын 10 еседен астам азайту;

- жел қондырғыларының энергиясын тікелей пайдаланудың кең технологиялық ауқымы (автономдық немесе орталықтандырылған желілермен бірлескен жұмыс, жаңартылатын энергияның басқа көздерімен үйлесімділік және т. б.);
- қуаттарды пайдалануға берудің ең аз мерзімдері;
- қоршаған ортаның ластану деңгейін төмендету есебінен экологиялық жағдайды жақсарту [6].

2.2 ЖЭУ-нің әрекет ету принципі және жіктелуі

Жел энергетикасы қондырғыларында жел энергиясы олардың жұмыс органдарының механикалық энергиясына айналады. Жел энергиясын тікелей қабылдайтын және, әдетте, оны айналуының кинетикалық энергиясына айналдыратын ЖЭУ-нің негізгі және негізгі жұмыс органы-жел тартқышы.

Желдің әсерінен жел доңғалағының айналуы, негізінен, u_0 жылдамдығымен газ ағынымен қозғалатын кез - келген денеге F күші әсер етеді, оны екі компонентке бөлуге болады: 1 - F_C фронтальды кедергі күші деп аталатын ағынның жылдамдығы бойымен және 2- F_{\perp} көтеру күші деп аталатын ағынның жылдамдығына перпендикуляр бағытта (2.1-сурет) [7].



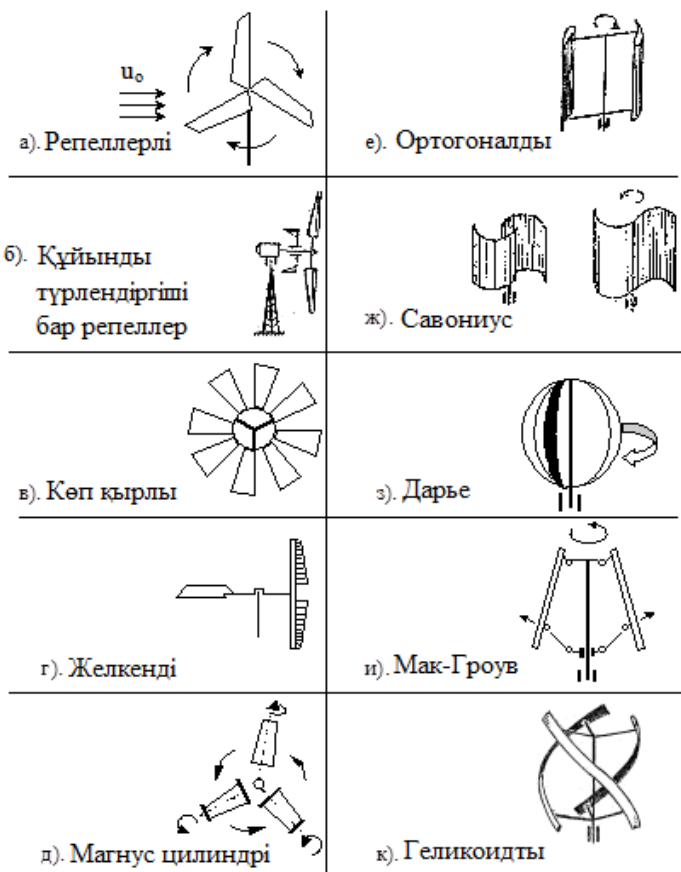
2.1 сурет – Газ ағынымен қозғалатын денеге әсер ететін күштер

Бұл күштердің мөлшері дененің пішініне, оның газ ағынындағы бағытына және газдың жылдамдығына байланысты. Осы күштердің әрекетімен жел қондырғысының жұмыс органы (жел тартқышы) айналады.

Жел қондырғылары *екі негізгі белгі бойынша жіктеледі* - жел доңғалағының геометриясы және оның желдің бағытына қатысты орналасуы.

Егер жел доңғалағының айналу осі ауа ағынына параллель болса, онда *тік-осьтік* перпендикуляр болса, орнату көлденең - *осьтік* деп аталады.

Көтеру күшін пайдаланатын көлденең осі бар жел тартқышы (екі немесе үш жүзді жел тартқышы) 1.2 - суретте көрсетілген (а, б, в, г).



2.2 сурет – Жел дөңгелектерінің түрлері

Алдыңғы кедергі күшін пайдаланатын жел қондырғылары әртүрлі конфигурациялы қалақтардың осіне тігінен бекітілген қалақтардан тұрады (2.2 е, ж, з, және, к сурет).

2.2, d – суретте Магнус эффектісін қолданатын жел тартқышы көрсетілген (цилиндр немесе конус айналған кезде желдің бағытына перпендикуляр көтергіштің пайда болу әсері).

Фронтальды кедергі Күшін қолданатын қондырғылар, әдетте, желдің жылдамдығынан аз сызықтық жылдамдықпен айналады, ал көтеру күшін қолданатын қондырғылар пышақтардың ұштарының сызықтық жылдамдығына, желдің жылдамдығынан едәуір үлкен.

Әрбір жел тартқышы төмендегіше сипатталады:

1) *сыпырылатын ауданы* S (көлденең-осьтік жел доңғалақтары үшін), яғни айналу кезінде оның қалақтарымен жабылған ауданы $S = \pi D^2/4$, тең, мұндағы D -жел доңғалағының диаметрі немесе *фронтальды кедергі ауданы* (тік-осьтік жел доңғалақтары үшін) $S = h b$ мұндағы h және b -тіісінше ротордың биіктігі және оның орташа диаметрі;

2) қалақтардың проекция ауданының ағынға перпендикуляр жазықтыққа, сыпырылатын ауданға қатынасына тең *геометриялық толтырумен* (мысалы, бірдей қалақтарда төрт қалақты дөңгелектің екі қалақты дөңгелекке қарағанда екі есе үлкен геометриялық толтырылуы болады);

3) *қуат коэффициенті* ξ , жел доңғалағының жел ағынының энергиясын ξ пайдалану тиімділігін сипаттайтын және жел доңғалағының конструкциясына байланысты;

4) *жылдамдық коэффициенті* Z , бұл пышақтың ұшының жылдамдығының жел жылдамдығына қатынасы.

Желдің жылдамдығы v_0 және ауаның тығыздығы кезінде ρ жел тартқышы S ауданы бар $P = \xi S \rho v_0^3/2$ қуатын дамытады .

Бұл формуладан бұл қуат желдің жылдамдығының кубына пропорционал екенін көруге болады.

Н. Жуковскийдің теориясы бойынша қуат коэффициентінің максималды мәні 0,6-0,69. Іс жүзінде ең жақсы жоғары жылдамдықты дөңгелектер $\xi \sim 0,45-0,48$ -ге тең; төмен жылдамдықты дөңгелектер үшін олар $\xi \sim 0,35-0,38$ -ге тең.

Жел доңғалақтарының үлкен геометриялық толтырылуы бар жел салыстырмалы түрде әлсіз желде айтарлықтай қуатты дамытады және доңғалақтың аз айналымында максималды қуатқа қол жеткізіледі. Шағын толтыру желдері жоғары жылдамдықта максималды қуатқа жетеді және бұл режимге ұзақ уақыт кетеді. Сондықтан біріншісі, мысалы, су сорғыларында, тіпті әлсіз желде де жұмыс істейді, ал

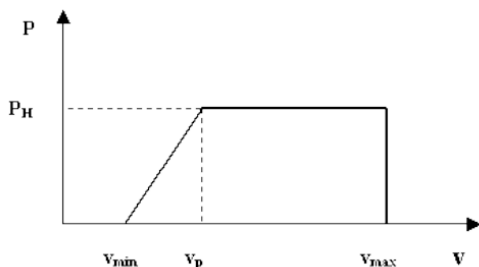
екіншісі жоғары жылдамдықты қажет ететін электр генераторлары ретінде қолданылады [1].

Бақылау сұрақтары

1. Жел энергетикасы қондырғыларының артықшылықтарын атаңыз.
2. Жел доңғалақтарының қандай түрлері бар?
3. Жел қондырғылары қалай жіктеледі?
4. Жел доңғалағының негізгі параметрлерін тізімдеңіз.
5. Жел доңғалағының қуат коэффициенті қандай өрнекпен анықталады?
6. ЖЭҚ қуаты қандай параметрлерге байланысты?
7. Жел қондырғысының параметрлері қандай?
8. Жел доңғалағының геометриялық толтырылуы дамыған қуатқа қалай әсер етеді?

2.3 Жел энергетикалық қондырғының бос жүрістегі және жүктемеде жұмыс істеуі

Жел қондырғылары дизайн ерекшеліктеріне байланысты желдің потенциалдық энергиясын толық пайдаланбайды. Энергияның бір бөлігі жел доңғалағының тыныштық инерциясына байланысты, бір бөлігі реттеу режиміне байланысты және бір бөлігі жел доңғалақтарын желдің астынан шығаруға байланысты жоғалады. 2.3-суретте жел қондырғысының жел жылдамдығына тәуелділігі көрсетілген [1].



2.3 сурет – Жел қондырғысының қуатының жел жылдамдығына тәуелділігі

Шығарылатын жел энергиясы негізгі жел жылдамдығы деп аталатын үш негізгі параметрге байланысты. Бірінші параметр-желдің минималды жылдамдығы (v_{\min}), онда жел дөңгелегі айнала бастайды. Екіншісі - есептеу жылдамдығы (v_p), онда жел қондырғысы есептеу режиміне өтіп, номиналды қуатты дамытады. Үшіншісі-желдің максималды жылдамдығы (v_{\max}), ең жоғары жылдамдық жел қондырғысы үшін өте маңызды болады.

Минимумнан жұмыс істейтін жел қондырғысына дейінгі жылдамдық диапазонында желдің жылдамдығы соғұрлым жоғары болады. Желдің жылдамдығы $v \geq v_{pc}$ кезінде арнайы реттеу құрылғысының көмегімен жел доңғалағының және өндірілетін қуаттың тұрақты айналу режимі автоматты түрде орнатылады. Егер $v \geq v_{\max}$ болса, жел қондырғысындағы жел қысымы өте маңызды болады және механикалық беріктік жағдайында ол өшіріледі.

Жел қондырғысының шығаратын қуаты жел доңғалағының дамытқан қуатынан кәдеге жаратылатын жел энергиясын пайдалы энергияға айналдыру кезіндегі шығындар шамасына ерекшеленеді:

$$P_{\text{ВЭУ}} = 4,81 \cdot 10^{-4} D^2 v^3 \xi \eta_{\text{П}}, \text{ кВт} \quad (2.1)$$

немесе жел қондырғысының сыпырылатын ауданының бірлігінен:

$$P_{\text{ВЭУуд}} = 0,615 \cdot 10^{-3} v^3 \xi \eta_{\text{П}}, \text{ кВт/м}^2 \quad (2.2)$$

мұндағы $\eta_{\text{П}}$ — жел доңғалағының білігінен жұмыс машинасына қуат беру кезіндегі шығындарды ескеретін ЖЭУ пайдалы әсер коэффициенті.

Жел электр қондырғысы үшін:

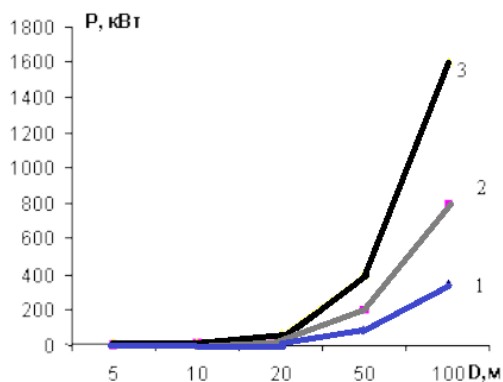
$$\eta_{\text{П}} = \eta_p \cdot \eta_r, \quad (2.3)$$

мұндағы η_p , η_r — Беріліс қорабы мен генератордың тиімділігі сәйкесінше.

Үшін аса жетілген конструкцияларын, екі - және трехлопастных ЖЭҚ қабылдауға болады $\xi = 0,4$, жиынтық ПӘК $\eta_{\text{П}} = 0,8$.

Ауа қысымы мен температурасы бойынша стандартты жағдайлар үшін желдің есептелген жылдамдығына және жел доңғалағының диаметріне байланысты жел шығаратын қуат 2.3-суретте көрсетілген. Алынған нәтижелер дөңгелектеніп келтіріледі (2.1-кесте). Деректерді талдау қуаты 10 кВт дейінгі аз қуатты ЖЭҚ

үшін $v_p = 8$ м/с кезінде диаметрі кемінде 12 м, қуаты 100 кВт – 25 м жел тартқышы талап етілетінін көрсетеді [8].



2.3 сурет – Жел жылдамдығы 6 м/с (1); 8 м/с (2); 10 м/с (3) кезіндегі жел тартқыштың диаметріне ЖЭҚ қуатының тәуелділігі

2.1 кесте – Жел жылдамдығының және жел доңғалағының диаметрінің желге тәуелділігі

Есептелген желдің жылдамдығы, м/с	Жел доңғалағының диаметрі, м				
	5	10	20	50	100
6	0,85	3,5	14	85	340
8	2	8	32	200	800
10	4	16	64	400	1600

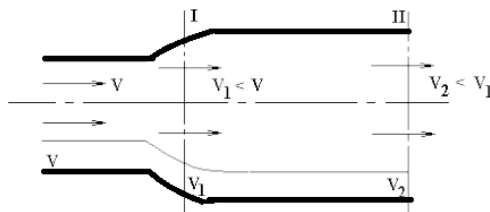
Бақылау сұрақтары

1. Желдің жылдамдығы өндірілетін қуатқа қалай әсер етеді?
2. Жүктеме өзгерген кезде генератор терминалдарындағы кернеу қалай өзгереді?
3. Қандай жүктеме кезінде ең үлкен қуат болады?
4. Қандай жылдамдықтар негізгі деп аталады?
5. Жел қондырғысы шығаратын қуат қандай өрнекпен анықталады?
6. ЖЭҚ ПӘК қандай қуат шығынын ескереді?

2.4 Жел энергетикалық қондырғысының жел тартқыштарының страгирлеу жылдамдығы

Жел энергиясын пайдалану коэффициенті. Жел тартқышы механикалық энергияға жалпы ағын энергиясының бір бөлігін ғана түрлендіреді. Жел доңғалағымен сыпырылған көлденең қимадан өту кезінде ауа ағыны шамамен 2.4-суретте көрсетілген пішінге ие.

Ауа ағынының жылдамдығы ол жел доңғалағына жақындаған сайын және одан біршама қашықтықта төмендейді. Классикалық теория бойынша, жел доңғалағының артындағы ауа ағынының жылдамдығының толық жоғалуы жел доңғалағының айналу жазықтығындағы шығындардан екі есе көп. Сонымен қатар, жел доңғалағына жақындаған сайын ауа қысымы көтеріліп, оның артында күрт төмендейді, нәтижесінде доңғалақтың артында біршама сирету пайда болады.



2.4 сурет – Жел доңғалағының айналу жазықтығындағы (I) және одан кейінгі (II) жел жылдамдығының өзгеруі

Жел доңғалағының айналуына жұмсалған энергия жел доңғалағының алдындағы және артындағы желдің кинетикалық энергиясының айырмашылығына тең:

$$E_{BK} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = \frac{m}{2}(v^2 - v_2^2) \quad (2.4)$$

мұндағы v^2 – скорость воздушного потока за ветроколесом.

Екінші жағынан, жел доңғалақтары қабылдаған энергияны G жел қысымының күші мен жел доңғалағының жазықтығындағы ағын жылдамдығының көбейтіндісі ретінде білдіруге болады:

$$E_{BK} = Gv_1. \quad (2.5)$$

Жел тартқышы қабылдаған энергияның ауа ағынының толық энергиясына қатынасы жел энергиясын пайдалану коэффициенті деп аталады:

$$\xi = E_{BK} / E_v. \quad (2.6)$$

Жел энергиясын пайдалану коэффициенті жел доңғалағының жазықтығынан өткен кезде желдің жылдамдығын жоғалту мөлшеріне байланысты болады. Классикалық ветрокол теориясына сәйкес:

$$\xi = 4 \frac{v_1}{v} \left(1 - \frac{v_1}{v} \right)^2 \quad (2.7)$$

Н.Е.Жуковский идеалды жел тартқышы үшін жел энергиясын пайдалану коэффициентінің максималды мәнін $\xi_{\max} = 0,593$ анықтады. Бұл шектен алынуы мүмкін жағдайда:

$$\frac{v_1}{v} = \frac{1}{3}$$

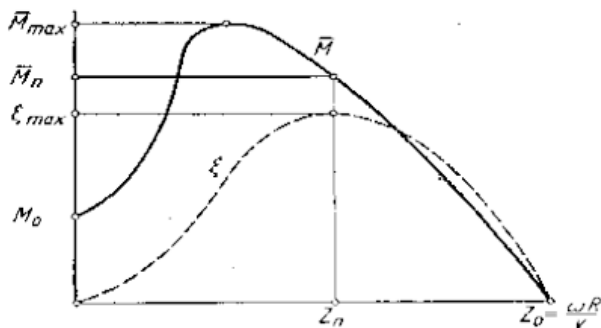
яғни, идеалды жел тартқышы оның айналу жазықтығындағы жел жылдамдығының жоғалуы кіріс шамасының 1/3 құрайтындай жұмыс істеуі керек [8].

Жел агрегаттарының аэродинамикалық сипаттамалары.

Әр түрлі жел агрегаттарының параметрлерін жел доңғалағының жылдамдығына байланысты моменттің және жел энергиясын пайдалану коэффициентінің қалай өзгеретінін көрсететін аэродинамикалық сипаттамалардың көмегімен салыстыруға болады.

Қажетті

аэродинамикалық сипаттамаларды құруға арналған мәліметтер аэродинамикалық құбырдағы жел доңғалағының моделін есептеу арқылы немесе эксперимент арқылы алынады. Алынған мәліметтерге сәйкес график жасалады, оның шамамен көрінісі 2.5 суретте көрсетілген.



2.5 сурет – Жел доңғалағының аэродинамикалық сипаттамалары

Абсцисса осі бойынша пышақтың ұшының айналмалы жылдамдығының жел жылдамдығына қатынасы арқылы көрінетін жел доңғалағының жылдамдығы Z мәнін шығарады:

$$Z = \frac{\omega R}{v} = \frac{\pi n}{30} \cdot \frac{R}{v}, \quad (2.8)$$

мұндағы ω – бұрыштық жылдамдық, рад/с;

R – жел доңғалағының радиусы, м.

$$\overline{M} = \frac{2M}{\pi R \rho v^2}, \quad (2.9)$$

мұндағы M – жел доңғалағының пайда болған сәті.

Жел энергиясын пайдалану коэффициенті мына формула бойынша анықталады:

$$\xi = \frac{2M\omega}{\pi R^2 \rho v^3}. \quad (2.10)$$

Аэродинамикалық сипаттама салыстырмалы шамаларда жасалады, сондықтан егер олар геометриялық ұқсастыққа ие болса, кез-келген мөлшердегі жел доңғалақтарына ортақ.

Сипаттаманың негізгі параметрлерін анықтайтын қисықтың негізгі нүктелері:

- $Z = \frac{\omega_{BK} R}{v}$ жел энергиясын пайдалану коэффициенті ең жоғары

болатын номиналды жылдамдық (модульдер саны) (ξ_{\max});

- \overline{M}_H Z_H модульдерінің номиналды саны бойынша жел тартқышты дамытатын номиналды салыстырмалы момент;

- \overline{M}_O бастапқы салыстырмалы момент доңғалақтың орнынан тигенде пайда болады, яғни $Z = 0$ болған кезде;

Z_0 - синхронды жылдамдық, онда $\overline{M} = 0$;

- \overline{M}_{\max} жел доңғалағының максималды моменті; қатынасы ($\overline{M}_{\max} / \overline{M}_H$) жел доңғалағының шамадан тыс жүктелу қабілеті деп аталады.

Әртүрлі жылдамдықтағы жел доңғалақтарының келтірілген сипаттамалары (2.6-сурет), сондай-ақ теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері келесі қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

1. Пышақтардың саны неғұрлым көп болса, олардың ені мен кептелу бұрышы соғұрлым төмен болады және қисық тік пішінді болады;

2. Жылдам жүретін жел доңғалақтары M_0 бастапқы моментін дамытады, M_H номиналды моментінен бірнеше есе аз, ал синхронды жылдамдық номиналдыдан 2...2,5 есе жоғары;

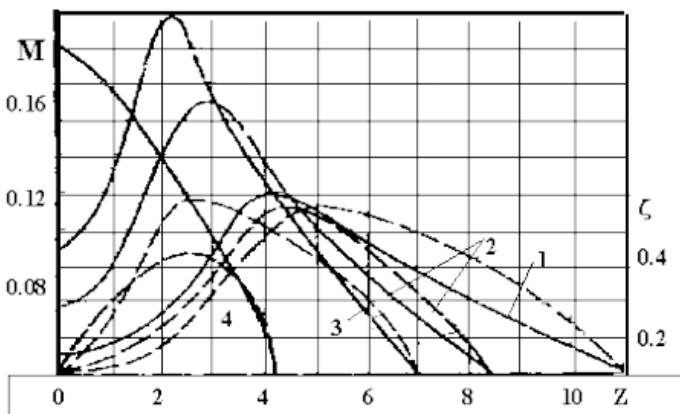
3. Жел доңғалағының қуаты, бәрі бірдей, пышақтардың санына және

толтыру коэффициентіне байланысты емес $k_3 = \frac{F_{\Sigma}}{A}$, бұл

пышақтардың ауданы мен сыпырылған бетке қатынасы. Негізгі әсер пышақтардың пішіні мен профилі, олардың ауа ағынындағы орны және жел доңғалағының диаметрі;

4. Бастапқы сәттің төмендеуі жылдамдықтың өсуіне қарағанда тезірек жүреді. Сонымен, Z_H екі есе көбейген кезде M_0 алты-жеті есе азаяды. Сонымен қатар, M_0/M_H қатынасымен анықталатын қабылдағыштық алты жүзді дөңгелектің екі жүзді дөңгелекке қарағанда 3,3 есе жоғары;

5. Тұрақты аэродинамикалық схема үшін желдің жылдамдығы оның жылдамдығы мен желдің жылдамдығына тура пропорционал және желдің диаметріне кері пропорционал.



2.6 сурет – Әр түрлі жылдамдықтағы жел доңғалақтарының сипаттамалары: 1-2-қалақты; 2-3-қалақты; 3-6-қалақты; 4-18-қалақты; тұтас сызықтар $M(Z)$; штрихты $\xi(Z)$

Жел агрегаттарын таңдау кезінде жел доңғалақтарының аэродинамикалық сипаттамалары және жұмыс машиналарының жүктеме сипаттамалары ескеріледі. Мысалы, үлкен бастапқы қарсылық моменті бар төмен жылдамдықты жұмыс машинасын жүргізу үшін көп доңғалақты төмен жылдамдықты жел тартқышты қолданған дұрыс ($Z_H = 1, 5 \dots 3$). Бұл желдің ең аз жұмыс жылдамдығының мәнін төмендетуге, редуктордың беріліс қатынасын және механикалық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді, бірақ сонымен бірге желді пайдалану жылдамдығы төмендейді.

Жоғары жылдамдықты және кіші бастапқы сәтті қажет ететін генераторды біріктіру үшін пышақтардың аз саны бар жоғары жылдамдықты жел доңғалақтарын ($Z_n = 5 \dots 8$) қолданған тиімді.

Жел энергиясын жел доңғалақтарының санына байланысты тиімді түрлендіру үшін модульдердің тиісті оңтайлы саны қажет. Сондықтан n -қалақты жел доңғалағының оңтайлы жылдамдығы жағдайға сәйкес келеді:

$$Z_H = \frac{\omega_{BK} R}{v} . \quad (2.11)$$

Мысалы, 2-қалақты жел доңғалақтары үшін – $Z_H = 4\pi/2 = 6$, 4-қалақты үшін- $Z_H = 3$ кезінде максималды болады.

Жел агрегаттарының іске қосу және жұмыс сипаттамаларын бірнеше әдіспен жақсартуға болады (жел доңғалағының үдеуі кезінде жүктемені ажырату, әртүрлі муфталарды, аэродинамикалық құрылғыларды қолдану). Жоғары жылдамдықты жел агрегаттарында қалақтарды бұруды басқарудың автоматты жүйелері қолданылады [8].

Жел доңғалағының жұмыс принципі

Жел күшінің әсерінен айналатын жел тартқышы жел энергиясын механикалық жұмысқа айналдырады. Жел доңғалағының айналуы қарсылық күштерінің немесе көтеру күшінің әсерінен болады. Бұл күштердің әрекеті пышақтардың орналасу геометриясына байланысты.

Ауа ағыны жел тартқышпен ағып, қарсылық күші деп аталатын фронтальды қысым жасайды. Бұл жағдайда қарсылық күшінің мөлшері пышақтардың пішініне, олардың бетінің күйіне және ауа ағынының бағытына қатысты позицияға байланысты болады.

Ауа ағыны ағынға перпендикуляр орналасқан және жел бағытында қозғалатын жазықтықта R_x күшімен әрекет етеді. Қарсыласу күшінің әсерінен жел бағыты жел бағытына параллель жазықтықта айналады.

R_x анықтау үшін оны жел туннелінде зерттейді. Бұл жағдайда тиісті коэффициенттер енгізіледі, олардың көмегімен модельге әсер ететін күштер мен моменттерден олар табиғи Денеге әсер ететін тиісті күштер мен моменттерге өтеді (жел доңғалақтарының пышақтары).

Күш кедергісінің анықталуы мүмкін білдіру:

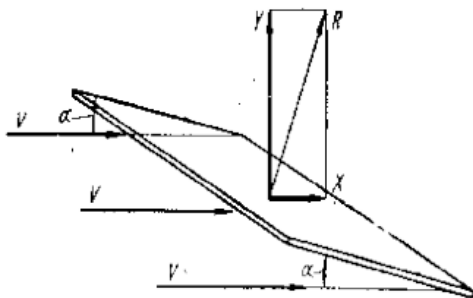
$$R_x = C_x f \frac{\rho}{2} v^2, \quad (2.12)$$

мұндағы C_x – кедергі аэродинамикалық күшінің коэффициенті;
 f – қанат ауданы.

Қарсыласу күші ағып жатқан дененің пішініне байланысты екендігі анықталды, және ол соғұрлым үлкен болады, ағып жатқан дененің ағыны соғұрлым көп болады, атап айтқанда жел доңғалақтарының пышақтары. Мысалы, ойыс қуыс жарты шарда C_x дөңес жарты шарға қарағанда 4 есе көп.

Шабуыл бұрышы деп аталатын ауа ағынының бағытына белгілі бір α бұрышта орналасқан жазықтыққа R күші әсер етеді (2.7-сурет). Бұл күш екі компонентке бөлінеді: R_y күші тігінен жоғары

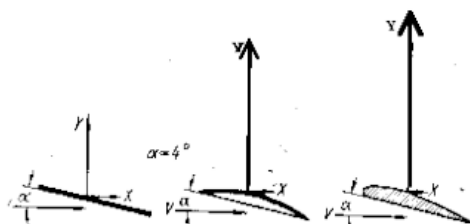
қарай әрекет етеді және көтеру күші деп аталады; R_x күші фронтальды қысым жасайды және қарсылық күшін тудырады.



2.7 сурет – Жазықтыққа α әсер ету бұрышымен әсер ететін көтергіш күш

Көтергіш ауа ағынының бағытына перпендикуляр жазықтықта жел тартқышты айналдыру арқылы пайдалы жұмыс жасайды. Көтеру күші Қанаттың көлденең қимасына байланысты. Аэродинамикалық құбырдағы эксперименттік зерттеулер Қанаттың көлденең қимасының пішінін анықтауға мүмкіндік берді, бұл ең жоғары көтеру күші мен ең аз қарсылық күшін береді. 2.8-суретте әр түрлі профиль формаларын салыстыру үшін шабуылдың бірдей бұрышы бар көтергіштер мен қарсылық күштері көрсетілген. Ең үлкен көтеру күші және ең аз қарсылық күші жеңілдетілген профильге ие.

Шағын шабуыл бұрыштарында жеңілдетілген профиль құйынды тудырмайды, ал пластина алдыңғы жиекте айтарлықтай құйынды тудырады. Құйындар көтеру күшін азайтады және қарсылық күшін арттырады.



2.8 сурет – Өртүрлі профильдің бетінде әрекет ететін көтергіш күш

Көтеру күшін аэродинамикалық C_Y коэффициенті бойынша анықтауға болады:

$$R_Y = C_Y A \frac{\rho}{2} v^2. \quad (2.13)$$

Көтеру коэффициентінің қарсыласу күшінің коэффициентіне қатынасы *қанаттың сапасы* деп аталады:

$$k = \frac{C_Y}{C_X}. \quad (2.14)$$

Жетілдірілген пышақтардағы қанаттың сапасы $k=24$ немесе одан да көп мөлшерге жетуі мүмкін. Бұл шабуылдың кіші бұрыштарындағы пышақтың көтеру күші қарсылық күшінен 24 есе көп екенін білдіреді.

Ауа ағыны пышақпен әрекеттескенде пайда болады:

- 1) *кедергі күші* – желдің бағытына параллель;
- 2) *көтеру күші*–қарсыласу күшіне перпендикуляр;
- 3) ағып жатқан ағынға кедергі. Бұл қасиет толтыру коэффициентімен сипатталады. Сонымен, бірдей формада 4 лобты доңғалақ 2 лобқа қарағанда геометриялық толтырудан екі есе көп;
- 4) ағынның *турбулизациясы*, яғни доңғалақтың артында да, оның алдында да оның жылдамдығының шамасы мен бағыты бойынша бұзылуы. Нәтижесінде, пышақ көбінесе басқа пышақтармен турбуленттелген ағынға түседі.

Осылайша, қарсылық күші немесе көтеру күші әсерінен ауа ағыны жел тартқышты қозғалысқа келтіреді. Бұл күштердің пайдалы әсері жел доңғалағының орналасу геометриясына және пышақтардың пішініне байланысты [7].

Бақылау сұрақтары

1. Жел соққысына дейін және одан кейін жел ағынының жылдамдығы қалай өзгереді?
2. Жел доңғалағының айналуына жұмсалған энергияны қандай өрнек арқылы анықтауға болады?
3. Жел энергиясын пайдалану коэффициенті не деп аталады?
4. Жел генераторының түйісу нүктесі дегеніміз не?

5. Желдің жылдамдығы жел генераторының жылдамдығына қалай әсер етеді?
6. Желдің төмендеу жылдамдығы жел генераторының айналу жылдамдығына қалай әсер етеді?
7. Жел энергиясын пайдаланудың максималды мөлшерін алу үшін желдің жоғалуы қандай болуы керек?
8. Жел дөңгелегінің жылдамдығы қандай?
9. Жылдамдық пышақтардың санына қалай байланысты?
10. Жел доңғалағының бастапқы моменті мен жылдамдығы қалай байланысты?
11. Қанаттың көлденең қимасының қай формасы ең үлкен көтеру күшін береді?

3 Потенциалы төмен жылу

3.1 Жылу сорғысының циклы

Отынды жағуға негізделген жылумен жабдықтаудың дәстүрлі әдістеріне балама жылу сорғысы арқылы жылу шығару болып табылады.

Жылу сорғысының түріне және компрессор жетегінің түріне қарамастан, тұтынушы отынның тікелей жануына қарағанда кем дегенде 1,1-2,3 есе көп жылу алады.

Жылу өндірудің мұндай жоғары тиімділігіне жылу сорғысы +3-тен 40 °С-қа дейінгі температурамен табиғи шығу тегі (топырақтың, табиғи су қоймаларының, жер асты суларының жылуы) және техногендік шығу тегі (өнеркәсіптік ағындар, тазарту қондырғылары, желдету және т.б.) төмен әлеуетті жылуды пайдалы пайдалануға тарту арқылы қол жеткізіледі, яғни жылумен жабдықтау үшін тікелей пайдалануға болмайтын жылу.

Әрине, жылу сорғылары органикалық отынды жағуға негізделген жылумен жабдықтаудың дәстүрлі әдістерін қарқынды түрде ығыстырады.

Әлемдік энергетикалық комитеттің (МИРЭК) болжамдарына сәйкес 2020 жылға қарай дамыған елдердегі жылумен жабдықтаудың (коммуналдық және өндірістік) 75%-ы жылу сорғыларының көмегімен жүзеге асырылатын болады.

Бұл болжам сәтті расталды. Қазіргі уақытта әлемде әртүрлі қуаттылықтағы 15-18 млн. жылу сорғысы жұмыс істейді – бірнеше киловаттан жүздеген мегаваттқа дейін. АҚШ-та тұрғын үйлердің 30% - дан астамы жылу сорғыларымен жабдықталған. Швецияда 1984 жылдан 1986 жылға дейін 74 ірі (5-тен 80 МВт-ға дейін) жылу сорғы

станциялары пайдалануға берілді. Ең ірі жылу сорғысы-бұл Балтық теңізінен келетін суды салқындату принципінде жұмыс істейтін 320 МБГ Стокгольм қондырғысы. Жағалауға жақын орналасқан баржаларда орналасқан бұл қондырғы қыста теңіз суын 4°C температурада пайдаланады, оны 2°C дейін салқындатады. осы қондырғыдан келетін жылу құны газ қазандығынан алынатын жылу құнынан 20% төмен. Швецияда жылу сорғы қондырғылары шығаратын жылудың жалпы мөлшері қажеттіліктің шамамен 50% құрайды.

Кез келген тоңазытқыш циклінің нәтижесі-сыртқы жұмысты қамтамасыз ету арқылы суық көзді салқындату және ыстықты жылыту. Кельвин (1852 ж.) жылу беру мақсатында кері циклды қолдануды ұсынды, оны суық көзден (сыртқы ортадан) алынған жылуды ыстыққа жіберетін жылу сорғысы ретінде қолданды.

Қосамыз мынадай белгілер:

q_2 -суық көзден алынатын меншікті жылу, кДж/кг (төмен потенциалды жылу);

q_1 -ыстық көзге берілетін меншікті жылу, кДж/кг (үй-жайдың жылыту жүйесіне берілетін жылу);

l -сыртқы көзден алынған нақты жұмыс, кДж/кг.

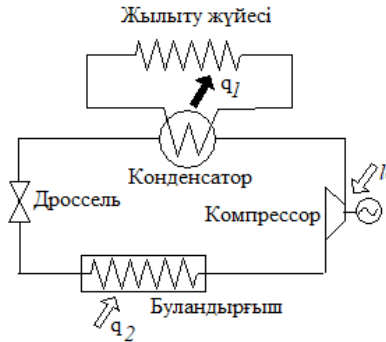
Жазуға болады

$$q_1 = q_2 + l. \quad (3.1)$$

Айнымалы $\varepsilon = q_1 / l$ шамасы конверсия коэффициенті немесе циклдің жылу коэффициенті деп аталады. Бұл коэффициент жылу сорғы циклінің тиімділігін сипаттайды.

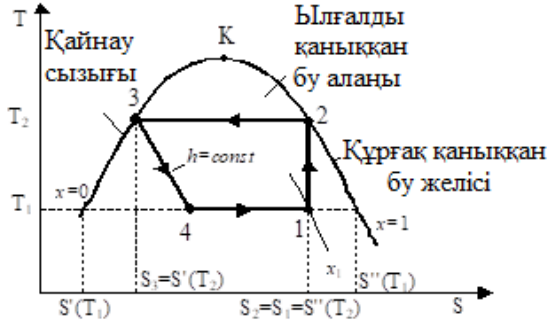
Жылу сорғысының жұмыс циклі 3.1 суретте көрсетілген.

Салқындатқыш буландырғышқа сұйық күйде түседі. Сұйық салқындатқышқа Q_2 жылу беру процесінде ол бұға айналады (тұрақты қысым мен температурада). Салқындатқыш бу компрессорға түседі, онда олар сығылады, олардың қысымы мен температурасы көтеріледі. Компрессорда сығылған кезде сыртқы көзден (электр қозғалтқышынан) L жұмыс жасалады. жылытылған салқындатқыш бу конденсаторға түседі, онда олар Q_1 жылуын бөлменің жылу жүйесіне береді және жылу берілуіне байланысты тұрақты қысым мен температурада конденсацияланады (сұйықтыққа айналады). Сұйық салқындатқыш дроссельге түседі, онда оның қысымы буландырғыштағы қысымға дейін төмендейді, ал температура төмен потенциалды көздің температурасына дейін төмендейді. Цикл жабылады.



3.1 сурет- Жылу сорғысының жұмыс циклы

T, S диаграммасында қарастырылған жылу сорғысының циклы келесідей (3.2-сурет). (Координаттары T - абсолютті температура, $K; s = dq/T$ - меншікті энтропия-күйдің термодинамикалық параметрі, $кДж/(кг \cdot K)$).



- 1-2 компрессордағы хладагенттің адиабатты сығылуы;
- 2-3 конденсатордан үй-жайдың жылыту жүйесіне жылууды бұру ($P_2 = \text{const}, t_2 = \text{const}$);
- 3-4-дроссельдеу;
- 4-1 потенциалы төмен жылууды қоршаған ортадан буландырғышқа жеткізу ($P_1 = \text{const}, t_1 = \text{const}$)

3.2 сурет – Жылу сорғы циклы

Хладагенттің (фреон-12) термодинамикалық қасиеттері қайнау сызығындағы (төменгі шекаралық қисық) параметрлер бір штрихпен; құрғақ қаныққан бу сызығында (жоғарғы шекаралық қисық) - екі штрихпен белгіленеді. Қайнау және құрғақ қаныққан бу сызықтарының арасында ылғал қаныққан бу аймағы болады. Ылғал қаныққан будың құрғақтық дәрежесі (X) - құрғақ қаныққан будың массасының ылғалды қаныққан будың массасына қатынасы. X мәні 0-ден (қайнаған сұйықтық) 1-ге дейін (құрғақ қаныққан бу) өзгереді [9].

Бақылау сұрақтары

1. Төмен потенциалды жылу көзі қандай?
2. Қандай диапазоны температура көзінен низкопотенциального жылу қажет?
3. Жылу сорғысында қандай салқындатқышты қолдануға болады?
4. Энтальпия термині нені білдіреді?
5. Энтропия термині нені білдіреді?
6. Хладагент шығынын анықтауға қандай өрнек мүмкіндік береді?
7. Жылыту коэффициенті дегеніміз не және ол қалай анықталады?

3.2 Жылу сорғыларының түрлері

Жылу сорғысы - бұл жылыту мен ауаны баптауға арналған заманауи және жоғары технологиялық құрылғы.

Жылу сорғысының жұмыс принципі

Жылу сорғысының жұмыс принципі қарапайым: механикалық жұмыс немесе энергияның басқа түрлеріне байланысты ол осы көлемнің бір бөлігінде бұрын белгілі бір көлемде біркелкі бөлінген жылу концентрациясын қамтамасыз етеді. Екінші бөлігінде, тиісінше, жылу тапшылығы, яғни суық пайда болады.

Тарихи тұрғыдан алғанда, жылу сорғылары алғаш рет Тоңазытқыш ретінде кеңінен қолданыла бастады-іс жүзінде кез-келген тоңазытқыш жылуды тоңазытқыштан сыртқа (бөлмеге немесе көшеге) соратын жылу сорғысы болып табылады. Бұл құрылғыларға әлі де балама жоқ, және қазіргі заманғы Тоңазытқыш жабдықтардың барлық түрлерімен бірге негізгі қағида өзгеріссіз қалады: қосымша сыртқы энергияның арқасында тоңазытқыштан жылуды сору.

Жылу сорғылары *когенерация* идеяларының негізі болып табылады — жылу мен суықтың бір мезгілде өндірісі — және *тригенерация* - жылу, суық және электр энергиясын бірден өндіру.

Жылу сорғысы кез — келген тоңазытқыш қондырғысының мәні болғандықтан, "Тоңазытқыш" ұғымы оның лақап аты деп айтуға болады. Рас, пайдаланылған жұмыс принциптерінің әмбебаптығына қарамастан, Тоңазытқыш машиналардың дизайны әлі де жылуды емес, суықты өндіруге бағытталғанын есте ұстаған жөн-мысалы, өндірілген суық бір жерде шоғырланады, ал алынған жылу қондырғының бірнеше түрлі бөліктерінде таралуы мүмкін, өйткені қарапайым тоңазытқышта бұл жылуды жою емес, одан құтылу міндеті тұр.

Жылу сорғыларының сыныптары

Қазіргі уақытта жылу сорғыларының екі класы кеңінен қолданылады:

- Пельтье әсері термоэлектрлік;
- буландырғыш, олар өз кезегінде механикалық компрессорлық (поршеньдік немесе турбиналық) және абсорбциялық (диффузиялық) болып бөлінеді);
- Ранка эффектісі болатын құйынды түтіктер

3.2.1 Пельтьер эффектіндегі жылу сорғылары

Пельтьердің әсері мынада: арнайы дайындалған жартылай өткізгіш пластинаның екі жағына аз тұрақты кернеу берілген кезде, бұл пластинаның бір жағы қызады, ал екінші жағы салқындатылады (3.2 — сурет).



3.2 сурет – Пельтьер Элементі

Әсердің физикалық мәні келесідей. Пельтьер элементінің пластинасы ("термоэлектрлік элемент", ағылш. Thermoelectric Cooler, TEC) өткізгіштік аймағында әр түрлі электронды энергия деңгейлері бар жартылай өткізгіштің екі қабатынан тұрады. Сыртқы кернеудің әсерінен электронның басқа жартылай өткізгіштің жоғары энергия өткізгіштік аймағына ауысуы кезінде ол энергияны сатып алуы керек.

Бұл энергияны алған кезде жартылай өткізгіштердің түйісу орны салқындатылады (ток кері бағытта ағып жатқанда, кері әсер пайда болады — қабаттардың түйісу орны әдеттегі ом жылытуға қосымша қызады).

Пельтиер элементтерінің артықшылықтары

Пельтиер элементтерінің артықшылығы-олардың дизайнының максималды қарапайымдылығы (екі сым дәнекерленген пластинадан қарапайым не болуы мүмкін?) және қандай да бір қозғалмалы бөлшектердің, сондай-ақ сұйықтықтардың немесе газдардың ішкі ағындарының толық болмауы. Мұның салдары - абсолютті үнсіз жұмыс, ықшамдылық, кеңістіктегі бағдарға толық бей-жай қарамау (жеткілікті жылу беруді қамтамасыз еткен жағдайда) және діріл мен соққы жүктемелеріне өте жоғары қарсылық. Жұмыс кернеуі бірнеше вольтты құрайды, сондықтан жұмыс істеу үшін бірнеше батарея немесе автомобиль аккумуляторы жеткілікті.

Пельтиер элементтерінің кемшіліктері

Термоэлектрлік элементтердің басты кемшілігі олардың салыстырмалы түрде төмен тиімділігі болып табылады-сорылған жылу бірлігіне олар жеткізілген сыртқы энергиядан екі есе көп қажет болады деп болжауға болады. Яғни, 1 Дж электр энергиясын шығарып, салқындатылған аймақтан тек 0.5 Дж жылу алып тастай аламыз. Барлық жалпы 1.5 Дж Пельтиер элементінің "жылы" жағында ерекшеленетіні және оларды сыртқы ортаға апару керек екені түсінікті. Бұл компрессиялық буландыратын жылу сорғыларының тиімділігінен бірнеше есе төмен.

Төмен тиімділік аясында қалған кемшіліктер әдетте бұдан былай маңызды емес-және бұл жоғары нақты құнмен үйлескен шағын өнімділік.

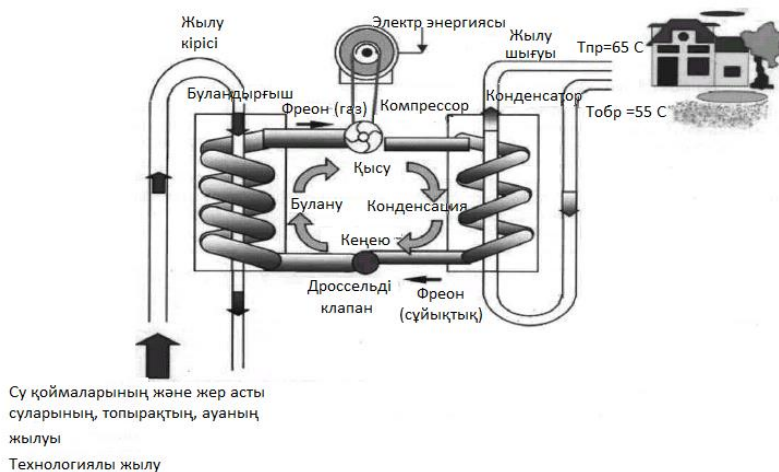
Пельтиер элементтерін қолдану

Олардың ерекшеліктеріне сәйкес, Пельтиер элементтерін қолданудың негізгі саласы, әдетте, өте күшті емес, әсіресе қатты діріл жағдайында және массасы мен өлшемдеріне қатаң шектеулер болған кезде өте қатты салқындатуды қажет етпейтін жағдайлармен шектеледі, -мысалы, Электронды жабдықтың әртүрлі түйіндері мен бөлшектері, ең алдымен әскери, авиациялық және ғарыштық. Мүмкін, Пельтиер элементтері аз қуаттылықтарда күнделікті өмірде кең таралған (5..30 Вт) тасымалданатын автомобиль тоңазытқыштары.

3.2.2 Буландыратын компрессиялық жылу сорғылары

Жылу сорғысы төрт негізгі элементтен тұрады (3.3 сурет):

- Буландырғыш;
- Компрессор;
- Конденсатор;
- Салқындатқыш ағынының реттегіші (кері клапан).



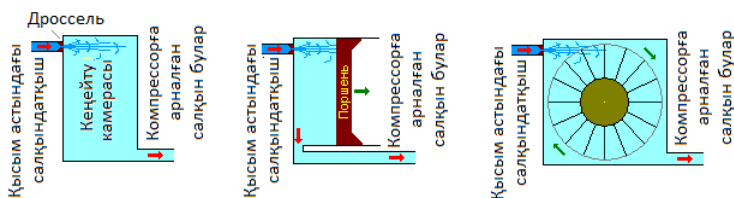
3.3 сурет – Жылу сорғысы

Салқындатқыш сыртқы контур бойымен айналады (су, гликоль этилен ерітіндісі, гликоль пропилен), зат ішкі контур бойымен айналады-фреон салқындатқышы (FHP жылу сорғыларында R410A фреоны қолданылады). Сыртқы тізбектен (төмен потенциалды жылу көзінен) салқындатқыш буландырғыштың құбыраралық кеңістігіне жіберіледі, онда ол фреонның құбыр кеңістігінде қайнау және булану арқылы салқындатылады (яғни фреон жылуды алады). Содан кейін фреон буы компрессормен сығылады (оның температурасы көтеріледі) және конденсаторға жіберіледі, онда олар салқындатылып, конденсацияланады, осылайша жылу жүйесіне және ыстық сумен жабдықтауға жылу береді. Әрі қарай цикл қайталанады.

Дроссельдер мен детандерлер (3.4 сурет)

Технологиядағы *дроссель* - бұл ағынды оның мәжбүрлі шектелуіне байланысты қалыпқа келтіруге арналған құрылғы. Гидравликада дроссельдер әдетте ағынды шектегіштер деп аталады, олар қажетті ағынды немесе қажетті ағынға төзімділікті қамтамасыз ету үшін дәл есептелген (калибрленген) саңылауы бар арнаулы арналық шектеулер.

Салқындату технологиясында салқындатқыштың кеңейту камерасына ағуын шектеу және тиімді булану мен адиабаталық кеңею жағдайларын сақтау үшін дроссель қолданылады. Тым үлкен ағын, әдетте, кеңейту камерасын салқындатқышпен толтыруға әкелуі мүмкін (компрессордың оны сорып алуға уақыты жоқ) немесе, ең болмағанда, сол жерде қажетті вакуумды жоғалтуға әкелуі мүмкін. Сұйық салқындатқыштың булануы және оның буының адиабаталық кеңеюі тоңазытқыштың жұмысына қажетті температураның төмендеуін қоршаған орта температурасынан төмен деңгейде қамтамасыз етеді.



3.4 сурет – Дроссельдің (сол жақта), поршеньді детандердің (ортасында) және турбодетандердің (сол жақта) жұмыс принциптері

Детандерде кеңейту камерасы біршама жанартылды. Онда буланатын және кеңейетін салқындатқыш қосымша механикалық жұмыс жасайды, онда орналасқан поршеньді жылжытады немесе турбинаны айналдырады. Сонымен қатар, салқындатқыштың ағынын шектеу поршеньдің немесе турбинаның доңғалағының кедергісіне байланысты жүзеге асырылуы мүмкін, дегенмен іс жүзінде бұл әдетте жүйенің барлық параметрлерін мұқият таңдауды және үйлестіруді қажет етеді. Сондықтан, детандерлерді қолданған кезде ағынның негізгі нормалануы дроссельмен жүзеге асырылуы мүмкін (сұйық салқындатқышты беру каналының калибрленген тарылуы).

Турбодетандер жұмыс денесінің үлкен ағындарында ғана тиімді, аз ағынмен оның тиімділігі әдеттегі дроссельге жақын. Поршеньді детандер жұмыс сұйықтығының әлдеқайда аз шығынымен тиімді жұмыс істей алады, бірақ оның дизайны турбиналарға қарағанда әлдеқайда күрделі: барлық қажетті бағыттағыштары, тығыздағыштары және қайтару жүйесі бар поршеньден басқа, оларды тиісті басқарумен қабылдау және шығару клапандары қажет.

Детандердің дроссель алдындағы *артықшылығы* тиімдірек салқындату болып табылады, өйткені салқындатқыштың жылу энергиясының бір бөлігі механикалық жұмысқа айналады және осы формада жылу циклынан шығарылады. Қарапайым дроссель мүлдем қарабайыр дизайнға ие және ешқандай қозғалмалы бөліктен тұрады, сондықтан сенімділік, беріктік, сондай-ақ қарапайымдылық пен өндіріс құны детандерді артта қалдырады.

Дәл осы себептер детандерлердің қолдану аясын қуатты криогендік техникамен шектейді, ал тұрмыстық тоңазытқыштарда аз тиімді, бірақ іс жүзінде Мәңгілік дроссельдер қолданылады, олар "капиллярлық түтіктер" деп аталады және ұзындығы кішкентай диаметрлі люмені бар қарапайым мыс түтік болып табылады (әдетте 0.6-дан 2 мм-ге дейін), бұл салқындатқыштың есептелген ағынына қажетті гидравликалық қарсылықты қамтамасыз етеді.

Компрессиялық жылу сорғыларының артықшылықтары

Жылу сорғыларының бұл түрінің басты артықшылығы-олардың жоғары тиімділігі, қазіргі жылу сорғыларының ішіндегі ең жоғарғысы. Сырттан жеткізілген және сорылған энергияның қатынасы 1:3-ке жетуі мүмкін. Бұл жағдайда компрессор бөлек тұра алады және ол шығарған жылуды (1 Дж) салқындату аймағынан шығарылған 3 Дж жылу берілетін жерде сыртқы ортаға жіберудің қажеті жоқ.

Сығымдау жылу сорғыларының кемшіліктері

Бұл жылу сорғыларының кемшіліктері:

- сөзсіз шу шығаратын және тозуға бейім компрессордың болуы;

- арнайы хладагентті пайдалану қажеттілігі және оның бүкіл жұмыс жолында абсолюттік герметикалықты сақтау;

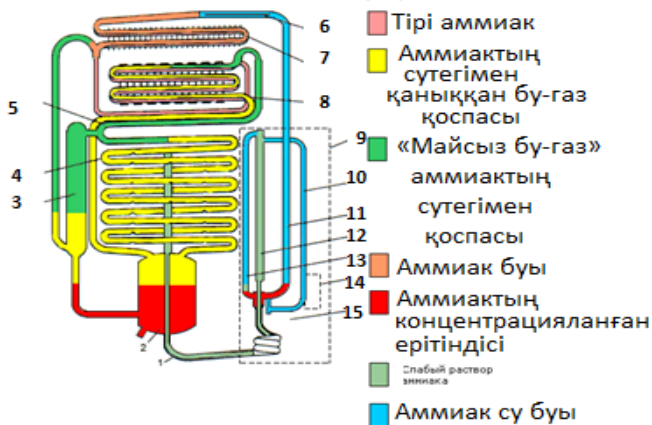
- кеңістіктегі позицияға жоғары сезімталдық.

Компрессиялық жылу сорғыларын пайдалану

Жоғары тиімділігіне байланысты жылу сорғыларының бұл түрі барлық басқа экзотикалық қосымшаларға ауысып, кеңінен таралған. Тіпті дизайнның салыстырмалы күрделілігі және оның зақымға сезімталдығы олардың кең қолданылуын шектей алмайды.

3.2.3 Буландырғыш абсорбциялық (диффузиялық) жылу сорғылары

Буландыратын абсорбциялық жылу сорғыларының жұмыс циклы (3.5-сурет) жоғарыда қарастырылған буландыратын компрессиялық қондырғылардың жұмыс циклына ұқсас. Негізгі айырмашылық мынада: егер алдыңғы жағдайда салқындатқышты буландыру үшін қажет вакуум компрессормен буларды механикалық сору кезінде пайда болса, онда сіңіру қондырғыларында буланған салқындатқыш буландырғыштан сіңіргіш блокқа түседі, онда ол басқа зат — сіңіргішпен сіңеді.



- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 — жылу алмастырғыш ; | 8 — буландырғыш ; |
| 2 — ерітінді жинаушы ; | 9 — генератор; |
| 3 — сутегі аккумуляторы ; | 10 — термосифон; |
| 4 — сіңіргіш ; | 11 — регенератор; |
| 5 — регенеративті газ жылу алмастырғыш ; | 12 — әлсіз ерітінді түтіктері; |
| 6 — дефлегматор («майсыздандырғыш»); | 13 — бу шығаратын түтік; |
| 7 — конденсатор; | 14 — электр жылытқышы; |
| | 15 — жылу оқшаулау. |

3.5 сурет – Абсорбциялық-диффузиялық тоназытқыш агрегаты (АДТА)

Осылайша, бу буландырғыштың көлемінен шығарылады және салқындатқыштың жаңа бөліктерінің булануын қамтамасыз ететін сиретуді қалпына келтіреді. Хладагент пен абсорбенттің осындай "жақындығы" міндетті шарт болып табылады, сондықтан оларды сіңіру кезінде байланыстыру күштері буландырғыштың көлемінде айтарлықтай сирек кездеседі. Тарихи тұрғыдан алғанда, алғашқы және әлі де кеңінен қолданылатын екі зат-аммиак NH_3 (салқындатқыш) және су (сіңіргіш). Сіңіру кезінде аммиак буы суда ериді, оның қалыңдығына енеді (таралады). Осы процестен осындай жылу сорғыларының балама атаулары пайда болды — диффузиялық немесе абсорбциялық-диффузиялық.

Пайдаланылған және аммиакқа бай хладагент (аммиак) пен абсорбентті (суды) қайтадан бөлу үшін су-аммоний қоспасы десорберде сыртқы жылу энергиясының қайнағанға дейін қызады, содан кейін сәл салқындатылады. Су бірінші болып конденсацияланады, бірақ жоғары температурада конденсациядан кейін ол аммиакты өте аз ұстай алады, сондықтан аммиактың негізгі бөлігі бу түрінде қалады. Мұнда қысымдағы сұйық фракция (су) және газ тәрізді (аммиак) бөлініп, қоршаған орта температурасына дейін салқындатылады. Аммиактың аз мөлшері бар салқындатылған су сіңіргішке жіберіледі, ал конденсаторда салқындаған кезде аммиак сұйық болады және буландырғышқа түседі. Онда қысым төмендейді және аммиак буланып, буландырғышты қайтадан салқындатып, жылуды сырттан алады. Содан кейін аммиак буын буландырғыштан артық аммиак буын алып тастап, төмен қысымды ұстап тұрып, сумен қайтадан қосыңыз.

Аммиакпен байытылған ерітінді бөліну үшін десорберге қайта жіберіледі. Негізінде, аммиактың десорбциясы үшін ерітіндіні қайнатудың қажеті жоқ, оны қайнау температурасына жақын қыздыру жеткілікті, ал "артық" аммиак Судан буланып кетеді. Бірақ қайнау бөлуді тез және тиімді жүргізуге мүмкіндік береді. Мұндай бөлудің сапасы буландырғыштағы сиретуді анықтайтын негізгі шарт болып табылады, сондықтан сіңіру қондырғысының тиімділігі және дизайндағы көптеген амалдар осыған бағытталған. Нәтижесінде, жұмыс циклы сатыларының ұйымдастырылуы мен санына сәйкес, абсорбциялық диффузиялық жылу сорғылары, мүмкін, ұқсас жабдықтардың барлық кең таралған түрлерінің ішіндегі ең қиыны болып табылады.

Жұмыс принципінің ерекшелігі-бұл жерде суықтың пайда болуы үшін жұмыс істейтін денені жылыту (қайнағанға дейін) қолданылады. Сонымен қатар, қыздыру көзінің түрі принципсіз-бұл тіпті ашық от (оттың жалыны) болуы мүмкін, сондықтан электр қуатын

пайдалану міндетті емес. Жұмыс денесінің қозғалысын тудыратын қажетті қысым айырмашылығын жасау үшін кейде механикалық сорғыларды (әдетте жұмыс денесінің үлкен көлемі бар қуатты қондырғыларда), кейде, атап айтқанда тұрмыстық тоңазытқыштарда жылжымалы бөліктері жоқ элементтерді (термосифондар) қолдануға болады.

Абсорбциялық жылу сорғыларының артықшылықтары

Абсорбциялық жылу сорғыларының *басты артықшылығы* — олардың жұмысы үшін қымбат электр энергиясын ғана емес, сонымен қатар жеткілікті температура мен қуаттың кез — келген жылу көзін қызып кеткен немесе пайдаланылған буды, газ, бензин және кез-келген басқа қыздырғыштардың жалынын-пайдаланылған газдарға дейін пайдалану мүмкіндігі және сыйлық күн энергиясы.

Бұл қондырғылардың *екінші артықшылығы*, әсіресе тұрмыстық қосымшаларда құнды, қозғалмалы бөліктері жоқ құрылымдарды құру мүмкіндігі, сондықтан іс жүзінде үнсіз (осы типтегі кеңестік модельдерде сіз кейде тыныш шуды немесе аздап ысқырықты ести аласыз, бірақ, әрине, бұл жұмыс істейтін компрессордың шуымен салыстыруға келмейді).

Сонымен, тұрмыстық модельдерде жұмыс істейтін дене (әдетте бұл сутегі немесе гелий қосылған су-аммиактың қоспасы), онда қолданылатын көлемде, жұмыс бөлігінің апаттық депрессиясы жағдайында да, басқаларға үлкен қауіп төндірмейді (бұл өте жағымсыз иіспен бірге жүреді, сондықтан қатты ағып кетуді байқамау мүмкін емес, сондықтан жедел қондырғы бар бөлмені тастап, "автоматты түрде" желдетуге тура келеді; аммиактың өте аз концентрациясы табиғи және мүлдем зиянсыз). Өнеркәсіптік қондырғыларда аммиактың мөлшері үлкен және ағып кету кезінде аммиактың концентрациясы өлімге әкелуі мүмкін, бірақ кез — келген жағдайда аммиак экологиялық таза болып саналады-фреондардан айырмашылығы, ол озон қабатын бұзбайды және парниктік әсер тудырмайды деп саналады.

Абсорбциялық жылу сорғыларының кемшіліктері

Жылу сорғыларының бұл түрінің *басты кемшілігі*-сығымдауға қарағанда төмен тиімділік.

Екінші кемшілік-қондырғының өзі дизайнының күрделілігі және қымбат және қиын өңделетін коррозияға төзімді материалдарды қолдануды қажет ететін немесе Қондырғының қызмет ету мерзімін 5-ке дейін қысқартатын жұмыс денесінен жоғары коррозиялық жүктеме..7 жыл.

Үшіншіден, көптеген құрылымдар орнату кезінде орналастыру үшін өте маңызды — атап айтқанда, тұрмыстық тоңазытқыштардың

кейбір модельдері көлденең орнатуды қажет етті, ал бірнеше градусқа ауытқып кетсе де, олар жұмыс істеуден бас тартты.

Сығымдау машиналарынан айырмашылығы, сіңіру тым төмен температурадан қорықпайды-олардың тиімділігі төмендейді.

Абсорбциялық жылу сорғыларын пайдалану

Компрессиялық қондырғылармен салыстырғанда біршама төмен тиімділік пен салыстырмалы түрде жоғары шығындарға қарамастан, абсорбциялық жылу машиналарын пайдалану электр қуаты жоқ немесе үлкен көлемде қалдық жылу бар жерде (пайдаланылған бу, ыстық пайдаланылған немесе түтін газдары және т.б. — толық қыздыруға дейін) толығымен негізделген.

Атап айтқанда, газ қыздырғыштарынан жұмыс істейтін тоңазытқыштардың арнайы модельдері шығарылады, олар саяхатшылар-автомобильшілер мен яхталарға арналған.

Қазіргі уақытта Еуропада газ қазандықтары кейде газ қыздырғышынан немесе дизель отынан жылытылатын абсорбциялық жылу сорғыларымен ауыстырылады-олар отынның жану жылуын жоюға ғана емес, сонымен қатар көшеден немесе жердің тереңдігінен қосымша жылуды "сорып алуға" мүмкіндік береді.

Күнделікті өмірде электр жылытуы бар опциялар, ең алдымен, 20 —дан 100 Вт-қа дейінгі шағын қуат диапазонында бәсекеге қабілетті. Аз қуат-бұл термоэлектрлік элементтердің ауданы, ал үлкен болса, сығымдау жүйелерінің артықшылықтары сөзсіз.

3.2.4 Құйынды жылу сорғылары

Құйынды жылу сорғылары жылы және суық ауаны бөлу үшін Ранк әсерін пайдаланады. Әсердің мәні құбырға тангенциальды түрде берілген газдың жоғары жылдамдықта айналуында және осы құбырдың ішінде бөлінуінде: салқындатылған газды құбырдың ортасынан, ал қыздырылған газды перифериядан алуға болады. Дәл осындай әсер, әлдеқайда аз болса да, сұйықтықтарға да қатысты.

Құйынды жылу сорғыларының артықшылықтары

Бұл типтегі жылу сорғысының *басты артықшылығы* оның дизайнының қарапайымдылығы және жоғары өнімділігі. Құйынды түтікте қозғалатын бөліктер жоқ, және бұл оны жоғары сенімділікпен және ұзақ қызмет ету кезеңімен қамтамасыз етеді. Діріл мен кеңістіктегі жағдай оның жұмысына іс жүзінде әсер етпейді.

Қуатты ауа ағыны мұздауға жол бермейді, ал құйынды түтіктердің тиімділігі кіріс ағынының температурасына әлсіз тәуелді. Сондай-ақ, жұмыс сұйықтығының гипотермиямен, қызып кетумен

немесе мұздаумен байланысты негізгі температуралық шектеулер болмауы өте маңызды.

Кейбір жағдайларда жоғары температураны бір сатыда рекордтық бөлуге қол жеткізу мүмкіндігі рөл атқарады: әдебиетте салқындатқыш фигуралар 200° немесе одан да көп берілген. Әдетте бір саты ауаны $50..80^{\circ}$ С-қа салқындатады.

Құйынды жылу сорғыларының кемшіліктері

Өкінішке орай, бұл құрылғылардың тиімділігі қазір буландырғыш сығымдау қондырғыларының тиімділігінен айтарлықтай төмен. Сонымен қатар, тиімді жұмыс істеу үшін олар жұмыс сұйықтығының жоғары беру жылдамдығын қажет етеді. Максималды тиімділік жылдамдығы $40..50\%$ -ына тең кіріс ағынының жылдамдығында байқалады - мұндай ағынның өзі үлкен шу тудырады, сонымен қатар оған тиімді және қуатты компрессор қажет - құрылғы да жоқ тыныш және өте қиыр дегенді білдіреді.

Практикалық инженерлік қолдануға жарамды бұл құбылыстың жалпыға бірдей танылған теориясының болмауы мұндай агрегаттардың құрылысын көбінесе эмпирикалық әрекетке айналдырады, мұнда нәтиже сәттілікке байланысты болады: "Мен оны таппадым". Аз немесе аз сенімді нәтиже тек бұрыннан жасалған сәтті үлгілерді көбейтуге мүмкіндік береді, және белгілі бір параметрлерді айтарлықтай өзгерту әрекеттерінің нәтижелері әрдайым болжанбайды және кейде парадоксалды болып көрінеді.

Құйынды жылу сорғыларын пайдалану

Қазіргі уақытта мұндай құрылғыларды пайдалану кеңеюде. Олар, ең алдымен, қысыммен жұмыс істейтін газ бар жерде, сондай - ақ әртүрлі өрт және жарылыс қаупі бар өндірістерде ақталады — өйткені қауіпті аймаққа қысыммен ауа ағынын беру көбінесе қорғалған сымдарды тартып, электр қозғалтқыштарын арнайы дизайнға қоюдан гөрі әлдеқайда қауіпсіз және арзан.

Бақылау сұрақтары

1. Жылу сорғысының жұмыс істеу принципі.
2. Жылу сорғыларының қандай кластары бар?
3. Термoeлектрлік жылу сорғысының жұмыс істеу принципі, артықшылықтары мен кемшіліктері.
4. Буландырғыш компрессорлық жылу сорғысының жұмыс істеу принципі, артықшылықтары мен кемшіліктері.
5. Абсорбциялық жылу сорғысының жұмыс істеу принципі, артықшылықтары мен кемшіліктері.

6. Құйынды жылу сорғысының жұмыс істеу принципі, артықшылықтары, кемшіліктері және қолдану саласы
7. Термoeлектрлік жылу сорғысын қолдану аймағы.
8. Буландырғыш компрессордың жылу сорғысын қолдану саласы.
9. Абсорбциялық жылу сорғысы.
10. Когенерация дегеніміз не?

3.3 Сыртқы температура өзгерген кездегі Стирлинг қозғалтқышының жұмысы

Стирлинг қозғалтқышы – жұмыс денесі газ немесе сұйықтық түрінде жабық көлемде қозғалатын жылу машинасы, сыртқы жану қозғалтқышының бір түрі. Ол жұмыс денесінің көлемінің өзгеруінен энергия алу арқылы жұмыс денесін мерзімді жылытуға және салқындатуға негізделген. Ол отынды жағудан ғана емес, кез-келген жылу көзінен де жұмыс істей алады.

XIX ғасырда инженерлер жоғары бу қысымы мен оларды салу үшін жарамсыз материалдардың салдарынан қазандары жиі жарылатын сол кездегі бу қозғалтқыштарына қауіпсіз ауыстыруды жасағысы келді. Жақсы нұсқа кез-келген температура айырмашылығын жұмысқа айналдыра алатын Стирлинг қозғалтқышын құрумен пайда болды. Стирлинг қозғалтқышының негізгі жұмыс принципі-жабық цилиндрдегі жұмыс денесін үнемі жылыту және салқындату. Әдетте ауа жұмыс істейтін дененің рөлін атқарады, бірақ сутегі мен гелий де қолданылады. Бірқатар тәжірибелік үлгілерде фреондар, азоттың қостотығы, сұйытылған пропан-бутан және су сыналды. Соңғы жағдайда су термодинамикалық циклдың барлық бөліктерінде сұйық күйде қалады. Сұйық жұмыс денесі бар "Стирлингтің" ерекшеліктері шағын өлшемдер, жоғары қуат және үлкен жұмыс қысымы болып табылады. Сондай-ақ, екі фазалы жұмыс денесі бар" стирлинг " бар. Ол сондай-ақ жоғары нақты қуатпен, жоғары жұмыс қысымымен сипатталады.

Термодинамикадан идеал газдың қысымы, температурасы және көлемі бір-бірімен байланысты және заңға сәйкес келетіні белгілі:

$$PV = \nu RT , \quad (3.2)$$

мұндағы P — газ қысымы;

V — газ көлемі;

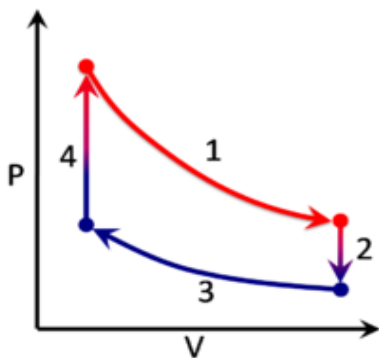
ν — газдың моль саны;

R — универсал газ тұрақтысы;

T — кельвиндегі газдың температурасы.

Бұл газ қызған кезде оның мөлшері артып, салқындаған кезде азаяды дегенді білдіреді. Газдардың Бұл қасиеті Стирлинг қозғалтқышының негізі болып табылады.

Стирлинг қозғалтқышы *Стирлинг циклын* қолданады, ол термодинамикалық тиімділігі жағынан *Карно циклынан* кем түспейді, тіпті артықшылығы бар. Шын мәнінде, Карно циклы изотерма мен адиабатадан аз ерекшеленеді (3.6-сурет). Бұл циклды іс жүзінде жүзеге асыру өте перспективалы емес. Стирлинг циклы іс жүзінде жұмыс істейтін қозғалтқышты қолайлы мөлшерде алуға мүмкіндік береді.

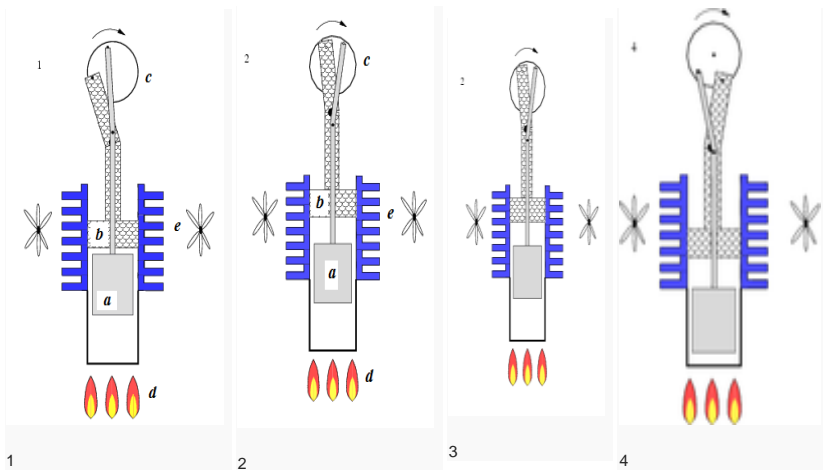


3.6 сурет – Стирлингтің идеализацияланған циклының "қысым-көлем" диаграммасы

Стирлинг циклы төрт фазадан тұрады және екі өтпелі фазамен бөлінеді: жылыту, кеңейту, суық көзге өту, салқындату, қысу және жылу көзіне өту. Осылайша, жылу көзден суық көзге ауысқан кезде цилиндрдегі газдың кеңеюі және қысылуы орын алады. Бұл жағдайда қысым өзгереді, соның арқасында сіз пайдалы жұмыс ала аласыз.

Жұмыс денесін жылыту және салқындату (3.6-сурет, 4 және 2-учаскелер) ығыстырғышпен жүргізіледі. Ең дұрысы, ығыстырушы берген және таңдаған жылу мөлшері бірдей. Пайдалы жұмыс тек изотермалардың арқасында жүзеге асырылады, яғни Карно циклындай жылытқыш пен салқындатқыштың температуралық айырмашылығына байланысты. Beta типті Стирлинг қозғалтқышының жұмыс циклы (3.7-сурет):

1. Сыртқы жылу көзі жылу алмастырғыш цилиндрдің төменгі жағындағы газды қыздырады. Жасалған қысым жұмыс поршенін жоғары қарай итереді (ауыстыру поршені қабырғаларға тығыз сәйкес келмейтінін ескеріңіз);
2. Ұшқыш поршеньді төмен қарай итереді, осылайша қыздырылған ауаны төменнен салқындату камерасына жылжытады;
3. Ауа салқындайды және қысылады, жұмыс поршені төмен түседі;
4. Ауыстыру поршені көтеріліп, салқындатылған ауаны төменгі бөлікке жылжытады. Және цикл қайталанады.



- a-ауыстыру поршені;
- b-жұмыс поршені;
- c-маховик;
- d-от (жылыту аймағы);
- e - салқындату қабырғалары (салқындату аймағы).

3.7 сурет - beta-типті Стирлинг қозғалтқышының жұмыс цикл

Стирлинг машинасында жұмыс поршенінің қозғалысы поршеньді ауыстыру қозғалысына қатысты 90° жылжиды. Бұл ығысудың белгісіне байланысты машина қозғалтқыш немесе жылу сорғысы болуы мүмкін. 0° ығысу кезінде машина ешқандай жұмыс жасамайды (үйкеліс шығындарынан басқа) және оны шығармайды.

Басқа циклдар бойынша жұмыс істейтін Стирлинг қозғалтқыштары

Стирлинг циклы дәл Стирлинг қозғалтқышының ажырамас бөлігі болып саналады. Сонымен қатар, бүгінгі күні жасалған көптеген құрылымдардың жұмыс принциптерін егжей-тегжейлі зерттеу олардың едәуір бөлігінің Стирлинг циклынан өзгеше жұмыс циклы бар екенін көрсетеді. Мысалы, әр түрлі диаметрлі поршеньдермен *Альфа-стирлинг Эрикссон* циклына ұқсас циклге ие. Ауыстыру поршенінің өзегінің жеткілікті үлкен диаметрі бар *Бета және гамма конфигурациялары Стирлинг пен Эрикссон* циклдары арасында белгілі бір аралық позицияны алады.

Ауыстыру *бета конфигурациясында* қозғалғанда, жұмыс денесінің күйінің өзгеруі изохорада емес, **изохора мен изобараның** арасындағы көлбеу сызық бойымен жүреді. Штоктың диаметрінің ығыстырғыштың жалпы диаметріне қандай да бір қатынасы арқылы изобараны алуға болады (бұл қатынас жұмыс температурасына байланысты). Бұл жағдайда бұрын жұмысшы болған поршень тек көмекші рөл атқарады, ал ығыстырғыш өзек нақты жұмысшы болады. Мұндай қозғалтқыштың нақты қуаты әдеттегі "стирлингтерге" қарағанда шамамен 2 есе үлкен, үйкеліс жоғалуынан төмен, өйткені Поршеньдегі қысым біркелкі болады.

Әр түрлі поршень диаметрі бар *альфа стирлингтердегі* ұқсас сурет. Аралық диаграммасы бар қозғалтқышта поршеньдер арасында, яғни жұмыс поршені мен итергіш өзек арасында біркелкі бөлінген жүктеме болуы мүмкін.

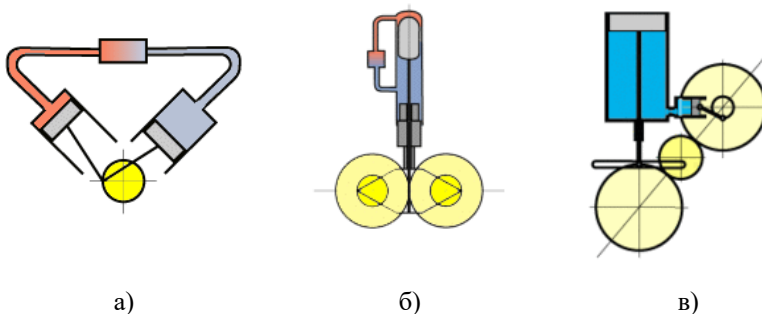
Эрикссон циклы бойынша немесе оған жақын қозғалтқыштың маңызды артықшылығы-изохора изобармен немесе оған жақын процесспен ауыстырылады. Жұмыс денесі изобарда кеңейген кезде қысым өзгермейді, жылу алмасу болмайды, тазартқыштан жұмыс денесіне жылу беруден басқа. Бұл жылу бірден пайдалы жұмыс жасайды. Изобарлы сығымдау кезінде тазартқышқа жылу беріледі.

Стирлинг циклінде жұмыс денесін изохор арқылы жылыту немесе салқындату кезінде жылытқыш пен салқындатқыштағы изотермиялық процестерге байланысты жылу шығыны болады.

Стирлинг қозғалтқыштары үш түрлі түрге бөлінеді (3.8-сурет):

1. **Альфа-Стирлинг** - бөлек цилиндрлерде екі бөлек күш поршеньдері бар, біреуі ыстық, екіншісі суық. Ыстық поршень цилиндрі жылу алмастырғышта жоғары температурада, ал суық — суықта болады. Қозғалтқыштың бұл түрінде қуаттың көлемге қатынасы өте үлкен, бірақ, өкінішке орай, "ыстық" поршеньдің жоғары температурасы белгілі бір техникалық қиындықтар туғызады.

Регенератор байланыстырушы түтіктің ыстық бөлігі мен суықтың арасында орналасқан.



3.8 сурет – Стирлинг қозғалтқыштары:

- а) - Альфа-Стирлинг;
- б) - Ромб механизмі мен регенераторы бар бета-стирлинг;
- в) - Регенераторсыз гамма-Стирлинг.

2. **Бета Стирлинг** цилиндрі тек бір, бір ұшынан ыстық, ал екінші жағынан суық. Цилиндр ішінде поршень (қуат алынып тасталады) және ыстық қуыстың көлемін өзгертетін ығыстырғыш қозғалады. Газ цилиндрдің суық бөлігінен регенератор арқылы ыстық бөлікке сорылады. Регенератор жылу

алмастырғыштың бөлігі ретінде сыртқы болуы мүмкін немесе оны итергіш поршеньмен біріктіруге болады.

3. **Гамма-Стирлинг**-поршень мен ығыстырғыш та бар, бірақ сонымен бірге екі цилиндр — біреуі суық (поршень қуат алынған жерде қозғалады), ал екіншісі бір ұшынан ыстық, ал екіншісінен суық (ығыстырғыш сол жерде қозғалады). Регенератор сыртқы болуы мүмкін, бұл жағдайда ол екінші цилиндрдің ыстық бөлігін суықпен және сонымен бірге бірінші (суық) цилиндрмен байланыстырады. Ішкі регенератор ығыстырғыштың бөлігі болып табылады.

4. Сондай-ақ, жоғарыда аталған үш классикалық түрге жатпайтын Стирлинг қозғалтқышының түрлері бар: **айналмалы Стирлинг қозғалтқышы.**

Кемшіліктері:

- *Көлемді және материалды тұтыну*-қозғалтқыштың поршеньдік нұсқаларының басты кемшілігі. Жалпы сыртқы жану

қозғалтқыштарында, атап айтқанда, Стирлинг қозғалтқышында жұмыс денесін салқындату керек, бұл радиаторлардың көбеюіне байланысты электр станциясының массалық өлшемдерінің едәуір артуына әкеледі.

- ІЖҚ сипаттамаларымен салыстырылатын сипаттамаларды алу үшін жоғары қысымды (100 атм жоғары) және *жұмыс денесінің ерекше түрлерін* — сутекті, гелийді қолдану қажет.

- *Жылу* жұмыс денесіне тікелей емес, тек жылу алмастырғыштардың қабырғалары арқылы жеткізіледі. Қабырғалар шектеулі жылу өткізгіштікке ие, сондықтан ПӘК мәні күткеннен төмен болады. Ыстық жылу алмастырғыш жоғары кернеулі жылу беру жағдайларында және өте жоғары қысымда жұмыс істейді, бұл жоғары сапалы және қымбат материалдарды қолдануды қажет етеді. Қарама — қайшылықты талаптарды қанағаттандыратын жылу алмастырғышты құру өте тривиалды емес міндет. Жылу алмасу аймағы неғұрлым үлкен болса, жылу шығыны соғұрлым көп болады. Бұл жағдайда жылу алмастырғыштың мөлшері және жұмысқа қатыспайтын жұмыс денесінің көлемі артады. Жылу көзі сыртта орналасқандықтан, қозғалтқыш цилиндрге жеткізілетін жылу ағынының өзгеруіне баяу жауап береді және іске қосу кезінде қажетті қуатты бірден бере алмайды.

- Қозғалтқыштың қуатын *тез өзгерту* үшін ішкі жану қозғалтқыштарында қолданылатыннан өзгеше әдістер қолданылады: өзгермелі көлемдегі буферлік сыйымдылық, камералардағы жұмыс денесінің орташа қысымының өзгеруі, жұмыс поршені мен ығыстырғыш арасындағы фазалық бұрыштың өзгеруі. Соңғы жағдайда қозғалтқыштың драйвердің басқару әрекетіне реакциясы бірден пайда болады.

Артықшылықтары:

Алайда, Стирлинг қозғалтқышының оны дамытуға мәжбүр ететін артықшылықтары бар.

- Қозғалтқыштың "күдіреті" — барлық сыртқы жану қозғалтқыштары сияқты (дәлірек айтқанда, сыртқы жылу беру), Стирлинг қозғалтқышы кез-келген температура айырмашылығынан жұмыс істей алады: мысалы, мұхиттағы судың әртүрлі қабаттары арасында, күннен, ядролық немесе изотоптық жылытқыштан, көмірден немесе ағаштан жасалған пештен және т. б.

- Дизайндың қарапайымдылығы-қозғалтқыштың дизайны өте қарапайым, ол газ тарату механизмі сияқты қосымша жүйелерді қажет етпейді. Ол өздігінен басталады және Стартер қажет емес. Оның сипаттамалары беріліс қорабынан арылуға мүмкіндік береді.

- Үлкен ресурс-дизайнның қарапайымдылығы, көптеген "нәзік" түйіндердің болмауы "стирлингке" басқа қозғалтқыштар үшін бұрын-соңды болмаған ондаған және жүздеген мың сағаттық үздіксіз жұмыс істеуге мүмкіндік береді.
- Үнемділік-жылу энергиясының кейбір түрлерін жою үшін, әсіресе температура айырмашылығы аз болса, "Стирлинг" көбінесе қозғалтқыштардың ең тиімді түрі болып табылады. Мысалы, күн энергиясын электр энергиясына айналдырған жағдайда, "Стирлинг" кейде бу жылу машиналарына қарағанда үлкен ПӘК береді (31,25% дейін).[12]
- Экологиялық - "Стирлингтің" шығатын жері жоқ, яғни оның шу деңгейі ішкі жану қозғалтқыштарына қарағанда әлдеқайда аз. Ромбтық механизмді бар бета-стирлинг өте жақсы теңдестірілген құрылғы болып табылады және жоғары сапалы өндіріспен дірілдің өте төмен деңгейіне ие (діріл амплитудасы 0,0038 мм-ден аз). "Стирлингтің" өзінде қоршаған ортаның ластануына ықпал ететін бөліктер немесе процестер жоқ. Ол жұмыс денесін жұмсамайды. Қозғалтқыштың экологиялық тазалығы ең алдымен жылу көзінің экологиялық тазалығына байланысты. Сондай-ақ, ішкі жану қозғалтқышына қарағанда сыртқы жану қозғалтқышында жанармайдың толық жануын қамтамасыз ету оңайырақ екенін атап өткен жөн. (ІЖҚ-де жанармайдың жануы отынның химиялық құрамының ІЖҚ физикалық параметрлеріне сәйкес келуіне байланысты. Мысалы, бензин немесе дизель әрдайым цилиндрлерде (роторлы ІЖҚ камерасында) жанбайды, ал алкоголь немесе сұйытылған газ ІЖҚ-да толығымен жанады.)

Қолдану:

Стирлинг қозғалтқышы кішкентай жылу энергиясын түрлендіргіш қажет болған жағдайда немесе басқа жылу қозғалтқыштарының тиімділігі төмен болған кезде қолданылады: мысалы, егер бу немесе газ турбиναςын пайдалану үшін температура айырмашылығы жеткіліксіз болса.

1. Электр энергиясының әмбебап көздері. Стирлинг қозғалтқыштарын кез-келген жылуды электр энергиясына айналдыру үшін қолдануға болады. Оларға күн электр қондырғыларын құруға үміт артылады. Олар туристер үшін автономды генераторлар ретінде қолданылады. Кейбір кәсіпорындар газ пешінің оттығынан жұмыс істейтін генераторларды шығарады.

2. Сорғылар. Жылыту немесе салқындату жүйелерінің тиімділігі, егер тізбекте салқындатқышты мәжбүрлеп беру сорғысы орнатылса, артады. Электр сорғысын орнату жүйенің өміршеңдігін төмендетеді, ал

күнделікті өмірде бұл жағымсыз, өйткені электр есептегіші айтарлықтай соманы "айналдырады". Стирлинг қозғалтқышының принципін қолданатын сорғы бұл мәселені шешеді.

Сұйықтықты соруға арналған " жуу "әдеттегі"қозғалтқыш-сорғы" схемасынан әлдеқайда қарапайым болуы мүмкін. Стирлинг қозғалтқышында жұмыс поршенінің орнына жұмыс сұйықтығын қолдануға болады, ол бір уақытта жұмыс денесін салқындатуға қызмет етеді.

"Стирлинг" қозғалтқышына негізделген сорғы суды күн жылуы арқылы суару арналарына, күн коллекторынан үйге ыстық су беру үшін қызмет ете алады (жылыту жүйелерінде жылу аккумуляторы су радиаторларға ағып кетуі үшін мүмкіндігінше төмен орнатуға тырысады).

Стирлинг сорғысын химиялық заттарды айдау үшін қолдануға болады, өйткені ол ауа өткізбейді.

3. Энергия аккумуляторлары. Оның көмегімен жылу көзі ретінде тұз балқымаларындағы жылу аккумуляторларын қолдана отырып, энергияны сақтауға болады. Мұндай аккумуляторлар химиялық батареялардан асып түседі және олардан арзан. Қуатты реттеу үшін поршеньдер арасындағы фазалық бұрыштың өзгеруін қолдана отырып, қозғалтқышты тежеу арқылы механикалық энергияны жинауға болады. Бұл жағдайда қозғалтқыш жылу сорғысына айналады.

4. Күн электр станциялары. Стирлинг қозғалтқышын күн энергиясын электр энергиясына айналдыру үшін пайдалануға болады. Ол үшін Стирлинг қозғалтқышы параболалық айнаның фокусына орнатылады, осылайша қыздыру аймағы үнемі жанып тұрады. Параболалық шағылыстырғыш Күнді бақылау кезінде екі координатамен басқарылады. Күн энергиясы кішкене аймаққа бағытталған. Айналар оларға түсетін күн сәулесінің 92% - ын көрсетеді. Стирлинг қозғалтқышының жұмыс денесі ретінде, әдетте, сутегі немесе гелий қолданылады [13].

Бақылау сұрақтары

1. Стирлинг қозғалтқышының құрылымы және жұмыс принципі.
2. Сұйық жұмыс сұйықтығы бар Стирлинг қозғалтқышында қандай ерекшеліктер бар?
3. Стирлинг қозғалтқышы үшін жұмыс ортасы ретінде нені пайдалануға болады?
4. Стирлинг қозғалтқышында қандай цикл қолданылады?
5. Стирлинг циклы неше фазаны қамтиды?
6. Стирлинг қозғалтқыштарының қандай түрлері бар?

7. Стирлинг қозғалтқыштарының кемшіліктері қандай?
8. Стирлинг қозғалтқыштарының артықшылықтары қандай?
9. Стирлинг қозғалтқыштарын қолдану саласы.

4 Биомасса энергиясы

4.1. Биоресурстардың ерекшеліктері

Биомасса күн энергиясының химиялық түрдегі туындысы ретінде жер бетіндегі ең танымал және әмбебап ресурстардың бірі болып табылады.

Жақында биомассаны тиімді энергетикалық пайдалануға назар аудару айтарлықтай өсті, оның пайдасына жаңа дәлелдер пайда болды:

- өсімдік биомассасын үздіксіз қалпына келтіру жағдайында пайдалану (мысалы, жетілген орман кесілгеннен кейін жаңа орман екпелері) атмосферада көмірқышқыл газының шоғырлануына әкелмейді;

- қалдықтарды (ауылшаруашылық, өнеркәсіптік және тұрмыстық) энергетикалық пайдалану экологиялық мәселелерді де шешеді (қалдықтардан құтылу мәселесінің ауырлығын төмендету);

- жаңадан құрылған технологиялар биомассаны әлдеқайда тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Биомасса тағамды ғана емес, сонымен қатар энергияны, құрылыс материалдарын, қағазды, маталарды, дәрі-дәрмектерді және химиялық заттарды алуға мүмкіндік береді. Биомасса адам отты ашқаннан бері энергия үшін қолданылады. Бүгінгі таңда биомасса отынын әртүрлі мақсаттарда пайдалануға болады - тұрғын үйді жылытудан бастап электр энергиясы мен автомобиль отынына дейін.

Биомассаның химиялық құрамы оның түріне байланысты өзгеруі мүмкін. Әдетте өсімдіктер 25% *лигниннен* және 75% *көмірсулардан* немесе *сахаридтерден* тұрады. Көмірсулар фракциясы ұзын полимерлі тізбектерге қосылған көптеген сахарид молекулаларынан тұрады. Көмірсулардың маңызды санаттарына целлюлоза жатады.

Лигнин фракциясы қантсыз молекулалардан тұрады. Табиғат өсімдіктердің беріктігін қамтамасыз ететін ұлпаларды қалыптастыру үшін ұзын полимерлі целлюлоза молекулаларын пайдаланады. Лигнин-целлюлоза молекулаларын бір-бірімен байланыстыратын "желім".

Бастапқы биомасса-бұл құрлықта және суда өсетін өсімдіктер. Биомасса фотосинтез нәтижесінде пайда болады, соның арқасында күн энергиясы өсімдіктердің өсіп келе жатқан массасында жиналады. Өсімдіктердің тұқымына және өсудің климаттық аймағына байланысты

бұл өсімдіктер алып жатқан аймақтың бірлігіне әр түрлі өнімділікке әкеледі. Солтүстік жетілген, баяу өсетін ормандар үшін өнімділік 1 га үшін жылына 1 тонна ағаш өседі, салыстыру үшін АҚШ-тың Айова штатындағы жүгерінің өнімділігі (барлық жасыл масса) орташа есеппен 50 тонна/га құрайды.

Биомассаның түзілуі келесідей. Атмосферадан көмірқышқыл газы және топырақтан су биомассаның "құрылыс блоктарын" құрайтын көмірсулар (сахаридтер) алу арқылы фотосинтез процесіне қатысады. Осылайша, фотосинтезде қолданылатын күн энергиясы биомасса құрылымында химиялық түрінде сақталады. Егер біз биомассаны тиімді түрде жағатын болсақ (химиялық энергияны шығарамыз), онда атмосферадан оттегі, өсімдіктердегі көміртегі мен сутегі көмірқышқыл газы мен су алу үшін реакцияға түседі. Процесс циклдік болып табылады, өйткені көмірқышқыл газы жаңа биомасса өндірісіне қайтадан қатыса алады.

Ағаш биомассаның ең танымал мысалы болып көрінеді. Жану процесінде ағаш күн сәулесін сіңіру арқылы сіңіретін энергия шығады. Алайда, ағаш биомассаның бір ғана мысалы болып табылады. Сүректен басқа биомассаның басқа түрлері де пайдаланылуы мүмкін - ауылшаруашылық қалдықтары (мысалы, жүгері сабағы, өсімдік шырдары, сабан, қауыз), ағаш қалдықтары (мысалы, үгінділер, кесілген қалдықтар, ағаш чиптері), қағаз қалдықтары, қала қоқысындағы жасыл қалдықтар, энергетикалық өсімдіктер (тез өсетін ағаштар, мысалы, терек немесе тал).

Биомассаны әлемдегі энергия көзі ретінде пайдалану туралы негізгі мәліметтер:

- тірі материяның жалпы массасы (ылғалдылықты қоса алғанда) - 2000 млрд т (90% ағашқа тиесілі);
- жер үсті өсімдіктерінің жалпы массасы - 1800 млрд т;
- орманның жалпы массасы -1600 млрд т;
- бір тұрғынға жер үсті биомассасының мөлшері - 400 т;
- жер үсті биомассасы сақтаған энергия мөлшері - 25000 ЭДж (1 ЭДж=1018 Дж);
- биомассаның жылдық өсімі - 400 млрд т;
- жер үсті биомассасының энергияны сақтау жылдамдығы - 3000 ЭДж/год;
- энергияның барлық түрлерін жалпы тұтыну - 400 ЭДж/год ;
- биомасса энергиясын тұтыну - 55 ЭДж/год.

Жалпы биомассаның тек 0,5% - ын адамзат тамақ ретінде пайдаланатынын есте ұстаған жөн.

Биомасса болашақтың негізгі жаңартылатын энергия ресурстарының бірі болып саналады. Бүгінгі таңда ол бастапқы

энергияны тұтынудың шамамен 12% - ын қамтамасыз етеді. Дамушы елдерде тұратын әлем халқының төрттен үш бөлігі үшін биомасса энергияның маңызды көзі болып табылады. Бір тұрғынға шаққандағы халық саны мен энергияны тұтынудың артуы, сондай-ақ қазбалы отын ресурстарының сарқылуы дамушы елдерде биомассаға сұраныстың тез өсуіне әкеледі. Орташа алғанда, дамушы елдерде биомасса бастапқы энергияның 38% - ын қамтамасыз етеді (ал кейбір елдерде 90%). Биомасса 21 ғасырда дамушы елдерде маңызды жаһандық энергия көзі болып қала беруі әбден мүмкін. Еуропалық Одақ елдерінде биомассаның энергия балансына орташа үлесі шамамен 3% құрайды, бірақ кең вариациялармен: Австрияда - 12%, Швецияда - 18%, Финляндияда - 23%.

Бастапқы өсімдік биомассасымен қатар өсімдік шаруашылығы, мал шаруашылығы, құс шаруашылығы қалдықтарында, қатты тұрмыстық қалдықтар мен өнеркәсіптің түрлі салаларының (ет, сүт және т.б.) қалдықтарында елеулі энергетикалық әлеует бар. Бұл потенциалды термохимиялық немесе биохимиялық әдістермен қолдануға болады. Бірінші жағдайда, біз негізінен қоқыс өңдейтін зауыттарда жағылатын немесе газдалатын қатты тұрмыстық қалдықтар туралы айтып отырмыз. Екінші жағдайда шикізат-бұл биогазға өңделетін көң немесе сұйық өнеркәсіптік және тұрмыстық ағындар.

4.2 Биогаз алуға арналған шикізат

Тамақ өнеркәсібі мен ауыл шаруашылығының қалдықтарының көпшілігі, сондай-ақ арнайы өсірілген энергетикалық өсімдіктер биогазды өндіруге жарамды. Биогаз қондырғылары моно-шикізатта да, қоспада да жұмыс істей алады.

Биогаз өндіруге жарамды органикалық қалдықтар:

- көң;
- құс саңғырығы;
- дәнді-сірне дақылдары;
- сыра дәні;
- қызылша сығындысы;
- фекальды шөгінді;
- балық және мал сою цехының қалдықтары (қан, май, ішек, қаныға);
- шөп;
- тұрмыстық қалдықтар;
- сүт зауыттарының қалдықтары-тұзды және тәтті сүт сарысуы;
- биодизель өндірісіндегі қалдықтар - рапстан алынған биодизель өндірісіндегі техникалық глицерин;

- жеміс, жидек, көкөніс шырындарын өндіруден қалған қалдықтар;
- жүзім сығу;
- балдырлар;
- крахмал және сірне — целлюлоза және сироп өндірісінің қалдықтары;
- картопты қайта өңдеу қалдықтары;
- чиптер өндірісі-тазарту, терілер, шіріген түйнектер, кофе целлюлозасы

4.1 кесте -. Бастапқы шикізаттың әр түрінен алынатын биогаз көлемі

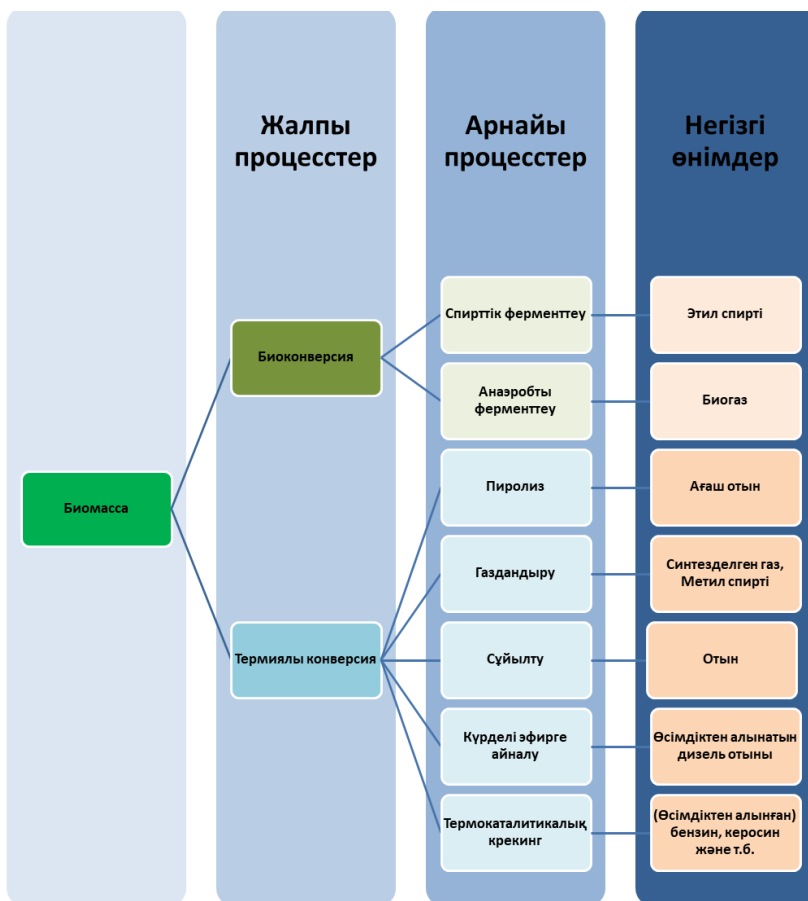
Шикізат түрі	Газдың шығуы, шикізаттың тоннасына м3
Сыыр көңі	38-52
Шошқа көңі	52-88
Құстардың қалдықтары	47-94
Қасапхананың қалдықтары	250-500
Май	1300
Спирттен кейінгі барда	50-100
Дән	400-500
Сүрлем, шыңдар, шөптер, балдырлар	200-400
Сүт сарысуы	50-80
Қызылша және жеміс целлюлозасы	40-70
Техникалық глицерин	400-600
Сыра дәні	130-150

4.3 Биомассада энергия алу технологиялары

Биомассаны отынға түрлендірудің әртүрлі процестері іс жүзінде барлық мұнай туындылары мен басқа жанғыш қазбаларды биомасса отынымен алмастыруға мүмкіндік береді, өйткені оның күйіне және технологиялық өңделуіне байланысты әртүрлі энергия өнімдерін алуға болады (4.2. кесте).

4.2. кесте – Биомассаны пайдаланудан алынатын энергетикалық өнімдердің жіктелуі

Биомасса түрі	Технологиялық процесс	Энергетикалық өнімдер
Құрғақ	Жағу	Жылу және электр энергиясы
	Газдандыру	Жанғыш газдар, метанол
	Пиролиз	Жанғыш газдар, шайыр, ағаш көмір (жартылай кокс)
	Гидролиз және дистилляция	Этил спирті
Ылғалды	Престеу арқылы брикеттеу	Ағаш түйіршіктер
	Анаэробты ас қорыту	Биогаз
	Ашыту және дистилляция	Этил спирті



4.1 сурет – Биомасса энергиясын түрлендіру технологиясының жіктелуі

4.3.1. Жылу алу үшін биоотынды жағу

Жанып жатқан биомасса жылуының көмегімен олар тамақ дайындайды, үйді жылытады, дақылдарды өндеуде бірқатар технологиялық процесстерді жүзеге асырады. Ол әртүрлі жабдықты пайдалану үшін қажетті электр энергиясын алу үшін қолданылады.

Көптеген дамушы елдерде биомассаның жануы отын қажеттілігінің ең көп үлесін қамтамасыз етеді. Индустриалды дамыған елдерде жағдай мүлдем басқаша: қазба отынын және кейбір жағдайларда атом энергиясын пайдалану басым.

4.3-кестеде биомасса отындарын өнеркәсіптік пайдалану мүмкіндіктерін бағалау кезінде пайдалы энергия қажеттіліктері үшін жарамды бірқатар сусыздандырылған дақылдардың, биологиялық қалдықтардың, туынды отындар мен органикалық өнімдердің жану жылуы туралы мәліметтер келтірілген.

4.3 кесте - әртүрлі отындардың жылу шығару қабілеті, МДж / кг

Отын	Жану жылуы	Ескертпе
<i>Арнайы жиналған</i>		
Ағаш:		
жасыл	8	Ағаштың түріне қарағанда ылғалдылыққа байланысты
маусымдық	13	
арнайы кептірілген	16 – 20	-
Кептірілген өсімдіктер	15	Мысалы, шөп
<i>Егін қалдықтары</i>		
Сабан	17	Құрғақ материал үшін
Бидай қауызы	12-15	
Жүгері сабағы	17	
<i>Екінші биоотын</i>		
Этанол – C_2H_5OH	30	Тығыздығы-789кг/м ³
Метанол – CH_3OH	23	-
Биогаз	28	$50\%CH_4 + 50\%CO_2$
Генераторлық газ	5 - 10	Әр түрлі құрам
Ағаш көмір:		
қатты кесек	32	-
тозаң түріндегі	32	-
<i>Қазба отындары</i>		
Метан	55	Табиғи газ
Бензин	47	Мұнай өнімдері
Керосин	46	
Дизель отыны	46	
Шикі мұнай	44	-
Қара көмір	27	Кокстелетін көмір

Тікелей жану технологиясы биомассада энергия алудың ең айқын әдісі болып табылады. Бұл қарапайым, жақсы зерттелген және коммерциялық тұрғыдан қол жетімді. Тікелей жану жүйелерінің көптеген түрлері мен өлшемдері бар, оларда әр түрлі отынды жағуға болады: ағаш отыны, сабан балшықтары, қатты тұрмыстық қалдықтар, автомобиль шиналары және т.б. ағаш отыны деп орман шаруашылығында алынған отынның барлық түрлері түсініледі. Ағаш тұрақты негізде алынады: ағаш кесу процесінде ормандарда. Орман плантацияларын жұқару процесінде көптеген *ағаш қалдықтары* пайда болады.

Бүгінде олар көбінесе орнында шірік болып қалады. Бұл тіпті жанармай жетіспейтін елдерде де болады. Ағаш қалдықтарын жинауға, кептіруге және отын ретінде пайдалануға болады.

Ағаш қалдықтарының келесі көзі-*іскери ағашты өңдеу*. Ағаш кесу және жиһаз жасау кезінде пайда болатын құрғақ үгінділер мен басқа да қалдықтар жоғары сапалы отын болып табылады.

Ауылшаруашылық қалдықтары тікелей жану үшін биомассаның үлкен көзі болып табылады. Өсімдік шаруашылығы мен мал шаруашылығының қалдықтары жер бетіндегі биомассада отынның негізгі түрі болып табылатын ағаштан кейінгі энергияның едәуір мөлшерін қамтамасыз етеді.

Ауылшаруашылық қалдықтары: өсімдік дақылдарының қалдықтары, мысалы, сабан, сапасыз өнім және артық өндіріс.

Биомассаның жануы (мысалы, ағаш) 4 фазаға бөлінуі мүмкін:

- ағаш құрамындағы суды қайнату. Бірнеше жыл бойы кептірілген ағаштың құрамында жасуша құрылымында 15-20% су бар;
- газ (ұшпа) компонентінің бөлінуі. Бұл газдардың "кұбырға ұшып кетудің" орнына жануы өте маңызды;
- шығарылған газдар атмосфералық ауамен араласады және жоғары температура әсерінен жанады;
- ағаш қалдықтарының жануы (негізінен көміртегі). Жақсы жану кезінде энергия толығымен қолданылады. Жалғыз қалдық-аз мөлшерде күл.

Биомассаны жағу арқылы алынған жылуды тамақ дайындау, жылыту және ыстық сумен қамтамасыз ету, электр энергиясын өндіру және өндірістік процестер үшін пайдалануға болады.

Пісіру құрылғыларында тікелей жану проблемаларының бірі олардың төмен тиімділігі болып табылады. Ашық жалын қолданылған жағдайда жылудың көп бөлігі жоғалады. Тиісті құрылғылардың тиімділігі 20% дейін.

Өндірісті қамтамасыз ететін бу, әдетте, бу қазандықтарының оттықтарында әртүрлі биомасса қалдықтарын жағу арқылы алынады. Бұл жағдайда сұйылтылған қабатта жану әдісін қолдануға болады.

Жанармайдың нақты көлемінің маңызы зор, ол сәйкесінше жабдықтың мөлшері мен жану технологиясын анықтайды. Осыған байланысты ағаш, мысалы, көмірден айтарлықтай төмен. Көмір үшін меншікті көлемі шамамен $30 \text{ дм}^3/\text{ГДж}$ құрайды, ал ағаш чиптері үшін, ағаш түріне байланысты бұл көрсеткіш $250 - 350 \text{ дм}^3/\text{ГДж}$ аралығында; сабан үшін меншікті көлемі одан да жоғары, $1 \text{ м}^3/\text{ГДж}$ құрайды. Сондықтан биомассаның жануы оны алдын ала дайындауды немесе арнайы жану құрылғыларын қажет етеді. Атап айтқанда, бірқатар елдерде ағаш қалдықтарын оның түйіршіктерге айналуымен тығыздау әдісі кең таралды.

Сонғы кездері жану аймағында биоотынды автоматты түрде беретін қазандар кең таралып келеді. Автоматты қазандар жылумен жабдықтау жүйесіне мазутты немесе газды қазандар секілді қосылады. Отынның жануынан алынған жылу қыздырылғаннан кейін үй ғимараттарында орналасқан радиаторларға келетін су деп аталатын жылу тасымалдағышқа беріледі. Осылайша, қазан өзі орналасқан бөлмені ғана жылытатын пешпен салыстырғанда, ғимараттағы барлық бөлмені жылытады. Пеллет түйіршіктері (ағылшын тілінен *pellets* — пеллеталар — шымтезектен, ағаш қалдықтарынан және ауылшаруашылық қалдықтарынан алынатын биоотын). Стандартты өлшемді цилиндрлі түйіршіктер (4.4-сурет) және жоңқалар автоматты қазандарда қолданылуы үшін өлшемі мінсіз, себебі олар қазанға тікелей бункерден алынады. Бункерді аптасына 1-2 рет толтырып тұру керек. Отынды қолмен алып-салатын қазандарда, мысалы ағаш отын қоланылатын қазандарда күніне бірнеше рет отынмен толтырып қою керек.

Ағаш түйіршіктері (пеллеталар) отынның салыстырмалы түрде жаңа және тартымды түрі болып есептеледі. Түйіршіктерді жаққан кезде қорлары қайтадан пайдаланылады, болмаса олар қоқыстың ішінде болып, қоқыс үйіндісінде болуы мүмкін еді. Түйіршіктер әдетте қалдықтардан (үгінділер мен жоңқалар) жасалады және бір орталықтан жылыту жүйелерінде кең қолданысқа ие. Олар баспалау әдісі арқылы жасалынады және ұзындығы 1-3 см, ал диаметрі 1 см шамасында. Олар таза, жұпар иісті және сипап қараған жағымды. Түйіршіктердің ылғалдылығы төмен (10%-дан кем) және басқа ағаш отындармен салыстырғанда жылу шығару қабілеті жоғары ($16,2 - 18,72 \text{ кДж/кг}$).

Баспалағаннан кейін көлемі азаяды (тығыздығы 650 кг/м^3 -тен жоғары), нәтижесінде көлем бірлігінде (энергия тығыздығы) энергия

мөлшері көбейеді. Түйіршіктерді жандыру кезінде процесс тиімділігі жоғары болады және қалдық мөлшері аз болады.



4.4 – сурет – Ағаш түйіршіктері (пеллеталар)

Ағаш отындарды отын ретінде қолданудың көптеген артықшылықтары бар. Түйіршіктерді шығару үшін ағаштарды аралаудың қажеті жоқ – оларды ағаш қалдықтардан да алуға болады. Түйіршіктерді жандыру ағаш өңдеу мен жиһаз өнеркәсіптеріндегі қалдықтардан құтылуға септігін тигізеді. Түйіршіктерде әдетте жандыру процесін жақсартуға арналған қоспалар болмайды. Оларды жандыру кезінде түтін шықпайды.

Отынның осы түрін қолдану қазба отындарын қолдану қажеттілігін азайтады, себебі оларды жандыру қоршаған ортаға зиянын тигізеді.

Ағаш жоңқасы орман ағаштары қалдықтарынан алынады. Іске жарамды ағаш отынды өсіру кезінде ағашқұрам сирек өсуі керек (бөрене, тақта және жиһаз дайындамасын жасау үшін). Осылайша, жоңқа орман шаруашылығын қарапайым пайдаланудың нәтижесі болып табылады. Ағаш отын арнайы бөлшектеу машиналарында ұсақталады. Ағаш жоңқасын жасау 4.5 – суретте көрсетілген. Жоңқаның өлшемі мен түрі нақты машинаға байланысты, алайда әдеттегі жоңқаның ұзындығы 2-ден 5-ке дейінгі см және қалыңдығы 1см. Балғын жоңқаның ылғалдылығы шамамен 50% (салмақты) және кептіру кезінде елеулі түрде азаяды.



4.5 – сурет – Бөлшектегіш көлікпен ағаш жоңқасын жасау

Жоңқа мен түйіршіктерді автоматты түрде беретін қазандардың үш түрі бар:

- қазан мен бункер біріккен шағын құрылғылар;
- қазан мен бункер бір-бірінен алшақта орналасқан қоректендіргіші бар құрылғылар; - алғы ошағы бар қазандар.

Шағын құрылғыларда отын автоматты қоректендіргіштің көмегімен бункерден алынады. Берілетін отынның мөлшері термостаттың көмегімен анықталады. Егер қазандағы судың температурасы төмен болса, отын көбірек беріледі, сонымен қатар керісінше болған жағдайда, аз беріледі. Шағын құрылғылар түйіршіктер болған кезде жақсы жұмыс жасайды. Олар энергетикалық тығыздығы аз болған жоңқалар үшін жарамдылығы төмен. Жоңқалар үшін отынды өте жиі салып отыру керек. Сонымен қатар, жоңқаның ылғалдылығыөте жоғары болуы сирек құбылыс емес, нәтижесінде тиімсіз түрде жүзеге асады.

Қоректендіргіші бар қазандарда да отын бұрандалы конвейердің көмегімен бункерден автоматты түрде алынады. Отын жану процесі жүзеге асатын тордың төменгі бөлігіне беріледі. Бақылау термостаттың көмегімен жасалынады.

Түйіршіктер отынның ең жақсы түріне жатады, алайда жоңқа үшін арнайы жасалынған құрылғыларда жоңқа жануы мүмкін.

Сонымен қатар жоңқа өте ылғал болмауы керек, сондықтан оны алдын-ала кептіру керек. Кептірудің ең керемет әдісі ағаш отынды бөлгіш көлікте ұсақтаудың алдында ұстап тұру.

Жоңқа кесілгеннен кейін, кем дегенде, екі ай аралығында кебуі мүмкін. Ол үшін оларды сақтау үшін едәуір үлкен жер керек.

Алғы ошақты қазандарда отынды жандыру, негізінен, алғы ошақтарда жоғары температура кезінде жүзеге асады. Температураны жоғары күйде ұстап тұру үшін алғы ошақтың сазды қаптамасы бар. Алғы ошақты қазандар ағаш жоңқаларын жандыр үшін жарамды. Алғы ошақта жанбаған газ қазанда соңына дейін жанады. Кейбір қазандарда түйіршіктер де жана алады.

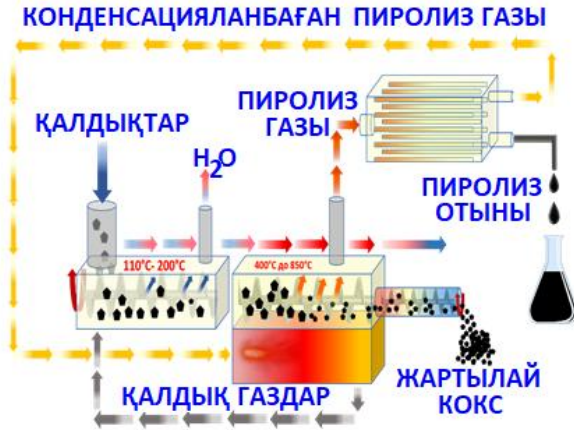
4.3.2 Өсімдік материалдарын ыдырату және газдандыру

Пиролиз деп органикалық шикізатты қыздыратын немесе ішінара жағып, алынған жанармай немесе химиялық қосылыстар алу процесін айтады.

Пиролиз бірнеше жүз жылдар бойы ағаш көмірді алу үшін қолданылған. Көмірді өндіру мақсатында дәстүрлі пиролиз бастапқы материалды (ағашты) ауаның толық жоқтығынан, әдетте 300 - 500 °C температураға дейін, ұшпа фракция (газ және бу) толығымен жойылғанша қыздырудан тұрады. Көмір деп аталатын қалдық бастапқы материалдың екі есе энергия тығыздығына ие және өте жоғары температурада жанып кетеді. Процестің ылдғалдығы мен тиімділігіне байланысты 1 тонна көмір алу үшін 4-10 тонна ағаш қажет. Ұшатын заттар жиналмайтын болғандықтан, көмірде шикізат энергиясының үштен екі бөлігі болады.

Қазіргі қондырғыларда жүзеге асырылатын пиролиз өнімдері – газдар, шайырлар мен май түріндегі сұйық конденсат, көмір және күл түріндегі қатты қалдықтар. Бастапқы шикізат ағаш, биомасса қалдықтары және тұрмыстық қатты қалдықтар болуы мүмкін.

Пиролиз қондырғысының блок-схемасы 4.6-суретте көрсетілген. Жоғары жүктелген тік құрылғылар ең қолайлы болып саналады. Пиролиздің ҚҚТ алынған отынның жану жылудың процесте қолданылған биомассаның жану жылуына қатынасы ретінде анықталады. Ең жақсы қондырғыларда шамасы 80-90%-ға дейін жетеді.



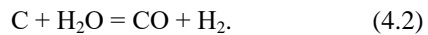
4.6 – сурет – Пиролиздің технологиялық сызбасы

Дәл жанғыш газдардың ең жоғары шығымын алу үшін биоотынды газдандыру – қатты биоотынды (көбінесе ағаш) жоғары температурада ауамен (оттегі, су, бу) толық емес тотығу арқылы жанғыш газдарға айналдыру арқылы қолданады. Ағашты газдандыру процесінде сутегі H_2 , көміртек монооксиді CO , CH_4 метан және кейбір жанбайтын ілеспе құрамалардың қоспасы болып есептелетін жанғыш газ пайда болады.

Биоотынды газдандыру газ генераторларында жүзеге асырылады; нәтижесінде пайда болған газдар генераторлық газдар деп аталады. Олар отын ретінде тұрмыстық газ құрылғыларында, іштен жанатын қозғалтқыштарда және т.б. қолданылады. Олар процесті электр энергиясын өндіруде қолдана отырып, сіз бу қазандықтарын пайдаланғаннан гөрі жоғары тиімділікке қол жеткізе аласыз.

Мұндай құрылғылар шағын масштабты электр энергетикасында жарамды (150-ден төмен).

Қатты биоотынды (ағаш және т.б.) газдандыру кезінде оттегі немесе су буымен тотығуға тікелей көміртек ұшырайды:



Алайда барлық көміртекті СО деп аталатын толық өнімге айналдыру әдетте жүзеге аспайды, оның белгілі бір бөлігі толықтай жанып кетеді:



Алынған көмірқышқыл газы өз кезегінде ыстық көміртекпен әрекеттеседі:



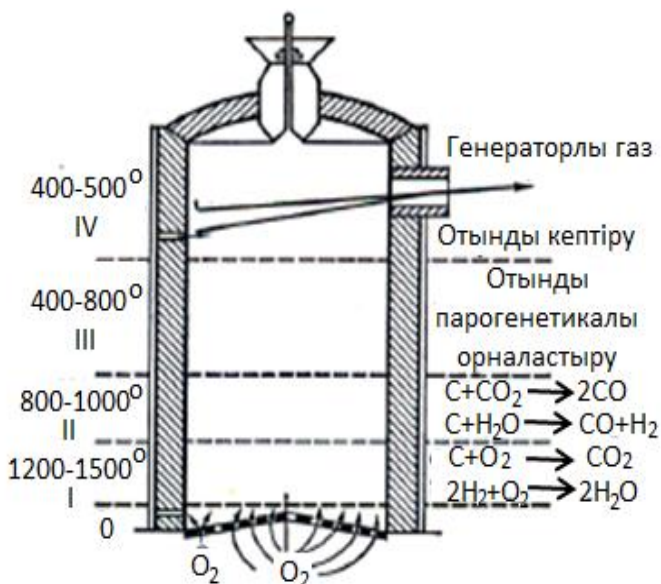
Генераторлық газдарды алу үшін тотықтырғыштардың әр түрлі түрлері (ауа); су буының ауамен немесе оттегімен байытылған ауа және т.б. қолданылады. Жарылыстың құрамы экзотермиялық реакцияларда бөлінетін жылу барлық процесті жүргізуге жеткілікті болатындай етіп таңдалады.

Газ генераторындағы қатты биоотынның жануы басқа пештерге қарағанда, үлкен қабатта жүзеге асырылады және отынның толық жануы үшін жеткіліксіз ауа мөлшерін беруімен сипатталады. Мысалы, ауа-бу жарылысымен жұмыс істегенде, газ генераторына теориялық тұрғыдан қажетті ауаның 33-35% беріледі.

Газ генераторында түзілетін газдарда отынның толық жану өнімдері (көмірқышқыл газы, су буы) және оларды тотықсыздандыру өнімдері, толық жанбау және отынның пирогенетикалық ыдырауы (көміртегі тотығы, сутегі, метан, көміртегі) бар.

Газ генератор әдетте ішкі қабырғалары отқа төзімді материалдармен жабдықталған шахтаны білдіреді. Осы шахтаның сыртына отын жүктеледі, ал астына үрлеуіш беріледі. Отынның қабатын тор ұстап тұрады. Газ генератор отынының қабатында газдардың пайда болу процестері 4.7.-суретте көрсетілген.

Газ генераторына берілетін үрлеуіш алдымен О шлак аймағына арқылы өтеді, мұнда ол аздап қызады, содан кейін отынның қызған қабатына (тотығу аймағы немесе І жану аймағы) өтеді, бұл жерде үрлеуіш оттегісі биотынның қыздырылған элементтерімен реакцияға түседі. Алынған жану өнімдері, газ генераторынан көтеріліп, қыздыру отынымен кездеседі (І І газдану аймағы) көміртегі тотығы мен сутегіге дейін азаяды. Жоғары қыздырылған тотықсыздандыру өнімдерінің одан әрі қарай жоғары қозғалысы кезінде отынның термиялық ыдырауы пайда болады (отынның ыдырау аймағы І І І) және тотықсыздандыру өнімдері ыдырау өнімдерімен (газдар, шайыр және су буы) байытылады.



4.7 – сурет – Газ генераторында газдың пайда болу процесінің сызбасы

Отынның ыдырауы нәтижесінде алдымен жартылай кокс, содан кейін кокс түзіледі, оның бетінде олар төмендеген кезде жану өнімдері қалпына келеді (III аймақ). Төменірек түсіргенде кокстың жануы пайда болады (I аймақ). Газ генераторының жоғарғы бөлігінде отын көтеріліп жатқан газдар мен булардың қызуымен кептіріледі.

Газ генераторына үрлегіш оттегісінің берілу формасына байланысты генератор газдарының құрамы өзгереді. Газ генераторына бір ауа үрлегіші берілген кезде жану жылуы (бастапқы отынға байланысты) 3,8-ден 4,5 МДж / м³-ге дейін болатын ауа газы алынады. Оттегімен байытылған жарылыстың көмегімен жану жылуын 5-8,8 МДж / м³ дейін арттыруға болатын бу-оттегі газы (құрамында азот аз болады) алынады.

Су буы аз қосылған ауада газ генераторының жұмыс істеуі кезінде жану жылуы (бастапқы отынға байланысты) 5-тен 6,7 МДж / м³ аралығында болатын аралас газ алынады. Соңында, газ буы қыздырғыш отын қабатына су буын жібергенде, жану жылулығы 10-нан 13,4 МДж / м³ дейінгі су газы алынады.

4.3.3 Өсімдік материалдарының гидролизі

Өсімдіктердің құрғақ қалдықтарының негізгі бөлігін құрайтын целлюлозаны биохимиялық өңдеу - микроорганизмдердің көмегімен ашыту қиынға түседі. Сондықтан оны спирттік ашытуға арналған бастапқы затты алу үшін химиялық өңдеуден өткізеді, автомобильдерде бензиннің орнына қолдануға болатын жоғары энергиялы сұйық отын, C_2H_5OH этил спиртін алуға арналған. Целлюлозаны аши алатын қантқа айналдыру ыстық минералды қышқыл – катализаторлардың қатысуымен целлюлозаны ұнтақтау және химиялық өңдеу арқылы мүмкін болады. Тағамдық емес өсімдік материалдарының полисахаридтерінің катализаторлар қатысуымен сумен химиялық әрекеттесуінің бұл процесі өсімдік материалдарының гидролизі деп аталады.

Өсімдіктердің бастапқы шикізатында (ағаш кесу, ағаш өңдеу және ағаш өңдеу қалдықтары, сонымен қатар ауылшаруашылық қалдықтары) әдетте целлюлоза мен гемицеллюлоза түріндегі суда ерімейтін полисахаридтердің 75% дейін болады, олардың ыдырауы алдымен аралық қосылыстар түзеді, содан кейін қарапайым қанттар – моноздар пайда болады. Моноздардың пайда болуымен қатар олардың ішінара ыдырауы органикалық қышқылдардың, гумин қышқылдарының және басқа заттардың түзілуімен де жүреді. Гидролиз жылдамдығы температура мен қышқыл концентрациясының жоғарылауымен жоғарылайды.

Өсімдік материалдарының гидролизі гидролиз салаларының негізі болып табылады, олар маңызды болып табылатын тамақ, жем және техникалық өнімдер алу үшін қолданылады. Өндірістік жағдайда өсімдік материалдарының гидролизінің өнімі гидролизаттар - моноздардың (пентозалар мен гексозалар, атап айтқанда глюкоза), ұшпа заттардың (органикалық қышқылдар, спирттер) ерітінділері және қатты қалдық - лигнин гидролизі болып табылады. Моноздардың шығуы полисахаридтердің 90% -на жетуі мүмкін. Гидролизаттар тауарлық өнімнің қажетті түрлерін алу үшін әрі қарай биохимиялық өңдеуге ұшырайды.

Гидролиз реакциясын жүргізуге арналған құрылғы мерзімді және үздіксіз әсер ететін гидролизерлер деп аталады. Алғашқылар, өз кезегінде, атмосфералық қысыммен жұмыс істейтін құрылғыларға (қайнатуға арналған қайнатқыштар) және жоғары қысыммен (түрлендіргіштер) жұмыс істейді. Қайнатуға арналған күбіде су мен қышқыл қатты қайнатылады. Гидролизаттарды алу үшін қайнату ұзақтығы 4-4,5 сағатты құрайды. Конвертерлерде гидролиз жоғары

температурада және қысым кезінде жүзеге асырылады және тек 18-20 минутқа созылады.

Үздіксіз гидролизаторлардың бірқатар артықшылықтары бар: олардың сапасын жақсарту мақсатында гидролизаттар алу жылдамдығын реттеуге мүмкіндік беретін процестің үздіксіздігі; буды біркелкі тұтыну; отын шығынын азайту. Үздіксіз қозғалыс аппараттарындағы гидролиз 8-10 минутқа созылады.

Гидролиз өндірісінің маңызды өнімдерінің бірі - этил спирті, ол биохимиялық жолмен - гидролизаттардың гексозаларын ашыту арқылы алынады. Гидролиз өндірісінің маңыздылығы ең алдымен өсімдік қалдықтарының орасан зор қорлары құнды өнімдер - этил спиртіні алу үшін пайдаланылатындығында, олардың өндірісі басқа салаларда тамақ пен жемшөп өнімдерінің (астық, картоп, меласса) едәуір мөлшерін тұтынады. және т.б.). Технологияның заманауи деңгейі бір тонна құрғақ ағаш шикізатынан гидролиз әдісімен 175 литр этил спирті мен 35 килограмм жемдік ақуыз ашытқысын алуға мүмкіндік береді.

CH_3OH метил спирті (метанол) – 3300С температурада және 15 МПа қысымда сутегі H_2 мен көміртегі оксиді CO арасындағы каталитикалық реакция кезінде алынған улы сұйықтық:



Сутегі мен көміртегі оксиді – синтетикалық газ компоненттері - биомассаны газдандыру арқылы өндірілуі мүмкін. Метанолды калориялығы 23 МДж / кг бензиннің орнына қолдана алады.

4.3.4 Спирттік ферменттеу (ашу)

Спирттік ферменттеу биомассаның биологиялық пайда болуына жатады. Ашыту - бұл қышқыл ортада қанттың микроорганизмдердің (әдетте ашытқы) әсерінен этил спиртіне (этанол) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ айналатын процесі, рН 4-тен 5-ке дейін болады. Спирт концентрациясы 10% -дан жоғары болған кезде ашытқы өледі, сондықтан концентрацияны жоғарылату үшін дистилляция немесе фракциялау қолданылады (4.8-сурет). Дистилляциядан кейін тұрақты температурада қайнайтын қоспа: 95% этанол және 5% су алынады.

Сусыздандырылған этанолды өнеркәсіпте бензол сияқты еріткішпен бірге дистилляциялау арқылы шығарады. Соңғы өнімнің энергетикалық құрамы шамамен 30 МДж/кг. Ашу кезінде қанттың 0,5% энергетикалық шамасы жоғалады. Дистилляция процесінде

энергия шығыны айтарлықтай, бірақ бұл кемшілік сұйық отынды пайдалану мен тасымалдаудың қарапайымдылығымен, технологияның салыстырмалы түрде төмендігімен және қол жетімділігімен өтеледі. Қажетті жылу энергиясын немесе оның бір бөлігін қалған биомасса қалдықтарын жағу арқылы алуға болады.

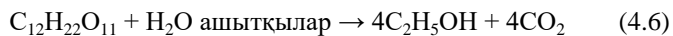
Ашыту жолымен отын этанолын өндіру төрт сатылы процесс болып табылады:

- шикізатты өсіру, жинау және спирт зауытына жеткізу;
- шикізатты ашытуға қолайлы субстратқа дайындау және түрлендіру;
- этанол алу үшін субстратты ашыту, айдау арқылы тазарту;
- қалдықтарды азайту және субөнімдер алу үшін ашытудан кейінгі қалдықтарды өңдеу.



4.8. – сурет – Отын этанолы өндірісінің сызбасы

Сахарозаның этанолға айналуының негізгі реакциясы:



Іс жүзінде шығымдылық бәсекелес реакциялармен және ашытқы массасын көбейту үшін сахарозаны тұтынумен шектеледі.

Өнеркәсіптік кірістілік реакциямен анықталған өнімнің шамамен 80% құрайды.

Басқа қанттарға (мысалы, глюкозаға $C_6H_{12}O_6$) арналған ферменттеу реакциялары өте ұқсас.

Ферменттеу шикізаты ретінде белгілі бір биомассаның мәні оның қант түзу қабілетіне байланысты. Сондықтан этанол өндірісінің көптеген шикізаттарын үш түрге жіктеуге болады:

- қант қамысынан, қант қызылшасынан немесе этанолға тікелей айналуы мүмкін жемістерден алынған қант;

- крахмалдан қант алу үшін қосымша өңдеуді қажет ететін дәнді және тамырлы дақылдардан (қантқа гидролиз немесе арпадағы жарма ферменттерін қолдану) алынған крахмал түріндегі көмірсутектер;

- қышқылдарды немесе ферментативті гидролизді пайдаланып сахаридтерге айналуы керек ағаштан, ауылшаруашылық қалдықтарынан және т.б. алынған целлюлоза.

Сусыздандырылған этанол -температурасы -117 -ден $+780$ ° C -қа дейінгі температурада, тұтану температурасы 4230 ° C болатын сұйықтық. Оны ішкі жану қозғалтқышында қолдану үшін арнайы карбюратор қажет.

Сондықтан бензин сусыздандырылған этанолмен (көлемі бойынша 20%) араласады және бұл қоспасы (бензол) кәдімгі бензин қозғалтқыштарында қолданылады. Газохол қазіргі уақытта Бразилияда кең таралған отын болып табылады (этанол қант қамысынан алынады); ол АҚШ -та да қолданылады (жүгері этанола). Этанолдың маңызды ерекшелігі - оның соққы жүктемесіне жарылмай төтеп беру қабілеті. Осыған байланысты, ауаның ластануын тудыратын тетраэтил қорғасын қоспаларына қарағанда, ол әлдеқайда артық.

4.3.5. Анаэробты ашығу арқылы биогаз алу

Биомассаны конверсиялаудың биологиялық әдістерінен екі негізгі эзірleme жасалады: этил спирті мен биогаз өндірісі. Бұл біріншіден, алынған отынның физикалық сипаттамасымен, екіншіден, технологиялардың салыстырмалы қарапайымдылығымен және экономикалық тиімділігімен, үшіншіден, қалдықтарды тиімді түрде залалсыздандыратын және пайдаланатын процестердің ерекшеліктерімен түсіндіріледі.

Әлемнің көптеген елдерінде осы бағдарламаны іске асырудың бірінші кезеңінде биогаз алуға басымдық беріледі, негізінен ауыл шаруашылығы өнімдерінің органикалық қалдықтарынан, әр түрлі

салалардан (мысалы, ет өңдеу немесе азық -түлік), қалалар мен қалалық елді мекендерден алынады. Жыл сайын дүниежүзілік мал шаруашылығы мен өсімдік шаруашылығында пайда болатын қалдықтардың биогазына айналуы отынға заманауи энергия қажеттілігін 10%-ға жаба алады.

Орташа алғанда 70% CH_4 метан мен 30% CO_2 көмірқышқыл газынан тұратын биогаз - органикалық заттардың анаэробты (оттегісіз) бактериялық ыдырау өнімі. Калориялық құндылығы бойынша (21-25 МДж / м³) ол белгілі отын түрлерімен салыстыруға болады: көмір (29 МДж / кг), керосин (38 МДж / л), отын (21 МДж / кг).

Табиғи жағдайда биомассаның кез келген түрінің, соның ішінде малдың көңінің жойылуы топырақ көңінде ыдырайтын организмдердің, саңырауқұлақтардың, бактериялардың әсерінен элементарлы қосылыстарға ыдырау жолымен жүреді. Бұл процесс үшін ылғалдылық, жылулық және жарықтың болмауы маңызды. Процестің соңғы кезеңінде аэробты немесе анаэробты деп жіктелген әр түрлі бактериялардың әсерінен толық ыдырау жүреді. Аэробты бактериялар негізінен оттегінің қатысуымен дамиды, олардың қатысуымен биомассаның көміртегі CO_2 -ге дейін тотығады. Сыртқы ортадан келетін оттегінің жеткіліксіз болуымен көмірсулардың ыдырауына байланысты анаэробты бактериялар дамиды. Сайып келгенде, олардың белсенділігіне байланысты көміртегі толық тотыққан CO_2 мен толық тотықсызданған CH_4 арасында бөлінеді.

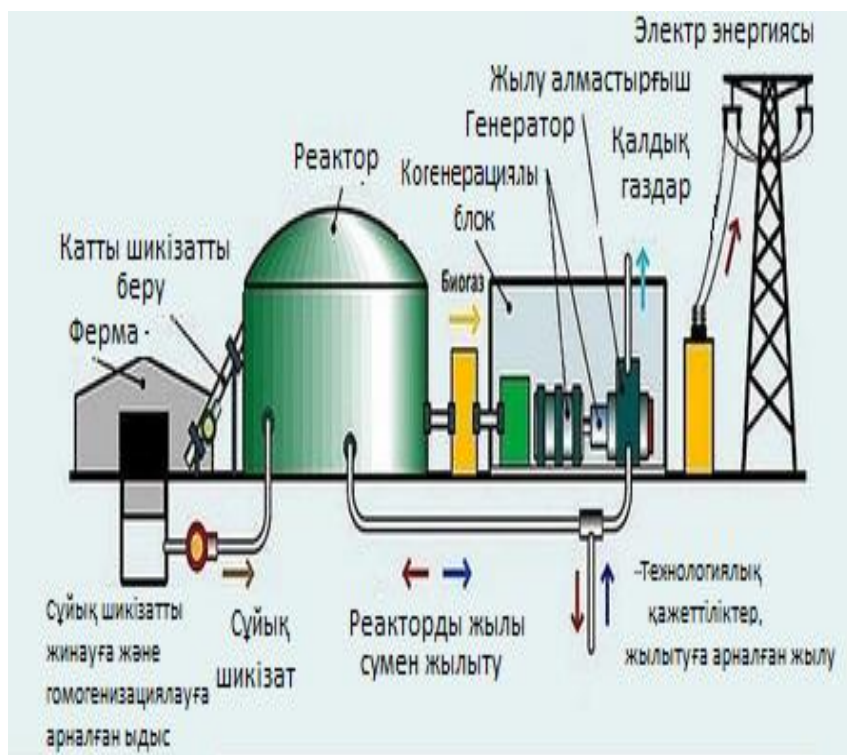
Микроорганизмдер жүргізетін биомассаның ыдырау реакцияларын ферменттеу процестері деп те атайды, алайда анаэробты жағдайда жүретін процестер үшін «ашыту» («ферменттеу») термині жиі қолданылады.

Анаэробты ашу, пиролиз сияқты, ауа болмаған кезде жүреді. Алайда, бұл жағдайда биомассаның трансформациясы жоғары температураның емес, бактериялардың әсерінен жүреді. Бұл барлық дерлік биологиялық материалдарда кездесетін және жылы және ылғалды жағдайда (әрине, ауа болмаған жағдайда) жеделдейтін процесс. Көбінесе өсімдіктер су қоймаларының түбінде ыдырағанда пайда болады.

Органикалық қалдықтардан метан алу бактериялардың қатысуымен қалдықтардың бақыланатын анаэробты ашытылуынан тұрады; бақыланатын параметрлері бар ортада органикалық заттар оттегісіз ыдырайды. Күрделі қалдықтардың анаэробты ашуы екі сатылы процесс. Бірінші кезеңде қышқыл түзуші бактериялар күрделі заттарға әсер етіп, жоғары молекулалы қосылыстарды (майлар, ақуыздар, көмірсулар) төмен молекулалық салмаққа (үшқыш

қышқылдарға) айналдырады. Екінші кезең - ферменттеу (газ эволюциясы), оның барысында метан алынады.

Биогаз метанның максималды бөлінуін қамтамасыз ететіндей реттелген және басқарылатын арнайы қондырғыларда - биогаз генераторларында (сіңіргіштерде) шығарылады. Биогаз қондырғысының сыртқы түрі 4.9 -суретте көрсетілген. Көп жағдайда газ 95% судан тұратын сұйық массадан алынады. Метанды ашыту органикалық заттардың энергиясын биогазға айналдырудың жоғары ҚҚТ тиімділігімен ерекшеленеді, 80-90%-ға жетеді.



4.9 – сурет - Биогаз қондырмасының сызбасы

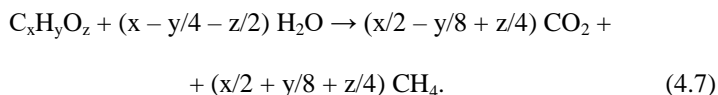
Тиісті биогаз генераторы қолданыстағы қалдықтар ағыны өңделген кезде биогаз өндіру экономикалық тұрғыдан тиімді және қолайлы болады. Мұндай ағындарға мысал ретінде ағынды суларды,

шошқа фермаларын, ірі қара мал фермаларын және т.б. мысал бола алады. Бұл жағдайда үнемдеу қалдықтарды алдын ала жинаудың, оларды беру процесін ұйымдастырудың және басқарудың қажеттілігінің болмауына байланысты. Қалдықтардың қанша және қашан келетіні белгілі, тек оны биогаз мен тыңайтқышқа айналдыру ғана қалды.

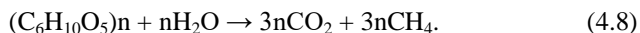
Биогазды өндіру көлемі әр түрлі қондырғыларда алуға болады. Бұл әсіресе агроөнеркәсіптік кешендерде тиімді, мұнда толық экологиялық циклді жүзеге асыруға қол жеткізу ұсынылады. Мұндай кешендерде көң анаэробты ашытуға ұшырайды, содан кейін ашық бассейндерде аэробты өңделеді.

Биогаз жарықтандыруға, басқару механизмдеріне, көлік құралдарына, электр генераторларына және жылыту үшін қолданылады. Аэробты ашытудан кейін тыңайтқыш ретінде толық өңделген қалдықтар қолданылады.

Анаэробты ашытудың негізгі теңдеуі:



Целлюлозаға арналған теңдеу:



Кейбір органикалық өсімдік қосылыстары (мысалы, лигнин) мен барлық бейорганикалық компоненттерді ашыту мүмкін емес. Олар бұл процесте инертті болып, шлак түзеді.

Іс жүзінде ашыту соңына дейін сирек жүргізіледі, себебі бұл процестің ұзақтығын едәуір арттырады. Әдетте, бастапқы өнімнің шамамен 60% ашытылады. Газ шығымы қалыпты жағдайда 1 кг ферменттелген құрғақ материалға 0,2 -ден 0,4 м³ -ге дейін және 1 м³ суға 5 кг құрғақ биомассаны тұтынғанда алынады. Жоғары температурада ашыту төмен температураға қарағанда тез жүреді және әр 5°C газ шығысының шамамен екі еселенуімен сипатталады. Қалыпты және суық климаты бар елдерде ашыту ортасы 350°C төмен емес температураға дейін қызады. 50°-600°C температурада органикалық қосылыстардың ыдырауы интенсивті түрде жүреді, бұл қалдықтарды өңдеу үшін ең қажет болып есептеледі. Күндіз 550C температурада ашыту гельминт жұмыртқаларының (құрттардың) және патогенді микробтардың толық өлуіне, сондай-ақ арамшөптердің тұқымдары мен арнайы нәжіс иістерінің толық жойылуына әкеледі.

Ашытудан кейінгі тұнбаны ылғалдылығы 65-70% жоғары концентрацияланған, иіссіз дезинфекцияланған тыңайтқыш ретінде қолдануға болады, өйткені құрамында өсімдіктер оңай сіңетін азот, фосфор және калийдің минералды түрлері бар.

Метан түзуші бактериялар рН-ға сезімтал: ашыту ортасындағы жағдайлар жұмсақ қышқыл болуы керек (рН 6,6-7,0) және, әрине, рН = 6,2 төмен болмауы керек. Азот пен фосфордың белгілі бір мөлшері қажет: тиісінше құрғақ ашытылатын материал массасының шамамен 10% және 2% қажет болады. Нәтижелі ашытудың міндетті шарты - тұрақты температура жағдайын сақтау мен шығын материалдарының дұрыс берілуін қамтамасыз ету.

Қорытынды сұрақтар

1. Жаңа қандай аргументтер энергияға биомассаны тиімді пайдалануға қызығушылықты арттырды?
2. Биомассаның химиялық құрамы қандай?
3. Биомасса қалай түзіледі?
4. Энергия көзі ретінде ағаштан басқа қандай биомассаның түрлерін қолдануға болады?
5. Биомассаны технологиялық өңдеуден қандай энергетикалық өнімдерін алуға болады?
6. Биомассаның жануын қандай фазаларға бөлуге болады?
7. Неліктен ағаш қалдықтарын жағар алдында оны түйіршіктерге айналдыру дұрыс деп ойлайсыз?
8. Ағаш түйіршіктерінің калориялық құндылығы қандай?
9. Ағаш үгінділері мен түйіршіктерге автоматты түрде берілетін қазандықтардың қандай түрлері қолданылады?
10. Пиролиз көмегімен көмір алу процесін сипаттаңыз.
11. Биоотынды газдандыру процесінде алынған жанғыш газдың құрамына не кіреді?
12. Биоотынды газдандыру кезіндегі көміртегі тотығуының химиялық реакцияларын жазыңыз.
13. Газ генераторында жанғыш газдың пайда болуын сипаттаңыз.
14. Өсімдік материалдарының гидролизі қалай аталады?
15. Гидролиз реакциясын жүргізу үшін қандай аппараттар қолданылады?
16. Метил спиртін алудың химиялық реакциясын жазыңыз.
17. Спирттік ферменттеу процесі дегеніміз не?
18. Сахарозаны этанолға айналдырудың химиялық реакциясын жазыңыз.

19. Спирттік ферменттеу үшін шикізат ретінде биомассаның қандай түрлері қолданылады?
20. Табиғи жағдайда биомассаның кез келген түрін кім бұзады?
21. Анаэробты ашыту кезінде органикалық қалдықтардан метан алу процесін сипаттаңыз.
22. Күрделі қалдықтардың анаэробты ашытуы қалай жүреді?
23. Биогаз өндірісіндегі температура ашыту процесіне қалай әсер етеді?

4.4 Қатты және тұрмыстық қалдықтарды қайта өңдеу және пайдалану

Қалдықтардың көпшілігі - тұрмыстық қатты қалдықтар (ҚТҚ) - биологиялық материалдар, оларды полигондарға шығару анаэробты ашытуға қолайлы жағдай жасайды. ҚТҚ полигондары мен қоқыс тастайтын жерлер метан түзетіні ондаған жылдар бойы белгілі. Метанның ықтимал қауіптілігі кейбір жағдайларда оны мәжбүрлі жану жүйесін құруға мәжбүр етті. Тек 20 ғасырдың 70 -ші жылдарында бұл «қажетсіз» өнімді қолдану идеясына дұрыс көңіл бөлінді.

ҚТҚ биогаз қондырғыларындағы шикізатқа қарағанда күрделі құрамға ие. Ашыту баяу жүреді, әдетте апталарға емес, бірнеше жылдарға созылады. Полигон газы деп аталатын соңғы өнім сонымен қатар метан CH_4 мен көмірқышқыл газы CO_2 қоспасынан тұрады. Теориялық тұрғыдан, полигонның «өмір сүру кезеңінде» газ шығымы көлемі бойынша 50-ден 60% -ға дейінгі метан концентрациясы бар қатты қалдықтардың тоннасына 150-300 м³ болуы мүмкін. Бұл бір тонна қатты қалдықтарға 5-6 ГДж энергиясына сәйкес келеді. Іс жүзінде биогаз өнімділігі төмен.

Полигонның қалыптасуы кезінде әр аймақ толтырылғаннан кейін өткізбейтін сазбен немесе ұқсас материалмен жабылады, анаэробты ашытуға жағдай жасайды. Газды полигонның корпусына 20 метр тереңдікке дейін орнатылған өзара байланысты перфорацияланған құбырлар жүйесі жинайды. Жаңа полигондарда құбыр жүйесі қатты қалдықтарды алғанға дейін орнатылады. Үлкен полигондарда бірнеше шақырым құбырлар орнатуға болады, олардың көмегімен 1000 м³ / сағ дейін полигон газын жинауға болады.

4.5 Қатты қалдықтарды қайта өңдеу технологиясының түрлері

ҚТҚ қайта өңдеуінің әр түрлі технологиялары бар (4.10 – сурет).



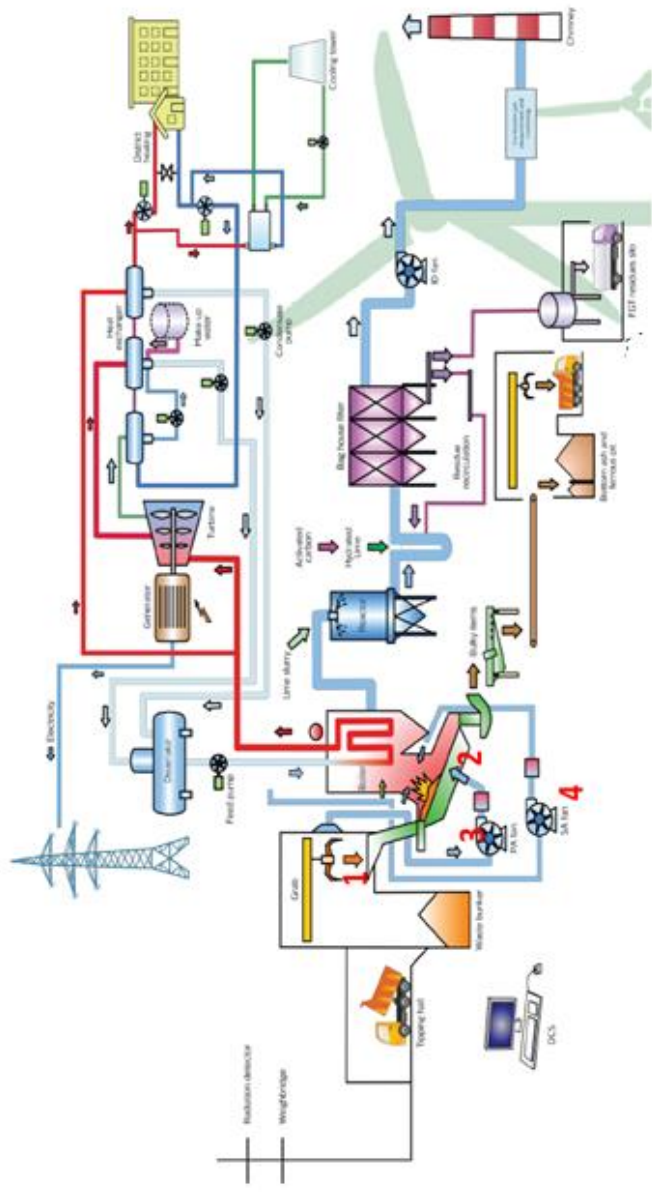
4.10 – сурет – ҚТҚ-ны технологиялық қайта өңдеу түрлерінің құрылымдық сызбасы

Жағу – ҚТҚ-ны пайдаланудың ең жиі қолданылатын әдісі. Тікелей жанудың ақырғы өнімдері - күл мен айтарлықтай мөлшерде улы ұшпа заттар (бензопирен) мен хлор (диоксиндер) қоршаған ортаға бөлінеді. Осыны ескере отырып, тиімді (экологиялық таза) кәдеге жарату қарапайым өртеуге емес, осы компоненттерді аралық залалсыздандырумен терең өңдеуге негізделуі тиіс (4.11 – сурет).

ҚТҚ қрандары қалдықтарды пеш торына бункер мен науа арқылы салынады (1).

Автоматты түрде басқарылатын гидравликалық цилиндрлер қалдықтарды кері жағу торының (2) бетіне шығарады, бұл қалдықтарды жағудың ең маңызды бөлігі. Ол жылжымалы торлармен жабдықталған (2). Тордың көлденеңінен қоректендіргіштен қалдық жану өнімдерін шығаруына дейін 26° көлбеуі бар. Тор ауыспалы және қозғалмайтын торлардан тұрады.

Жылжымалы торлар қалдықтарды көлбеу тормен баяу жылжытады. Бұл олардың тұрақты араластырылуын және торда жағылатын қалдықтар қабатының қалыңдығының бірдей болуын қамтамасыз етеді. Қалдықтардың жану массасы тордың басына қарай итеріледі, кептіру, тұтану және жану сияқты жанудың барлық фазалары бір мезгілде жүреді.



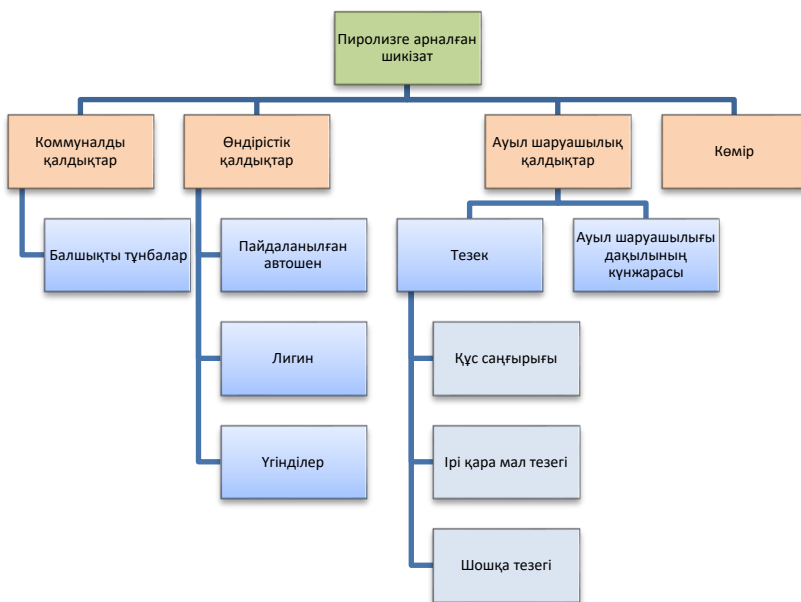
4. 11 - сурет – Қатты тұрмыстық қалдықтарды жағудың технологиялық схемасы

Негізгі ауа желдеткіші (3) тордың саңылаулары арқылы тордағы қалдық қабаттың жану ауасын қамтамасыз етеді. Бұл тордың жалынының үстіндегі желдеткіш пен желдеткіш қабылдау бөлімінен алынған қосалқы ауаны (4) қабылдау бункерінің аймағына жеткізеді, бұл ғимараттан тыс жағымсыз иістердің таралуын болдырмайды. Бастапқы ауа бу жылытқышпен жылытылады.

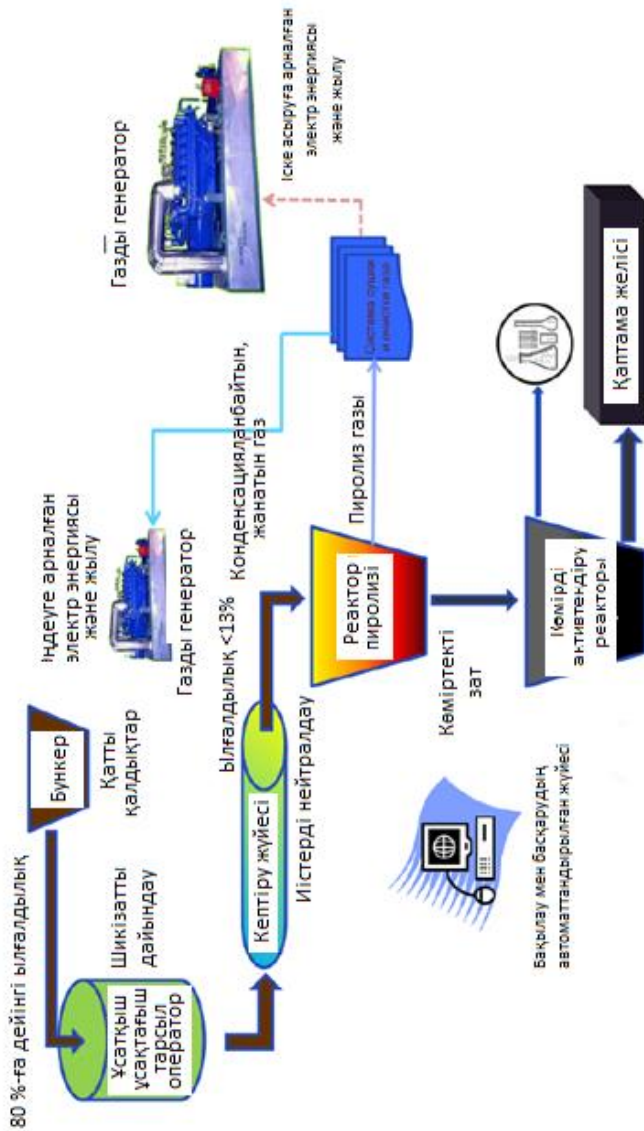
Пиролиз – бұл органикалық заттардың оттегіне жетпей температураның жоғарылауы әсерінен ауыр емес молекулаларға немесе элементтерге ыдырауы.

4.12 -суретте көрсетілген сызбада пиролиз үшін қандай шикізатты қолдануға болатынын көрсетеді.

Пиролиздің технологиялық сызбасы 4.13 – суретте көрсетілген.



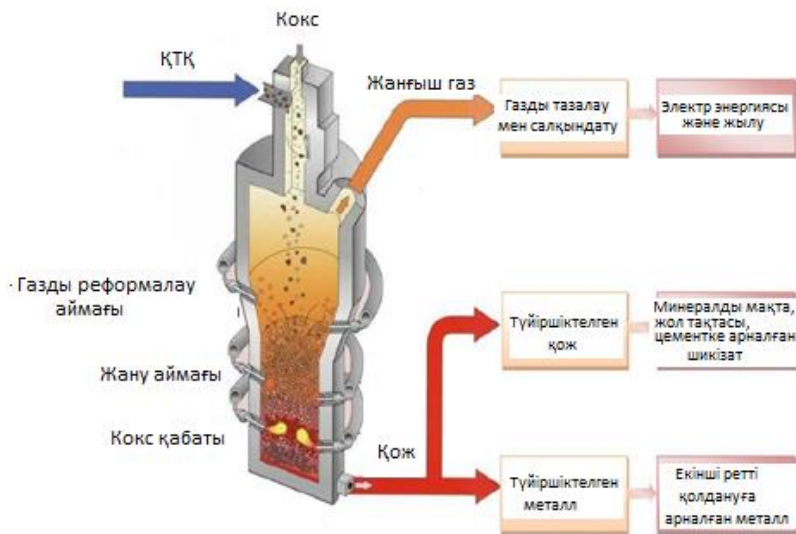
4. 12 - сурет – Пиролизге арналған шикізат түрлері



4.13 – сурет – Пиролиздің технологиялық сызбасы

Газдандыру – Бұл жоғары температурада (10 000 С-15 000 С) тотықтырғышпен (ауа мен су буымен) қыздыру кезінде биомассаның органикалық бөлігін жанғыш газға айналдыру, газ шығатын газ тәрізді энергия тасымалдаушы-синтез. Газдандыру процесі процестің кезеңі ретінде пиролизді қамтиды, сондықтан генераторлық газ қоспасы пиролиз бен генератор газдарынан тұратын композиция болып табылады.

Газдандыру технологиясы 4.14 – суретте берілген



4. 14 – сурет – Газдандыру технологиясы

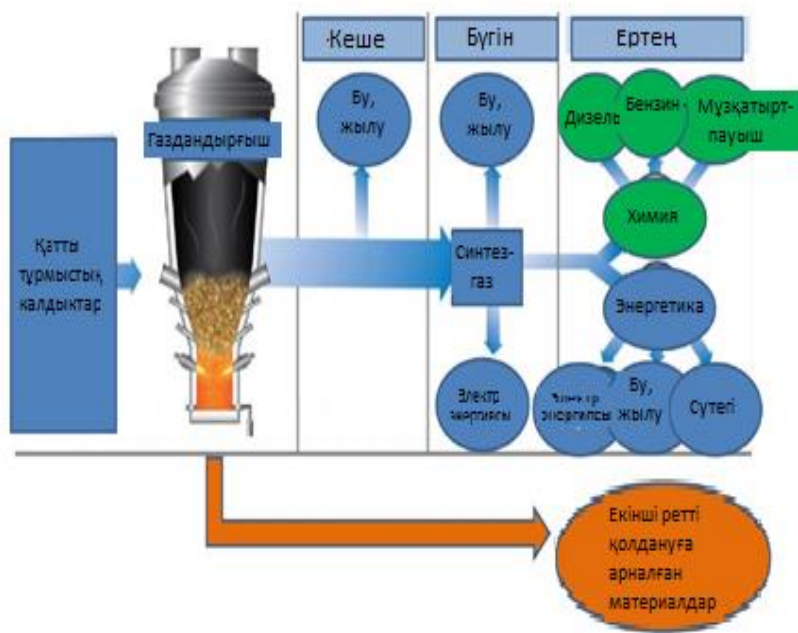
Орнату схемасы келесідей: құрғақ тотықсыздандырылған биомасса бұранда көмегімен газификаторға түседі. Аз мөлшерді ауада шикізат шамамен 800 ° С температурада жанғыш газға айналады, содан кейін 500 ° С дейін салқындатылады. Бұл кезеңде күлдің негізгі бөлігі алынады және газ маймен тазартылады. Жоғары температурада (1300-1500 ° С) синтез газының жануына дейін күлді кетіру күлдің сіңуін болдырмайды және шығын өте аз болатын қамтамасыз етеді.

Қондырғы желіге қосылмаған, генераторға газ берілмейді, бірақ генератордың өзі бар. Жасалған синтез газы алаудың көмегімен жағылады.

Жобаны жүзеге асырудың жалпы шығыны шамамен 6 млн. евроны құрайды.

Оны жүзеге асыру үшін эксперименттік қондырғының иелері жалпы құнының 60-70% көлемінде гранттар алды.

Плазмалы газдандыру - пиролиз (газдандыру) технологиясының жоғары температуралы түрі болып табылады. Бұл технологияға сәйкес реакция камерасында жоғары температурада (1300 -ден 2000 ° С -қа дейін) пиролиз газының пайда болуымен пиролиз процесі жүреді, ол реакторда немесе арнайы жағу камераларында жағылады. Плазмалы газдандырудың технологиясы 4.15 – суретте келтірілген.



4. 15 – сурет –Плазмалы газдандырудың технологиясы

4.7 – Кестеде ҚТҚ қайта өңдеу технологияларының салыстырмалы талдауы келтірілген.

Жану	ҚТҚ-ны оттегісіз пиролиздеу және термиялық ыдырауы	Қарапайым газдандыру	Ауа плазмасының көмегімен плазмалы газдандыру
70 % жойылу (650°С)	90 % жойылу (450 – 900 °С)	90 % жойылу(800 °С)	Толық жойылу (2000 °С)
Көп мөлшердегі шайырлар мен фурандар	Шайырлар мен фурандар бар	Шайырлар мен фурандар бар	Шайырлар мен фурандар жоқ
Улы шайырдың 30 %-ы	10 % күл	10 % күл	Күл жоқ
Неорганикалық қалдықтардың кейбір түрлерінен басқа	Неорганикалық қалдықтардың кейбір түрлерінен басқа	Неорганикалық қалдықтардың кейбір түрлерінен басқа	Қалдықтардың кез келген түрі
Қалдықтарды сорттау қажет	Бір жыл бойы ҚТҚ-ның біртекті құрамын қажет етеді	Қалдықтарды сорттау қажет	Қалдықтарды сорттау қажет емес
Қалдықтардың үлкен көлемі	Қалдықтардың шағын көлемі	Қалдықтардың шағын көлемі	Қалдықтардың үлкен көлемі
Түтін газының көп мөлшерде шығуы	Түтін газының орташа мөлшерде шығуы	Түтін газының орташа мөлшерде шығуы	Түтін газының өте аз мөлшерде шығуы
Қалдықтардың ылғалдылығына сезімтал	Қалдықтардың ылғалдылығына сезімтал	Қалдықтардың ылғалдылығына сезімтал	Қалдықтардың ылғалдылығына сезімтал емес
Генераторлы газ (техникалық)	Балласталған синтез-газ	Генераторлы газ (техникалық)	Алынатын синтез-газдың жоғары сапасы
Шығарылуы: жылу, электроэнергия	Шығарылуы: Синтез-газ, сұйық отындар, электроэнергия, жылу	Шығарылуы: жылу, электроэнергия	Шығарылуы: Синтез-газ, сұйық отындар, электроэнергия, жылу

5 Су энергиясы

5.1 Шағын және микро СЭС

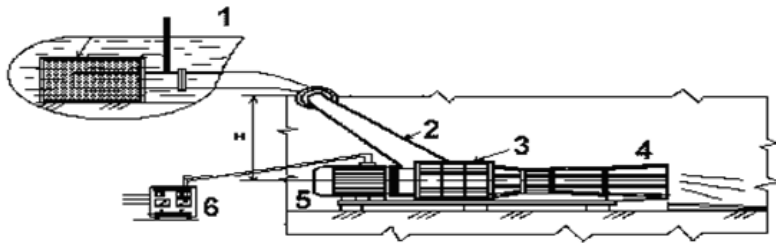
Дәстүрлі емес энергияны дамытудың ең тиімді бағыттарының бірі – шағын ағындардың энергиясын (қуатты шағын (шағын және микро) СЭС) пайдалану. Бұл, бір жағынан, салыстырмалы пайдалану қарапайымдылығы бар мұндай су ағындарының елеулі әлеуетімен түсіндіріледі, ал екінші жағынан, ірі өзендердің гидроэнергетикалық әлеуетінің іс жүзінде сарқылуымен түсіндіріледі.

Шағын гидроэнергетикалық қондырғылар шартты түрде үш түрге бөлінеді: «шағын» - 5000 кВт -қа дейінгі агрегатты қамтамасыз ететін, «микро» - 3 -тен 100 кВт дейінгі диапазонда жұмыс істейтін және 25 МВт -қа дейінгі шағын СЭС.

Микро және шағын - СЭС - сенімді, экологиялық таза, ауылдарға, шаруа қожалықтарына, саяжайларға, фермаға, сондай-ақ диірмендерге, наубайханаға, жақын жерде электр желісі жоқ алыс, таулы және жетуге қиын аудандардағы шағын өндірістерге арналған шағын, тез төленетін электр көздері және осындай желілерді салу қазір шағын гидроэлектростанцияларды сатып алуға және орнатуға қарағанда ұзағырақ және қымбатқа түседі.

Қазіргі гидроэнергетика, электр энергиясының басқа дәстүрлі түрлерімен салыстырғанда, электр энергиясын өндірудің ең үнемді және экологиялық таза әдісі болып табылады. Шағын электростанциялар табиғи ландшафт пен қоршаған ортаны пайдалану кезеңінде ғана емес, сонымен қатар құрылыс процесінде де сақтауға мүмкіндік береді. Кейінгі пайдалану кезінде судың сапасына теріс әсер етпейді: ол өзінің бастапқы табиғи қасиеттерін толық сақтайды. Басқа экологиялық таза жаңартылатын энергия көздерінен айырмашылығы, мысалы, күн, жел, шағын гидроэнергетика іс жүзінде ауа райы жағдайына тәуелсіз және тұтынушыны арзан электр энергиясымен тұрақты қамтамасыз етуге қабілетті [14].

Микро-СЭС құрылымы 5.1. – суретте келтірілген.



- 1 – суқойма;
- 2 – су құбыры;
- 3 - турбина,;
- 4 – шығару құбыры;
- 5 – генератор;
- 6 – түрлендіргіш

5.1 – сурет - Микро-СЭС

Сыйымдылық шектеулерінен басқа, шағын және үлкен гидроэнергетиканың айырмашылығы мынада: қуаты аз СЭС құрылысында қолданылатын технологиялар алып бөгеттер мен су қоймаларын салуды қажет етпейді. Сонымен қатар, шағын СЭС-тің құрылысы кезінде стандартты инженерлік шешімдер мүмкін: гидроэлектрлік кешеннің негізгі элементтері мен гидравликалық қондырғылардың бірдей конструкциялары бар, бірдей технологияларды қолдана отырып, бірнеше жобаларды іске асыруға болады.

Шағын гидроэлектростанцияның (ГЭС) гидроагрегаты турбинадан, генератордан және автоматты басқару жүйесінен тұрады. Қолданылатын гидро ресурстардың сипаты бойынша шағын СЭС-ті келесі санаттарға бөлуге болады: шағын су қоймалары бар жаңа өзен немесе бөгет станциялары; өзендердің еркін ағынының жоғары жылдамдықты энергиясын пайдаланатын станциялар; су қондырғыларының алуан түрлілігінде - кеме жіберу құрылыстарынан су тазарту құрылыстарына дейін су деңгейінің бар айырмашылығын пайдаланатын станциялар. Шағын ағындардың энергиясын шағын су электр станцияларының көмегімен пайдалану жаңартылатын энергия көздерін дамытудың тиімді бағыттарының бірі болып табылады.

Микро СЭС-ті кез келген жерде орнатуға болады. Гидроагрегат қуат блогынан, су қабылдағыштан және автоматты басқару құрылысынан тұрады. Шағын СЭС саяжайларға, шаруа қожалықтарына, шаруа қожалықтарына, сондай-ақ баруға қиын

аудандардағы шағын өндірістерге электр энергиясының көзі ретінде қолданылады.

Энергия өндірудің кез келген басқа әдісі сияқты шағын және микро СЭС-ті қолданудың артықшылықтары мен кемшіліктері бар.

Шағын гидроэнергетикалық қондырғылардың экономикалық, экологиялық және әлеуметтік артықшылықтарының арасында мыналар бар. Олардың құрылуы аймақтың энергетикалық қауіпсіздігін арттырады, отын жеткізушілерден тәуелсіздікті қамтамасыз етеді және тапшы қазба отынды үнемдейді. Мұндай энергетикалық объектінің құрылысы үлкен инвестицияларды қажет етпейді, энергияны көп қажет ететін құрылыс материалдарының үлкен көлемін және елеулі еңбек шығындарын талап етеді, ол салыстырмалы түрде тез өтеледі. Бұдан басқа, жабдықты унификациялау және сертификаттау арқылы құрылыстың құнын төмендетуге мүмкіндіктер бар.

Электр энергиясын өндіру процесінде СЭС парниктік газдар шығармайды және Киото хаттамасының талаптарына сәйкес келетін қоршаған ортаны жану өнімдерімен және улы қалдықтармен ластанмайды. Мұндай объектілер сейсмикалық индукцияның себебі болып табылмайды және жер сілкінісінің табиғи пайда болу жағдайында салыстырмалы түрде қауіпсіз болып табылады. Олар халықтың өмір салтына, жануарлар әлемі мен жергілікті микроклиматтық жағдайларға теріс әсер етпейді.

Шағын көлемде энергия өндірудің тағы бір артықшылығы-тиімділік. Табиғи энергия көздері - мұнай, көмір, газ таусылған, үнемі қымбаттайтын жағдайларда, өзендердің, әсіресе кішігірім энергияның арзан, қолжетімді, жаңартылатын энергиясын пайдалану арзан электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді. Жобалық құжаттаманы әзірлеудің, жабдықтар шығарудың, құрылыс-монтаждаудың жиынтық кестесімен шағын су электр станциясы 15-18 айда пайдалануға беріледі.

Шағын немесе микро СЭС шығаратын электр энергиясының құны энергетикалық жүйеде нақты сатылған электр энергиясының құнынан 1,5 есе төмен. Мұндай жобаны экологиялық тұрғыдан жүзеге асыру қоршаған ортаға зиян келтірмейді.

Шағын гидроэнергетикалық қондырғыларды құруға және пайдалануға байланысты проблемалар кіші гидроэнергетикалық объектілердегі апаттардың кең таралған түрін қамтиды - судың күтпеген жерден көтерілуінен дамба төбесінен асып кету нәтижесінде бөгет пен гидроэлектр қондырғыларының бұзылуы. өшіру құрылғыларының деңгейі мен істен шығуы жатады. Кейбір жағдайларда шағын СЭС су қоймаларының ластануына ықпал етеді және канал түзу процестеріне әсер етеді.

Электр энергиясын өндірудің белгілі бір маусымдық ерекшелігі бар (қыста және жазда айтарлықтай төмендеу), бұл кейбір аймақтарда шағын гидроэнергетиканың резервтік (қайталанатын) өндіру қуаты ретінде қарастырылуына әкеледі.

Шағын гидроэнергетика – бұл орталықтандырылмаған электрмен жабдықтау аймақтарына жататын аумақтар үшін энергетикалық мәселелерді шешудің ең үнемді шешімі. Шалғай және энергия тапшылығы бар өңірлерді энергиямен қамтамасыз ету айтарлықтай шығындарды қажет етеді. Ал мұнда қолданыстағы энергетикалық жүйенің қуатын пайдалану әрқашан тиімді емес. Шағын гидроэнергетиканың қуатын игеру әлдеқайда үнемді [15].

5.2 Гидроэлектрстанциялар құрылғысы

Гидроэлектрстанциялар - бұл су энергиясы шоғырланған және электр энергиясына айналатын құрылымдар мен қондырғылар кешені. Гидротурбиналар мен генераторлар-СЭС-тің негізгі энергетикалық жабдықтары. Су қоймасын құру кезінде гидроэлектрлік бөгеттер негізгі гидротехникалық құрылыстар болып табылады

Гидротурбина. Гидроэлектрстанцияның негізгі қызметін - электр энергиясын өндіруді жүзеге асыру үшін СЭС жұмысының тиімділігі мен сенімділігі тәуелді болатын әр түрлі күрделі жабдықтар қажет. Гидроэлектрстанцияның гидроэнергетикалық жабдықтарына негізгі компоненттер ретінде турбиналар мен гидрогенераторлар кіреді. Турбинада судың механикалық (потенциалды және кинетикалық) энергиясы біліктің айналуының механикалық энергиясына айналады. Гидрогенераторда турбиналық біліктен алынған механикалық энергия электр жүйесіне ауысатын электр энергиясына айналады. Қарастырылып отырған топтың жабдықтарына, сонымен қатар, турбинаға су беру және оның мөлшерін реттеуге байланысты құрылғылар кіреді.

Турбинадан және гидроэлектр генераторынан тұратын кешен гидроэлектр қондырғысы немесе жай ғана гидроэлектрстанция деп аталады. ГЭС ғимаратындағы қондырғылардың саны әр түрлі болуы мүмкін және оның энергия жүйесіндегі жоспарланған рөліне, гидроэлектрстанцияның орнатылған қуатына және қондырғылардың агрегаттық қуатына байланысты болады.

Турбинаның жұмысы кезінде энергия шығыны болады. Гидравликалық шығындар судың турбина арқылы өтуі кезінде тұтқыр үйкеліспен және құйбынды түзілумен байланысты. Турбиналық қалақтар мен қондырғының статор қабырғалары арасындағы

саңылаулар арқылы сұйықтықтың белгілі бір көлемінің асып кетуінен ірі шығын болады. Механикалық шығындар мойынтіректің үйкелісімен байланысты болады. Гидравликалық турбинаның тиімділігімен жалпы қуат шығыны ескеріледі. Қазіргі турбиналар үшін ПӘК 0,85 ... 0,9 құрайды.

Гидротурбинаның механикалық энергиясы гидрогенератор арқылы электр энергиясына айналады. Энергетикадағы жаңа сөз-толқындық электр станцияларында қолданылатын екі жақты әрекет ететін гидравликалық қондырғылар. Сорғышты сақтау және толқындық электр станциялары үшін капсулалық қайтымды гидравликалық қондырғылар танымал бола бастады.

Гидроэлектростанциялар жұмыс істейтін табиғи жағдайлардың әртүрлілігі оларға орнатылған гидравликалық қондырғылардың құрылымдық әртүрлілігін анықтайды.

Гидравликалық қондырғылардың білігінің орналасуы бойынша олар көлденең білікті және тік айналу осі бар машиналарға бөлінеді.

Кіші гидроэлектростанцияларды қосқандағы төмен қысымды көлденең білікті пропеллерлік гидравликалық турбиналар оңтайлы болып табылады. 10.2-суретте қуаты 7-ден 50 кВт-қа дейінгі, қысымы 3-тен 10 м-ге дейін, су ағынының жылдамдығы 0,3-тен 0,9 м³ / с-қа дейінгі микро-гидроэлектростанциясының гидроагрегатының схемасы көрсетілген. Бұл типтегі гидравликалық қондырғылар бөгеттің корпусына тереңдетусіз орналастырылады, бұл гидроэлектростанция құрылысының құнын төмендетеді. Көлденең турбиналар тігінен қарағанда кішірек.

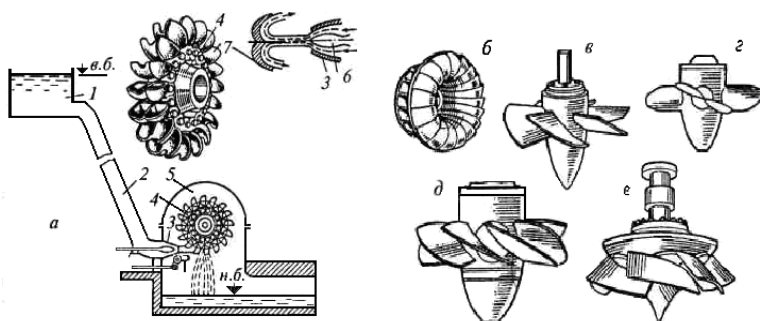
Бөгет қысымы ұлғайған сайын, вертикаль осі бар: осьтік айналмалы қалқанша (5.2-сурет), диагональды, радиалды-осьтік гидравликалық қондырғылар артықшылықтарға ие болады. Өте жоғары қысым кезінде (жүздеген метр) көлденең осі бар шелек турбиналары қолданылады.

Гидротурбиналарды екі класқа бөледі: **активті және реактивті**. Турбинаны тек ағынның кинетикалық энергиясы қолданылса, активті деп атайды, ал потенциалды энергияны реактивті әсермен де қолданса, реактивті болып есептеледі.

Ең көп таралған **активті гидротурбиналар** болып шөміштік турбиналар есептеледі (5.2, а – сурет).

Шөмішті белсенді турбинада жинақталатын саптамадағы гидростатикалық қысымның потенциалдық энергиясы – шүмек - су қозғалысының кинетикалық энергиясына толығымен айналады. Турбина дөңгелегі диск түрінде жасалған, оның айналасында шелек тәрізді қалақтар 7 орналасқан (5.2, а-сурет). Қалақша беттерінің айналасында иілген су қозғалыс бағытын өзгертеді. Бұл жағдайда

қалақшалардың бетіне әсер ететін центрифугалық күштер пайда болады, ал су қозғалысының энергиясы турбина дөңгелегінің айналу энергиясына айналады.



5.2 – сурет – Гидротурбиналардің жұмыс жасайтын дөңгелектерінің жалпы түрі:

а – шөміштік турбиналардың жұмыс принципі мен жалпы түрі;
1 – шоғары деңгейлі бассейн (бьеф); 2 – турбина құбыры; 3 – шүмек; 4 – жұмыс дөңгелегі; 5 – қаптама; 6 – реттегіш ине; 7 – қалақшалар (шөміштер);

б – радиалды-осьтік; в – пропеллерлі; г – айналмалы-қалақшалы;
д – екі қырлы; е – диагоналды

Егер турбинадан шығатын судың қозғалыс жылдамдығы нөлге тең болса, онда судың барлық кинетикалық энергиясы шығындарды есептемей турбинаның механикалық энергиясына айналады.

Шүмектің ішінде реттегіш ине 6 орналасқан (5.2, а – сурет) оның қозғалысы шүмектің шығатын бөлігін, демек, судың шығынын өзгертеді.

Реактивті гидравликалық турбинада жұмыс дөңгелегінің қалақшаларында турбинаның механикалық энергиясына айналдыратын судың кинетикалық, сонымен қатар потенциалды энергиясы да бар. Турбинаның жұмыс дөңгелегіне түсетін судың артық қысымы бар, ол су жұмыс дөңгелегінің ағыны арқылы өтетін кезде төмендейді. Бұл жағдайда су турбина қалақтарына реактивті қысым көрсетеді және судың потенциалдық энергиясының компоненті турбина дөңгелегінің механикалық энергиясына айналады.

Қалақтардың қисаюына байланысты су ағынының бағыты өзгереді, онда белсенді турбинадағыдай центрден тепкіш күштердің әрекеті нәтижесінде судың кинетикалық энергиясы турбинаның механикалық энергиясына айналады. Реактивті турбинаның жұмыс дөңгелегі активіден айырмашылығы толығымен суда, яғни су ағыны бір мезгілде дөңгелектің барлық қалақтарына түседі. Реактивті турбиналық дөңгелектердің әр түрлі конструкциялары 5.2, б - е суретте көрсетілген.

Радиалды-осьтік турбиналарда жұмыс дөңгелегінің қалақтары лопасти рабочего колеса күрделі қисықтыққа ие, сондықтан бағыттаушы қалқадан келетін су бірте -бірте радиалдыдан осьтік бағытқа өзгереді. Мұндай турбиналар 30-дан 600 м-ге дейінгі кең диапазонда қолданылады, қазіргі уақытта 700 МВт бірегей радиалды-осьтік турбиналар құрылды.

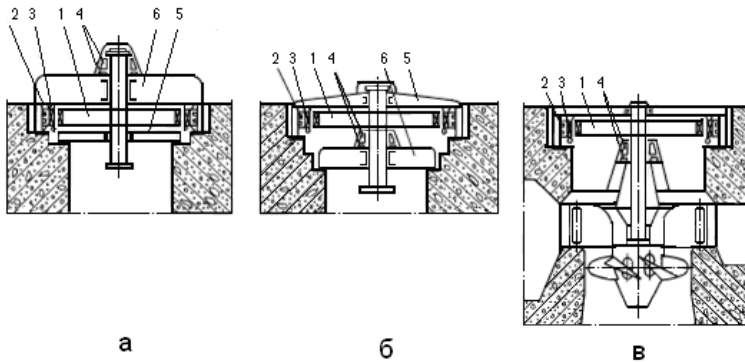
Пропеллерлі турбиналар қарапайым дизайн мен жоғары ПЭК-ке ие, бірақ олардың ПЭК-і жүктеменің өзгеруімен күрт төмендейді. *Айналмалы-қалақты гидротурбиналарда* жұмыс дөңгелегінің пропеллерлі қалақтарына қарағанда в отличие от пропеллерных лопасти рабочего колеса ПЭК-тің жоғары мәнін сақтап тұруы үшін жұмыс режимін өзгерткен кезде бұрылады.

Екі қырлы турбиналар су шығынын арттыруға мүмкіндік беретін жұпталған жұмыс қалақтары бар. Оларды кеңінен қолдану құрылымдарының күрделілігімен шектеледі. Күрделі құрылым Сложная конструкция жұмыс қалақтар осьтерінің айналасында айналатын диагональды турбиналарға да тән.

Соңғы кездері көлденең агрегаттар (капсула) қолданыла бастады, онда генератор сумен реттелген тығыздалған капсулаға салынған. Мұндай қондырғылардың ПЭК-і гидравликалық ағын жағдайының жақсы болуына байланысты жоғары (95 - 96%).

5.3 Гидрогенераторлар

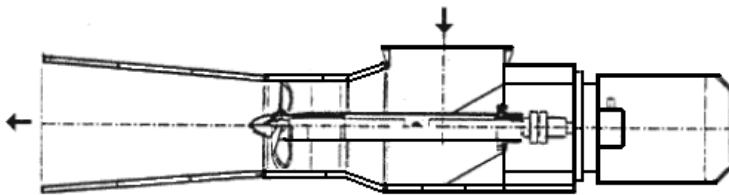
Гидрогенераторлар сонымен қатар тік және көлденең болып бөлінеді. Тік синхронды гидроэлектр генераторлар: ілулі типті (5.3 - сурет, а), төменгі крестте бекітілген қолшатыр түрі (5.3 -сурет, б) немесе турбина қақпағында тірелген қолшатыр түрі (5.3 -сурет, в) болып жасалады.



- 1 – ротор;
- 2 – статор;
- 3 – статор қаптамасы;
- 4 – өкшетірек;
- 5 – жоғары айқыш,
- 6 – төменгі айқыш

5.3 – сурет - Тік синхронды генераторлар сызбасы

5.4 – суретте көлденең гидроагрегат сызбасы келтірілген.



5.4 – сурет – Көлденең гидрогенератор сызбасы

Жеке гидроэлектр қондырғыларының қуаттары, ең алдымен, гидроэнергетикалық көздердің параметрлерімен анықталады, алайда қазіргі уақытта қолданылатын гидрогенераторлардың қуатын арттыру тенденциясы байқалады. Толық немесе көзге көрінетін қуатта

(мегавольт -ампермен өлшенеді - МВА) Итаипу ГЭС -те (Бразилия) орнатылған гидрогенераторлар - 823,6 МВА және Саяно -Шушенская ГЭС -і (Ресей) - 820 МВА [15].

Қорытынды сұрақтар

1. Шағын гидроэнергетиканың қандай түрлері бар?
2. Гидроэнергияның басқа жаңартылатын энергия көздерінен басты артықшылығы?
3. Шағын гидроэлектростанциялар мен дәстүрлі су электр станцияларының конструктивті айырмашылығы неде?
4. Гидротурбиналардың қандай кластары бар?
5. Активті және реактивті гидротурбиналардың айырмашылықтары неде?

6 Энергия жинақтауыштары

6.1 Энергия жинақтауыштарын пайдаланудың қажеттілігі

Соңғы онжылдықтарда қайта жаңартылатын жел және фотоэлектрлік элементтер секілді энергия көздері (ЖЭК) қарқынды дамуда. Қазба байлықтарға тәуелділікті төмендетуге деген ұмтылыс қоршаған ортаны қорғау қажеттілігін түсінумен қатар бүкіл әлемдегі үкіметтерді жаңартылатын энергия көздеріне қомақты қаржы салуға мәжбүр етеді.

Өкінішке орай, жел мен фотоэлектрлік жасушалар сияқты жаңартылатын энергия көздерінің кейбір түрлері тұтынуға қарамастан энергия өндіреді. Бұл сипат олардың желіге енуін шектейді. Әдетте гидроэлектростанцияларды орнату мүмкін емес аймақтарда, балама ретінде, энергия резервін жылу электр станциялары қамтамасыз етеді.

$$P_{\min, \text{Tot}} = P_{\min, 1} + P_{\min, 2} + \dots + P_{\min, n} \quad (6.1)$$

Сәйкесінше, ЖЭК-ті енгізу теңдеудегі мәнмен шектеледі (6.2):

$$\text{Load}(t) - P_{\text{RES}}(t) \geq P_{\min, \text{Tot}} \quad (6.1)$$

Мұндағы: $\text{Load}(t)$ – t уақытының мезетінде қолданылатын қуат;
 $P_{\text{RES}}(t)$ – уақытының мезетіндегі ЖЭК-те тудырылған қуат;
 $P_{\min, \text{Tot}}$ – жылу электр станцияларының өндірілетін ең төменгі қуаты.

Жаңартылатын энергия көздерінің үлесі оқшауланған энергия жүйелерінің генераторлық қуаттарының құрылымында, әдетте, 13,3% - дан 30% -ға дейін [17] болады. Егер іске асыру деңгейі төмен болса, онда қуат тепе-теңдігінің талаптарын орындамау қаупі артады. Жоғарыда айтылғандардан біз барлық өндірушілер мен тұтынушылар үшін желіге қол жеткізуге мүмкіндік беретін энергия нарығын ырықтандыру өндіруші қуаттардың көлемін жоспарлауда одан да үлкен белгісіздікке әкелді деп қорытынды жасауға болады.

Вертикальды интеграцияланған электрмен жабдықтау жүйесі энергия өндірісін де, торапты да басқаратын құрылыммен мәселе соншалықты өткір емес еді. Бүгінде таратылған энергия өндірушілердің көптігінің дамуымен бұл белгісіздік күшейе түсуде.

ЖЭК-тің энергетикалық жүйеге кіруін жеңілдету үшін жаңа немесе жетілдірілген техникалық шешімдерді қолдану қажет екені түсінікті. Желінің жетілдірілуі *электр энергиясын сақтаудың* басқа қосымша бағдарламалары мен жүйелерін қолдануды талап етеді, өйткені сенімділік дәрежесі жоғары жаңартылатын энергия көздерін енгізудің жоғары деңгейін қолдау нұсқаларын талап етеді.

ЭЭС қосылған энергия жүйелерінің негізгі артықшылықтары - олардың сенімділігі мен жұмысының тиімділігі. Электр энергиясын жинақтау жүйелері төмен жүктеме кезінде зарядталуы мүмкін және электр қуаты үзілгенде қажетті қуатпен қамтамасыз етілуі мүмкін. Олар сондай -ақ электрмен жабдықтаудың сенімділігін жақсарта алады және энергия жүйесіне инвестициялауды кейінге қалдыра алады, бұл әсіресе тұтынушыларға жақын орналасқан таратылған электр жүйелері үшін маңызды. Әр түрлі кернеу кластарының тарату желілері ең жоғары жүктеме кезінде жүктеледі. Осы себептерге байланысты желілерді оңтайлы пайдалануға және инвестицияның қайтарылуын қамтамасыз етуге болады.

ЭЭС-тің төмендегідей *артықшылықтары* бар:

- қуаттылық тепе-теңдігін сақтау;
- жаңа электр беру желілері үшін инвестициялық кезеңнің ауысуы;
- электр энергиясын беру кезіндегі шығындарды азайту.

Электр энергиясын сақтау жүйелері жаңартылатын энергия өндірісіндегі теңгерімсіздіктің орнын толтыра алады, бұл энергия жүйесін тұрақты етеді. Сонымен қатар, ЭЭС-ті қолдану жаңа электр беру желісінің құрылысын кейінге қалдыруға немесе болдырмауға мүмкіндік береді. Егер электр беру желілерінің конструкциясы мен құрылысы тым қымбат болса немесе мүлде мүмкін емес болса, онда ЭЭС-ті қолдану - бұл жалғыз қолайлы техникалық шешім. Айта кету керек, желінің жоғалуын электр энергиясын сақтау қондырғыларының

кешенін зарядтау арқылы аз тұтыну кезеңінде және сәйкесінше энергия жүйесінің жүктемесі кезінде зарядтау арқылы төмендетуге болады.

Энергия жүйесіне жаңартылатын энергия көздерін енгізуді жеңілдетуден басқа, ЭЭС басқа да бірқатар жағдайларда қолданылуы мүмкін. Мысалы, жүктемені реттеу, максималды жүктемені шектеу, энергияның көп мөлшерін сату, резерв құру, қысқа мерзімді төмендеуді түзету және кернеудің ауытқуын өтеу. Қазіргі уақытта, жоғарыда аталған бірқатар қолдану салаларында ЭЭС дәстүрлі құрылғылармен салыстырғанда әлі бәсекеге қабілетті емес. Осыған қарамастан, ЭЭС жоғары қуатты жүйелерде қолдануға қызығушылықты арттыруда.

6.2 Энергия жинақтауыш жүйелері

Энергия жинау — болашақта оны пайдалану үшін энергияны жинақтау. Энергияны сақтау құрылғысы әдетте қайта зарядталатын аккумулятор немесе батарея деп аталады. Энергия жинақтау құрылғысының (энергия сақтау құрылғысының) типтік мысалы - ұялы телефонды басқару үшін электр энергиясына оңай айналатын химиялық энергияны сақтайтын қайта зарядталатын батарея. Онша айқын емес мысал — гидроэлектростанция: су қоймасындағы гравитациялық энергияның потенциалды көзі ретінде әрекет етеді. Көмір, мұнай және газ сияқты қазба отындар да тірі организмдердің күн сәулесінен алатын энергиясын сақтайды, нәтижесінде олар отынға айналды.

Энергия жинақтауыштар энергияны шоғырландырудың түрлерінен тұрады:

1) Қазба отындарды сақтау

2) Механикалық:

- сығылған ауа энергиясын сақтау технологиясы (CAES)

(Пневматикалық аккумулятор)

- жанбайтын паровоз

- супермаховик

- гравитацияның потенциалдық энергиясы

- гидроаккумулятор

- гидро шоғырланатын электр станциясы

3) Электрлі, электромагнитті:

- конденсатор

- суперконденсатор

- электр өткізгіштігінің мықты өткізгіштігі

(Мықты өткізгіш магниттер мен мықты өткізгіш катушкалар (H01F6))

4) Биологиялық:

- гликоген
- крахмал

5) Электрохимиялық (Батарея энергиясын сақтау жүйесі, BESS):

- ағынды батарея
- аккумуляторлы батарея
- UltraBattery

6) Жылулық:

- жылулық аккумулятор
- криогендік сақтау жүйелері
- сұйық ауа энергиясын шоғырландыру (LAES)
- Дэрман криогенді қозғалтқышы
- эвтектикалық жүйе
- мұз сақтау кондиционері
- энергия жинақтау ретіндегі тұз
- заттың фазалық ауысуы
- жылу энергиясын маусымдық сақтау]
- күн су қоймасы
- бу аккумуляторы
- жылу энергиясын сақтау (Ортақ)

7) Химиялық:

- биоотын
- гидратталған тұздар
- сутегіні сақтау
- сутегі пероксиді
- Power-to-Gas (P2G) технологиясы
- ванадий оксиді (V)

6.2.1 Механикалық жинақтауыштар

Энергияны үлкен биіктікке айдалатын суда айдау арқылы немесе қатты заттарды жоғары орындарға (гравитациялық батареялар) жылжыту арқылы сақтауға болады. Басқа механикалық әдістерге электр энергиясын кинетикалық энергияға айналдыратын ауа мен маховиктерді қысу жатады, ал электр энергиясына сұраныс шыңына жеткенде оны қайтарады.

Гидроэлектр

Су қоймасы бар гидроэлектр станциялары сұраныстың жоғары кезеңінде электр энергиясын беру үшін жұмыс істей алады. Су резервуарда сұраныс аз болған кезде сақталады, ал сұраныс жоғары болғанда шығарылады. Әсері айдауы бар жинақтамаға ұқсас, бірақ

ілеспелі шығындар жоқ. Гидроэлектростанция энергияны басқа көздерден тікелей жинамаса да, ол эквивалентті түрде әрекет етіп, артық кезеңдерде басқа көздерден электр энергиясын өндіруді азайтады. Бұл режимде бөгеттер энергияны үнемдеудің ең тиімді түрлерінің бірі болып табылады, өйткені оның генерациялану уақыты ғана өзгереді. Гидроэлектрлік турбиналардың іске қосу уақыты бірнеше минутты құрайды [17].

Гидро жинақтағыш электро станциясы

Бүкіл әлемде гидро жинақтағыш электро станциясы (ГЖЭС) кең көлемде энергия сақтаудың ең үлкен түрі болып табылады. ГЖЭС энергетикалық тиімділігі өзгеріп тұрады, іс жүзінде, 70 %-дан 80 %-ға дейін ауытқу болады [18].

Электр энергиясына сұраныс аз болған кезде, артық генераторлық қуат төменгі су қоймасынан жоғары су айдау үшін қолданылады. Сұраныс жоғарылаған кезде, су электр энергиясын өндіретін турбина арқылы төменгі резервуарға (немесе су жолына / су айдынына) қайтады. Қайтымды турбогенераторлық қондырғылар сорғы мен турбинаның ролін атқарады (әдетте Фрэнсис турбиасы). Мұндай құрылымдардың барлығы дерлік екі су айдыны арасындағы биіктік айырмашылығын қолданады. Сорғы станциялары «таза» суды резервуарлар арасында жылжытады, ал «айдау» әдісі - табиғи су ағыны қолданылатын сорғы қоймасы мен кәдімгі гидроэлектростанциялардың жиынтығы болып табылады.

Сығылған ауа энергиясын сақтау технологиясы

Пневматикалық аккумулятор электр энергиясын алу үшін ауаны қысу үшін артық энергияны пайдаланады. Сығылған ауа жер асты резервуарында сақталады [19].

Пневматикалық аккумулятор өндірістің тұрақсыздығы мен жүктеме арасындағы алшақтықты жоя алады. Пневматикалық аккумулятор сұранысты қанағаттандыру үшін қолда бар энергиямен тиімді қамтамасыз ету арқылы тұтынушылардың энергия қажеттіліктерін қанағаттандырады. Жел мен күн энергиясы сияқты жаңартылатын энергия көздерінің ауыспалы ресурстары бар. Нәтижесінде жаңартылатын ресурстарға қол жетімділіктің төмендеуі кезеңінде энергия қажеттілігін қанағаттандыру үшін энергияның басқа түрлерін қосу қажет. Сығылған ауа энергиясын сақтайтын қондырғылар энергияны артық өндіру кезінде жаңартылатын энергия көздерінен артық энергияны сақтауға қабілетті. Бұл жинақталған энергияны электр энергиясына сұраныс артқанда немесе энергия ресурстарының қолжетімділігі төмендегенде пайдалануға болады.

Ауаның қысылуы жылуды тудырады: қысылған кезде ауа жылынады. Кеңейту, керісінше, жылу энергиясын қажет етеді. Егер

қосымша энергия қосылмаған болса, кеңеюден кейін ауа әлдеқайда суық болады. Егер қысу кезінде пайда болған жылуды жинау кезінде сақтауға және қолдануға болатын болса, онда тиімділік айтарлықтай жақсарады [20].

Сермермен энергия жинақтау технологиясы

Сермер энергиясын жинақтауыш (FES) роторды (сермер) өте жоғары жылдамдыққа айналдыру энергиясын жинақтай отырып жұмыс істейді. Энергия алынған кезде сермердің айналу жылдамдығы төмендейді; энергияның қосылуы тиісінше сермер жылдамдығын арттырады.

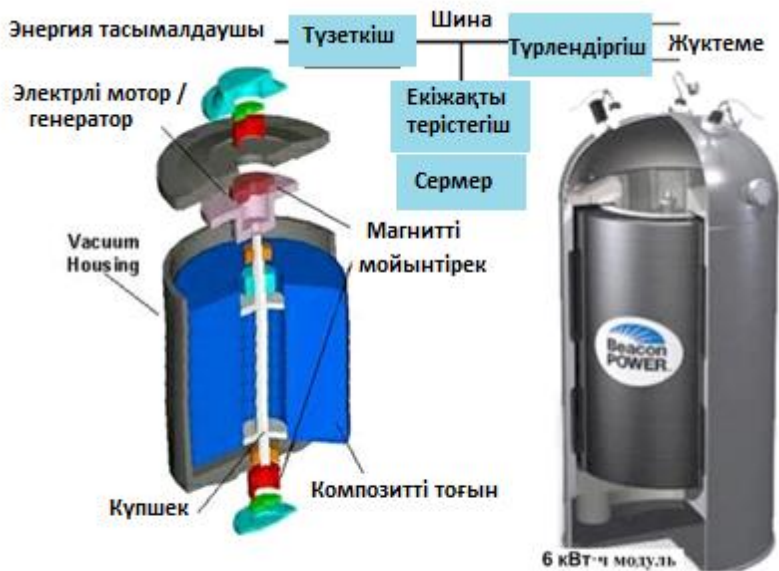
FES-тің көптеген жүйесі сермерді жылдамдату және бәсеңдету үшін электр энергиясын пайдаланады, бірақ механикалық энергияны тікелей қолданатын құрылғылар қарастырылады [21].

FES жүйелері магнитті мойынтіректерге ілінген және вакуумдық қаптамада 20000-нан 50.000 айн / мин жылдамдыққа дейін айналатын жоғары беріктігі көміртекті талшықтан жасалған роторлар бар. Бұл сермерлер максималды жылдамдыққа («зарядтау») бірнеше минут ішінде жете алады.

Сермер жүйесі комбинацияланған электр қозғалтқышы /генератормен жалғанған.

FES жүйелері салыстырмалы түрде ұзақ қызмет мерзімі бар (олар ондаған жылдарға созылады, іс жүзінде техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейді [22]; маховиктер үшін көрсетілген толық циклдің қызмет ету мерзімі 10 5-тен 10 7 циклге дейін өзгереді), жоғары энергия (100-130 Вт) / кг немесе 360-500 қДж / кг) және меншікті қуат болады [23].

a – бұл энергияны кинетикалық түрде сақтауға қабілетті құрылғы (6.1 -сурет). Ол электр машинасына қосылған, ол зарядталады (қозғалтқыш режимі) және оның көмегімен (генератор режимі) зарядталады. Электр энергиясын өндіру үшін вакуумдық камерадағы ротор (үйкелісті азайту үшін) өте жоғары жылдамдықпен айналуы керек (20000 -нан 50 000 айн / мин). Кейде үйкелісті азайту үшін механикалық мойынтіректердің орнына магнитті мойынтіректер қолданылады. Ротор болаттан немесе көміртекті талшық қоспасынан жасалуы мүмкін, бұл ротордың жоғары жылдамдықпен айналуына мүмкіндік береді.



6.1 – сурет – Супермаховик сызбасы. Дереккөз: Beacon Power

Қатты массалардың гравитациялық потенциалдық энергиясының жинақталуы

Қатты массалардың биіктігінің өзгеруі электр қозғалтқышы / генераторы басқаратын көтеру жүйесі арқылы энергияны сақтай алады немесе босатады.

Әдістерге бетон жүктемелерін жоғары және төмен жылжыту үшін рельстер [24] мен крандарды қолдану, қатты массаларды көтеру және төмендету үшін лебедкаларды қолдайтын биік күн сәулесінен жұмыс істейтін қалқымалы платформаларды қолдану жатады.

6.2.2 Электрлі, электромагнитті жинақтауыштар

Конденсатор

Конденсатор — бұл электростатикалық энергияны сақтау үшін қолданылатын пассивті екі полюсті электрлік компонент. Іс жүзінде конденсаторлар әр түрлі болады, бірақ олардың барлығында диэлектрикпен (оқшаулағышпен) бөлінген кемінде екі электр

өткізгіштер (пластиналар) бар. Конденсатор электр энергиясын зарядтау тізбегінен ажыратылған кезде сақтай алады, сондықтан оны уақытша батарея ретінде немесе қайта зарядталатын энергия жинау жүйесінің басқа түрлері ретінде пайдалануға болады. Конденсаторлар электронды құрылғыларда батареяларды ауыстырған кезде қуатты ұстап тұру үшін жиі қолданылады (бұл есте сақталатын ақпараттың жоғалуының алдын алады). Орташа алғанда, конденсаторлардың тығыздығы бір килограмға 360 джоульден төмен, ал кәдімгі сілтілі батареяда бұл параметр шамамен 590 кДж / кг құрайды.

Конденсаторлар энергияны пластиналар арасындағы электростатикалық өрісте сақтайды. Өткізгіштердегі потенциалдар айырмашылығына байланысты (мысалы, аккумуляторға конденсатор қосылған кезде), электр өрісі диэлектрик арқылы өтеді, нәтижесінде оң пластинада заряд (+ Q) және теріс заряд (-Q) басқа пластинада жиналады. Егер батарея конденсаторға жеткілікті уақытқа жалғанса, онда конденсатор арқылы ток өтпейді. Алайда, егер конденсатор сымдарына кернеу берілсе, онда ток күші пайда болуы мүмкін.

Іс жүзінде пластиналар арасындағы диэлектрик токты ағып кетудің аз мөлшерін өткізеді және электр өрісінің кернеулігінде бұзылу кернеуі деп аталатын шегі болады. Алайда, жоғары кернеудің бұзылуынан кейін диэлектрлік қалпына келтіру әсері өздігінен қалыпқа келетін жаңа буын конденсаторларының құрылуына әкелуі мүмкін [26][27].

Энергия сыйымдылығы (СЭС) энергияның ең қуатты көздерінің бірі болып табылады. Олар сенімді жұмыс істейді, жинақталған энергияны жүктемеге берудің жоғары тиімділігіне ие және импульстік параметрлерді кең ауқымда өзгерту мүмкіндігін береді. СЭС-ті зарядтау үшін төмен қуатты зарядтағыштарды қолдануға болады. Энергия сыйымдылығы төмен болғандықтан, жинақталған энергиясы 10 МДж -ден асатын сыйымдылықты сақтау құрылғыларын құру қиын. Нақты энергия шығынын ұлғайту конденсаторлар өндірісінде неғұрлым жетілдірілген компоненттерді қолдану, оларды құрастыру технологиясын жетілдіру, ресурсты қысқарту (іске қосу саны) және т.б. барысында мүмкін болады.

Суперконденсатор

Электрлік екі қабатты конденсаторлар (EDLC) немесе ультраконденсаторлар деп аталатын суперконденсаторлар - кәдімгі қатты диэлектриктері жоқ электрохимиялық конденсаторлар тобына арналған жалпы терминдер. Сыйымдылық шоғырландырудың екі сипатымен анықталады: екіқабатты **сыйымдылық** және **жалған сыйымдылық** [27].

Суперконденсаторлар конденсаторлар мен аккумуляторлар арасындағы алшақтықты жояды. Олар кез келген конденсатордың көлеміне немесе массасына (энергия тығыздығына) энергияның ең көп мөлшерін сақтайды. Олар электролитикалық конденсаторларға қарағанда 10 000 есеге дейін көп, яғни 10,000 фарад / 1,2 В [19] дейін қолдайды, бірақ бірлік уақытына қуаттың жартысынан азын береді (қуат тығыздығы) [28].

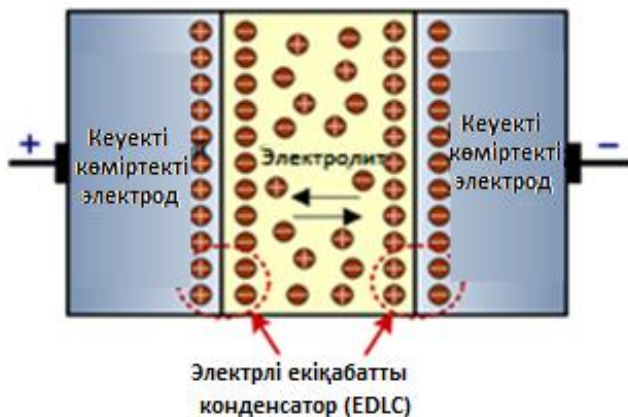
Суперконденсаторлардың белгілі бір энергиясы мен меншікті энергия тығыздығы батареялармен салыстырғанда шамамен 10% болса, олардың қуат тығыздығы әдетте 10-100 есе жоғары болады. Бұл зарядтау / разрядтау циклінің әлдеқайда қысқа болуына әкеледі. Сонымен қатар, олар аккумуляторларға қарағанда зарядтау мен разрядтау цикліне төтеп береді..

Суперконденсаторлар:

- статикалық кездейсоқ жадта (SRAM) жадының резервтік көшірмесі үшін төмен қоректену тогы;
- автокөліктерге, автобустарға, пойыздарға, крандар мен лифттерге электрмен жабдықтау, оның ішінде тежеу кезінде энергияны қалпына келтіру, энергияны қысқа мерзімді сақтау және импульстік режимде қуат беру секілді қосымшаларын қолдайды.

Суперконденсаторлар - екі қабатты электрлік конденсаторлар. Олардың кәдімгі импульстік конденсаторлардан айырмашылығы - жұмыс істейтін электр өрісін құрайтын қарама -қарсы зарядтарды кеңістікте бөлу үшін өткізгіш пластиналар арасындағы макроскопиялық диэлектрлік қабат емес, екі ортаның арасындағы интерфейстегі микроскопиялық поляризацияланған қабат қолданылады. Олар байланысқан сулы сілтілі электролитте активтендірілген көмірге негізделген герметикалық қаптамадағы биполярлық дизайнды құрайды.

Суперконденсаторлар электролитке батырылған екі электродтан тұрады (6.2 -сурет). Олар тұрақты ток өткен кезде энергияны электр өрісі түрінде сақтауға қабілетті. Электродтар бір немесе екеуі де белсендірілген көмірден тұрады, ал электролит ерітіндісі не сұйық, не органикалық болуы мүмкін.



6. 2 – сурет – Ультра/Суперконденсатор құрылымы

Ерітіндінің энергия тығыздығы органикалыққа қарағанда төмен, бірақ оның бағасы төмен және температураның кең диапазонында жұмыс істеуге қабілетті. Бұл құрылым іс жүзінде тізбектей қосылған екі конденсатор жасайды, сондықтан оны жиі электрохимиялық қос қабатты конденсатор (EDLC) деп атайды. Электр энергиясы басқа стандартты конденсаторлар сияқты сақталады. Негізгі айырмашылық EDLC -де сұйық электролит пен кеуекті электродтар арасында кәдімгі электрод құрылымымен салыстырғанда жоғары тиімділік аймағы (жүздеген $\text{м}^2 / \text{г}$) бар. Сонымен қатар, ол екі электрод арасындағы ең аз қашықтықты қамтамасыз етеді. Бұл екі фактор көлем бірлігіне өте жоғары өнімділікке әкеледі.

Суперконденсаторлар он мыңдаған зарядтау циклына қол жеткізе алады және батареяларға қарағанда қуатты болып келеді.

Бұл жүйе 500 В дейінгі зарядтау кернеуінде және зарядтау-разрядтау циклдерінің дерлік шектеусіз жылдам зарядталатын импульсті ток көзі ретінде тиімді пайдалану үшін жеткілікті жоғары энергия-қуат сипаттамаларына ие. Зерттеулер көрсеткендей, ток өткізгіштігі ең аз $102\text{-}103 \text{ Дж} / \text{см}^3$ диапазонындағы энергияның максималды тығыздығына жартылай өткізгіш немесе металл жұптасқан иондары бар диэлектрлік (электронды оқшаулағыш) молекулалық сұйықтықпен жанасқанда қол жеткізуге болады. Қазіргі уақытта белгілі энергия $40\text{-}50 \text{ Дж} / \text{см}^3$ болатын жүйелер зерттелді, бұл белгілі конденсаторлардың меншікті энергиясынан шамамен 100 есе жоғары.

Суперконденсаторлардың орташа қуаты разрядтың ұзақтығына байланысты 0,1-10 кВт / кг құрайды, бұл дәстүрлі энергияны сақтайтын қондырғылардың (батареяларды қоса алғанда) меншікті қуатынан едәуір асып түседі.

Алайда, бұл сақтау құрылғыларын қолдану мүмкіндігі олар үшін разрядтың минималды ұзақтығы миллисекундпен сипатталатындығымен және өндірілетін токтар килоампер бірлігінде болуымен айтарлықтай шектеледі.

Өткізгіштігі өте жоғары индуктивті жинақтауыштар

Өткізгіштігі жоғары магнитті энергияны сақтау жүйесі – өткізгіштігі өте жоғары индуктивті жинақтауыштар (ӨЖИЖ) ол өзінің өткізгіштігі өте төмен температураға дейін салқындатылған өткізгіштігі жоғары катушкадағы тұрақты ток ағыны арқылы энергияны магниттік өрісте сақтайды. ӨЖИЖ-дің әдеттегі жүйесі өткізгіштігі жоғары катушадан, кондициялау жүйесінен және салқындатқыштан тұрады. Өткізгіштігі жоғары катушка зарядталған кезде ток ыдырамайды, ал магниттік энергия шексіз сақталуы мүмкін.

Сақталған энергияны катушадан шығару арқылы торға беруге болады. Сәйкес инвертор / түзеткіш әр бағытта шамамен 2-3% энергия шығынын қамтамасыз етеді. ӨЖИЖ энергияны сақтаудың басқа әдістерімен салыстырғанда энергияны сақтау кезінде электр энергиясының ең аз мөлшерін жоғалтады.

Энергияны өткізгіштігі жоғары магниттік (индуктивті) жинақтағышта электр энергиясы өткізгіштігі жоғары катушкадағы тұрақты токтың ағынымен пайда болатын магнитті өрісте жинақталады. Катушка оқшауланған жылу ыдысының ішінде криогенді температурада салқындатылады (6.3 -сурет). ӨЖИЖ-дің негізгі қағидасы өткізгіштігі жоғары катушка зарядталған кезде, электр тогы әлсіремейді және магниттік энергия шексіз жиналуы мүмкін. Жүйенің ПӘК-і шамамен 95%-ды құрайды. ӨЖИЖ-дің негізгі артықшылығына жүйенің тез зарядталуын және разрядталуын жатқызуға болады. Қуаттылыққа бірден қол жеткізуге болады. ӨЖИЖ-дің техникалық сипаттамасы жоғарыдағыдай болғандықтан, жүйелер энергия сапасын қамсыздандыру аймағында қолданысқа ие болады. Осы жүйенің басқа артықшылығы - Другой особенностью этой системы является электр тогының жүктеме арқылы өтпеуіне байланысты шығындардың деңгейі төмен болуында.



6.3 – сурет – Энергияның өткізгіштігі жоғары магнитті жинақтаушының жүйесі

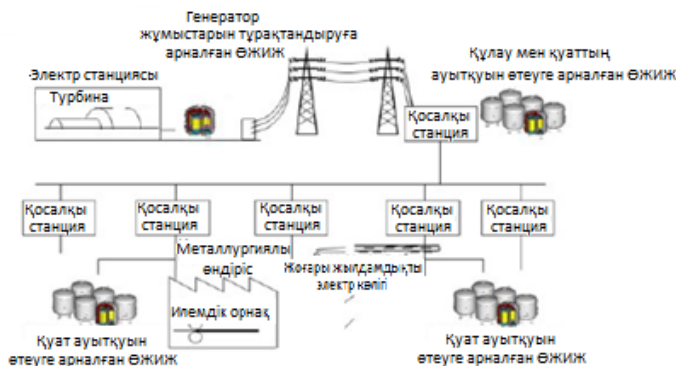
Салқындатудың энергия талаптарына және өте өткізгіш сымның құнына байланысты, ӨЖИЖ қысқа мерзімді сақтау үшін, мысалы, қуат сапасын жақсарту үшін қолданылады. Бұл сақтау жүйесі торды теңестіруде де қолданылады..

Энергияның өткізгіштігі жоғары индуктивті жинақтауыштары энергияның магниттік энергия түрінде ұзақ сақталу мүмкіндігіне байланысты пайдаланудың кең перспективалары бар, бұл дайындықтың жоғары деңгейі бар жүйелерді құруға мүмкіндік береді (бұйрық шыққаннан жеткізуге дейінгі уақыт) жүктемедегі энергия ~ 1 мс). ӨЖИЖ-дің іс жүзінде маңызды ерекшелігі - оны электр қуаты аз көзден алу мүмкіндігі (6.4 -сурет). ӨЖИЖ -ді импульсті энергия көзі ретінде қолдану сорғыш кезінде магнит өрісінің өзгеру жылдамдығына және жүктемедегі энергия шығысына суперөткізгіштердің шектіктігінен аспайды.

Әдеттегі ӨЖИЖ ерекшелігі - жұмыс тогының салыстырмалы түрде мәні төмен болуында (~ 10 кА). ЭЖИ индуктивтілігін электромеханикалық және электромеханикалық басқару әдістері жүктемедегі жалпы ток мәндерін арттыруға мүмкіндік береді, бірақ басқа шектеу (өрістің өзгеру жылдамдығы 20 Т / с аспайды) түсіру уақытын ондаған миллисекундтарға дейін арттырады.

ӨЖИЖ құрудың жаңа техникалық мүмкіндіктері жоғары температуралы суперөткізгіштердің дамуымен байланысты болуы мүмкін. Жоғары температуралы өткізгіштігі жоғары материалдар

Высокотемпературные сверхпроводящие материалы шекті өрістердің салыстырмалы түрде жоғары мәндерімен (~ 100 Т) және жоғары өткізгіштік күйлердің жоғары температурасымен сипатталады.



6.4 – сурет – Өткізгіштігі жоғары индуктивті жинақтауыштарды (ӨЖИЖ) қолдану.

6.2.3 Электрохимиялық жинақтауыштар

Аккумуляторлы батарея

Аккумуляторлы батареяда бір немесе бірнеше электрохимиялық ұяшықтар бар. Батареялар пішіндер мен өлшемдердің барлығында, түймелерден мегаватт қуат жүйелеріне дейін келеді.

Қайта зарядталатын аккумуляторлар қайта зарядталмайтын (бір реттік) аккумуляторларға қарағанда жалпы пайдалану құнының төмендігіне және қоршаған ортаға әсеріне төмен әсер етеді. Қайта зарядталатын батареялардың кейбір түрлері бір реттік батареялармен бірдей форматта шығарылады. Қайта зарядталатын батареялардың бастапқы құны жоғары, бірақ оларды өте арзан зарядтауға және бірнеше рет қолдануға болады.

Аккумуляторлы батареяның жалпы химиялық құрамы:

Қорғасын-қышқылды аккумуляторлар

Қорғасын – қышқылды аккумулятор технологиясы кеңінен дамыды. Оны қолдану аз еңбекті талап етеді, ал құны жағынан төмен. Батареяның қолжетімді энергетикалық сыйымдылығы тез разрядталуға

бейім, нәтижесінде қызмет көрсету мерзімі азаяды және энергия тығыздығы төмен болады [27].

Бұл электрохимиялық жүйе төмен бағамен, дәлелденген өндіріс технологиясымен және жұмыс тәжірибесінің мол болуына байланысты аккумуляторлар арасында ең көп таралған жүйелердің бірі болып табылады. Қорғасын-қышқылды аккумуляторлы батареяларда (ҚҚА) электролит - күкірт қышқылының ерітіндісі, оң пластиналардың белсенді заты - қорғасын диоксиді PbO_2 , ал теріс пластиналар - жіңішке қорғасын Pb. Батареяны зарядтау және разрядтау процесінде электродтарда электрохимиялық тотығу-тотықсыздану реакциялары жүреді, ал электролит электродтар арасындағы иондарды тасымалдау ортасы болып есептеледі. Айта кету керек, кез келген электрохимиялық батареяда ұқсас функцияларды орындайтын осы элементтер бар, тек қолданылатын заттар ғана өзгереді.

Жоғарыда айтылғандай, ҚҚА өте танымал және кең таралған, алайда олардың артықшылықтарымен қатар елеулі кемшіліктері бар - энергияны аз тұтыну ($10-30 \text{ Wh / kg}$ деңгейінде), олар улы қорғасынды пайдаланады. Сондай-ақ, ҚҚА зарядтау / разрядтау циклдерінің аздығымен және олардың сорттарының көпшілігінде рұқсат етілген разряд тереңдігімен сипатталады. ҚҚА портативті қосымшаларды қоспағанда түрлі қосымшаларда қолданылады, оның себебі қорда жиналатын энергия бойынша талаптардан ескере отырсақ, жоғары салмақта екен.

Стартер, тартқыш және буферлік ҚҚА-ны бөлек қарастыруға болады. Біріншісі автомобиль қозғалтқыштарын іске қосу үшін қолданылады, сондықтан олар салыстырмалы түрде жоғары токтарды шығаруға арналған және жұқа электродты пластиналармен жабдықталған.

Олардың меншікті энергия сыйымдылығы стационарлық аккумуляторға қарағанда жоғары.

Стационарлық аккумуляторлар, керісінше, салыстырмалы төмен токтармен ұзақ разрядтауға арналған, олардың разрядтау тереңдігі сәл жоғары, ал салмағы мен өлшемдерінің сипаттамалары нашар болып келеді. Тартымдық аккумуляторлар осы екі түрдің аралық позициясын алады және шеберханалық машиналарда қолдануға арналған (электромобильдер, жүк көтергіштер), соңғы уақытқа дейін олар электромобильдерде де кеңінен қолданылды.

Қазіргі уақытта батареялар 50% тереңдікте 3000 циклге дейін жететін жақсартылған ресурстық сипаттамалары бар қызмет ету мерзімі қолжетімді болуда.

Алайда мұндай аккумуляторлардың құны стандартты жүйелердің аккумуляторларына қарағанда қымбат.

Никель-кадмий батареясы (NiCd): электродтар ретінде никель оксиді гидроксиді мен кадмий металы қолданылады. Кадмий улы элемент болып табылады және Еуропалық Одақ 2004 жылы тыйым салған. Никель-кадмий батареялары никель металл гидридті батареялармен дерлік ауыстырылды (NiMH).

Никель-кадмий аккумуляторлары да бұрыннан белгілі.

Жұмыс принципі анодта кадмий гидроксиді мен катодта никель гидроксидінің түзілуіне негізделген. Олардың энергия шығыны ҚҚА -ға қарағанда екі есе дерлік жоғары, олар төмен температурада тиімді, ал рұқсат етілген заряд пен разряд токтары да айтарлықтай жоғары болып келеді. Бұл артықшылықтар никель-кадмий батареяларына көлікте, авиацияда және стационарлық жүйелерде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, никель -кадмий батареяларының есте сақтау әсері сияқты кемшілігі бар - олардың энергия шығыны толық емес разряд немесе зарядпен күрт төмендейді, оны қалпына келтіру үшін арнайы зарядтау алгоритмдері қажет. Олар сонымен қатар электрохимиялық аккумуляторлардың барлық түрлерінің ішінде ең дұрыс болып табылады, олар дұрыс жұмыс істеу үшін нақты талаптарды қанағаттандырады. Осы кемшіліктерге қарамастан, никель-кадмий аккумуляторы ҚҚА-ға балама ретінде қарастырылды. Алайда, олар ҚҚА-ны толығымен алмастыра алмады, бұл ең алдымен бағаның жоғарылауына байланысты болды.

Никель-металл гидридті батарея (NiMH): алғашқы коммерциялық дизайн 1989 жылы пайда болды. Бұл қазір қарапайым тұтынушылық және өнеркәсіптік өнім болып кеткен. Батареяда кадмийдің орнына теріс электрод үшін сутегі сіңіретін қорытпа бар.

Натрий-күкірт батареялары.

Бұл жүйенің теориялық энергия сыйымдылығы 925 Вт / кг жетуі мүмкін, бірақ іс жүзінде әлдеқайда аз көрсеткіштерге қол жеткізілді, 100-150 Вт / кг. Бірқатар маңызды нюанстар бар: бұл жүйеде электролит керамикалық болып табылады, бұл батареяның жоғары жұмыс температурасын тудырады (290-360 ° C). XX ғасырдың сексенінші жылдарының соңында натрий-күкірт батареяларына деген қызығушылық олардың энергетика саласында қолданылуынан көрінді, жаңартылатын энергия қарқынды дамып келе жатты, ең алдымен жел энергиясы және сол кездегі басқа жүйелердің батареялары нақты сипаттамалары бойынша да, ресурстық көрсеткіштер бойынша да айтарлықтай төмен болды.

Практикада қол жеткізілген натрий-күкірт батареяларының өмірлік сипаттамалары 80-90%дейінгі разряд тереңдігінде 2000-нан 4000 циклге дейінгі мәндерді көрсетеді. Жапондық NGK Insulators LTD компаниясы жоғары температуралы батареяларды жасау мен өндіруде

ең үлкен табысқа жетті. Сақталған энергияны ұзақ уақыт сақтай алмауына қарамастан (оның барлығы электролиттердің жұмыс температурасын ұстап тұру үшін жұмсалады), натрий-күкіртті батареялар электр жеткізу кестесін реттеуге және үлкен желілерде ауыспалы ток жиілігін сақтауға сұранысқа ие болды. Жапонияда да, АҚШ -та да жаңартылатын және орталықтандырылған энергия үшін осындай жүйелердің кеңінен қолданылғанын атап өткен жөн. Қымбат материалдардың жетіспеушілігі осы жүйе үшін жинақталған энергияның құны ҚҚА деңгейінде болуына әкелді..

Литий-ионды аккумуляторлы батарея: электрондық құрылғылар саласындағы көптеген тұтынушылардың таңдауы. Энергия мен массаның ең жақсы коэффициенттерінің бірі бар және пайдаланылмаған кезде өте баяу өздігінен ағып кетеді.

Литий-ионды аккумуляторларды қолданудың алғашқы идеялары 50-ші жылдардың басында пайда болды, ал алғашқы нағыз литий батареялары 80-жылдардың соңында ғана Sony-ден шыққан. Оларда анод литийден, ал катод металл оксидтерінен тұрды. Бұл электрохимиялық жүйенің жұмыс істеу принципі әр түрлі электрохимиялық потенциалдардағы әр түрлі қосылыстарға литий иондарын енгізуге негізделген. Литийдің көміртекке қайтымды қосылу құбылысының ашылуы оның негізінде батареяны жасауға мүмкіндік берді. Литий иондарының электродтар арасында тасымалдануы органикалық еріткіштер мен литий тұзының қоспасынан тұратын органикалық электролит көмегімен жүзеге асады.

Органикалық электролиттерді қолдану бір ұяшықтағы кернеуді қышқылдық және сілтілік жүйелер үшін 1-1,5-ке қарағанда 3-4,5 В дейін арттыруға мүмкіндік береді. Батарея зарядталған кезде литий иондары анод материалына енгізіледі (әдетте көміртекті анод қолданылады). Шығару кезінде литий иондары катодқа ауысады, ал бөлінген электрондар сыртқы тізбекте электр тогын құрайды.

Батареяның бұл түрі жоғары энергия сыйымдылығымен, терең зарядсыздандыру циклдерімен (70-80%) және есте сақтау әсерімен ерекшеленеді. Бұл ретте мұндай батареялардың ресурсы мен бағасы катод пен анодта қолданылатын электрохимиялық жүйелердің түріне, сондай-ақ температура мен жұмыс режимдеріне байланысты. Жоғары сипаттамаларға қарамастан, 2000 жылдардың ортасына дейін литий-ионды батареялар негізінен портативті электронды құрылғыларда қолданылды.

Алғашқы литий батареялары барлық жағынан өте жақсы болды: олар тез зарядталды, тез заряды бітеді, жақсы сыйымдылыққа ие болды және «есте сақтау әсері» болмады. Алайда, операция дамыған сайын металл инелер литий анодында біртіндеп өсе бастады.

Олар электролит қабатын тесіп өтіп,қысқа тұйықталу пайда болды, нәтижесінде жарылысқа әкелді. Сондықтан, бастапқыда литий батареяларына сақтықпен қаралды. Мысалға келтірсек, әлдеқайда қарапайым параметрлері бар никель-кадмий мен никель-металгидридті аккумуляторлар кеңінен таралды.

Литий батареяларының екінші буыны (олар әдетте литий-ион деп аталады) анод ретінде көміртек, графит қолданатындығымен ерекшеленді.

Бұл идеяны Оксфорд университетінің ғалымдары ұсынды. Графитті қолдану литий анодында пайда болған литийден «инелердің» пайда болуын болдырмауға мүмкіндік берді.

Алайда, бұл екінші буын батареяларының да елеулі кемшіліктері болды. Олар жинақталған сыйымдылықтың жартысынан көбін бере алмады, өйткені күшті разряд - оттегі мен металл кобальт бөлінуімен кезінде катод ыдырай бастады. Және бұл жерде тағы да қысқа тұйықталу мен жарылыс болуы мүмкін еді.

Соңғы уақытқа дейін бұл фактор үлкен көлемді литий-ионды аккумуляторларды қолдануды: мысалы, мыңдаған киловатт-сағат энергия қажет болатын электромобильдерді қуаттандыру немесе желілік энергияны сақтау құрылғылары ретінде пайдалану үшін қажет шкалада қолдану түбегейлі шектелді.

Алайда, литий-ионды аккумуляторлардың орасан зор әлеуеті ғалымдардың оларды жетілдіруге деген тұрақты қызығушылығын қолдады, ал 2003 жылы Массачусетс технологиялық институтында литий феррофосфатын (LiFePO_4) катод материалы ретінде қолдану ұсынылды.

Бұл қосылыс қолжетімді және улы болмады, батареяларда қолданылатын кадмий мен никельден айырмашылығы мынада еді: әрқашан өнеркәсіп үшін болашағы өте зор болып саналады.

Литий феррофосфаты аккумуляторларда қолдануға арналған өте табысты материал болып шықты. Ол тұрақтылығын сақтай отырып, жинақталған литийдің барлығынан бас тарта алады. Сонымен бірге литий -ионды аккумуляторлардың негізгі қасиеті сақталады, ол - үлкен меншікті сыйымдылық. Осылайша, литий-ионды аккумуляторлардың үшінші буыны қауіпсіз, жоғары энергия үнемдейтін және экологиялық таза болып шықты

Литий-ионды полимерлі аккумулятор: бұл аккумуляторлардың салмағы аз және әр түрлі пішінде дайындала алады.

Бұл литий-ионды аккумулятордың жетілдірілген дизайны. Электролит ретінде гель тәрізді литий өткізгішті қоспасы бар полимерлі материал қолданылады. Кәдімгі тұрмыстық литий-полимерлі аккумуляторлар жоғары ток өткізуге қабілетті емес, бірақ

қуаттылықтың сандық мәнінен 10 немесе тіпті 45 есе көп ток беруге қабілетті арнайы қуатты литий-полимерлі батареялар бар. Олар ұялы және компьютерлік технологияда радиобасқарылатын модельдерде, сондай-ақ портативті электр құралдарында және кейбір заманауи электромобильдерде аккумулятор ретінде кеңінен қолданылады.

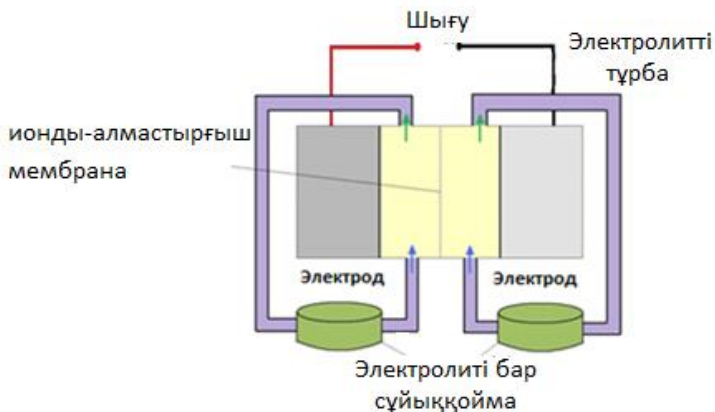
Қазіргі уақытта әлемде энергияны сақтау құрылғыларын электр энергетикалық жүйелерде қолдануға қызығушылық күрт өсті. Мұны генераторлық қуаттардың даму тенденцияларымен де, энергия жинақтағыш құрылғылардың жекелеген түрлерін шығарудың жаңа технологияларымен де түсіндіруге болады. Химиялық аккумуляторлардың (атап айтқанда, литий-иондық) өнімділік сипаттамалары саласындағы дамуына байланысты, сондай-ақ электромобильдерде қолдану нәтижесінде олардың құнын төмендету динамикасының пайда болуына байланысты, жақын арада жоғары қуатты энергия сақтау қоймасының экономикалық тиімді қолдану аясы күтілуде. ... Мысалы, электр желілерін реттеу кезінде сақталатын батареялардың үлестірілген желісін құрудың пайдасына үлкен айдалатын сақтау электр станцияларының құрылысынан құтылуға болады.

Өткізгіш батарея

Өткізгіш батарея мембранадан ерітіндіні өткізу арқылы жұмыс істейді, онда иондар жасушаны зарядтау / шығару үшін алмасады. Ток кернеуі Нернст теңдеуімен химиялық жолмен анықталады, ал іс жүзінде ол 1,0 - 2,2 В аралығында болады. Сақтау құрылғысының сыйымдылығы ерітінді орналасқан ыдыстардың көлеміне байланысты.

Өткізгіш батарея жанармай элементіне де, электрохимиялық батарея ұяшығына да техникалық жағынан жақын. Коммерциялық қосымшалар резервтік қоректендіру көзі сияқты жартылай шығарылу кезеңінде ұзақ сақтауға арналған.

Электролит айналымы бар батареялар – қышқылды-қалыпқа келтіретін отын элементі дәстүрлі реакторы болады (6.5 – сурет). Ол электр энергиясын өндіреді, бірақ электрмен зарядталмайды. Бұл жағдайда зарядтау процесі теріс электролитті отынмен азайтуды және оң электролитті тотықтырғышпен тотықтыруды қамтиды.



6.5 – сурет – Электролит айналымы бар аккумуляторлы батареялардың сызбасы

6.2.4 Отын энергиясын жинақтау

Отын энергиясын жинақтау – жылуды уақытша сақтау немесе оны басқа арнаға бұру.

Жинақталған жылу энергиясы

Жылуды жинақтау Аккумуляция тепла энергияны жинақтау үшін материалды қыздыруды пайдаланады.

Жылу энергиясын маусымдық жинақтау технологиялары (ЭМЖТ) табиғи көздерден немесе қалдықтардан алынғаннан кейін бірнеше ай немесе ыстықты пайдалануға мүмкіндік береді. Жинақтау сулы горизонттарда, құм немесе кристалды тау жыныстары сияқты геологиялық субстраттағы ұңғымалардың жинақталуы, қиыршық тас пен суға толы қапталған шұңқырларда немесе су толтырылған шахталарда болуы мүмкін. ЭМЖТ технологияларының өтелу мерзімі көбінесе төрт жылдан алты жылға дейін болады. Мысал ретінде Канададағы Drake Landing күн қауымдастығын айтуға болады, ол үшін жыл бойы жылудың 97% -ы гараждың төбелеріндегі күн-жылу коллекторларынан келеді, ал ұңғыманың термиялық қоймасы (ВНТ)-қолдау технологиясы болып табылады [25]. Браstrupта (Дания) муниципалды күн жылыту жүйесі 65 ° C (149 ° F) сақтау температурасында ЭМЖТ қолданады. Желдің артық энергиясы болған кезде ғана жұмыс істейтін жылу сорғы тарату үшін температураны 80 ° C (176 ° F) дейін көтеру үшін қолданылады. Желдің артық электр

куаты болмаған кезде газ қазандығы қолданылады. Браструп жылуының 20% -ы күн сәулесінен алынған.[26]

Жылу энергиясының жасырын жинақталуы

Жасырын термиялық сақтау жүйелері фазалық ауыспалы материалдар деп аталатын жоғары жасырын жылу сыйымдылығы бар материалдармен жұмыс істейді. Бұл материалдардың басты артықшылығы олардың жасырын жылу сыйымдылығы қабылданған жылудан әлдеқайда жоғары болып келеді. Белгілі бір температуралық диапазонда қаттыдан сұйыққа фазалық ауысу кейіннен пайдалану үшін үлкен мөлшерде жылу энергиясын сіңіреді.

6.2.5 Химиялық жинақтауыштар

Power-to-Gas (P2G) технологиясы

Power-to-Gas технологиясы — бұл электр энергиясын сутегі немесе метан тәрізді газды отынға айналдыратын технология. Электролиз арқылы суды сутегі мен оттегіне айналдыру үшін электр энергиясын қолданудың үш белгілі әдісі бар.

Бірінші әдіс бойынша сутегі табиғи газ желісіне айдалады. Екінші әдіс - метанды алу үшін сутекті көмірқышқыл газымен әрекеттестіру, метанизация реакциясын (мысалы, Сабатье реакциясы) немесе биологиялық метанизацияны қолдану, нәтижесінде энергияның айналуы 8% қосымша жоғалады. Содан кейін метанды табиғи газ желісіне қосуға болады. Үшінші әдіс биогаздың сапасын жақсарту үшін биогаз модификаторын электролизерден сутегімен араластырғаннан кейін ағаш газ генераторынан немесе биогаз қондырғысынан шығатын газды қолданады..

Сутегі

Сутекті энергия сақтайтын құрылғы ретінде де қарастыруға болады: бұл жағдайда электр энергиясы сутегі отын элементі арқылы өндіріледі.

Бір килограмм сутекті синтездеу үшін шамамен 50 кВтсағ (180 МДж) күн энергиясы қажет, сондықтан электр энергиясының бағасы өте маңызды.

Жер асты сутегі қоймасы жер асты үңгірлерінде, тұзды күмбездерде және сарқылған мұнай мен газ кен орындарында орын алады. Imperial Chemical Industries көптеген жылдар бойы жер асты үңгірлерінде сутегі газының үлкен көлемін еш қиындықсыз сақтап келеді. Еуропалық Нуunder жобасы 2013 жылы жерасты сутегінің көмегімен жел мен күн энергиясын жинау үшін 85 үңгір қажет болатынын айтқан.

Метан

Метан — CH_4 молекулалы формуласы бар қарапайым көмірсутек. Метан сутекке қарағанда сақтауға және тасымалдауға оңай. Оны сақтау мен өртеудің толыққанды инфрақұрылымы бар (құбырлар, газ есептегіштері, электр станциялары).

Синтетикалық табиғи газды (сингаз немесе СГГ) сутегі мен оттектен басталатын көп сатылы процесте жасауға болады. Сутегі көміртегі диоксидімен сабатерлік реакцияға түсіп, метан мен су шығарады. Метанды сақтауға болады, содан кейін электр энергиясын өндіруге пайдалануға болады. Алынған су қайта өңделеді, бұл сыртқы көздерге қажеттілікті азайтады. Электролиз сатысында оттегі метанды жағу үшін жақын оттегі ортасында таза оттегі ортасында сақталады.

Метанның жануы кезінде көмірқышқыл газы (CO_2) мен су пайда болады. Сабатье процесін тездету үшін көміртек диоксиді қайта өңделуі мүмкін, ал су ары қарайғы электролиз үшін қайта өңделе алады. Метан өндіру, сақтау және жану процесінің реакция өнімдерін құрайды.

Биоотын

Органикалық отынды биодизель, өсімдік майы, алкогольді отын немесе биомасса сияқты биоотынмен әр түрлі түрлермен алмастыруға болады. Химиялық процестер көмірсутек пен сутекті (көмірде, табиғи газда, өсімдіктер мен жануарлар биомассасында және органикалық қалдықтарда) қарапайым көмірсутектерге айналдыра алады, олар дәстүрлі көмірсутекті отындарды алмастырады. Мысал ретінде Фишер-Тропш дизелін, метанолды, диметил эфирін және синтез газын алуға болады. Бұл дизель отынының көзі Екінші дүниежүзілік соғыс кезінде Германияда кеңінен қолданылды, ол шикі мұнай жеткізуге шектеулі қол жеткізді. Дәл осындай себептермен Оңтүстік Африка дизель отынының көп бөлігін көмірден өндіреді..

Алюминий

Бірқатар зерттеушілер энергия сақтау құрылғысы ретінде алюминийді ұсынды. Алюминийдің электрохимиялық эквиваленті литийден шамамен төрт есе көп. Алюминийден сумен әрекеттесу арқылы сутекті түзуге энергия алуға болады. Бірақ сумен әрекеттесу үшін алюминийді оның табиғи оксидтік қабатынан бөліп алу керек. Бұл үгіткіш және коррозиялық заттармен немесе қорытпалармен химиялық реакцияларды қажет ететін процесс. Сутегі түзетін реакцияның қосалқы өнімі-алюминий оксиді, оны Холл-Герулт процесінде алюминийге қайта өңдеуге болады, бұл реакцияны теориялық жағынан жаңартады. Егер Холл-Герулт процесі күн немесе жел энергиясының көмегімен басталса, алюминий энергияны сақтауға

пайдаланылуы мүмкін және бұл процесс тікелей күн электролизіне қарағанда тиімдірек [22].

Бор, кремний және мырыш

Бор [23], кремний мен мырыш [24] баламалы энергия жинақтаушы ретінде де қарастырылады.

Норборнадиен органикалық қосылысы жарық әсерінен төрт айналымға айналу реакциясында күн энергиясын химиялық байланыс энергиясы түрінде сақтайды. Жұмыс істейтін прототип Швецияда жасалды және молекулалық күн жылу жүйесі ретінде сатылады [25].

Қорытынды

Бұл жұмыста әлемдік қауымдастық елдерінің жаңартылатын энергия саласындағы тәжірибесі мен жетістіктері жинақталған. Ұсынылған материалдан анықталғандай, бұл бағыт - энергетикалық мәселелерді шешумен ғана емес, климаттың өзгеруінің, қоршаған ортаның ластануының жаһандық проблемаларымен байланысты адам дамуының болашағы да келтірілген.

Өсіресе, пайдалы қазбалары бар, көмірсутегі отынының қоры таусылған және қоршаған ортаны ластайтын біздің еліміз үшін бұл мәселе өте маңызды.

Біздің елімізде жаңартылатын энергия көздерінің әр түрін іс жүзінде қолдану перспективаларының орындылығы туралы мәселеге келетін болсақ, біз жаңартылатын энергияның барлық түрлерін энергия мен экологиялық проблемаларды шешу үшін қолдануға болады деп айта аламыз, бұған көптеген басқа елдердегі көп жылдық тәжірибе дәлел бола алады. Елдегі климаттық жағдайлар мен биологиялық ресурстарға сүйене отырып, күн мен жел энергиясын пайдалану, биогаз технологиялары мен жердің әлеуетті төмен жылуы ең келешегі зор бағыттар бола алады.

«Дәстүрлі емес және жаңартылатын энергияның теориялық негіздері» оқу курсы электр энергетикасы үшін білім беру бағдарламасының оқу бағдарламасына енгізілген. Дәстүрлі емес және жаңартылатын энергияның теориялық негіздері курсын оқу арқылы электр энергетикасы магистрлерін дайындау кезінде теориялық негіз келесі оқу курсының мазмұнын құрайтын қолданбалы оқыту курстарын оқуға арналған.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

- 1 Дж. Твайделл, А. Уэйр. Возобновляемые источники энергии.– М.: Энергоатомиздат, 1990, 391б.
- 2 Solar Electricity /Ed. Tomas Markvart/. UNESCO Energy Engineering Series. New York, 1994.
- 3 Солнечная_батарея.–Режим доступа:
<https://ru.wikipedia.org/wiki/>
- 4 Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (курс лекций).- МТТИ. Кафедра теплоэнергетических систем, 2004, 223 б.
- 5 Бринкворт Б. Солнечная энергия для человека. Пер. с англ. В.Н. Оглоблева. Под ред. и предисл. Б.В. Тарнижевского. – М.: Мир, 1976. – 291 б.
- 6 Стычинский З. А., Воропай Н.И.. Возобновляемые источники энергии: теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Магдебург 2010, 223 б.
- 7 Баскаков А.П. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Введение в специальность.: учеб. пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004.
- 8 Сокольский А.К. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учебное пособие.-М.: РГОТУПС, 2006.
- 9 Преобразование солнечной энергии. Под ред. Б. Серафина. – М.: Энергоиздат, 1982, 320 б.
- 10 Воронин С.М. Возобновляемые источники энергии в автономных системах энергоснабжения сельских объектов. – Черноград: 2005, 118б.
- 11 Воронин С.М. Возобновляемые источники энергии и энергосбережение. / Воронин С.М., Оськин С.В., Головкин А.Н. – Краснодар, КубГАУ, 2006, 267 б.
- 12 Уокер Г. Двигатель Стирлинга. Сокращённый перевод с английского Сутугина А.Б. В.и Сутугина Н. В.
- 13 Двигатель_Стирлинга. – Режим доступа:
<https://ru.wikipedia.org/wiki/>
- 14 Волков И. М., Кононенко П. Ф., Федичкин И. К., Гидротехнические сооружения, М.:, 1968.
- 15 Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов / Непорожного П.С. ред. – М.: Энергоиздат, 1982.
- 16 Быстрицкий Г.Ф. Основы энергетики.- М.:Инфра-М, 2007.
- 17 Robert A. Huggins. Energy Storage. — Springer Science & Business Media, 2010-09-01. — 424 б. — ISBN 9781441910233

- 18 Packing some power // The Economist. — 2012-03-03. — ISSN 0013-0613.
- 19 Wayback Machine. web.archive.org (2012 ж 5 кыркүйөк). Айналу күні 2019 жыл 16 наурыз.
- 20 Wald, Matthew L.. Pushed Along by Wind, Power Storage Grows (англ.), The New York Times (2010 жыл 27 шілде).
- 21 Gies, Erica. A Storage Solution Is in the Air (англ.), The New York Times (2012 жыл 1 қазан).
- 22 Flywheels: Spinning into Control (англ.). sciencewriter.org (22 August 2010). .
- 23 Next-gen Of Flywheel Energy Storage | Product Design and Development. web.archive.org (2010 жыл 10 тамыз).
- 24 Flywheels: Spinning into Control (англ.). sciencewriter.org (22 August 2010). Айналу уақыты 2019 жыл 16 наурыз.
- 25 Akshat Rathi, Akshat Rathi. Stacking concrete blocks is a surprisingly efficient way to store energy (англ.). Quartz.
- 26 Braedstrup Solar Park in Denmark is now a reality! . web.archive.org (2013 жыл 26 қараша).
- 27 Liangzhong YAO, Bo YANG, Hongfen CUI, Jun ZHUANG, Jilei YE. Challenges and progresses of energy storage technology and its application in power systems (англ.) // Journal of Modern Power Systems and Clean Energy. — 2016-10-01. — Vol. 4, iss. 4. — P. 519–528. — ISSN 2196-5420. — DOI:10.1007/s40565-016-0248-x.