**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

«Электр жетегі және
өндірістік қондырғыларды
автоматтандыру»
кафедрасы

ҚАЙТА ЖАҢАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯНЫ ҮНЕМДЕУ

5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған дәрістер жинағы

Алматы 2016

ҚҰРАСТЫРУШЫ: И.Т. Алдибеков. Қайта жаңартылатын энергияны көздері және энергияны үнемдеу. 5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған дәрістер жинағы. - Алматы: АЭжБУ, 2016. – 107 бет.

«Қайта жаңартылатын энергия көздері және энергияны үнемдеу» пәні бойынша дәрістер жинағы оқу жұмыс бағдарламасына сәйкес құрастырылған және 5В071800 – Электр энергетикасы мамандығы бойынша оқитын студенттерге арналған.

Суреттер 67, әдеб. – 17 атау.

Пікір беруші: Курпенов Б.К.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2016 жылғы баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2016 ж.

Мазмұны

	Кіріспе …….....	4
Дәріс №1.	Дәстүрлі және дәстүрлі емес энергия көздері. Қайта жаңартылатын энергия көздерін қолдану себептері және жалпы сипаттамалары	5
Дәріс №2.	Күнді электр энергиясының көзі ретінде қолдану. Күндік термоэлектрлік және фотоэлектрлік түрлендіргіштер	11
Дәріс №3.	Фотоэлементтердің жұмыс режимдері және сипаттамалары. Күн энергиясын электр энергиясына термодинамикалық түрлендіру.....	18
Дәріс №4.	Күнді жылу энергиясының көзі ретінде қолдану. Күндік жазық коллекторлар.....	25
Дәріс №5.	Құбыр тәріздес вакуумдық гелиоколлекторлар және олардың негізгі параметрлері.....	31
Дәріс №6.	Желдік энергетика. Желдің жалпы сипаттамалары және оның энергиясын пайдалану. Желдік дөңгелектің жұмысы.....	39
Дәріс №7.	Желдік энергетикалық қондырғылар.....	61
Дәріс №8.	Гидроэнергетика. Қозғалыстағы судың энергиясы. Гидроэлектрстансалардың негізгі компоненттері және құрылымдық сұлбалары.....	53
Дәріс №9.	Геотермальдық энергетика. Геотермалдық энергияны жылумен қамтамасыз ету жүйелерінде қолдану.....	61
Дәріс №10.	Геотермалдық энергияны электр энергиясын өндіруге пайдалану.....	67
Дәріс №11.	Мұхиттардың энергетикалық ресурстары және оларды пайдалану.....	71
Дәріс №12.	Екіншілік энергетикалық ресурстарды қолдану.....	78
Дәріс №13.	Биоэнергетика. Биоотынды өндіру және қолдану.....	84
Дәріс №14.	Биогазды өндіру және қолдану. Дәстүрлі емес және қайта жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың экологиялық аспектілері	90
Дәріс №15.	Энергияны үнемдеу. Энергетикалық аудит.....	99

Кіріспе

Әлемдік қоғамдастық, бірінші жағынан, экономикалық өсу мен халықтың әл-ауқатын жақсартуды (әсіресе, дамушы елдерде), екінші жағынан, қоршаған ортаға адамның іс-әрекетінің теріс әсерін қауіпсіз деңгейге дейін төмендетуді қамтамасыз ететін тұрақты дамуға көшудің қажеттігін мойындады. Тұрақты дамуға көшуде жаңа энергетикалық технологиялар мен энергия көздері, оның ішінде қайта жаңартылатын энергия көздері, аса маңызды роль атқарады.

Қайта жаңартылатын ресурстар мен альтернативті энергия көздері – қазақстандық экономиканы дамытудың өте маңызды құралы және келешекте елдің энергетикалық қауіпсіздігін қамтамасыз ететін фактор.

«Энергетика туралы», «Энергия үнемдеу туралы», «Мемлекетті 2030 жылға дейін дамыту стратегиясы», «Қайта жаңартылатын энергия көздерін пайдалануды қолдау туралы» сияқты заңдар мен бір қатар үкімет қаулыларында Қазақстан Республикасында қайта жаңартылатын энергия көздері негізінде энергетиканы құру және дамыту туралы баса айтылған және жүзеге асыру міндеттері айқындалған.

Қайта жаңартылатын энергия көздерін игеру саласындағы маңызды мәселелердің бірі – дәстүрлі емес және қайта жаңартылатын ресурстарды қолданатын энергетикалық қондырғыларды ойлап құрастыру, жасау және эксплуатациялау үшін мамандар дайындау.

«Электр энергетикасы» мамандығы бойынша оқитын студенттерге арналған «Қайта жаңартылатын энергия көздері және энергия үнемдеу» пәнінің мақсаты – электрмен және жылумен қамтамасыз етудің мемлекеттік және автономдық жүйелерінің энергетикалық үрдістерінде қайта жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың, әртүрлі салаларда энергия үнемдеудің және энергоаудит жүргізудің ғылыми-техникалық негіздері бойынша білім жүйесін қалыптастыру.

Бұл дәрістер жинағы 15 дәрісті қамтиды. Дәрістерде дәстүрлі энергия көздерін қолданудың экологиялық аспектлері, дәстүрлі емес және қайта жаңартылатын энергия көздерінің түрлері, жалпы сипаттамалары және оларды қолданудың өзектілігі қарастырылып, күннің, желдің, өзендердің ағын суларының, мұхит пен теңіз суларының, термалды жер асты суларының және биомассаның энергияларын қолдану тәсілдері мен техникалық қондырғылары сипатталған. Сонымен қатар, екіншілік энергетикалық ресурстар туралы мағлұматтар келтіріліп, оларды қолдануға негізделген қондырғылардың құрылысы мен жұмысы баяндалған. Қайта жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың экологиялық аспектілері мен энергияны үнемдеу мәселелері қарастырылып, энергетикалық аудит туралы мағлұматтар келтірілген.

Дәріс №1. Дәстүрлі және дәстүрлі емес энергия көздері. Қайта жаңартылатын энергия көздерін қолдану себептері және олардың жалпы сипаттамалары

Дәрістің мазмұны: дәстүрлі энергия көздері, оларды қолданудың экологиялық аспектлері, дәстүрлі емес және жаңартылатын қайта энергия көздерінің (ДЕҚЖЭК) түрлері және оларды қолданудың өзектілігі**,** ДЕҚЖЭК жалпы сипаттамалары және оларды қолданудың техникалық мәселелері, ҚР энергетикалық бағдарламасы және ондағы ДЕҚЖЭК орны.

Дәрістің мақсаты: мемлекеттердің тұрақты даму үшін ДЕҚЖЭК-ін энергетикалық балансқа ендірудің өзектілігін көрсету, студенттерді ДЕҚЖЭК-інің жалпы сипаттамаларымен және оларды қолданудың техникалық мәселелерімен, ДЕҚЖЭК-ін дамытудың стратегиясы туралы ҚР заңдарымен таныстыру.

Дәстүрлі энергия көздері және оларды қолданудың экологиялық аспектлері. Энергия екі бөліктен: жұмыс істеуге қабілетті активті бөліктен және сол жағдайда жұмыс істеуге қабілетті емес пассивті бөліктен тұрады. Активті энергияны *эксергия***,** ал пассивті энергияны *энтропия* деп атайды.

Күн, жел, өзен және мұхит энергиясының қуатты ағындары және жердің бетіне берілетін Жердің ішкі жылуы ең соңында Жердің маңындағы *кеңістіктің энтропиясына* түрленеді. Ғарышға қатысты алғанда жер бетінің және оның атмосферасының энтропиясы *эксергия* болып табылады және ол шексіз ғарыштық кеңістікке тарайды. Осының нәтижесінде Жерде жылулық теңдестік (тепе-теңдік) орын алады және тіршіліктің болуына жағдай жасалады.

Жердегі халық санының артуы, өмір сүру сапасын жақсартуға деген талпыныс, әсіресе, дамыған елдерде энергияны тұтынудың қарқынды түрде артуына себеп болады. Бұл адам мен қоршаған Орта (табиғат) арасында жаһандық қайшылықтар тудырады және Жер мен ғарыш арасындағы жылулық теңдестіктің бұзылуына алып келеді.

Мұндай жағдайдың туындауы үлкен сұранысқа ие энергия түрлерін (электр, жылу және механикалық энергиялар) өндіру қазіргі кезде көп жағдайда әртүрлі дәстүрлі бірінші ретті көмірсутектік отындарды ауада жағу арқылы жүзеге асырылады.

Бірінші ретті («энергетикалық» тізбектің басында тұрғандықтан) энергоресурстарға алғашқы кезекте мыналарды жатқызады:

- *дәстүрлі* (негізгі): көмір, мұнай, газ, уран, су энергиясы;

- *дәстүрлі емес, қайта жаңғыртылатын энергоресурстар;*

- бұрын сирек қолданылатын *дәстүрлі емес, қайта жаңғыртылмайтын* энергоресурстар.

Бірінші ретті энергоресурстарды түрлендіру арқылы тікелей қолданылатын *екінші ретті энергоресурстарды (көп жағдайда электр энергиясы және жылу энергиясы)* өндіреді.

Көмірсутектік отындарда болатын химиялық энергияны пайдалы қолдану көрсеткіші *30 % аспайды.* Энергияның қалған бөлігі (70 %**)** - миллиардтаған гигакалориялар – қоршаған кеңістікке тарайды және одан әрі бұл жылу Жердің жылулық балансын сақтау үшін ғарышға кетуі керек. Бірақ жылына миллиардтаған тонна көмір, мұнай, газ жағатын энергетикалық объектілер жұмыс жасаған кезде *«жылыжайлық (парниктік) газдар»* деп аталатын және басқадай қосындылар пайда болады.

Жылыжайлық газдар – отынды жағу және адамның басқадай техногендік қызметі кезінде пайда болатын өнімдер – атмосфераның жоғарғы қабаттарында жиналады да, жердің бетінде пайда болған инфрақызыл жылулық сәулелердің ғарышқа кетуіне кедергі жасайтын қабат құрайды. Бұл жер атмосферасындағы жылу энергиясының ғарышқа тарап кетуіне кедергі жасайды. «*Жылыжайлық эффект*» пайда болады, нәтижесінде планетаның орташа температурасы жоғарлайды.

Негізгі «жылыжайлық газдарға» мыналар жатады:

Көміртегінің екіленген тотығы (CO_2) - (көміртегінің диоксиді, көмірқышқыл газ) аммиак, спирттер өндіру кезінде, сонымен отынды арнайы жағу кезінде және т.б. жағдайда пайда болады.

Метан (CH_4) - көмірқышқыл газға қарағанда «күшті» жылыжайлық газ. Химиялық өнеркәсіпте көптеген бағалы өнімдер алуға қолданылатын шикізат. Отын ретінде де қолданылады.

Азот тотығы (N_2O) - «көңілдіретін газ». Негізгі қолданылатын саласы: адамды естен айыратын медициналық әрекеттер жасаған кезде қолданылады.

Гидрофторкөміртектілер – ГФУ - көмірсутектік туындылар.

Перфторкөміртектілер – ПФ (Perfluorocarbons - PFCs) - алюминий өндірісі кезінде пайда болады.

Күкірт гексафториді (SF_6) - CO_2 қарағанда 22200 есе «күшті» жылыжайлық газ. Атмосферада ұзақ сақталады және инфрақызыл сәулелерді өте жақсы жұтады (бойына сіңіреді).

Жылыжайлық эффект төтенше табиғи апаттар пайда болуына себеп болады – үлкен территориялар (Индонезия, Үндістан, Қытай, Еуропа, Америка, Жапония) мен қалаларда су тасу, цунами, көшкіндер мен сел жүру, қуаңшылық жиілейді. Мұндай апаттардан келетін экономикалық және адамдық шығындар өте үлкен болады. Төтенше табиғи апаттар пайда болу себебі – «жылжайлық газдар» әсерінен Жер бетінің температурасының 0,5 ^{0}C …1,5 ^{0}C, ал кей жерлерде 3,0 ^{0}C жоғарлауы. Әрбір онжылдықта *атмосфераның температурасы орташа есеппен 1,5* ^{0}C жоғарлайды. Қарқынды еру нәтижесінде Арктика мен Антарктикадағы мұздар қабатының қалыңдығы мен ауданы азаяды. Биік тау шыңдарындағы мәңгілік қар қабатындағы су қоры азаяды.

«Үлкен» гидроэнергетика және «атом» дәстүрлі энергия көздеріне жатады. Олар да экология жағынан «таза емес». АЭС құрылысы, қолданылуы және жұмыс істеу сенімділігі өте жоғары стандартқа сәйкес келу керек (Чернобыль және Фукусиманы еске алуға болады).

Қолданылған ядерлық отынның қалдықтарын қайта өңдеп, пайдалану өте қиын мәселе болып саналады. Қазіргі кезде электр энергияның, мысалы, Францияда – 80 %, Бельгия – 60 % жуық, Ресейде – 15 % АЭС өндіріледі.

Ірі гидроэлектростансалар салған кезде биік плотиналар тұрғызады (200 м…300 м дейін), пайдалануға жарамды жерлердің үлкен аумағын су басады, сондықтан ол аумақ айналымнан шығарылып тасталады, ауыл және балық шаруашылықтары зиян шегеді.

Сонымен қатар, дәстүрлі энергетикалық ресурстардың (көмір, мұнай, газ, уран және т.б.) қоры (су энергиясынан басқа) шектеулі екенін ескеруіміз керек. Болжам бойынша, көмірдің қоры - 15 трлн т (барланғаны - 1685 млрд т), мұнайдың қоры – 500 млрд т (барланғаны - 137 млрд т), газдың қоры - 400 трлн $м^3$ (барланғаны - 140 трлн $м^3$) , ал уранның әлемдік қоры 1,5 млн т құрайды. Әлемде оларды пайдалану деңгейі қазіргідей болса, онда көмір 400 жылға, мұнай 42 жылға, газ 61 жылға жетеді. Ал Қазақстанға қатысты алсақ, мұнай 70 жылға, табиғи газ 85 жылға жетеді.

Дәстүрлі қазбалы энергоресурстарға адамдар арнаулы *ауыр еңбек арқылы және үлкен қаржы жұмсау арқылы қол жеткізеді*, олардың мөлшері жылдан-жылға тоқтаусыз өсуде.

Адамзатқа керек энергия мөлшері де жылдан жылға өсуде. Энергияға деген үлкен сұраныстың белгілі бір бөлігін басқадай энергия көздері – *дәстүрлі емес* (қайта жаңғыратын және қайта жаңғырмайтын) *көздері* арқылы қанағаттандыруға болады.

Дәстүрлі емес энергия ағыны – бұл қоршаған ортада тұрақты түрде немесе периодты түрде болатын энергия ағыны**.** Дәстүрлі емес энергия көздерінің бағалы қасиеті – планетаның кез келген нүктесінде пайдалануға болатын қандай да бір дәстүрлі емес ресурс (жел, күн) тауып, пайдалануға болатындығында.

Дәстүрлі емес энергия көздері. 1978 жылы БҰҰ Бас Ассамблеясы дәстүрлі емес және қайта жаңғыратын энергия көздерінің тізімін бекітті. *Дәстүрлі емес энергия көздеріне жататындар:*

а**)** қайта жаңғыратын (сарқылмайтын) энергия көздері (ҚЖЭК), оларға мыналар жатады: күн энергиясы; жел энергиясы; геотермальдық энергия; теңіз және мұхит ағыстары мен толқындарының энергиясы; Айдың тарту күшінен туындайтын теңіз (мұхит) суының периодты ағындарының энергиясы; теңіз суының температуралық градиентінің энергиясы; өзендердің энергиясы; судың, ауаның, жердің төмен потенциалды жылуының энергиясы; өсімдіктік және жануарлық биомассаның энергиясы; торф (шамалы пайдалану кезінде қоры толықтырылып отырылатын болса);

б**)** осы уақытқа дейін шамалы, шектеулі деңгейде пайдаланған энергоресурстар:

- көмірден, жанатын сланецтен және битумдық рудадан алынған сұйық және газ түріндегі отынның жаңа түрлері; қатты тұрмыстық және басқадай қалдықтар; қосарланған газ (мұнайдың қазба орындарын игерген кезде);

биомассадан алынатын спирттер мен транспортта қолданылатын жағар майлар және сутегі.

Дәстүрлі емес, қайта жаңғыратын энергия адамның арнаулы іс-әрекетінің нәтижесі емес, ол Табиғаттың сыйы болып саналады.

ДЕҚЖЭК-інің потенциалдық қоры өте үлкен, оның жылдық мөлшері: күн энергиясы – 2300 млрд т шартты отын**;** жел энергиясы – 26,7 млрд т шартты отын**;** теңіз және мұхит ағындарының энергиясы – 30 млрд т шартты отын; кіші өзендер энергиясы – 360 млрд т шартты отын; төмен потенциалды көздердің жылуының энергиясы – 530 млрд т шартты отын; биомассаның энергиясы - 10 млрд т шартты отын.

Әлемдік энергетикалық Совет 2050 жылға дейін ДЕҚЖЭК қолданудың үлесін 40 % дейін көбейтуді жоспарлап отыр. Еуропалық Одақ бұл көрсеткішті 2020 жылға дейін 20 %, 2040 жылға дейін 30 % көбейтуге міндеттенді. Қазіргі кезде энергия тұтынудың әлемдік құрылымында ДЕҚЖЭК-інің үлесі 7 % аспайды.

Қазіргі кезде Қазақстанның отын-энергетикалық балансындағы ҚЖЭК-інің үлесі 15 % айналасында**,** бұл көрсеткішке негізінен «үлкен» гидроэнергетиканы пайдалану арқылы қол жетті. Ал альтернативтік ДЕҚЖЭК-інің (күн, жел) үлесі 0,3 %...0,4 % құрайды.

Қазақстандағы ДЕҚЖЭК-інің өте үлкен потенциалын және оны қолданудың қажеттілігін ескерсек, мұндай жағдай (өте төмен көрсеткіш) ешкімді қанағаттандырмайды.

Альтернативтік дәстүрлі емес энергия көздерін пайдалануға көшудің себептері:

- органикалық отындардың қорының сарқылуына дайын болу («бу ғасырының» аяқталуына);
- экологиялық апатты болдырмау және табиғатты болашақ ұрпақтар үшін сақтау;
- энергиямен қамтамасыз ету жүйелерінен қашық орналасқан мекендерде тұратын халықты энергиямен қамтамасыз ету;
- дәстүрлі энергетикалық ресурстартарға (мұнай, газ, көмір) ие болу үшін болып жатқан саяси тартыстар мен әскери қимылдардың деңгейін төмендету;
- Күн мен желдің сарқылмайтын энергетикалық ресурстары ешкімнің меншігінде емес және сатылмайды. Олар барлығымызға және әркімге теңдей бөліп берілген. Бұл салада бәскекелестік күрес дәстүрлі емес энергетикалық қондырғылардың халықаралық нарығында өтеді.

ДЕҚЖЭК технологияларын кеңінен ендіру мынадай өзекті мәселелерді шешуге бағытталған:

- дәстүрлі жылу энергетикасының қоршаған ортаға зиянды әсерін азайту;
- электр энергиясын тарату желілерінен қашықта орналасқан елді мекендерді энергиямен қамтамасыз ету;

- жылулық процестерде органикалық отындарды қолдануды азайту және оларды химиялық өндіріске шикізат ретінде сақтау.

Эксперттік қоғамдастықтың есебі бойынша дәстүрлі ресурстарды қолдану 2030 жылға дейін тек арта береді. Сондықтан ДЕҚЖЭК-ін айтарлықтай ұзақ уақыт бойы *дәстүрлі энергетикаға альтернатива* деп қарауға болмайды, оларды маңызды экологиялық және әлеуметтік-экономикалық мәселелерді шешуге мүмкіндік беретін *қосымша энергия көздері* деп қарау керек.

Қайта жаңғыратын энергетикалық ресурстардың жалпы қасиеттері мен белгілері:

а) цикліділігі – тәуліктік және маусымдық (көктем, жаз, күз, қыс), Жердің айналуымен және оның айналу осінің көлбеулігінің өзгеруімен, Күннің 11 жылдық циклімен байланысты;

б) ДЕҚЖЭК-нің энергетикалық белсенділігінің (қарқындылығы) атмосфераның жағдай-күйіне (бұлт, шаң, түтіннің болуы) тәуелділігі, жердің рельефіне, территорияда құрылыс объектілердің болуына (ауа ағындарының бағытын қалыптастыратын) тәуелділігі;

*в) ДЕҚЖЭК-нің энергиясының концентрациясының (тығыздығының) аздығы***,** бұл *ДЕҚЖЭК* түрлендіру үшін үлкен ауданды, көлемді, массаны қажет етеді;

г) шағын және орташа қуатты энергетикалық қондырғылар үшін *энергия жинақтағыштарды қолданудың қажеттігі* (электрлік аккумуляторлар, жылулық аккумуляторлар);

д) жел және күн энергиясының қуатты түрлендіргіштері энергетикалық жүйелермен бірігуі керек, бұл олардың өндірген энергиясын толық пайдалану үшін қажет;

е) ДЕҚЖЭК-нің энергиясын қолдануға ең тиімді түрге (электр немесе жылу энергиясына) қазіргі технологиялар пайдаланып *түрлендіру айтарлықтай қымбат.*

Қазіргі кезде ДЕҚЖЭК қолданудың *техникалық мәселелеріне* байланысты**,** атап айтсақ, *ДЕҚЖЭК техникасы мен технологиясының жетілдірілмегеніне, қажетті конструкциялық және басқадай материалдардың жоқтығыны* байланысты ДЕҚЖЭК-ін энергетикалық балансқа әлі де кең түрде ендіруге мүмкін болмай тұр.

Сонымен қатар, әлемде *ДЕҚЖЭК* қондырғыларын жасауда, әсіресе алғашқы кезекте, фотоэлектрлік түрлендіргіштерді (фотовольтаика), желдік энергетикалық агрегаттар мен биомассаны өңдеу қондырғыларын жасауда ғылыми-техникалық прогресс ерекше байқалады.

Киото хаттамасының негізгі қағидалары.

Киото хаттамасы - Киотода (Жапония) 1997 жылының желтоқсан айында қабылданған климаттың өзгеруі туралы халықаралық құжат. Бұл хаттама 2008 - 2012 жылдары аралығында көмірқышқыл газдың, метанның және т.б. жылыжайлық газдардың атмосфераға берілуінің жалпы көлемін 1990 жылғы деңгейге қарағанда 5,2 % азайтуды қарастырады.

Киото хаттамасы 2005 жылы 16 ақпанда жүзеге енді, оны 180 мемлекет бекітті. Киото хаттамасы икемді нарықтық механизмді ұсынады (таза даму механизмі, бірге жүзеге асырылатын жобалар, квоталарды сату).

Киото хаттамасында жылыжайлық газдардың атмосфераға бөлінуі бойынша мемлекеттер үшін белгілі бір лимиттер қарастырылған. Егер қандай бір мемлекет өзінің лимитін толықтай пайдалана алмаса, онда ол мемлекет пайдаланбаған квотасын сатуға құқығы бар.

Хаттамаға сәйкес, Еуроодақ «жылыжайлық» газдардың бөлінуін 8 %, Жапония мен Канада – 6 %, Шығыс Еуропаның елдері мен Прибалтика – 8 % азайтуы керек, ал Ресей мен Украина – 2008 – 2012 жылдары орташа жылдық газдардың бөлінуін 1990 жылғы деңгейде қалдырады. Дамушы елдер (Қытай,Үндістан) өздеріне міндеттеме алмайды, бірақ өз еркімен міндеттеме алған жағдайда ол үшін қаржы алады**.** АҚШ 2013 жылға дейін хаттамаға қосылудан бас тартты.

Қазақстан климаттың өзгеруі туралы БҰҰ Рамалық конвенциясына 1995 жылы қосылып, 1999 жылы Киото хаттамасына қол қойды. Хаттама 2009 жылы 17 қыркүйекте ғана күшіне енді.

Қазақстанда ДЕҚЖЭК-ін қолдану мүмкіндіктері өте үлкен:

- күн энергиясы бойынша: күн сәулесінің жыл бойы түсуінің ұзақтығы - 2200 сағат...3000 сағат, ал жылдық энергия - 1300 кВт·сағ/$м^2$...1800 кВт·сағ/ $м^2$, күндік толық радиация - 3,8 кВт·сағ/$м^2$...5,2 кВт·сағ/$м^2$ тең, бұл әлем бойынша өте жоғары көрсеткіш;

- жел энергиясы бойынша: желдің энергетикалық потенциалы 1,8 трлн кВт·сағ. Жоңғар қақпасында желдің орташа жылдық жылдамдығы 7,9 м/с, ал Шелек алқабында - 5 м/с...9 м/с құрайды;

- Қазақстанның гидроэнергетикалық потенциалы жылына 170 ТВт, ал қазір жылына 78 ТВт қуат өндіріледі.

Қазақстанда ДЕҚЖЭК пайдаланудың негізгі себептері:

- электр энергиясының импортын, әсіресе, оңтүстік өңірлерде, экологиялық таза және бәсекеге қабілетті ДЕҚЖЭК-імен айырбастау;

- шетте орналасқан елді мекендер мен қыстаулардағы халықтың электр энергиясын пайдалану мүмкіндігін арттыру;

- энергетикалық жүйенің көмірдің негізінде өндірілетін электр энергияға тәуелділігін азайту арқылы экологиялық жүйені қорғау;

- ДЕҚЖЭК негізінде электр энергиясын өндіретін стансаларды қолдану арқылы электр желілеріндегі шығынды азайту және олардың жұмыс істеу сенімділігін арттыру;

- ДЕҚЖЭК қондырғыларын кеңінен қолдану арқылы көмірқышқыл газдың (CO_2) атмосфераға тарайтын мөлшерін азайту.

Қазақстанда ДЕҚЖЭК-ін қолданатын энергетиканы дамытуға бағытталған *арнаулы заңдар мен Президенттің жарлығы қабылданған*:

1) «Қайта жаңғыратын энергия көздерін қолдануды қолдау»: бек.: 4 шілде, 2009 жыл, № 16-IV;

2) «Энергия үнемдеу және энергияның тиімділігін артыру туралы»: бек.: 13 қаңтар, 2012 жыл, № 541-IV;

3) ҚР Президентінің жарлығы. «Қазақстан Республикасының «жасыл экономикаға» көшуі бойынша Концепция»: бек.:30 мамыр, 2013 жыл, № 577;

4) «Мемлекеттің 2030 жылға дейін дамуының Стратегиясы»;

5) «Энергетиканы 2030 жылға дейін дамытудың Мемлекеттік бағдарламасы» ДЕҚЖЭК қолдануды дамытуды қарастырады**:** Оңтүстік және Шығыс аймақтарда қуаттары 1460 МВт болатын гидростансаларды іске қосу, 2015 жылға дейін жалпы қуаты 300 МВт тең 520 жел электр стансасын, оның ішінде Жоңғар қақпасында пилоттық жел электр стансасын салу; күндік түрлендіргіштерді пайдалану, ыстық сумен қамтамасыз ету және жылыту үшін күндік коллекторлар мен жылулық сорғыштарды қолдану.

Дәріс №2. Күнді электр энергиясының көзі ретінде қолдану. Күндік термоэлектрлік және фотоэлектрлік түрлендіргіштер

Дәрістің мазмұны: күн сәулесінің жалпы сипаттамасы, күндік энергетикалық қондырғыларды топтастыру, күндік термоэлектрлік және фотоэлектрлік түрлендіргіштер.

Дәрістің мақсаты: күн энергиясының энергетикалық мүмкіндіктерін, оны электрлік энергияға түрлендіру тәсілдері мен құрылғыларын білу.

Күн сәулесінің жалпы сипаттамасы. 1996 жылы күн энергиясының мәселелері бойынша Бүкіләлемдік кездесуде (Хараре қ, Зимбабве) «Бүкіләлемдік күндік бағдарлама» және «Күн энергетикасы және тұрақты даму туралы Хараре Декларациясы» қабылданды. Бұл халықаралық құжаттарда күн энергиясы өндірісті, тұрмысты энергиямен қамтамасыз етуде, табиғи ресурстарды сақтауда және қоршаған ортаның ластануын азайтуда көрнекті роль атқару керек екендігі атап айтылған.

Күн – Жерге ең жақын жұлдыз, радиусы 696 мың км тең плазмалық шар. Жерден 149 млн км қашықта орналасқан. Күннің жарықтық қуаты $3{,}86\cdot10^{23}$ кВт, беткі қабатындағы температура 6000 К шамасында, химиялық құрамы: сутегі - 90 % шамасында, гелий – 10 %, басқа элементтер – 0,1 % аз.

Күндегі энергия көзі – оның температурасы 15 млн градусқа жуық орталық обылысында сутегінің гелийге ядерлық түрленуінің нәтижесі. Энергия Күн қойнауынан беткі қабатқа сәулелену арқылы, онан кейін қалыңдығы шамамен шардың 0,2 радиусына тең сыртқы қабатқа конвекция арқылы жетеді. Плазманың конвективті қозғалысы фотосфералық грануляцияны – күндегі дақтарды тудырады. Күндегі плазмалық үрдістердің белсенділігі периодты – әрбір 11 жыл сайын өзгереді. Күннен Жерге келетін сәуленің қуаты $2\cdot10^{17}$ Вт жуық**.**

Күннің сәулесінің спектрін үш топқа бөлуге болады: ультракүлгін сәулелер (толқын ұзындығы 0,4 мкм дейін, қарқындылығы 9 %); көрінетін сәулелер (толқын ұзындығы 0,4 мкм ден 0,7 мкм дейін, қарқындылығы 45

%); инфрақызыл (жылулық) сәулелер (толқын ұзындығы 0,7 мкм артық, қарқындылығы 46 %).

Сәулеңуді сандық бағалау үшін «қарқындылық» $E_к$ [Вт/м^2] деп аталатын шама қолданады**.** *Қарқындылық –* сәулелерге перпендикуляр Жердің 1 шаршы метр ауданына 1 секундта келетін қуат.

Күн сәулесі атмосферадан өткен кезде әлсірейді, өйткені сәулені бұлттар, озон, шаң, күл, түтін және аэрозолдар бөлшектері бойына сіңіреді және жарық ағынын газдардың молекулалары жан-жаққа шашыратады.

Жарықты мұндай сіңірулерді «*атмосфераның оптикалық тығыздығы немесе атмосфералық масса (АФМ)»* деген ұғым арқылы сипаттайды.

Атмосфералық масса нөлге тең болғанда (АФМ 0 болғанда) атмосфераның жоғарғы шекарасында және ғарыштық кеңістікте күн сәулесінің қарқындылығы $E_к$ = 1360 Вт/м² тең болады.

АФМ 1 мәні Күн зенитте орналасқан кезде теңіз деңгейінен жоғары таза бұлтсыз аспанның оптикалық тығыздығына сәйкес келеді.

Атмосфералық массаның стандарттық мәні ретінде АФМ 1,5 саналады, бұл $\theta = 41°49'$ болғанда $E_к$ = 835 Вт/м² тең болатын шама.

Оптикалық жиіліктер диапазонында электромагниттік сәулеленудің кванттық сипаты білінеді**.** Электромагниттік сәулеленудің кванты – *фотон – тыныштықтағы массасы нөлге тең және жылдамдығы жарықтың жылдамдығы тең элементарлық бөлшек.*

Оның электрлік заряды, магниттік моменті болмайды. Фотондар энергиясы *hν=[эВ]* толқын ұзындығы **λ** болғанда

$$h\nu = hc/\lambda = 1{,}24/\lambda, \qquad (2.1)$$

мұндағы h=6,63·10^{-34} Дж·с – Планк тұрақтысы;

c= 2,99·10^8 м/с - жарық жылдамдығы;

λ – толқын ұзындығы, мкм.

Электрон-вольт – потенциалдар айырымы 1 В тең екі нүктенің арасында электронды жылжытуға керек жұмыс, 1 эВ =1,6·10^{-19} Дж.

Толқынның шекаралық ұзындығы – бұл фотоэлементтің тиым салынған зонасы E_g тең материалдың осы ұзындықтан бастап фотонды сіңіре бастайтын ұзындық: $\lambda_ш$= 1,24/ E_g.

Жартылай өткізгіш ұзын толқынды сәулелерді сіңіріле алмайды, яғни фотоэлектрлік түрлендіру тұрғысынан бұл сәулелер пайдасыз.

Жер бетіне түсетін күн сәулелерінің белсенділігі көптеген факторларға байланысты: қарастырылатын аймақтың ендігі мен бойлығына байланысты; географиялық және климаттық ерекшеліктеріне байланысты; атмосфераның жағдайына байланысты; күннің горизонттан биіктігіне байланысты; Жердегі күн сәулесінің қабылдағышының орналасуына байланысты.

Жер бетіне жететін жалпы күн сәулесі, әдетте, үш құраушыдан тұрады:

1) *тікелей күндік сәулеленуден* – қабылдағышқа Күннен түсетін параллель сәулелерден;

2) *диффузиялық немесе шашыраңқы күндік сәулеленуден* - атмосфералық газдар мен аэрозолдардан шағылысып келетін сәулелер;

3) жер бетінен *шағылысқан күндік сәулеленуден*.

Күндік энергетикалық қондырғыларды (КЭҚ) топтастыру. Күннің энергиясын Жерде қолдану күндік энергетикалық қондырғылар арқылы жүзеге асырылады. Оларды мынадай белгілер арқылы топтастырады:

- күннің энергиясын басқа энергияға түрлендірудің түрі бойынша – *жылулық және электрлік*;
- күн энергиясын жинақтау бойынша – *концентраторы бар және концентраторы жоқ қондырғылар;*
- техникалық күрделілігі бойынша – *қарапайым* (су қыздырғыштар, кептіргіштер, қыздыру пештері және т. б.) және *күрделі қондырғылар*.

Күрделі күндік энергетикалық қондырғаларды өз кезегінде екі топқа бөлуге болады. *Бірінші топ қондырғылары* күн энергиясын жылуға түрлендіруге негізделген. Мұндай қондырғыларға мұнаралық күндік электр стансасы, күндік көлдер, параболоцилиндрлік концентраторы бар КЭҚ, оның ішінде, су қыздыруға арналған күндік коллекторлар.

Екінші топ қондырғылары күн энергиясын тікелей электр энергиясына фотоэлектрлік құрылғылар арқылы түрлендіруге негізделген. Осылардың ішінде келешегі зор энергетикалық қондырғылар ретінде *күндік коллекторлар және күндік фотоэлектрлік түрлендіргіштер* саналады.

Термоэлектрлік түрлендіргіштер. Күннің жылу энергиясын тікелей электр энергиясына түрлендіру 1821 жылы ашылған Зеебектің эффектісіне негізделген. Егер химиялық құрамы әртүрлі екі өткізгіштің ұштарын біріктіріп дәнекерлесе және бұл ұштарды температурасы әртүрлі ортаға қойса (2.1 сурет), онда олардың арасында жылулық *электр қозғаушы күш* (*ЭҚК) пайда болады*:

$$E = \alpha(T_1 - T_2), \qquad (2.2)$$

мұндағы T_1 – біріккен ыстық ұштардың абсолюттік температурасы;

T_2 – біріккен суық ұштардың абсолюттік температурасы;

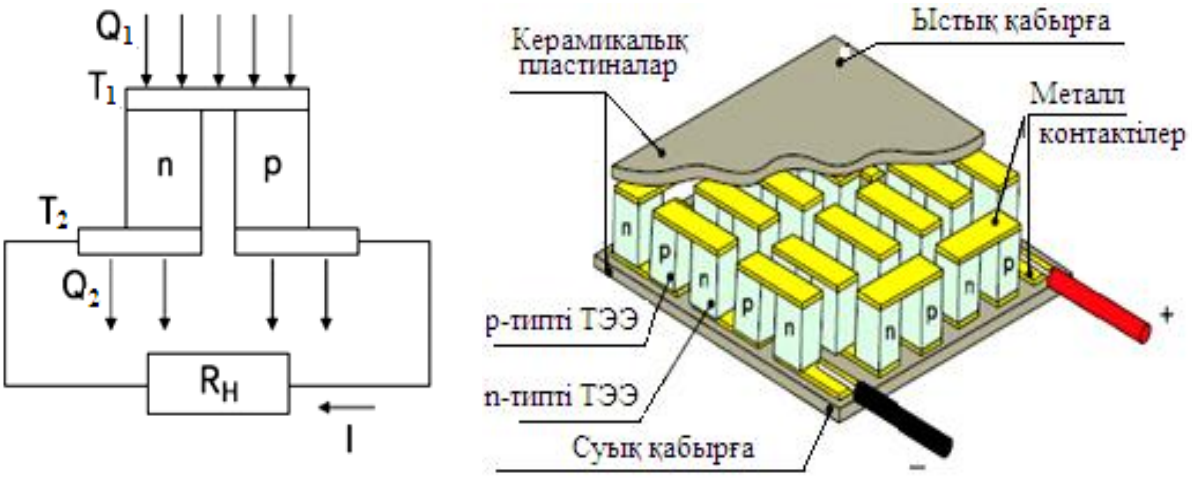
α –пропорционалдық коэффициент.

Идеал түрлендіргіштің пайдалы әсер коэффициенті (ПЭК) толықтай ыстық және суық ұштардың абсолюттік температураларымен анықталады.

Нақты түрлендіргіштердегі өткізгіштердің кедергісінің болуы нәтижесінде қоршаған ортаға жылу берілу (жылулық шығын) орын болады. Сондықтан нақты ПӘК:

$$\eta = \eta_{оэ}\frac{(T_1 - T_2)}{T_1}, \qquad (2.3)$$

мұндағы $\eta_{оэ} < 1$- түрлендіргіштің салыстырмалы электрлік ПӘК-і.



2.1 сурет – Термоэлектрлік түрлендіргіштің құрылысы

Металдық термоэлектродтарды қолданғанда ПӘК мәні өте аз – проценттің жүздік бөлігінен аспайды. *Жартылай өткізгіштік термоэлектродтарды* қолданғанда ПӘК 10 % дейін көбейеді**.**

Ыстық ұштары күн сәулелерімен қыздырылатын жартылай өткізгіштік термоэлектрлік генераторлар тізбектей жалғанады. Мұндай генераторларды аз қуат пайдаланатын тұтынушылар (маяктар және т.б.) үшін энергия көзі ретінде қолданылады.

Кең тараған термоэлектрлік генераторлардың максимал жұмыстық температурасы – 200 °С...250 °С. Олардың кернеуі 2 В, тогы 1 А, ал қуаты 2 Вт шамасында болады.

Фотоэлектрлік түрлендіргіштер (ФЭТ). Фотондар барлық элементарлық бөлшектермен электромагниттік түрде әрекеттеседі, нәтижесінде сәулелену, энергияны сіңіру және шашырату сияқты үрдістер орын алады. Кейбір жартылай өткізгіштерде фотондардың ағынының әрекеті нәтижесінде *ішкі фотоэффект* пайда болады, яғни зарядталған бөлшектердің байланысқан күйден еркін күйге көшіп, *p-n* өткелінде жинақталуы жүзеге асады. Бұл жартылай өткізгіш элементтің беттерінде потенциалдар айырымын тудырады.

Вентильдік фотоэффект немесе фотоэлектрлік эффект – екі әртектес жартылай өткізгіштердің (немесе жартылай өткізгіш пен металл) түйіспесі (контактысы) бар жүйеде оптикалық диапазондағы сәулелердің кванттарын (фотондарын) сіңіру нәтижесінде *электр қозғаушы күштің* (ЭҚК) пайда болу құбылысы.

Фотоэлемент - фотондардың энергиясын электр энергиясына түрлендіретін электрондық аспап. Аспаптың жұмыс істеу принципі *фотоэлектрондық эмиссияға* немесе *ішкі фотоэффектіге* негізделген.

Күн энергиясын электр энергиясына түрлендіретін, энергетикалық тұрғыдан тиімді құрылғылар ретінде *жартылай өткізгіштік фотоэлектрлік түрлендіргіштер* саналады, өйткені мұнда тікелей, бір сатылы түрлендіру орын алады. Қазіргі кезде жасалып жатқан фотоэлементтердің ПӘК орташа

мәні 16 %...18 %, ал ең таңдаулы нұсқаларынікі 25 % дейін жетеді. Зертханалық жағдайда ПЭК мәні 43,5 %...44,7 % дейін жетті.

Жартылай өткізгіштер жасайтын материалдар. Фотоэлектрлік эффект әртекті жартылай өткізгіштік құрылымында (яғни өткізгіштіктері әртүрлі болатын екі жартылай өткізгіштерден тұратын фотоэлементте) күн сәулесі әсер еткенде пайда болады.

Бұл эффект пайда болуы үшін арнаулы материалдар – *жартылай өткізгіштер* қолданылады. Олар екі түрлі болады: *р-өткізгіштікті және n-өткізгіштікті.* Ал *n*-өткізгіштік материалда *электрондардың көптігін* білдірсе**,** *р*-өткізгіштік олардың аздығын білдіреді.

ФЭТ-тің әртекті жартылай өткізгіштік құрылымын мынадай тәсілдермен алуға болады:

- бір жартылай өткізгішке әртүрлі қоспалар қосу арқылы (мысалы, кремнийге фосфор қосу арқылы *n-өткізгіштікті***,** кремнийге бор қосу арқылы *р-өткізгіштікті*);

- тиым салынған зоналары бір келкі емес әр түрлі жартылай өткізгіштерді қосу арқылы (гетереөткелдер жасау);

- тиым салынған зона градиенті пайда болуын қамтамасыз ету үшін жартылай өткізгіштің химиялық құрамын өзгерту арқылы.

ФЭТ жасауға қолданылатын материалдар (ПӘК азаю реті бойынша):

- *галлий арсениді* (қатты, ауыр модуль, ПӘК – 10 %...25 %, жұмыстық температурасы +150 °С дейін, спектр – «көрінетін» сәулелер);

- *монокристалды кремний және поликристалды кремний* (қатты, ПӘК – 12 %...20 %, ол +25 °С бастап қызған сайын - 0.45 %/°С азаяды, спектр – «көрінетін сәуле + инфрақызыл сәуле»);

- *аморфты кремний* (жұмсақ, ПӘК – 5 %...10 %, спектр – «ультрофиолет сәуле + көрінетін сәуле»);

- *сульфид-кадмийлік* (жұқа қабыршықты, жұмсақ илгіш, ПӘК– 5 %...10%, жұмыстық температура +100 °С дейін, спектр – «ультрофиолет сәуле + көрінетін сәуле»);

- *CIGS* – мыстың, индийдің, галийдің және селеннің қоспалары.

Галлий арсенидінің негізгі кемшілігі – бағасының өте қымбаттығы.

Кремний осы уақытқа дейін фотоэлемент жасайтын негізгі материал болып саналады. Оның қоры өте мол. Бірақ оны қолданудағы өте үлкен мәселе - оны тазалау, сондықтан таза кремний өте қымбат тұрады.

Мыстың, индийдің, галийдің және селеннің қоспалары және органикалық материалдар фотоэлементтер үшін келешегі бар материалдар болып саналады.

Кремний негізінде фотопанельдің үш түрі жасалады:

а) *монокристалдан жасалған*. Оны жасау үшін бір тектес құрылымды монокристалды өндіреді. Мұндай фотоұяшықтардың беті біркелкі тегіс болады, сондықтан күн сәулелерін жақсы сіңіреді. Бұлардың ПӘК-і басқа түрлерге қарағанда жоғары, бірақ бағасы қымбаттау. Бұл ұяшықтар бұрыштары кесілген квадраттар немесе көпбұрыштар тәрізді болып келеді;

б) *поликристалдан жасалған*. Бұл ұяшықтар әр тектес поликристалды құрылымды болады. Бұлардың жарық сәулесін сіңіру деңгейі біршама төмен, өйткені олардың біркелкі емес беті жарық сәулелерінің біраз бөлігін шағылыстырып, кері қайтарады;

в) *жұқа қабыршықтан (пленкадан) жасалған*. Мұндай күндік батереялардың жұмыс істеу принципі кристалдан жасаған фотобатереялардың жұмыс істеу принципіне ұқсас. Бірақ олар иілгіш ұяшықтар түрінде жасалады және оларды қисық қабырғаларға орналастыруға болады. Бұл фотобатереяларды жасау арзандау және олар айтарлықтай тиімді. Бірақ тұрмыста сирек қолданады, өйткені кристалды фотобатереяларға қарағанда үлкен ауданды (шамамен 2,5 есе) қажет етеді.

Поликристалды жұқа қабыршықтардың күндік энергетика үшін маңызы зор. Әсіресе, мыс пен индийдің диселенидінің ($CuInSe_2$) күн сәулесін сіңіру қабілеті өте жоғары – жарықтың 99 % бірінші микронда сіңіріледі (рұқсат етілмеген зонаның ені – 1,0 эВ).

Күндік элементтердің арасында *органикалық материалдарды қолданатын* фотобатереялар ерекше орын алады. Органикалық бояумен боялған титанның диоксидынан жасалған күндік элементтердің ПӘК-і айтарлықтай жоғары, 11 % жуық.

Кадмий теллуриды (CdTe) – фотобатереялар жасауға қолданылатын тағы бір материал. Оның рұқсат етілмеген зонасының ені идеал деуге болады (1,44 эВ) және сәуле сіңіру қабілеті өте жоғары. CdTe қабыршықтарын жасау әжептеуір арзан. Сонымен қатар, Zn, Hg және басқа элементтер қосылған CdTe әртүрлі қорытпаларын (алдын-ала қасиеттері белгіленген) өндіру технологиялық жағынан қиын емес.

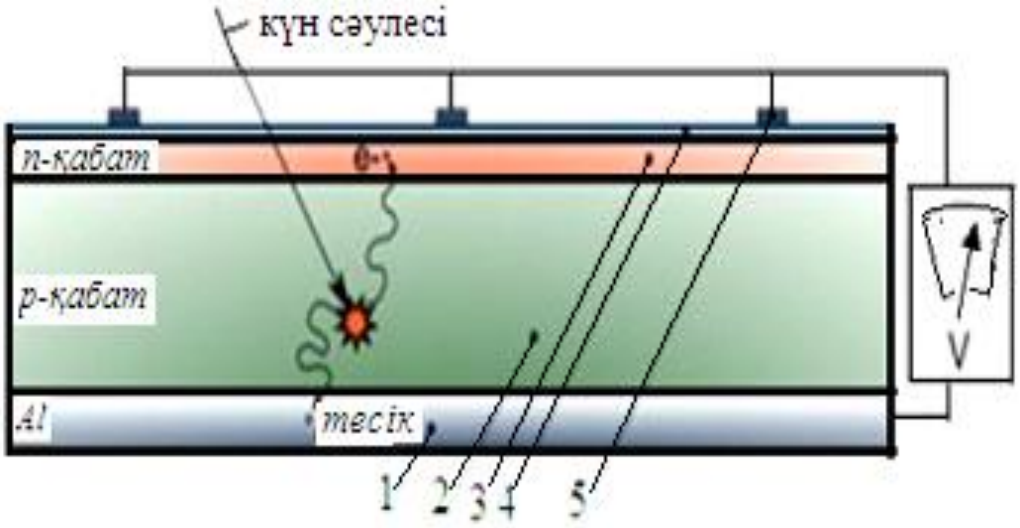
Әлемде ең бірінші фотоэлемент 1883 жылы Чарльз Фриттсдың зертханасында жасалды. Ол алтынмен қапталған селеннен жасалған, оның ПӘК-і өте төмен (1 % шамасында). «Bell Telephone» компаниясында бірінші кремнийлік фотоэлемент жасалды.

Фотоэлементтің құрылысы және жұмыс істеу принципі. Жартылай өткізгіштер негізіндегі фотоэлемент алюминийлік табаннан, өткізгіштігі әртүрлі екі қабаттан, қорғаушы шыныдан және теріс электродтардан тұрады (2.2 сурет). Сыртқы тізбекке қосу үшін қабаттардың әртүрлі жақтарына контактылар жалғанады. Катодтың ролін *n-өткізгіштікті қабат*, ал анод ролін *p-өткізгіштікті* қабат орындайды.

Бір монокристалда *p*- және *n*-типті жартылай өткізгіштерді жанастырған кезде *n*-типті жартылай өткізгіштен *p*-типті жартылай өткізгішке қарай қозғалатын электрондардың диффузиялық ағыны және *p*-типті жартылай өткізгіштен *n*-типті жартылай өткізгішке бағытталған «тесіктер» ағыны пайда болады. Нәтижесінде *p-n өткел* маңындағы *p*-типті жартылай өткізгіштің біраз бөлігі теріс зарядталады, ал *p-n өткел* маңындағы *n*-типті жартылай өткізгіштің біраз бөлігі оң зарядталады. Осылайша, *p-n өткел* маңында зарядталған қос қабат пайда болады. Бұл пайда болған қос қабат электрондар мен тесіктердің диффузиясынының одан әрі жүруіне кедергі

жасайды. Нәтижесінде тепе-теңдік жағдай орын алады. Сонымен жарық фотоэлементке түспеген кезде *p-n өткел аумағында потенциальдық барьер* пайда болады. Одан өту үшін *n*-типті жартылай өткізгіштің электрондары және *p*-типті жартылай өткізгіштің тесіктері қосымша энергия жұмсауы керек.

Жартылай өткізгішке жарық түскен кезде электрондық-тесіктік жұптар пайда болады. Ток тасығыштарды бөлектеу үшін және ЭҚК пайда болу үшін қосымша күш болу керек. Сан жағынан тең емес ток тасығыштарды *p-n өткел* аумағында бөлектеу тиімді. *p-n өткел* аумағында пайда болған «негізгі емес» тасығыштар (*n*-типті жартылай өткізгіштегі тесіктер мен *p*-типті жартылай өткізгіштегі электрондар) *p-n* өткеліне ығысады да, ол жерде оларды p-n өткелінің өрісінің әрекеті нәтижесінде олар негізгі ток тасығыш болып саналатын жартылай өткізгішке жеткізеді: электрондар *n*-типті жартылай өткізгішке, ал тесіктер *p*-типті жартылай өткізгішке өтеді. Нәтижесінде *p*-типті жартылай өткізгіш артық оң заряд, ал *n*-типті жартылай өткізгіш артық теріс заряд жинақталады. Бұл *n*-қабат пен *p*-қабат арасында потенциалдар айырымын – *фотоЭҚК-ін* немесе *бос жүріс режимі кезіндегі кернеуді* тудырады.



1 – Алюминийлік табан (табан электрод); 2 – кремнийлік *p*-қабат;
3 – *n*-қабат; 4 – қорғаушы шыны; 5 – теріс электрод.

2.2 сурет - Фотоэлемент құрылысы

ФотоЭҚК мәні жарықтың қарқындылығының логарифміне тура пропорционал өседі.

Жарық түскен *p-n* өткелдің *қысқаша тұйықталу режимі* кезінде электр тізбегі арқылы ток жүреді. Бұл ток жарықтану деңгейіне тура пропорционал және пайда болған электрондар-тесіктер жұптар санына байланысты.

Электрлік тізбекке пайдалы жүктеме қосқан кезде**,** ток біршама азаяды. Әдетте *пайдалы жүктеменің кедергісін онда максималды қуат бөлінетіндей етіп таңдайды*.

Дәріс №3. Фотоэлементтердің жұмыс режимдері және сипаттамалары. Күн энергиясын электр энергиясына термодинамикалық түрлендіру

Дәрістің мазмұны: фотоэлементің жұмыс режимдері, оның вольт-амперлік және жүктемелік сипаттамалары, Күн энергиясын электр энергиясына термодинамикалық түрлендіру, күндік электр стансалар.

Дәрістің мақсаты: Фотоэлементтердің жұмыс режимдері мен сипаттамаларын, термодинамикалық түрлендіруге негізделген күндік электр стансаларды білу.

Фотоэлементің жұмыс режимдері, вольт-амперлік және жүктемелік сипаттамалары. Жарық тудырған ток тасығыштар ағыны *фототок* $I_ф$ құрайды. $I_ф$ мәні уақыт бірлігі ішінде өткен ток тасығыштар санымен анықталады:

$$I_ф = g\frac{P_u}{h\nu}, \qquad (3.1)$$

мұндағы q – электронның зарядының мәні;

P_u – фотоэлемент сіңірген жарық қуаты;

$h\nu$ – фотон энергиясы.

Бұл жерде энергиясы E_g тең әрбір жұтылған фотон бір электрондық-тесіктік жұп тудырады деп болжайды. Бұл шарт кремний негізіндегі күндік элементтер үшін жақсы орындалады.

Күндік элементтің *қысқаша тұйықталу режимі* кезінде және ішкі омдық шығын нөлге тең болған жағдайда *p-n* өткеліндегі кернеуі нөлге тең, сондықтан *қысқаша тұйықталу тогы* $I_{қт}$ фототокқа тең: $I_{қт} = I_ф$.

p-n өткелінің сыртқы тізбегі тұйықталмаған кезде (*бос жүріс режимі*) фотоэлектрондар *n*-қабатқа өтіп, онда жинақталады және теріс зарядтайды. *p*-қабатта қалған артық тесіктер бұл обылысты оң зарядтайды.

Осылайша пайда болған потенциалдар айырымы *бос жүріс кернеуі* $U_{бж}$ деп аталады.

Бос жүріс режимі кезінде фототок «қараңғылық» токқа $I_қ$ тең. «Қараңғылық» токтың абсолюттік мәні:

$$I = I_0 exp\left[\left(\frac{gU_{бж}}{AkT}\right) - 1\right] = I_ф, \qquad (3.2)$$

бұдан $I_ф » I_0$ болғанда:

$$U_{бж} = \frac{AkT}{g} ln\left(\frac{I_ф}{I_0} + 1\right) \approx \frac{AkT}{g} ln\frac{I_ф}{I_0}, \quad (3.3)$$

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

T – абсолюттік температура, К;

I_0 – қанығу тогы;

A – *p-n*-өткелінің вольт-амперлік сипаттамасының параметрі, ол 1-ден 2-ге дейін төменгідей заңдылықпен өзгереді:

$$A = 0{,}434 \frac{g}{kT} \Delta U, \quad (3.4)$$

мұндағы ΔU – токтың тығыздығы өскен кезде кернеудің өсуі.

«Қараңғылық» ток негізгі емес ток тасығыштардың рекомбинациясы нәтижесінде пайда болады. Рекомбинация кезінде электрондық-тесіктік жұптардың потенциалдық энергиясы фотондардың сәулеге айналу арқылы бөлінеді немесе кристалдақ тордың қызуына жұмсалады.

Осылайша, *күндік элементтің бос жүріс режимі* жарықтық диодтың жұмыс режиміне сәйкес, сонымен қатар, түзеткіш диодтың өткізу жұмыс режиміне сәйкес.

Фотоэлемент сыртқы жүктемеге қосылған кезде фототок $I_ф$ кернеудің оң бағыты кезінде *p-n* өткелінінің «қараңғылық» тогынан алынады, ал кернеудің теріс бағыты кезінде оған қосылады.

Фотоэлементтің вольт-амперлік сипаттамасының өрнегі мына түрде жазылады:

$$I = I_0 \left[exp\left(\frac{gU}{AkT}\right) - 1\right] - I_ф. \quad (3.5)$$

Кедергісі өзгеретін жүктемеге *p-n* өткелін қосуды қарастырайық. Жүктеме арқылы жүретін токтың бағыты фототоктың бағытымен әркез сәйкес болады, *ал жүктеменің тогы* $I_ж$ *p-n* өткелі арқылы өтетін қорытынды токқа тең. $I_ф$ тогының бағытын оң бағыт деп алсақ, онда $I_ж$ үшін мына өрнекті жазуға болады:

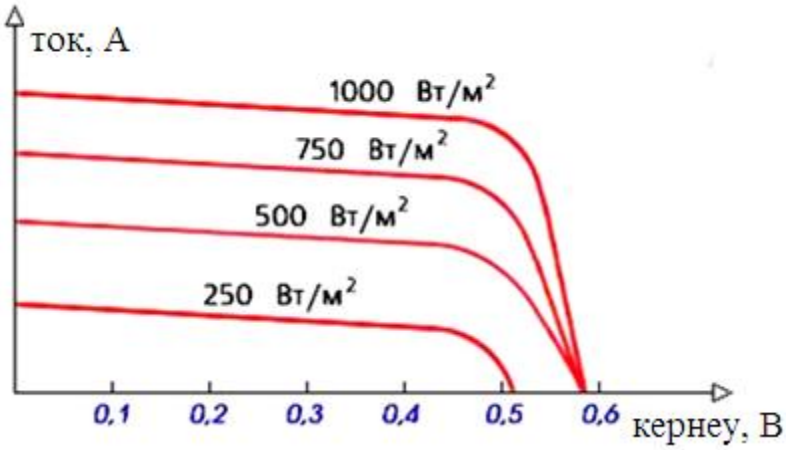
$$I_ж = I_ф - I_0 \left[exp\left(\frac{gU_ж}{AkT}\right) - 1\right], \quad (3.6)$$

мұндағы $U_ж$ – жүктемедегі кернеу, ол *p-n* өткеліндегі кернеуге тең.

Соңғы (3.6) өрнегі жарық түсіп тұрған *фотоэлементтің жүктемелік вольт-амперлік сипаттамасын* өрнектейді.

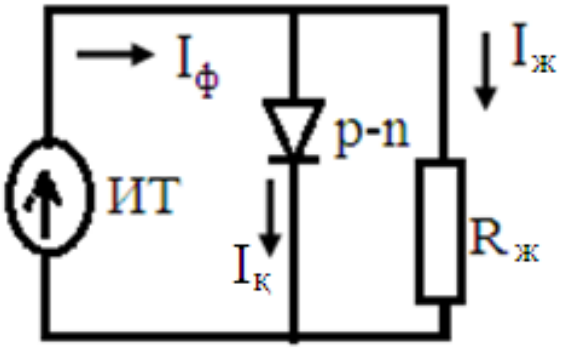
Жүктемелік вольт-амперлік сипаттаманың параметрлері белгілі болса

және мәні берілсе, онда $I_{ж}$ және $U_{ж}$ мәндерін біртіндеп, жуықтау тәсілі бойынша анықтайды (3.1 сурет).



3.1 сурет – Жарық ағынының қуаты әр түрлі болған кездегі фотоэлементтің вольт-амперлік сипаттамалары

Жарық түсіп тұрған фотоэлементтің *p-n* өткелін балама (эквиваленттік) электрлік сұлба ретінде көрсетуге болады. Бұл сұлбадағы ток көзі *p-n* өткелінің кернеуіне тәуелді емес фототокты, ал диод жарық түспеген кездегі *p-n* өткелін білдіреді (3.2 сурет). Жүктеменің кедергісі $R_{ж}$ өзгерген кезде фототоктың жүктеме арқылы өтетін бөлігінің мәні және *p-n* өткелі арқылы өтетін бөлігінің мәні өзгереді.



3.2 сурет – Фотоэлементтің балама (эквивалентті) электрлік сұлбасы

Жүктемеде бөлінетін электрлік қуат:

$$P = I_{ж}U_{ж} = I_{ф}U_{ж} - I_{ф}U_{ж}exp\left(\frac{gU_{ж}}{AkT}\right). \quad (3.7)$$

Қысқа тұйықталу және бос жүріс режимдері кезінде P=0, өйткені $I_{ж}$ немесе $U_{ж}$ нөлге тең болады.

Өзара біріктірілген фотоэлектрлік түрлендіргіштер күндік батереяны құрайды. Тізбектей және параллель жалғанған ұяшықтар (мысалы, 36 ұяшықтар) модульдерді құрайды. Өз кезегінде модульдер қуаты бірнеше ваттан жүздеген киловаттқа дейін жететін панельдер құрайды. Олар өндірген тұрақты ток аккумуляторлық батереяны зарядтауға жұмсалады, одан әрі инвертор арқылы стандарттық айнымалы токқа түрлендіріліп, тұтынушыға беріледі.

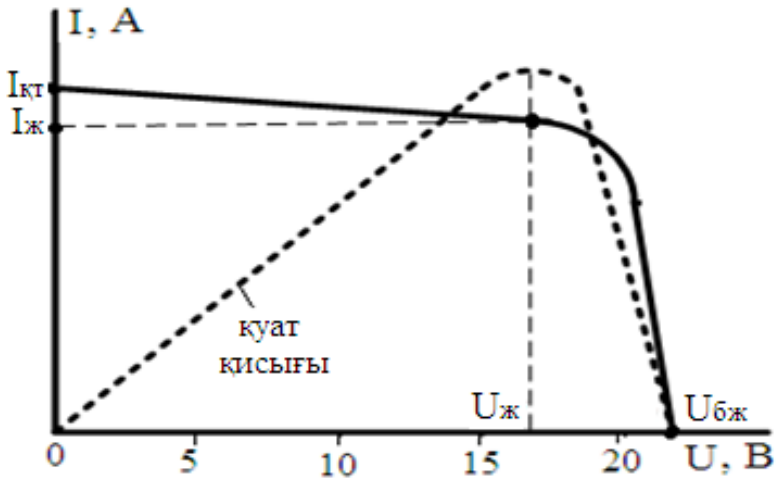
Фотоэлементтің негізгі электрлік параметрлері. Бір элемент өндіретін *бос жүріс кернеуі* элементтің өлшемдеріне тәуелді. Токтың мөлшері жарықтың қарқындылығына және элементтің жарықтанатын өлшемдеріне байланысты.

3.3 суретте фотоэлементтің жүктемелік сипаттамасы көрсетілген. Фотоэлементтің қуаты кернеу 0,47 В болған кезде максимал мәніне жетеді. Сондықтан фотоэлементтің сапасын дұрыс бағалау үшін оны шығыстық кернеу 0,47 В болатындай етіп жүктемелеу керек.

Жеке фотолементтің *электрлік параметрлері* стандарттық жағдай кезіндегі вольт-амперлік сипаттамалар түрінде көрсетіледі. Стандарттық жағдайда жарықтық 1000 Вт/м^2, температура 25 ^{o}C, АТМ 1,5 (45^o бойлықтағы күн спектрі) тең етіп алынады.

Тұрмыстық мақсатта қолданылатын, номиналды кернеуі 12 В аккумуляторлық батареяларды зарядтау үшін фотоэлектрлік стансаларда қолданған кезде 36 фотоэлементті тізбектей жалғайды.

Максимал қуатқа сәйкес келетін фотоэлементтің кернеуін *максимал қуат кернеуі (жұмыстық кернеу - $U_ж$)* деп, ал токты - *максимал қуат тогы (жұмыстық ток - $I_ж$)* деп атайды (3.3 сурет). 36 фотоэлементтерден тұратын модульдің жұмыстық кернеуі температура 25^{o}C болғанда 16 В …17 В (әр элементке 0,45 В….0,47 В) болады.



3.3 сурет - Фотоэлементтің жүктемелік сипаттамасы

Фотоэлементтердің жұмысының маңызды көрсеткіші олардың *температуралық режимі* болып саналады.

Ұзын толқынды инфрақызыл сәулелер фототок тудырмайды, олар тек фотоэлементті қыздырады. Фотоэлемент 25 ^{o}C жоғары бір градусқа қызса, онда кернеу 0,002 вольтқа кемиді (яғни 0,4 %/^{o}C). Ашық күндері фотоэлементтер 60 ^{o}C...70 ^{o}C дейін қызады, бұл жағдайда әрқайсысы 0,07 В...0,09 В жоғалтады. Фотоэлементтердің ПӘК-терін есептік деңгейде тұрақтандыру үшін элементтерді су немесе ауа арқылы суыту қолданады. Әдетте, фотоэлементтің ПӘК-і 10 %...18 % аралағында болады. Өлшемдері 100 мм×100 мм фотоұяшық стандарттық жағдайда 1 Вт...1,6 Вт өндіреді.

Модулдің бос жүріс кернеуі оның жарықтануына тәуелділігі аз деуге болады, ал бірақ жұмыстық ток жарықтануға тура пропорционал. Белгілі бір период ішінде қуаты P_w болатын модульдің өндіретін энергия мөлшері:

$$W = k\,P_w\,E\,/\,1000, \qquad (3.8)$$

мұндағы E – белгілі бір период ішінде инсоляцияның (түскен сәуленің энергиясы) мәні;

k – фотоэлементтің қызған кезде қуатының азаюын және модульге түсетін сәулелердің түсу бұрышын есепке алатын коэффициент, жазда 0,5 тең, ал қыста 0,7 тең.

Күндік электр стансалардың ПӘК-терін жоғарлату тәсілдері:

- күн жүрісін қадағалаудың автоматтандырылған жүйесін қолдану, ол күн сәулесінің фотоэлектрлік панелдерге перпендикуляр түсуін қамтамасыз етеді, бірақ бұл қондырғыларды қолдану қымбат;

- күн сәулесінің шоғырланғыштарын (концентраторларын) қолдану, бірақ бұл жағдайда фотопанелдерді суытуды қамтамасыз етуге тура келетіндіктен қондырғы күрделі болады;

- жаңбыр мен қар, шаң мен бұршақ фотоэлементтердің өндіретін энергияның мөлшерін азайтады, олардың активті бөлшектерін сындыру қаупін тудырады. Сондықтан фотоэлектрлік панелдердің бетін тұрақты түрде тазалап тұру керек.

Фотоэлектрлік жүйелерді (ФЭЖ) қолдану. ФЭЖ-ді қолданған кезде автономды тұтынушы энергиямен қамтамасыз етіледі немесе өндірілген энергияны электр энергиясын таратушы жүйеге береді.

Жартылай өткізгіштік ФЭЖ ең алдымен оның бағасының қымбаттылығы маңызды емес жүйелерде (жердің жасанды серігі, ғарыштық стансалар және т.б.) қолданылды.

Қазіргі кезде фотоэнергетика саласы қарқынды дамуда, әсіресе, фотоэлементтерді өндіру АҚШ, Францияда, Қытайда, Германияда және Жапонияда қатты дамыды. АҚШ-та ауданы 11449 шаршы миль болатын өте қуатты күндік электр стансаның құрылысы басталды.

2015 жылы күн энергиясының үлесі өндіретін энергияның жалпы мөлшерінің 15 %...20 % құрауы керек. Қазір фотоэнергетикалық жүйелер өндіретін энергияның бағасы (20 цент/кВт·сағ....40 цент/кВт·сағ) дәстүрлі

жолмен өндірілген электр энергиясының бағасынан (10 цент/кВт·сағ...20 цент/кВт·сағ) 1,5...2 есе жоғары екендігіне қарамастан бұл нарықтың үлесі 3,5 млрд доллардан асты. Болжам бойынша, 2040 жылдан бастап қайта жаңғыратын энергетиканың үлесі әлемдік энергетикада басымдылыққа ие болады. Фотоэлектрлік жүйелердің бағасы жыл сайын арзандауда, соңғы 10 жылда жыл сайын 4 % арзандап жатыр. Дамып келе жатқан елдерде де фотоэнергетика деген қызығушылық қатты артуда.

Ольмедилья-де-Аларкондағы (Испания, 2008 ж.) фотоэлектрлік стансаның (ФЭС) максимал қуаты 60 МВт құрайды. Әлемдегі ең ірі ФЭС-лардың бірі саналатын Пуэртояно (Испания) ФЭС-ының максимал қуаты 50 МВт (3.4 сурет).

Автономдық объектілерді, фермаларды, ауылдық жерлердегі объектілерді энергиямен қамтамасыз ету үшін фотовольтаика жел энергетикалық қондырғылармен бірігіп, комплекстік энергетикалық жүйелер құрайды (3.5 сурет).

Күн энергиясын электр энергиясына термодинамикалық түрлендіру екі түрге бөлінеді: мұнаралық стансаларды қолдану арқылы және модульдік стансаларды қолдану арқылы. Осы екі түрлі стансаларда *күн энергиясы алдымен будың энергиясына түрлендіріледі де, онан кейін бу турбинасына жалғанған электргенераторы арқылы электр энергиясына түрлендіріледі*.

Күндік электр стансалар (КЭС) мынадай негізгі элементтерден тұрады: оптикалық жүйе (гелиостаттар); бу қазандары (жылу аккумуляторлары); электргенератормен жалғанған бу турбинасы; автоматты басқару жүйесі.

Гелиостаттар әртүрлі пішінді болады: параболоцилиндрлік концентраторлар; параболалық концентраторлар; Френель линзасы; жазық айналар жүйесі.

Solar-1 мұнаралы КЭС-сының (Барстоу, Америка) қуаты 10 МВт, айналардың ауданы -73,2 мың $м^2$, гелиостаттар саны - 1818, бу қазанының биіктігі -14 м, диаметрі -7,2 м, будың температурасы - 560 ^{0}С...1482 ^{0}С (3.6 сурет).

Францияда орналасқан *THEMIS* мұнаралы КЭС-сының қуаты 2,5 МВт, айналардың ауданы – 108 мың $м^2$, гелиостаттар саны - 201, мұнараның биіктігі - 80 м, жылу қабылдайтын беттің температурасы - 505 ^{0}С, ПӘК-і - 16 %.

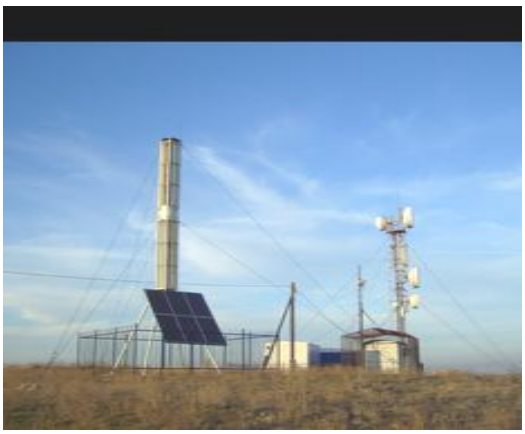
Eurelios мұнаралы КЭС-сының (Сицилия) қуаты 1 МВт, айналардың ауданы - 35 мың $м^2$, , гелиостаттар саны - 182, мұнараның биіктігі - 35 м, жылу қабылдайтын беттің температурасы - 512 ^{0}С, ПӘК-і - 16 % (3.7 сурет).

Қырымда орналасқан мұнаралы КЭС-сының қуаты 5 МВт, мұнараның биіктігі - 70 м, гелиостаттар саны – 1600, будың температурасы – 250 ^{0}С, будың қысымы - 4 МПа.

Израилде орналасқан модульдік КЭС 560 модулден тұрады, әр модульдың ұзындығы - 5,2 м, апертурасы - 2,57 $м^2$ (3.8 сурет).

Параболалық концентраторлардан тұратын модульдік КЭС-лары АҚШ, Францияда, Италияда, Жапонияда, Австрияда жұмыс жасайды. Олардың қуаты бірнеше МВт пен 13,8 МВт аралығында болады (3.9 сурет).

3.4 сурет –Puertollano (Пуэртояно) электр стансасы, қуаты 50 МВт

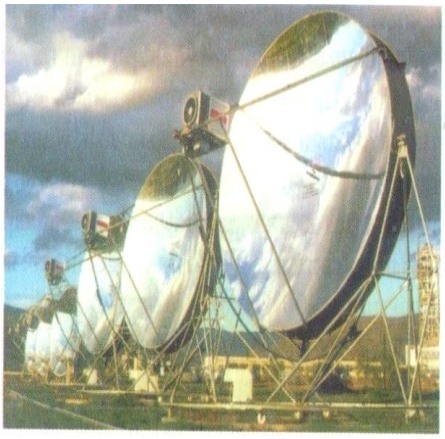


3.5 сурет - Комплекстік энергетикалық жүйе

3.6 сурет - Solar-1 мұнаралық күндік электр стансасы

3.7 сурет - Eurelios мұнаралық күндік электр стансасы

3.8 сурет - Параболоцилиндрлік концентраторлардан тұратын модульдік күндік электр стансасы



3.9 сурет - Параболалық концентраторлардан тұратын модульдік күндік электр стансасы

Дәріс №4. Күнді жылу энергиясының көзі ретінде қолдану. Күндік жазық коллекторлар

Дәрістің мазмұны: күндік жылумен қамтамасыз ету жүйелерін топтастыру және олардың негізгі элементтері, күндік коллекторларды топтастыру және олардың жұмыс істеу принципі, күндік жазық коллекторлар.

Дәрістің мақсаты: күндік жылумен қамтамасыз ету жүйелерінің және күндік коллекторлардың құрылымы мен жұмыс істеу принципін білу.

Күндік жылумен қамтамасыз ету жүйелерін топтастыру және олардың негізгі элементтері. Күндік жылумен қамтамасыз ету жүйелері деп күн радиациясын жылу энергиясының көзі ретінде қолданатын жүйелерді айтады. Олардың басқадай төменгі температуралы жылыту жүйелерден *айырмашылығы* - күн радиациясын сіңіруге және оны жылу энергиясына түрлендіруге арналған *гелиоқабылдағыштың* болуында.

Күн радиациясын қолдану тәсіліне байланысты күндік жылыту жүйелері *пассивті және активті* болып бөлінеді.

Пассивті күндік жылыту жүйелері деп күн радиациясын қабылдайтын элемент (гелиоқабылдағыш) ретінде ғимараттың (үйдің) өзі немесе оның жеке элементтері (*ғимарат-коллектор, қабырға-коллектор,шатыр-коллектор және т.б.*) қолданады.

Активті жүйелерде гелиоқабылдағыш ретінде ғимараттарға қатысы жоқ, өзінше *жеке бөлек құрылғы* қарастырылады.

Активті гелиожүйе бірнеше топқа топтастырылады:

- *қызметі бойынша* (ыстық сумен жабдықтау жүйесі, жылумен жабдықтау жүйесі, жылумен және суықпен қамтамсыз ету мақсатындағы құрама жүйе);
- *қолданылатын жылу тасымалдағыш бойынша* (сұйық, ауалық);
- *жұмыс істеу мерзімі бойынша* (жыл бойы, маусымдық);
- *сұлбаның техникалық шешімі бойынша* (бір, екі және көп контурлы).

Ауа – кең тараған, жұмыстық диапазонда қатпайтын жылу тасымалдағыш. Ауаны жылу тасымалдағыш ретінде қолданған кезде жылыту жүйесін желдету жүйесімен бірге жабдықтауға болады. Бірақ ауа – жылу сыйымдылығы аз тасымалдағыш, сондықтан ауалық жылыту жүйесін жабдықтау үшін сулық жылыту жүйесімен салыстырғанда металл шығыны көп болады.

Су – кең тараған, жылу сыйымдылығы жоғары тасымалдағыш. Егер температура 0 ^{0}С төмен болса суға қатпайтын сұйық қосу қажет. Мұндай гелиожүйелерде металл шығыны айтарлықтай аз, бұл олардың кең қолдануына ықпал етеді. Бірақ оттегімен қаныққан су аппараттар мен құбырлардың коррозиясын тудырады.

Ыстық сумен қамтамасыз етудің (ЫСҚЕ) маусымдық гелиожүйелері бір контурлы етіп жасалады және сыртқы ортаның температурасы оң болатын жаз мезгілінде және өтпелі айларда жұмыс істейді. Олар қызмет ететін

обьектінің арналымы мен эксплуатациялау жағдайларына қарай мұндай гелиожүйелер қосымша жылу көзін қолдануы да мүмкін немесе қолданбауы да мүмкін.

Ғимаратты *жылытудың гелиожүйелері,* әдетте, екі немесе көп контурлы болады, бұл жағдайда әр контурда әртүрлі жылу тасымалдағыш қолданылуы мүмкін (гелиоконтурда – қатпайтын сұйық қосылған су қоспасы, аралық контурларда – су, тұтынушының контурында - ауа).

Жыл бойы ғимаратты жылумен және ыстық сумен қамтамасыз етудің *құрамалы гелиожүйелері* көп контурлы болады және олардың құрамына дәстүрлі жылу генераторлары сияқты қосымша жылу көздері кіреді.

Бір контурлы қондырғылар – гелиоқондырғылардың кең тараған түрі. Жылу тасығыштың айналымы (циркуляциясы) табиғи болатын бір контурлы гелиоқондырғының конструкциясы 4.1 суретте көрсетілген. Қондырғы гелиоколлектормен және бак-аккумулятормен жабдықталған.

Артықшылығы: құрылысы қарапайым, ПӘК-і жоғары. *Кемшілігі:* сыртқы ортаның температурасы теріс болғанда жұмыс істей алмауы (маусымдық жұмыс режимі), суда оттегі ерітіндісі болуынан коррозияның болуы, су сапасына жоғары талаптар қойылады.

Жылу тасығыштың айналымы (циркуляциясы) табиғи болатын екі контурлы гелиоқондырғы екі контурдан тұрады. Бірінші контур күндік коллектордан, ыстық су жинақталатын бактан, бак ішінде орнатылған жылу алмастырғыштан, кеңейту күбісінен, ауа шығарғыштан тұрады. Екінші контур ыстық су жинақтайтын бактан (аккумулятордан), ыстық және суық су құбырларынан, жабу-реттеу арматураларынан тұрады.

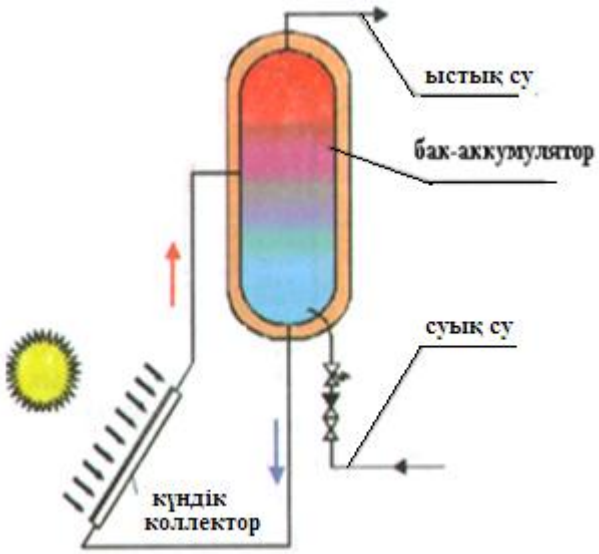
Қондырғының артықшылығы – бірінші контурдағы жылу тасымалдағыштың табиғи айналымын қолдану мүмкіндігі, антифриз арқасында қыс бойы жұмыс жасауы, жұмыс істеу сенімділігі мен қызмет ету мерзімінің артуы. *Кемшілігі:* жылуалмастырғыштың қажеттілігі, қосымша шығындар, бірінші контурдағы жылу тасымалдағышты жиі алмастыру.

Жылу тасығыштың айналымы мәжбүрлі жағдайда өтетін екі контурлы гелиоқондырғы жоғарыда аталған қондырғыға ұқсас, тек мұнда бірінші контур қосымша сорғышпен (насос) стансамен, басқару қалқанымен, жылу реттегішпен, манометрмен, сақтандырғыш клапанмен және реттеуші арматурамен жабдықталған (4.2 сурет).

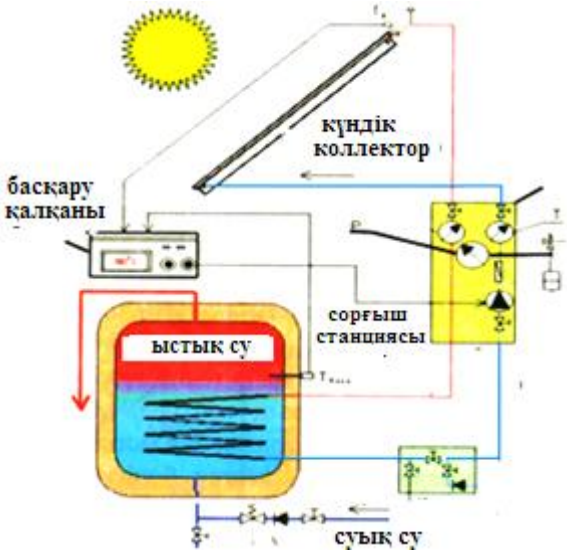
Бұл қондырғының артықшылығы:

- мәжбүрлік айналымның әсерінен гелиоколлектордың жылу сіңіруі 30 % жақсарады;
- бак-аккумуляторды кез келген ыңғайлы орынға орналастыру мүмкіндігі;
- оңтайлы режимде жұмыс істей алуы және басқарудың оңайлығы.

Кемшілігі: сорғыны үнемі қолдану және сорғы жұмысына жұмсалатын қосымша энергия шығыны.

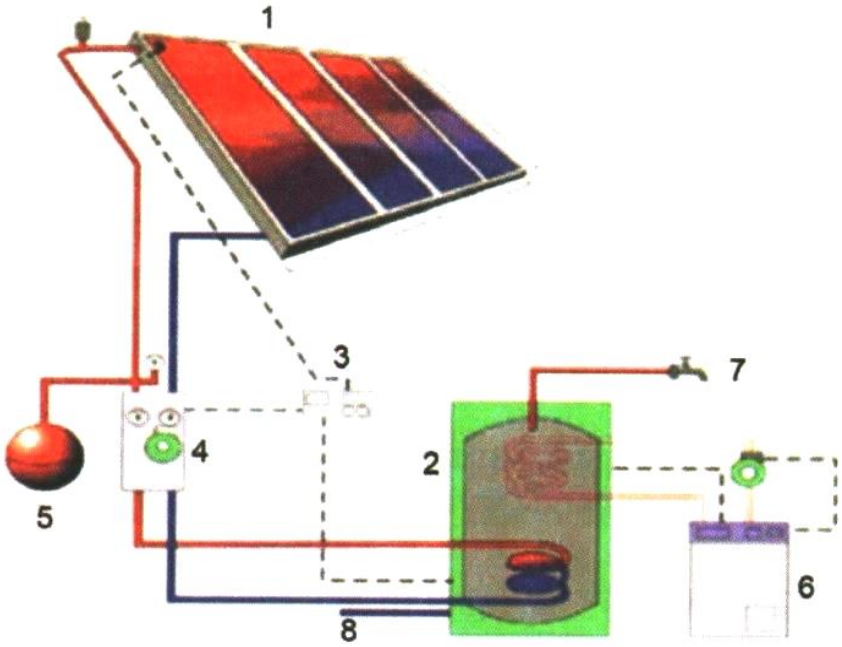


4.1 сурет – Жылутасығыш айналымы табиғи сипатта болатын бір контурлы гелиоқондырғының конструкциясы



4.2 сурет – Жылутасығыш айналымы мәжбүрлік жағдайда жүретін екі контурлы гелиоқондырғының конструкциясы

Құрамалы гелиоқондырғылар *көп контурлы* болады. Олар бұлтты және суық күндері гелиоколлектор ЫСҚЕ жүйесін толыққанды жылумен қамтамасыз ете алмаған жағдайда іске қосылатын, органикалық отынмен немесе электр энергиясымен жұмыс жасайтын қосымша жылу генераторымен жабдықталған (4.3 сурет).



1-гелиоколлектор; 2- аккумулятор; 3-басқару қалқаны; 4- сорғы стансасы; 5-кеңейту күбісі; 6-қосымша жылу көзі; 7- ыстық су шығысы; 8-суық су кірісі.

4.3 сурет – Көп контурлы құрамалы қондырғы

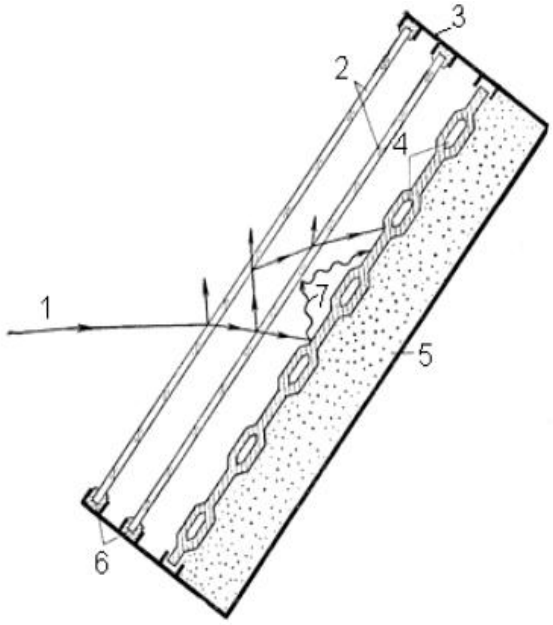
Күндік коллекторларды топтастыру және олардың конструкциясы. Жасалу принципі бойынша гелиоколлектор екі типке бөлінеді: *төмен потенциалды, жоғары потенциалды.*

Конструкциясы бойынша олар жазық коллекторлар, фокустаушы (*шоғырландырушы*) *концентраторлы* коллекторлар және *вакуумды* коллекторлар болып бөлінеді.

Жазық коллекторлар (ЖК) тікелей келетін сәулелерді және шашыраңқы сәулелерді сіңіреді, оларды жылутасымалдағышты 100 ^{0}С температураға дейін қыздыру үшін пайдаланған тиімді. Ал концентраторы бар коллектор - сәулелендуді күшейтетін оптикалық жүйесі бар құрылғы, ондағы жылутасымалдағыш жоғарғы температураға дейін қызады.

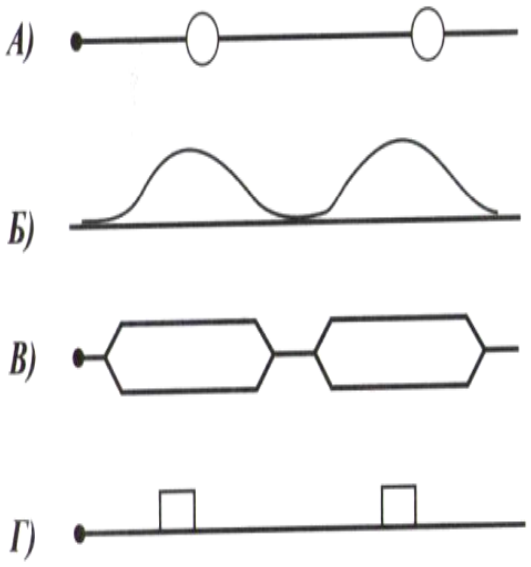
Жазық күндік коллектор – жазық пішінді, оның жазық мөлдір оқшаулағышы бар және күн сәулесін сіңіруге, оны жылу энергиясына түрлендіруге арналған жазық сіңіруші панелі бар құрылғы. Олар әйнек немесе пластикалық жабыннан (бір, екі, үш қабат), күнге бағытталған жағы қара түске боялған жылу қабылдағыш панельден, оның астыңғы жағына орналасқан оқшаулағыштан және корпустан тұрады (4.4 сурет). Жылу тасымалдағышқа арналған каналдары бар жылу қабылдағыш алюминийден немесе болаттан екі түрлі болып жасалынады: (жазық қаңылтыр-құбыр немесе штампталған панельдер (құбырлар қаңылтыр ішінде) болады.

4.5 суретте сіңіруші панельдердің бірнеше конструкциясы көрсетілген.



1-күн сәулесі; 2-шыны; 3-корпус; 4-жылу қабылдайтын қабат; 5-жылу оқшаулағыш; 6-нығыздаушы; 7- жылу қабылдағыш пластинаның ұзын толқынды сәулесі.

4.4 сурет –Күндік жазық коллектор



А) –қаңылтыр-құбыр; Б) – каналы бар гофрирленген қабат; В) – каналы бар штампталған қабат; Г) – тікбұрышты каналды қабат.

4.5 сурет – Сіңіруші панельдердің әртүрлі конструкциясының сұлбалары

Жазық коллекторлардың сіңіруші панельдерінің бірнеше конструкциялары бар:

- құбырлы, парақша қаңылтыр-құбырлы, парақша қаңылтырлы болып бөлінетін панельдер;
- спираль және «жастықша» тәріздес панельдер;
- жылу өткізетін материалы бар панельдер;
- вакуумделген панельдер;
- жылулық түтікшелері бар коллекторлы.

Пластмассалық панельдер күн сәулесінің әсерінен тез ескіріп кететіндіктен және жылу өткізгіштігі төмен болғандықтан кең қолданыста емес.

Күн радиациясының әсерінен жылуқабылдағыш панельдер қоршаған ортаның температурасынан жоғары температураға дейін (70 ^{0}C...80 ^{0}C дейін) қызады, бұл олардың қоршаған ортаға конвективті жылу беруін және айналасын сәулелендіру үрдістерін тудырады. Жылутасымалдағыштың бұдан да жоғары температураға ие болуы үшін панельдің жоғарғы беті *спектральды-селективті қабатпен қапталады.* Бұл қабат күннің қысқа толқынды сәулесін сіңіре отырып, панелдің ұзын толқынды спектр бөлігінде жылулық сәулелер шығаруын төмендетеді. Мұндай конструкциялар «қара никель», «қара хром», алюминийдегі мыс оксиді, мыстағы мыс оксиді және басқа да қымбат қоспалар негізінде жасалады.

Жазық коллектордың сипаттамасын жақсартудың тағы бір әдісі - *жылуқабылдағыш панель мен мөлдір оқшаулағыш арасында вакуум жасау* арқылы жылу шығынын төмендету.

Жазық коллектордың артықшылығы - тік түскен және шашыраған сәулені қабылдай алуы және конструкциясының қарапайымдылығы.

Фокустаушысы бар гелиоколлекторларда сәулелендіру көзі мен сәуле қабылдағыш арасына *оптикалық қондырғы - концентратор* орналасады. Соның нәтижесінде қабылдағышқа түскен сәуле ағынының тығыздығы көбейеді (ауданы бірдей жазық коллектормен салыстырғанда). Бұл көбеюдің сандық мәнін *концентрациялау дәрежесі* деп атайды.

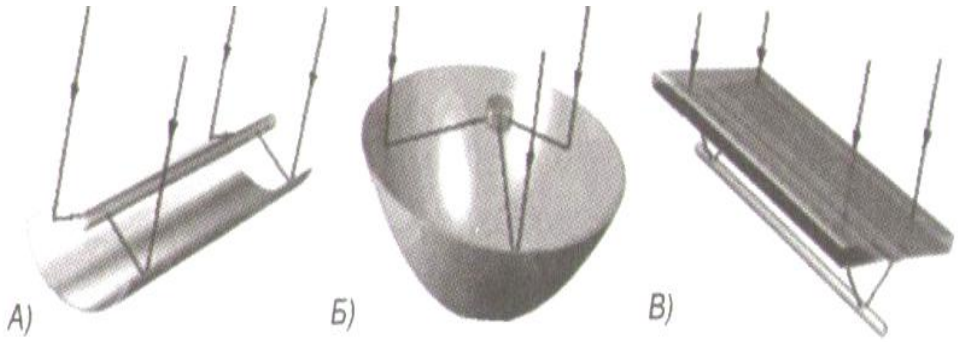
Фокустаушы концентраторлы гелиоколлекторларды конструкциялары бойынша былай топтастырады:

- *айналы және диффузиялы гелиоколлекторлар,* оларды шағылыстырғыштарының пішініне қарай *эвольвентті, параболалы, спиральды, параболалы-цилиндрлі* деп бөлінеді;
- *Френельдің цилиндрлі линзасы және Френельдің сфералық линзасы қолданылған гелиоколлекторлар.*

Фокустаушы жүйелер *параболалы* (концентрациялау дәрежесі жоғары, жұмыстық температура - 250 ^{0}C...650 ^{0}C, ПӘК – 60 %...70 %), *парабола-цилиндрлі және жазық пластиналы* (концентрациялау дәрежесі төмен, жұмыстық температура - 60 ^{0}C...140 ^{0}C, ПӘК – 30 %...50 %) болып топтастырылады. 4.6 суретте концентраторлы гелиоколлектордың әртүрлі конструкциялары көрсетілген.

Парабола-цилиндрлі концентратор күн сәулелерін бір сызық бойына жинақтайды (шоғырландырады), концентрациялау дәрежесі орташа, жұмыстық температурасы - 150 ^{0}С...400 ^{0}С, ПӘК – 50 %...70 % (4.6, А сурет). Күн жүрісін қадағалайтын (бақылайтын) жүйемен жабдықталған.

Параболалы концентратор екі координат бойынша басқарылады. Ол күн сәулесін шағын ауданға шоғырландырады, концентрациялау дәрежесі жоғары, жұмыстық температурасы - 250 ^{0}С...650 ^{0}С, ПӘК - 60 %...70 % (4.6,Б сурет).



А) – парабола-цилиндрлі концентратор; Б) - параболалы концентратор;
В) – Френельдің жазық линзасы негізінде жасалған концентратор.

4.6 сурет – Әртүрлі концентраторлардың конструкциялары

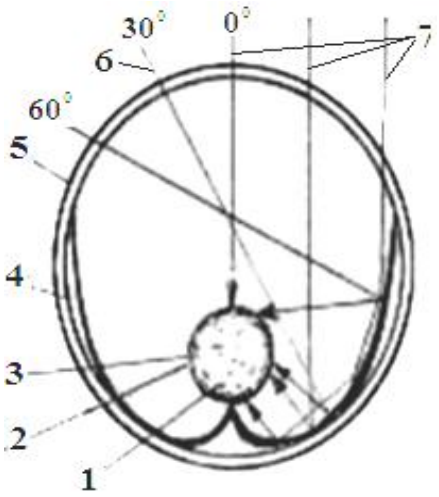
Френель линзасы тұтас әйнектен жасалады және оның көлденең қимасына арнайы пішін беріледі (4.6,В сурет).

4.7 суретте «Corning» фермасының жылулық түтігі және астау тәріздес айнасы бар гелиоколлекторының қимасы көрсетілген. Астау тәріздес айнаның негізгі ерекшеліктері мынада: сәуле қабылдағыштың цилиндр қабырғасына жүргізілген жанамалар айна бетіне перпендикуляр болады; концентрациялау дәрежесі С=1.

Әр пішіндегі диффузиялық шағылыстырғыштары бар концентраторлардың оптикалық ПӘК айтарлықтай төмен. Оларды металл парақша қаңылтырларды түске бояу арқылы жасайды, оның жұмыс жасау мерзімі ұзақ және айналы шағылыстырғышқа қарағанда материал мен оны жасауға жұмсалатын шығындар айтарлықтай аз.

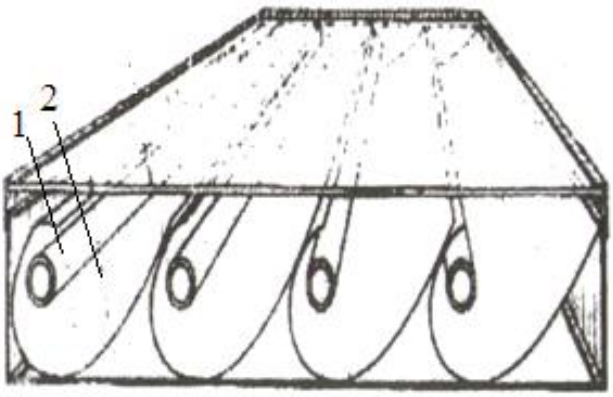
4.8 суретте спираль профильді гелиоколлектор көрсетілген. Радиация тікелей спиральға түсіп, шағылысады, спиральдың ішіне түскен сәуле дөңгелек құбырда жұтылады.

Фокустаушы концентраторлы гелиоколлекторлардың *артықшылығы* – температурасы жоғары жылу (бу) алу мүмкіндігі. *Кемшілігі:* бағасы қымбат, шаңнан үнемі тазарту керектігі, күндізгі уақытта ғана жұмыс жасайтындығы, күннің жүрісін бақылау жүйесі мен үлкен көлемді аккумулятор қажеттілігі, бақылау жүйесінің жұмысына жұмсалатын энергия шығынының болуы.



1-бу; 2-селективті жабыны бар сәуле қабылдағыш; 3- фитиль; 4-астау тәріздес айна; 5-шыны қаптама; 6 - түсу бұрышы; 7- күн сәулесі.

4.7 сурет – Астау тәріздес айналы гелиоколлектор



1- коллектор құбыры;
2- шағылыстырғыш қабат.

4.8 сурет – Спираль профильді шағылыстырғышы бар гелиоколлектор

Дәріс №5. Құбыр тәріздес вакуумдық гелиоколлекторлар және олардың негізгі параметрлері

Дәрістің мазмұны: құбыр тәріздес вакуумделген гелиоколлекторлар, олардың түрлері және әрекет ету принциптері мен негізгі параметрлері.

Дәрістің мақсаты: құбыр тәріздес вакуумдық гелиоколлекторлардың конструкцияларымен, әрекет ету принциптерімен және негізгі параметрлерімен танысып, жетік білу.

Құбыр тәріздес вакуумделген гелиоколлекторлар. Вакуум идеал жылуұстағыш (изолятор) болғандықтан, мұндай гелиоколлекторлардан қоршаған ортаға кететін жылу шығыны аз мөлшерде болады. Бірақта вакуум жасап, оны коллекторда ұзақ ұстап тұру өте қиын.

Жылуұстағыш (жылулық изолятор) ретінде вакуумды қолданатын коллекторлар әдетте цилиндр тұтікшелерден жасалады. Олар жылутасымалдағышты 80 ^{0}С...100 ^{0}С қыздырады, жазық коллекторлармен салыстырғанда күн энергиясын түрлендіру тиімділігінің және қыздыру температурасының жоғары болуымен ерекшеленеді.

Құбыр (колба) тәріздес пішін вакуум жасауға және ұстап тұруға өте ыңғайлы. Сол себепті де тұрмыста құбыр тәріздес вакуумделген гелиоколлекторлар кең қолданыс тапты.

Өте кең тараған вакуумдық гелиоколлекторларды мынадай топтарға бөлуге болады:

- *әйнек құбырдың типі бойынша* (*коаксиалды*, *қанатты);*

- *жылулық каналы бойынша* (*«Heat pipe» жылулық түтікшелі канал, тікелей ағынды канал*).

Әйнек құбырдың екі түрлі конструкциясы бар: *коаксиалды құбыр және қанатты құбыр.*

5.1,а суретте *коаксиалды құбыр* көрсетілген, ол термос тәріздес, екі әйнек құбырының арасындағы ауасы сорылған (вакуум жасалған) құбыр. Ішкі құбыр сіңіргіш жабынмен қапталған, сондықтан жылу беру әйнек құбырдың өзі арқылы орындалады.

5.1,б суретте *қанатты құбыр* көрсетілген, ол бір ғана әйнек құбырдан тұратын құбыр. Вакуум осы құбырдың ішінде, жылулық канал айналасындағы кеңістікте жасалады. Бұл кеңістікте жылулық каналдың (түтікшенің) бір бөлігі мен абсорбер біріктірілген.

Жылулық каналдың типі бойынша құбыр тәріздес вакуумделген гелиоколлекторлар екіге бөліп қарастырамыз: *«Heat pipe» типті жылулық каналы бар коллекторлар және тікелей ағынды жылулық каналы бар коллекторлар.*

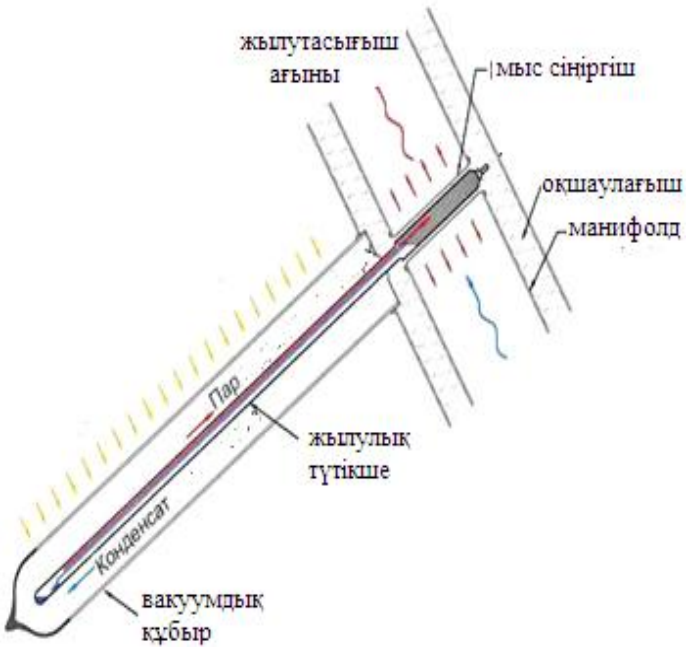
Heat pipe» типті жылулық каналы («жылулық түтікше» деп те аталады) вакуумделген коллекторлар нарықта кең тараған (5.2 сурет). Жылулық түтікшенің әрекет ету принципі жылуды жақсы өткізетін металдардан (мыс немесе алюминий) жасалған тұйық түтікшеде жеңіл буланатын (булану температурасы төмен) сұйық болады. Жылу алмасу осы сұйықтың күн сәулесінің әсерінен қызуы нәтижесінде орындалады.

а) *б)*

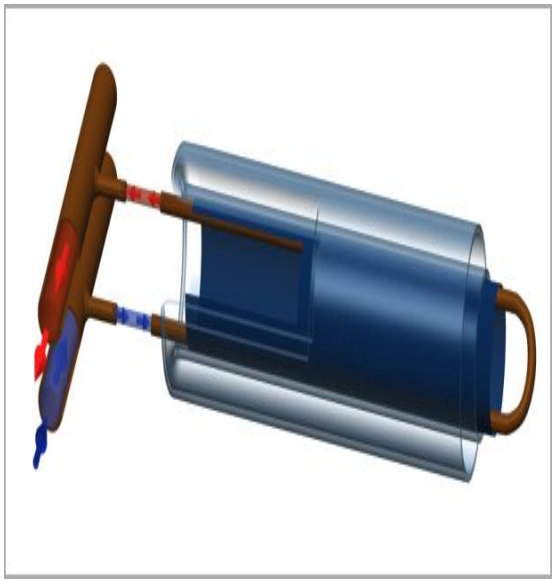
5.1 сурет – Вакуумделген коаксиалды құбыр (а) және қанатты құбыр (б)

Түтікшенің төменгі жағындағы сұйық жылуды сіңіре отырып, қызады және буланады. Бұл бу түтікше бойымен жоғарғы көтеріліп, оның жоғарғы бөлігіне (жылу жинағышқа) келгенде конденсацияланады, яғни бу өзінің бойындағы жылуды жылу жинағышқа беруі нәтижесінде қайтадан сұйыққа айналады. Содан кейін бұл сұйық қайтадан төменге түседі де, күн сәулесі әсерінен буланып, қайтадан жоғары көтеріледі, онан кейін конденсацияланады. Осылайша мұндай үрдіс қайталанып отырады. Жылу жинағыштағы жылу оны жанамалап жүріп жатқан жылутасымалдағышқа беріледі.

Тікелей ағынды каналдық коллекторларда жылу тасымалдағыш әйнек құбырдың ішіне орналасқан түтікшелер арқылы үздіксіз ағады және қызады (5.3 сурет).



5.2 сурет– Вакуумды коллектордағы «Heat pipe» жылулық түтікшенің сұлбасы



5.3 сурет – Тікелей ағынды каналы бар коллектор

5.2 суретте вакуумды коаксиалды құбырда «Heat pipe» типті жылулық каналдың орналасуы көрсетілген. Өзінің арзандығы және зақымданған әйнек құбырларды оңай алмастыруға болатындығы мұндай вакуумдық гелиоколлекторлардың кең тарауына себеп болды. Бұл коллекторлардағы жылу алмасу үрдісі - айтарлықтай күрделі үрдіс. Жылу әйнек құбырдан алюминийден жасалған жылуқабылдағышқа, одан жылулық түтікшеге, содан кейін гелиожүйенің жылутасығышына беріледі. Осылайша жылу алмасу үрдісі бірнеше рет қайталанады. Бұл жағдай және күн сәулесін сіңіретін қабаттың шеңбер тәріздес пішінде болуы осы типті гелиоколлекторларының тиімділігінің жоғары болмауына себеп болды. Олардың максималды ПӘК мәні (оптикалық ПӘК «η_0») 65 % дейін ғана жетеді.

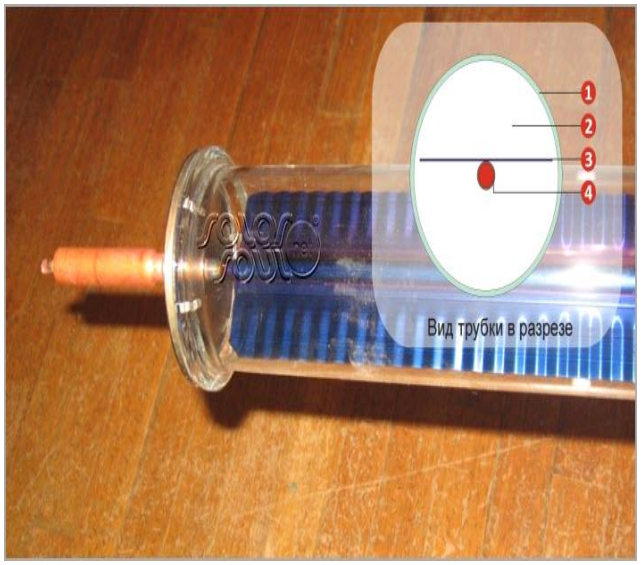
Коаксиалды вакуумдық құбырда тікелей ағынды жылулық каналды да қолданылуға болады (5.3 сурет). Гелиоколлектордың бұл түрі «U»-тәріздес *түтікшелі гелиоколлектор* деп те аталады.

Гелиоколлектордың бұл түрінде жылу алмасу санын азайту есебінен (жылу алюминийлік жылуқабылдағыштан бірден гелиожүйенің жылутасығышы өтіп жатқан түтікшеге беріледі) ПӘК максималды мәні кейбір үлгілерінде 76 % дейін жетеді.

Гелиоколлектордың бір құбырында зақымдану болған жағдайда гелиоколлекторды бүтіндей ауыстыру (сол зақымданған құбырды ғана емес) қажет болады. Бұл мұндай гелиоколлектордың кемшілігі болып саналады.

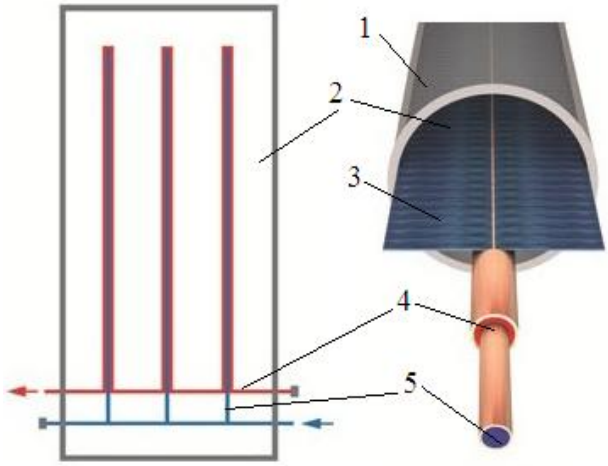
5.4 суретте қанатты құбырда «Heat pipe» типті жылулық каналдың орналасуы көрсетілген.

.



1-әйнек құбыр; 2-вакуумды кеңістік; 3-жоғары селективті мыс жабыны бар абсорбер (жылусіңіргіш); 4 –жеңіл буланатын сұйығы бар жылулық канал.

5.4 сурет - «Heat pipe» типті жылулық каналы бар қанатты құбыр



1-әйнек құбыр; 2 – вакуумдық кеңістік; 3-жоғары селективті мыс жабынды абсорбер (жылусіңіргіш); 4- жылу тасымалдығыш жүретін ішкі жылулық канал; 5- жылу тасымалдығыш жүретін сыртқы жылулық канал.

5.5 сурет– Тікелей ағынды жылу каналы бар қанатты құбырлар

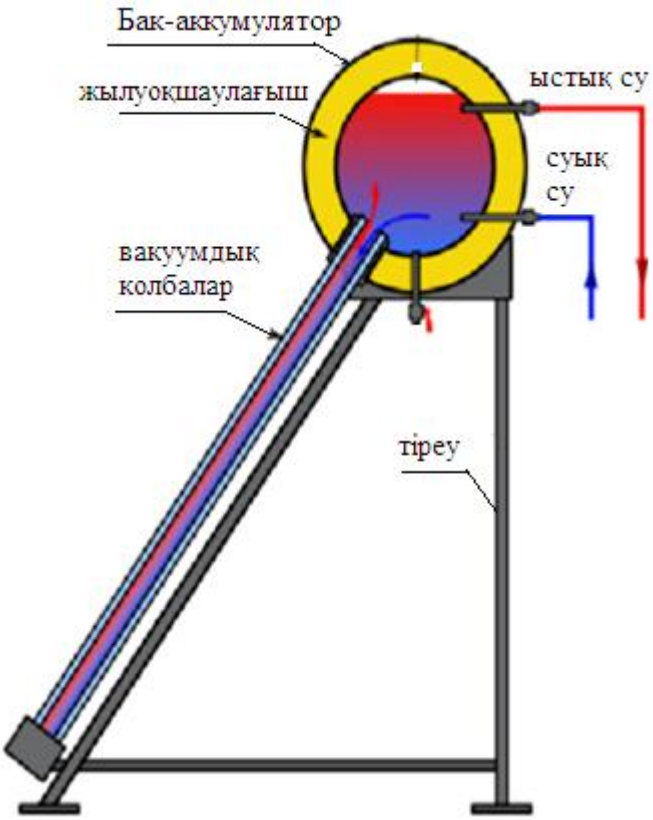
Бұл вакуумдық тікелей ағынды жылу каналы бар қанатты құбырлар коаксиалды құбырға қарағанда жоғары оптикалық сипаттамасымен ерекшеленеді. Мұндай гелиоколлекторлардың кейбіреулерінің максимал ПӘК 77 % дейін көтеріледі. Бұған кейбір конструкциялық ерекшеліктер әсер етеді: жылулық түтікшеге үздіксіз жылу беретін жазық абсорбердің болуы; әйнек құбырдың бір қабат болуы, бұл күн сәулесінің құбырдан кері шағылысуының азаюына әсер етеді. Егер бір құбыр зақымдан жағдайда гелиоколлекторды бүтіндей ауыстыру және гелиожүйедегі барлық жылутасымалдағышты ағызу қажет емес.

Қанатты құбырда тікелей ағынды жылулық каналды орналастыру ең тиімді вариант болып табылады (5.5 сурет). Мұндай вакуумдық

гелиоколлекторларың максималды ПӘК-і 80 % дейін жоғарлайды. Зақымданған құбырларды жөндеу кезінде гелиожүйенің жылу тасымалдағыштың барлығын ағызу қажет. Сонымен қатар, мұндай коллекторлардың құны өте жоғары.

5.6 суретте жылулық түтікшелері бар вакуумдық гелиоколлектордың жалпы көрінісі келтірілген, ал 5.7 суретте құрамына бак-аккумулятор мен тікелей ағынды жылулық каналы бар қанатты құбырлардан тұратын вакуумдық гелиоколлектор кіретін гелиоқондырғының сұлбасы көрсетілген.

5.6 сурет – Жылулық түтікшелері бар вакуумдық гелиоколлектор



5.7 сурет - Гелиоқондырғы

Гелиоколлекторлардың негізгі параметрлері. Гелиоколлектор конструкцияларының дамыту тенденциясын анықтау үшін олардың негізгі сипаттамаларына (*конструктивтік параметрлер, жылу энергетикалық параметрлер; коллектордың әр элементінің материалын бағалау; коллектор жасау технологиясы)* салыстыра отырып, мұқият талдау жасау керек.

Конструктивтік параметрлерге жататындар: габариттік жалпы ауданы; меншікті салмағы (аудан бірлігіне қатысты); жұмыстық ауданның жалпы ауданға қатынасы; сіңіруші панельдердегі каналдардың меншікті (үлестік) көлемі.

Шетелдік конструкцияларда *габариттік жалпы аудан* 1 $м^2$...6 $м^2$ аралығында, бірақта гелиоколлектордың 53 % жуығының ауданы 1,5 $м^2$... 2,5

$м^2$ болады. Коллекторлардың габариттік ауданы аз болған сайын меншікті бағасы (1 $м^2$ ауданға есептегенде) өседі. Гелиоколлектордың габариттік ауданы мен массасы үлкейген сайын қондырғыларды тасымалдау және монтаждау кезінде айтарлықтай қиындықтар туындайды. АҚШ-та габариттік ауданы 2,0 $м^2$...2,5 $м^2$ төмен болатын гелиоколлектор жиі (24 %) кездеседі, ал габариттік ауданы 1,0 $м^2$ болатын коллекторларды шығармайды десе де болады. Бір коллектордың габариттік максималды ауданы 5,0 $м^2$ шамасында. Батыс Еуропада ауданы 1 $м^2$...2,5 $м^2$ болатын гелиоколекторлар басым (70 % шамасында), Ресейдің гелиоколлекторларының ауданы 0,8 $м^2$...1,5 $м^2$ аралығында.

Шетелдік гелиоколлекторлардың *меншікті массасы* 10 кг/$м^2$...40 кг/$м^2$ аралығында, ал кең тараған (70 % шамасында) меншікті масса 15 кг/$м^2$...25 кг/$м^2$ аралығында болады. Негізінен бұлардың мөлдір жылу оқшаулағышы (изоляциясы) және толықтай мыстан немесе мыс түтікшеден, алюминий парақша қаңылтырдан жасалған сіңіруші элементі бар. АҚШ-да коллекторлардың меншікті массасы 26 кг/$м^2$...35 кг/$м^2$ аралығында болады. Батыс Еуропада гелиоколлекторлардың 90 % меншікті массасы 20 кг/$м^2$...30 кг/$м^2$, ал Ресейде - 20 кг/$м^2$...50 кг/$м^2$ аралығында болады.

Жылу қабылдайтын қабаттың ауданының гелиоколлектордың габариттік ауданына қатынасы (толтыру коэффициенті $К_т$) - гелиоколлектор конструкциясының маңызды сапалық сипаттамасы. Толтыру коэффициентінің мәні аз болған кезде гелиоколлектордың бүйір қабырғаларының жылу ұстау деңгейі өте жоғары болады, бірақта оның габариттік ауданы жылуқабылдағыштың ауданына қатысты алғанда негізсіз үлкен болады. $К_т$ мәні бірге жуық немесе оған тең болғанда бүйірлік оқшаулағыштың қалыңдығы өте аз немесе ол болмайды. Бұл бүйірлік қабырғалар арқылы кететін жылу шығынын көбейтеді. АҚШ-да гелиоколлекторлардың 80 % үшін толтыру коэффициенті 0,88...0,96 шамасында болады. Толтыру коэффициентінің төменгі мәні 0,83, ал ең жоғарғы мәні - 1,0. $К_т$ соңғы мәні (1,0) жүзу бассейндеріндегі суды жылытуға арналған, мөлдір оқшаулағышы және бүйірлік оқшаулағышы жоқ күндік коллекторларға қатысты. Еуропалық гелиоколлекторлардың толтыру коэффициенті 0,81...0,99 аралығында, коллекторлардың 50 % үшін $К_т$ = 0,9...0,96, ал Ресейдің коллекторлары үшін $К_т$ – 0,9 дейін.

Сіңіруші панельдер конструкцияларын сипаттайтын маңызды параметр ретінде жылу *тасымалдау каналының меншікті көлемі*. Күндік коллекторда сұйықтың көлемі аз болған сайын оның жылулық инерциясы да аз болатыны белгілі. Мұндай жағдайда коллектор жұмыс режиміне тез кіреді, каналдағы жылутасымалдағыштың жылдамдығы артады. Ал бұл канал қабырғасынан сұйыққа жылу беру коэффициентін жоғарлатады.

Шетелдік конструкцияларда каналдардың меншікті көлемі 0,37 л/$м^2$... 4,37 л/$м^2$ аралығында, бірақта олардың 80 % үшін бұл параметр 0,37 л/$м^2$... 2,37 л/$м^2$ аралығында болады. Ал ресейлік коллекторлардың каналдарының меншікті көлемі 0,37 л/$м^2$...5,37 л/$м^2$ шамасында.

Күндік коллектордың негізгі элементі *сіңіруші панель* (*жылулық қазандық*) болып табылады. «Құбырлы парақша қаңылтыр» түріндегі коллекторлар *мыс құбыр және мыс пластиналардан* жасалады. Диаметрі 9 мм...15 мм және 20 мм...28 мм тең мыс құбырлар қалыңдығы 0,45 мм мыс парақша қаңылтырға дәнекерлеп бекітеді. Қатар тұрған құбырлардың арақашықтығы 100 мм...150 мм аспауы керек. Ұлыбританияда қалыңдығы 0,56 мм...0,91 мм мыс парақша қаңылтырлар пайдаланады.

Күндік коллектордың маңызды сапалық көрсеткіші ретінде оның *жылу энергетикалық параметрлері* саналады. «Күндік коллекторлар» 28310-89 МССТ бойынша мұндай параметрлер ретінде:

- *сіңіруші панельдің тиімділік коэффициенті (F_R) мен коллектордың оптикалық ПӘК ($\eta_0=\tau\alpha$) көбейтіндісі,* яғни $F_R\cdot\tau\alpha$, мұндағы τ - мөлдір оқшаулағыштың өткізгіштік қабілеті; α - панельдің сіңіру қабілеті.

- *сіңіруші панельдің тиімділік коэффициенті* F_R *мен жылу шығынының толық коэффициентінің* U_L *көбейтіндісі*, яғни $F_R\cdot U_L$ (*Вт/(м^2·К)*.

Күндік коллектордың бұл параметрлері тәжірибелік зерттеу кезінде анықталады. Нәтиже мына теңдеу арқылы өрнектеледі:

$$\eta=F_R\cdot\tau\alpha-F_R\,U_L T^*, \qquad (5.1)$$

мұндағы η – коллектордың ПӘК-і;

T^* – келтірілген температура, ол $\left(\frac{t_1+t_2}{2}\right)$ тең.

АҚШ-ындағы селективті сіңіруші қабаты бар күн коллекторы үшін $F_R\cdot U_L$ мәні 3,3 Вт/(м^2·°С)...5,3 Вт/(м^2·°С) аралығында, ал мөлдір оқшаулағышы жоқ коллекторлар үшін 10 Вт/(м^2·°С)...23 Вт/(м^2·°С) аралығында. Батыс Еуропалық коллекторлар үшін $F_R\cdot U_L$ мәні 4,3 Вт/(м^2·°С)...9,3 Вт/(м^2·°С) аралығында, ал кейбіреулері үшін максимумдік мәндер 6,3 Вт/ (м^2·°С)...7,3 Вт/ (м^2·°С) аралығында. АҚШ-ындағы коллекторлардың 90 % үшін $F_R\cdot(\tau\alpha)$ мәні 0,66...0,81, ал максимумдік мән 0,71...0,76 аралығында. Батыс Еуропалық коллекторлар үшін – 0,71...0,81.

Күндік коллектордың ПӘК (η) абсорберден коллектормен өтетін жылутасымалдағыш арқылы алынатын пайдалы жылу энергиясының абсорберге келіп түскен күн сәулесінің толық энергиясына қатынасымен анықталады. *Оптикалық ПӘК (η_0)* - коллекторға түскен сәуленің қандай мөлшері мөлдір оқшаулағыш арқылы өтіп, абсорберде жұтылатындығын көрсетеді.

Заманауи коллекторлардың ПӘК мына формуламен анықталады:

$$\eta=\eta_0-k_1\cdot\frac{\Delta T}{E_g}-k_2\cdot\frac{\Delta T^2}{E_g}, \qquad (5.2)$$

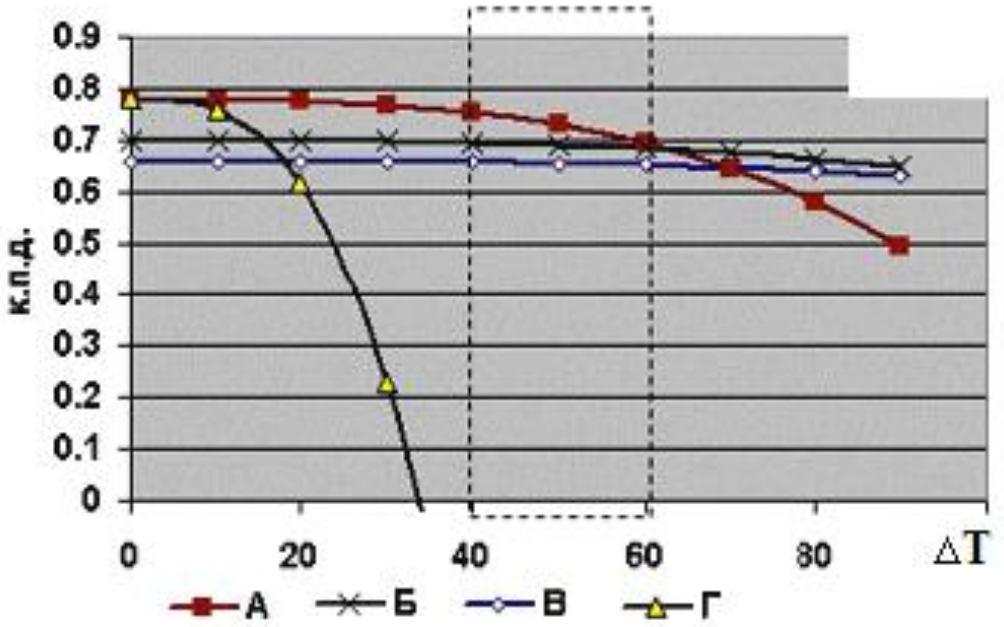
мұндағы E_g – коллекторге түскен қорытынды сәулесінің тығыздығы, Вт/м^2;

ΔТ – коллектордағы жылутасымалдағыштың орташа температурасы мен қоршаған ортаның температурасы арасындағы айырмашылық;

η_0 – ΔТ=0°С болғандағы коллектордың ПӘК-і;

k_1, k_2 – коэффициенттер, олардың мәндері коллектор конструкциясына байланысты.

5.8 суретте А, Б, В, Г коллекторларының ПӘК-терін өзара салыстыру нәтижелері көрсетілген. Қанағаттандырарлық өнімділігі мен арзандылығы арқасында бір қабатты әйнектен тұратын жазық коллекторлар (А типті) кең тараған. *Вакуумдық коллекторлардың* (Б, В типті) қыс кезінде артықшылықтары айтарлық болады.



А - бір қабатты әйнектелген жазық коллектор ($к_1$=3,56, $к_2$=0,0146, η_0= 0,779);
Б- вакуумдық құбырлық коллектор ($к_1$=1,33, $к_2$=0,0071, η_0= 0,7);
В - рефлекторы бар вакуумдық құбырлық коллектор ($к_1$=0,82, $к_2$=0,0064, η_0= 0,661);
Г - жазық пластикалық коллекторлар ($к_1$=27,35, $к_2$=0,1, η_0= 0,78).

5.8 сурет – Күндік коллекторлардың ПӘК-терін салыстыру (E_g=705 Вт/м^2 болған кезде)

Гелиоқондырғылардың жұмысының тиімділігін арттыру үшін коллектордың орналасуының көлбеу бұрышын оңтайластыру керек. Оңтүстікке бағытталған жазық коллектордың жаз кезінде горизонтқа қатысты оңтайлы (оптималды) көлбеу бұрышы $S = \Psi - 15°$ тең, қыс кезінде - $S_. = \Psi + 15°$, ал жыл бойы қолданылатын болса, онда $S_. = \Psi$, мұндағы Ψ – жергілікті жердің географиялық ендігі.

Дәріс №6. Желдік энергетика. Желдің жалпы сипаттамалары және оның энергиясын пайдалану. Желдік дөңгелектің жұмысы

Дәрістің мазмұны: желдің пайда болуы, желдің негізгі қасиеттері және оның түрлері, Бофорт шкаласы бойынша жел күшін топтастыру, жел энергиясын қолданудың келешегі және ҚР-да желдік энергетиканы дамытудың бағдарламасы, желдік дөңгелегінің жұмысы, идеал жел қозғалтқыш және оның сипаттамасы, пропеллерлі желдік дөңгелектің қуаты.

Дәрістің мақсаты: желді энергия көзі ретінде қарастыру, желдік энергияны әлемде және ҚР-да қолданудың келешегін, желдік дөңгелектің жұмыс принципін жете білу.

Желдің жалпы сипаттамасы. Желдің пайда болуының негізгі себебі – күннің әсерінен жер бетінің әркелкі қызуы. Жер беті біркелкі емес: құрлықтар, мұхиттар, таулар, ормандар бір ендік бойына орналасуы жер бетінің әркелкі жылынуына себепші болады. Жердің айналуы да ауа ағымдарының ауытқуларын тудырады. Осындай факторлар атмосфераның жалпы айналымын күрделендіреді.

Экваторда жер бетіне жақын аумақта өте әлсіз, айнымалы жел соғатын *тыныштық аймағы* болады. Тыныштық аймағынан солтүстікке және оңтүстікке қарай *пассаттар аймақтары* орналасады. Олар Жердің батыстан шығысқа қарай айналу нәтижесінде батысқа қарай ауытқыған. Сондықтан, 6.1 суретте көрсетілгендей, солтүстік жартышардағы тұрақты желдер солтүстік-шығыстан, ал оңтүстік жартышардағы желдер оңтүстік-шығыстан соғады.

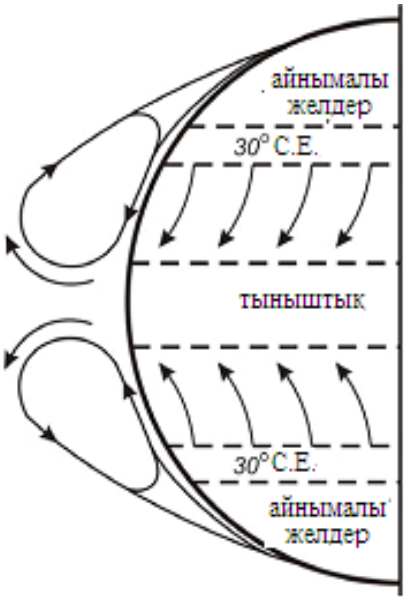
Жел сипаттамасына желдің жылдамдығының сандық шамасы мен жел соғатын жақтың бағыты кіреді. Желдің жылдамдығы м/с, км/сағ, шартты өлшеммен (баллмен) өлшенеді. Жел бағытын көрсету үшін *румб* қолданады. *Румб* жел жылдамдығынының горизонталь векторы мен меридиан құрайтын бұрышты білдіреді, немесе жел бағытының дүние жақтарымен (солтүстік, оңтүстік, батыс, шығыс) құрайтын бұрышын білдіреді. Солтүстік 360^0 немесе 0^0, шығыс 90^0, оңтүстік 180^0, батыс 270^0 бұрышқа сәйкес келеді. Метеорологияда көкжиек шеңберін 16 румбқа бөлу қарастырылған, 1 румб $22{,}5^0$ сәйкес келеді (6.2 сурет).

Негізгі бағыттар ретінде солтүстік (С), оңтүстік (О), шығыс (Ш), батыс (Б) бағыттар қабылданған. Басқа 12 румбтардың атаулары - негізгі румбтардың атауларының комбинациясы, мысалы, солтүстік-шығыс (СШ); солтүстік-солтүстік-шығыс (ССШ), оңтүстік-оңтүстік-батыс (ООБ).

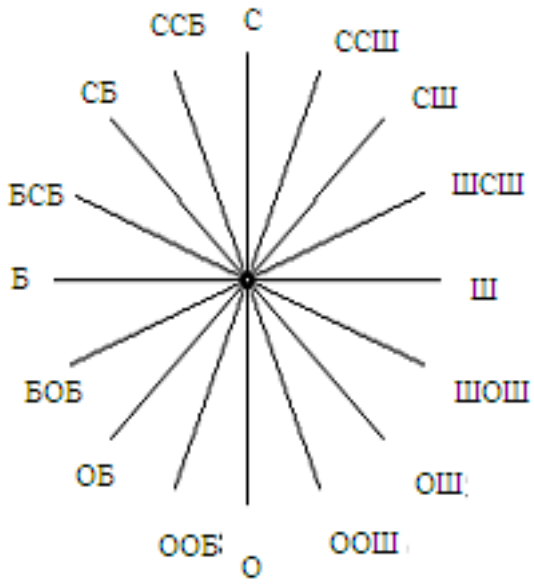
Аумақтық принцип бойынша желдерді *ғаламдық және жергілікті* желдер деп бөледі. Ғаламдық желдерге пассаттар мен батыс желдері жатады.

Пассаттар солтүстік және оңтүстік ендіктердің шамамен 30° дейін созылады және бағыты мен жылдамдығы бойынша ауа ағынының біркелкілігімен ерекшеленеді. Солтүстік жартышарының пасаттарының Жер беті маңындағы орташа жылдамдығы 6 м/с …8 м/с жетеді. Бұл желдер үлкен континенттердің маңында жылдық температураның және материк үстіндегі

қысымның кең ауқымда өзгеруінің (ауытқуының) нәтижесінде өзгеріске түседі.



6.1 сурет – Жер атмосферасының жалпы циркуляциясы



6.2 сурет - Румбылар

Пассаттар қабатының биіктігі 1 км-ден 4 км дейін созылады. Бұлардан жоғары *айнымалы желдер қабаты* орналасқан, ал олардан да жоғары пассаттарға қарсы соғатын *антипассаттар аумағы* болады. Антипассаттар қабатының биіктігі жыл мерзіміне және географиялық орнына байланысты 4 км-ден 8 км дейін өзгереді.

Жергілікті желдер. Жергілікті желдер жер бетінің сол аумақтағы бедерінің ерекшеліктері әсерінен пайда болады (теңіз, таулар және т. б.).

Бриздер. Күндізгі және түндегі температураның өзгеруінен *бриз* деп аталатын *жағалаулық теңіз желдері* пайда болады. Теңіз жаққа қарай да және құрлық жаққа қарай да бриздің тарау аумағы шамамен 40 км дейін созылады. Біздің еңдікте бриздің тарау биіктігі 200 м-ден 300 м дейін жетеді.

Муссондар. Үлкен теңіз бен мұхиттардың жағалаулық аудандарындағы температураның жылдық өзгеруі де бриз ұқсас жел айналымын (циркуляциясын) тудырады, бірақ бұл айналым жылдық кезеңмен байланысты. Бризге қарағанда үлкен мөлшердегі бұл айналым *муссондар* деп аталады.

Желдің күші 12 баллдық Бофорт шкаласы бойынша бағаланады. Жылдамдығы 3,6 м/с... 5,8 м/с аралығында болатын желдер *әлсіз желдер* деп аталады. Осы жылдамдықта ақырын жүретін желдік энергетикалық қондырғы (ЖЭҚ) айнала бастайды.

Жылдамдығы 5,8 м/с ...8,5 м/с аралығында болатын желдер *орташа қарқынды желдер* болып саналады. Осындай желдер кезінде ЖЭҚ жұмысы үшін жақсы жағдай жасалады.

Желдің жылдамдығы 8,5 м/с...14 м/с аралығында болған кезде ЖЭҚ

есептік диапазонда жұмыс істейді және жылдамдық 17 м/с кезінде қондырғы жұмысы рұхсат етілген шектік режимге жетеді. Жылдамдығы 14 м/с жоғары желдер *құшті желдер,* жылдамдығы 20 м/с...25 м/с жоғары желдер – *дауыл*, ал жылдамдығы 30 м/с...35 м/с жоғары желдер – *қатты (құйынды) дауыл желдер* деп аталады.

Турбуленттік салдарынан болатын жел режимдерінің қатты ауытқуы қарқындылық және құйындылық арқылы сипатталады.

Желдің құйындылығы – бірнеше ондаған секунд ішінде жылдамдық пен бағыт бойынша ағында айтарлықтай ауытқудың болуы.

Желдің қарқындылығы – бірнеше минут немесе ондаған минут ішінде желдің бірден күшейіп және бәсеңдеуі, сонымен қатар бағытының өзеруі.

Жел энергиясын қолданудың келешегі. Ауа ағынының энергиясын қолдану – адамзаттың ертеден келе жатқан арманы. Бір де желден механикалық энергия алатын жел диірмені мен желкендер ретінде пайда болса, жылулық мен гидравликалық қозғалтқыштар пайда болған және орталықтандырылған электр стансаларда электр энергиясын өндірілген кезде бұл үрдіс тоқтап, ал жылу энергетикасы тіршілікке қауіп төндіре бастағанда, жел энергиясын пайдалану қайта жандана бастады.

Электр энергиясын өндіру үшін жел XX ғасырдың 10 – 20 жылдардан бастап қолданылады. Алдыңғы жүзжылдықтың 70 – ші жылдарынан бастап желдік энергетика дами бастады, XXI жүзжылдыққа қарай даму айтарлықтай қарқын алып, қазіргі кезде үдей түсті. Жел энергетикасына деген қызығушылық келесідей факторлармен түсіндіріледі:

- жел энергиясы ресурсының таусылмайтындығы;
- зиянды заттар мен «жылыжайлық» газдардың бөлінбеуі;
- әлемдік нарықта желдік энергетикалық қондырғылардың көбеюі;
- ЖЭҚ қондырғылар арқылы алынатын электр энергиясының бәсекелестік бағасы жанар отынның бағасына тәуелді еместігі;
- желдік электр стансаларының (ЖЭС) құрылысын салу мерзімінің қысқалығы және ЖЭС-ны қажетті қуат пен жергілікті климаттық жағдайларға бейімдеу мүмкіндігі;
- алыс аудандардағы тұтынушыларды орталықсыздандырған жүйе арқылы электр энергиясымен қамтамасыз ету мүмкіндігі.

Жел энергетикасының жоғары қарқынды дамуы 1990 жылдардағы Германияға тән. Диаметрі 12 м...66 м аралығында болатын үш қалақты шыныпластикалық желдік дөңгелектерден тұратын, бір агрегатының қуаты 30 кВт, 130 кВт, 600 кВт, 1500 кВт болатын ЖЭҚ көптеген түрлерін игерген «Enercon» фирмасының тәжірибесі ерекше назар аударуға лайық.

ЖЭҚ өндірісімен қазіргі кезде 300 ден астам фирмалар айналысады. ЖЭҚ өндірісі, әсіресе, Дания, Германия, АҚШ дамыған. Жел энергетикасының жалпы қуаты әлемде 2009 жылы 159213 МВт жетті. Жел энергетикасы әлемде тұтынылатын электр энергиясының мөлшерінің 2 % (340 ТВт·сағ) өндіреді. Электр энергиясымен қамтамасыз етудегі жел

энергетикасының үлесі: Данияда – 20 %; Португалияда - 15 %; Испанияда -14 %; Германияда – 9 %.

Жел энергетикасы елдердің энергетикалық қауіпсіздігі мен экология мәселерін шешуге көмектесетін энергия көзі болып табылады.

Қазақстанда жел энергетикасы дамуының Ұлттық Бағдарламасы жасалған. Қазақстан аймағының 10 % бөлігінде желдің жылдық орта жылдамдығы 6 м/с және одан жоғары болады, бұл жел энергетикасының келешекте жақсы дамуына ықпал етеді. Қазақстандағы жел энергиясының потенциалы шамамен жылына 1820 млрд кВт·сағ. Жел энергиясы еліміздің аумақтарының көп бөлігіне таралған. ЖЭС құрылыстарын алдымен Жоңғар қақпасы мен Алматы облысында орналасқан Шелек аумағына салған жөн.

Жел энергиясы. Ағын мен қалақтың әсерлесуінен мынадай күштер мен құбылыстар пайда болады:

- кірістік ағынның салыстырмалы жылдамдығының векторына параллель кедергілік күш;
- кедергілік күшке перпендикуляр көтеруші күш;
- қалақты айнала ағатын ағынның құйындауы;
- ағынның турбулизациясы, яғни мөлшері мен бағыты бойынша ағын жылдамдығының ретсіз өзгерісі;
- кірістік ағынды тежеуші кедергі.

Көлденең қимасының ауданы F жел ағынының кинетикалық энергиясы $mV^2/2$ өрнегі бойынша анықталады.

Ауданы F көлденең қиманы V жылдамдықпен өтетін ауа массасы $m = \rho FV$ тең болады. Сонда желдің кинетикалық энергиясы:

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{\rho FV^3}{2}. \qquad (6.1)$$

(6.1) теңдеуінен *жел энергиясы оның жылдамдығының кубына пропорционал* деген тұжырым жасауға болады.

Жел бағытына перпендикуляр қойылған және осы бағытта қозғалатын жазықтық (мысалы, карусель типті желдік қозғалтқыш) жел энергиясының қанша пайызын пайдалы жұмысқа түрлендіре алатындығын қарастырайық (6.3 сурет).

Қуат T күштің P жылдамдыққа V көбейтіндісі: $T = P\,V$.

Ауа ағыны жазықтыққа тежелу әсерінен тіреледі де, оны айналып өтіп, P_X күшімен жазықтыққа қысым түсіреді. Осы күштің әсерінен F жазықтығы белгілі бір U жылдамдықпен ағын бағыты бойынша орын ауыстырады (6.1 сурет); бұл кезде *жұмыс* T күштің U жылдамдыққа көбейтіндісіне тең болады, демек:

$$T = P_x U = P_x = C_x F \frac{\rho}{2}(V - U)^2 U, \qquad (6.2)$$

мұндағы P_X –кедергілік күш;

C_X – кез келген кедергінің аэродинамикалық коэффициенті;

F_x – дене қимасының жазықтығы, демек дененің ағын бағытына перпендикуляр жазықтығына проекциясы.

Бұл жағдайда жел $W=V-U$ тең болатын *салыстырмалы жылдамдықпен* жазықтыққа келеді. Қозғалысқа түскен жазықтықтың (6.2) теңдеуімен өрнектелетін жұмысының көлденең қимасының ауданы осы жазықтықтың ауданына тең жел ағынының энергиясына қатынасын анықтаймыз:

$$\xi = \frac{C_x F \frac{\rho}{2}(V-U)^2 U}{F\frac{\rho}{2}V^3} = C_x(V-U)^2\frac{U}{V} = C_x\left(1-\frac{U}{V}\right)^2\frac{U}{V}. \qquad (6.3)$$

ξ шаманы жел энергиясын *пайдалану коэффициенті* деп атайды, ол жазықтықтың жел бағытында орын ауыстыру жылдамдығына тәуелді. U жылдамдықтың белгілі бір мәнінде ξ коэффициенті максималды шамаға ие болады. U жылдамдықтың шамасы $U=0$ және $U=V$ мәндері аралығында болады. ξ коэффициенті максимал болу үшін жазықтық $U=V/3$ тең жылдамдықпен орын ауыстыруы керек.

Жазықтық кедергілік күшпен жұмыс жасағанда жел энергиясын пайдалану коэффициентінің максимал мәні $\zeta=0{,}192$ жоғары бола алмайды.

Қанатты жел қозғалтқышының желдік дөңгелегінің жұмысы. Қанатты желдік дөңгелектер жел жылдамдығына перпендикуляр жазықтықта орналасқан қалақтар қозғалған кезде орын алатын қиғаш соққының әсерінен жұмыс жасайды. Осындай дөңгелектің құрылымы 6.4 суретінде көрсетілген.

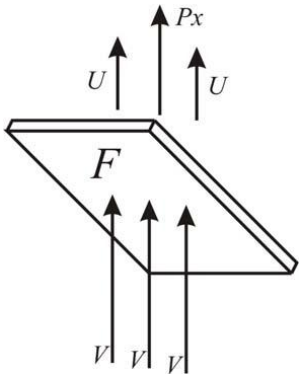
Горизонталь білікке қанаттар бекітілген, заманауи желдік қозғалтқыштарда олардың саны екі және оданда көп болады. Желдік дөңгелектің қанаты сермеуден (*а)* және қалақтан (*б)* тұрады (6.4 сурет).

Бұл қалақ айналу жазықтығымен қандай да бір бұрыш φ жасайтындай етіп сермеуге бекітілген. Бұл бұрыш *қалақтың қиғаштану бұрышы* деп аталады (6.4 сурет).

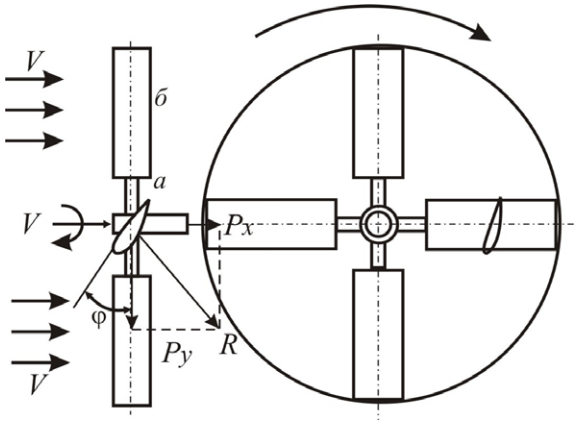
Қалақтың элементтеріне ауа ағыны W салыстырмалы жылдамдықпен және *шабуылдау (соққылау) бұрышы* деп аталатын α бұрышымен бағытталып, R күшімен әсер етеді. Қанаттардың тиімділігі φ және α бұрыштарына байланысты.

R күшін P_x және P_y күштеріне жіктеуге болады (6.5 сурет**).** P_x күші *тура (маңлайлық) қысым* деп аталатын, желмен бағыттас қысым тудырады. P_y күші желдік дөңгелектің айналу жазықтығында (*у–у*) әсер етеді және айналу моментін тудырады.

Дөңгелекті айналысқа келтіретін күштер α шабуыл бұрышының кейбір мәнінде максимал болады.



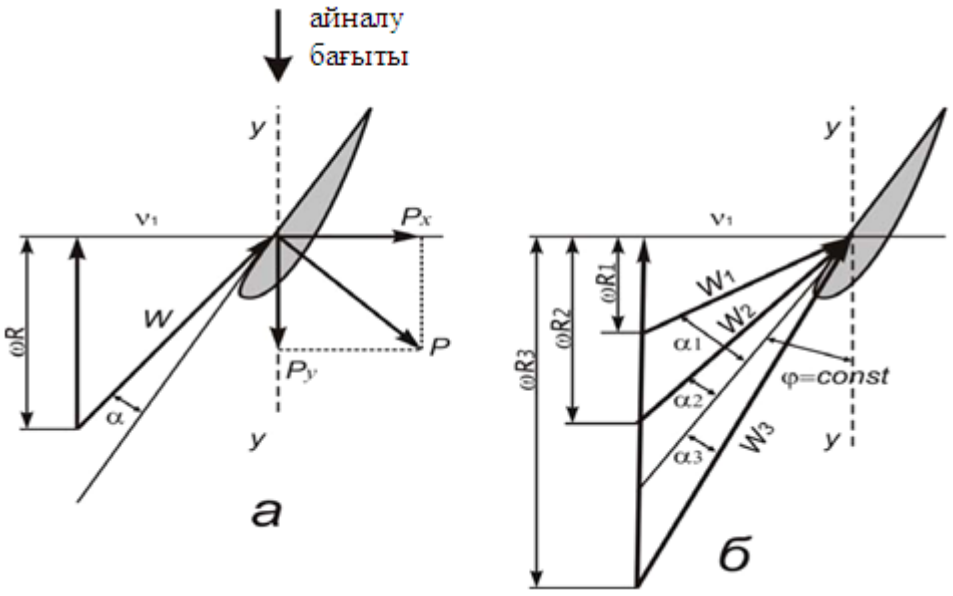
6.3 сурет – Жел күшінің жазықтыққа әсері



6.4 сурет – Қанатты желдік дөңгелектің конструктивтік сұлбасы

.

Қанат ұзындығы бойынша сызықты жылдамдық бірдей емес, желдік дөңгелектің айналмалы білігінен қанаттың элементтері қашықтаған сайын бұл жылдамдық өседі.



а – қалақ элементіне әуе ағыны күшінің әсер ету сұлбасы;
б – желдік дөңгелектің әртүрлі радиустарында орналасқан, қалақ элементіне кіретін салыстырмалы ағынның графикалық кескіндемесі.

6.5 сурет – Қалаққа әуе ағының әсер етуі

Сонымен қатар, қалаққа әсер ететін ағынның салыстырмалы жылдамдығы да W өседі. Бұл кезде шабуыл бұрышы α азаяды және сызықты жылдамдықтың (ωR) белгілі бір мәнінде бұл бұрыш теріс мәнді болады (6.3,б сурет). Сол себепті қанаттың элементтерінің барлығы максималды көтерілу күшіне ие бола алмайды.

Егер біз нағыз тиімді шабуыл бұрышы α шамамен тұрақты болып қалатындай етіп, қалақтың әрбір элементінің бұрышын φ айналу білігінен қашықтаған сайын азайтатын болсақ, онда қалақтың шамамен барлық элементі өзінің максималды көтерілу күшімен жұмыс жасайтындай жағдай жасаймыз. Қалақтың қиғаштану (қысылу) бұрышы өзгеріп отыратын болса, яғни айнымалы болса, онда қалақ бұрандалық жазықтық пішінін алады. Профильдің жақсы аэродинамикалық сапасымен қатар қалақтың дұрыс (оңтайластырылған) қиғаштану бұрышы және берілген шапшаңдыққа сәйкес келетін қалақтың ені болған кезде жел энергиясын пайдалану коэффициенті жоғары мәнге ие болады. Жақсы үлгілерде ол 46 % жетеді.

Идеал жел қондырғысы деп мынадай желдік дөңгелектерді айтады:

1) Айналмалы білігі жел жылдамдығынының бағытына параллель.

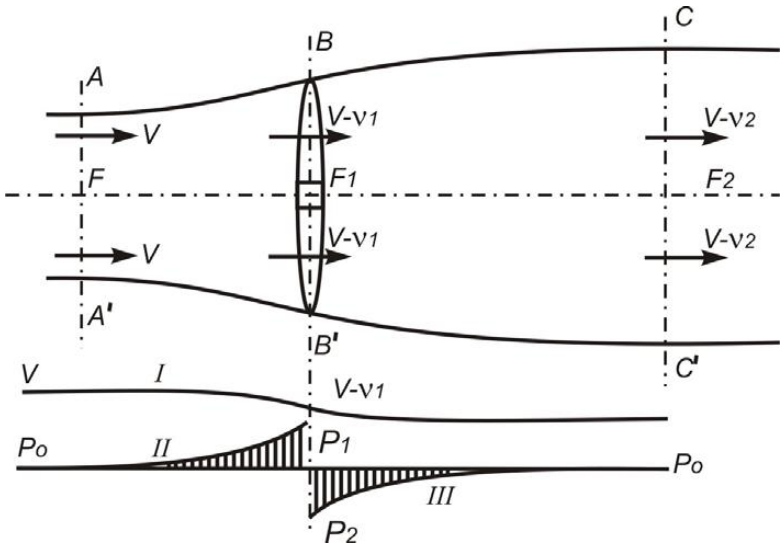
2) Қалақ саны шексіз көп, ал ені өте кішкентай.

3) Қанаттардың профильдік кедергісі нөлге тең және қалақ бойындағы айналым тұрақты.

4) Желдік дөңгелекке келген ауаның жоғалған жылдамдығы желдік қондырғының жел тиетін барлық жазықтығы бойынша тұрақты.

5) Бұрыштық жылдамдық шексіздікке ұмтылады.

Идеал желдік дөңгелектің алдындағы AA'' қимасына V жылдамдықпен кіретін біркелкі жел ағынын қарастырайық (6.6 сурет). Желдік дөңгелектің BB' қимасындағы жылдамдық $V_1 = V - v_1$ болады, ал желдік дөңгелектің артында біршама қашықтықта орналасқан CC' қимасындағы жылдамдық $V_2 = V - v_2$ болады, мұндағы v_1, v_2 – жылдамдықтың шығындары.



6.6 сурет – Желдік дөңгелек арқылы өтетін ауа ағынының сипаттамасы

$B = 2\dfrac{P}{\rho F V^2} = 4e(1-e)$ өрнегін жел жанап өтетін ауданға қатысты *жүктеме коэффициенті* немесе *маңлайлық қысымның коэффициенті* деп аталады. Мұндағы $e = V_1/V$ - *тежеу коэффициенті.*

Жел энергиясын пайдалану коэффициенті: $\xi = 4e(1-e)^2$. Тежеу коэффициенті e=1/3 болған кезде *идеал жел қондырғысы үшін* ζ максимал мәнді $\xi = 0{,}593$ қабылдайды, демек желдік дөңгелектің артындағы жел жылдамдығы желдік дөңгелектің алдындағы жел жылдамдығынан үш есе кем. Бұл жағдайда B=0,888.

Пропеллерлі желдік дөңгелектің қуаты мына формула бойынша анықталады:

$$N = 0{,}593\frac{1}{2Z}\rho F V^3 \cos V, \text{ Вт}, \qquad (6.4)$$

мұндағы 0,593 – жел энергиясын пайдалану коэффициенті;

Z – жел бағытының өзгеру жиілігі мен ұйытқымалдылық коэффициенті;

F – желдік дөңгелектің жазықтығының активті ауданы;

$CosV$ – желдік дөңгелектің және қалақтардың орналасуының желдің бағыты мен жылдамдығына сәйкестігі.

Дәріс №7. Желдік энергетикалық қондырғылар

Дәрістің мазмұны: әртүрлі ЖЭҚ-ның құрылысы, жұмыс істеу принциптері мен режимдері, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері, ЖЭҚ-ның автономды жұмысы және оның энергетикалық жүйелермен параллель жұмысы.

Дәрістің мақсаты: желдік энергетикалық қондырғылардың құрылысын, жұмыс істеу принциптерін және режимдерін жетік білу.

ЖЭҚ-ды *жұмыс істеу принципі бойынша топтастыру*. Барлық желдік қондырғылардың қозғалыс принципі бірдей: желдің екпінімен қалақшалы желдік дөңгелектер айналады да, айналдырушы момент беріліс жүйесі арқылы электр энергиясын өндіруші генератор білігіне немесе су сорғышына (насосына) беріледі. Желдік дөңгелектердің диаметрі неғұрлым үлкен болған сайын, ол соғұрлым үлкен көлемді ауа ағынымен әрекеттеседі және қондырғы көп энергия өндіре алады. Қазіргі кезде кездесетін жел қозғалтқыштары желдік дөңгелектерінің құрылымдық сұлбалары бойынша және олардың жел ағынында орналасуы бойынша үш класқа бөлінеді.

Бірінші класқа вертикаль жазықтықта орналасқан, айналу жазықтығы жел бағытына перпендикуляр, яғни желдік дөңгелектің білігі жел ағынына параллель болатын жел қозғалтқыштары кіреді. Мұндай жел қозғалтқыштарын *қанатты* қозғалтқыштар деп аталады.

Жүрдектік (быстроходность) деп қалақшаның ұшының сызықты жылдамдығының (ωR) жел жылдамдығына қатынасын айтады: $Z=\omega R/V$.

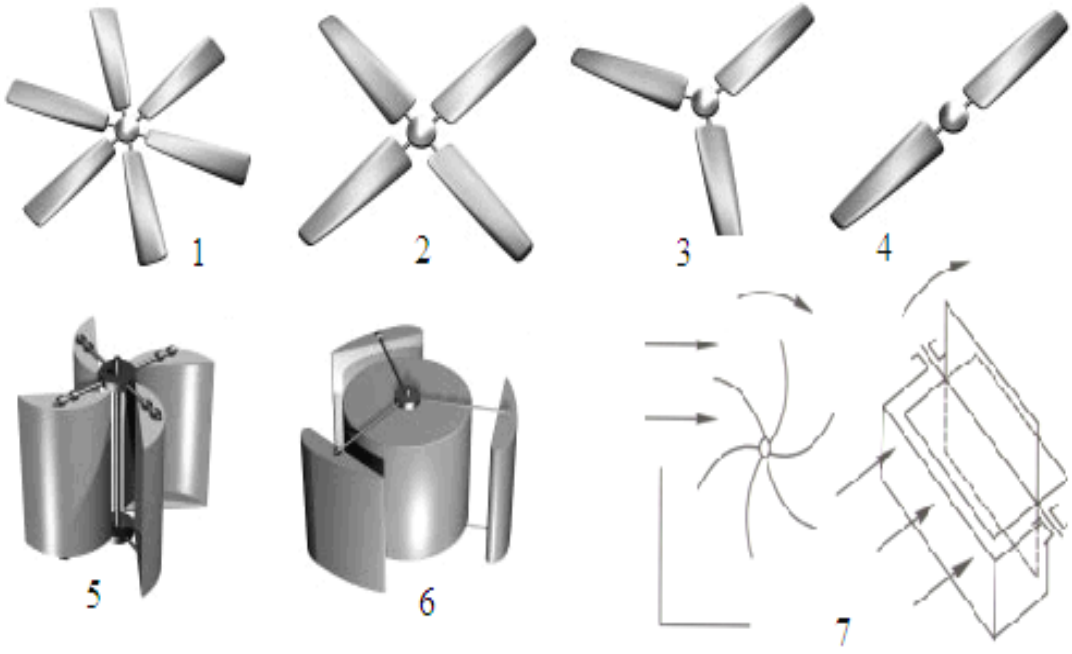
Қанатты жел қозғалтқыштары желдік дөңгелектің түріне және жүрдектігіне байланысты 3 топқа бөлінеді: (7.1 сурет, рет 1-4);

- көп қалақшалы, ақырын жүретін жел қозғалтқыштары, $Z_n \leq 2$;
- аз қалақшалы, ақырын жүретін, соның ішінде жел диірмендері, $Z_n > 2$;
- аз қалақшалы, тез жүретін жел қозғалтқыштары, $Z_n \geq 3$.

Екінші класқа желдік дөңгелектерінің айналмалы білігі вертикаль болып келетін жел қозғалтқыштары кіреді. Олар құрылымдық сұлбаларына байланысты мынадай топтарға бөлінеді:

- *карусельді,* олардың жұмыс істемейтін қалақшалары арнаулы қалқамен (ширма) қалқаланады немесе қабырғаларымен желге қарсы орналасады (7.1 сурет, рет 5);
- Савониус жүйесінің роторлы желдік қозғалтқыштары.

Үшінші класқа су диірменінің дөңгелегінің принципі бойынша жұмыс істейтін және *барабанды* деп аталатын жел қозғалтқыштары кіреді (7.3 сурет, рет 7). Мұндай жел қозғалтқыштарының айналу білігі горизонталь орналасады және жел бағытына перпендикуляр болып келеді.



1,2 –көп қалақшалы қанатты; 3,4- аз қалақшалы қанатты;
5 – карусельді; 6 – ортогональді; 7- барабанды.

7. 1 сурет – Желдік қозғалтқыштардың типтері

Карусельді және барабанды желдік қозғалтқыштардың негізгі кемшіліктері желдік дөңгелектердің жұмыстық қабырғыларының жел ағынында орналасу ерекшеліктерінен туындайды:

1) Жұмыстық қалақшалар ауа ағыны бағытында қозғалатын болғандықтан желдің күші барлық қалақшаларға бір мезгілде емес, кезекпен әсер етеді. Нәтижесінде әрбір қалақшаға желдің күші үзіліспен түседі де, жел энергиясын пайдалану коэффициенті өте төмен болады және 10 % аспайды.

2) Желдік дөңгелектердің қабырғалары желге қарағанда тез қозғала алмайды.

3) Ауа ағынының қолданылатын бөлігінің мөлшері дөңгелектің мөлшерімен салыстырғанда аз болғандықтан орнатылған қуат бірлігіне қатысты алғанда желдік қозғалтқыштың салмағы үлкен болады.

Карусельді жел қозғалтқыштарының бір артықшылығы - олардың өз орналасу қалпын өзгертпей, желдің кез келген бағытында жұмыс істей алатындығында. Савониус жүйесінің роторлы жел қозғалтқыштарының жел энергиясын пайдалану коэффициенттерінің мәні ең жоғары - 18 % жетеді.

Карусельді жел қозғалтқыштарының кемшілігі баяу жүрдектігі болып саналады және бұл қарапайым электр сұлбаларын қолдануға мүмкіндік береді. Алайда, баяу жүрдектік аз айналымдық жылдамдықта жұмыс істейтін көп полюсті генераторды қолдануды қажет етеді.

Карусельді қалақшалы жел қозғалтқыштарын эксплуатациялау жеңіл және жел қозғалтқышын іске қосу кезінде максимал моментті және жұмыс кезінде максимал айналу жылдамдығының өздігінен реттелуін қамтамасыз етеді. Жүктеменің артуына байланысты айналу жылдамдығы азаяды және толық тоқтағанша айналу моменті артады. Карусельді жел қозғалтқышының айналу моменті айтарлықтай үлкен.

Қанатты жел қозғалтқыштарында жоғарыда аталған, карусельді және барабанды жел қозғалтқыштарына тән кемшіліктер болмайды. Бұл жел қозғалтқыштарының басты артықшылықтары:

- жақсы аэродинамикалық қасиеттері;
- үлкен қуат алуға болатын құрылымдық мүмкіндіктері;
- қуат бірлігіне қатысты алғанда салмағының жеңіл болуы.

Қанатты жел қозғалтқыштарын коммерциялық қолдану 1980 жылдан басталады. Соңғы 14 жылда жел қозғалтқыштарының қуаты 100 есеге артты. 1980 жылдың басында бір қондырғының роторының диаметрі 20 м жетсе, ал қуаты 20 кВт...60 кВт болса, 2003 жылы ротор диаметрі 100 м, ал қуаты 5000 кВт дейін жетті.

Қанатты жел қозғалтқыштарының қалақшаларының саны әртүрлі болуы мүмкін. Олар ең жоғары тиімділікке ауа ағыны қанат қалақшаларының айналу жазықтығына перпендикуляр болған кезде жетеді. Осы мақсатта айналу білігін автоматты бұру үшін арнаулы қондырғы – қанатты тұрақтандырғыштар қолданылады.

Қанатты жел қозғалтқыштарының жел энергиясын пайдалану коэффициенті карусельді жел қозғалтқыштарына қарағанда әлдеқайда жоғары. Қанатты жел агрегаттарының кең көлемде таралуы оның айналу жылдамдығының жоғарылығымен түсіндіріледі.

Жылдамдық қанат санына кері пропорционал, сондықтан қалақшалары үштен көп агрегаттар іс жүзінде қолданылмайды. Олар генераторға тікелей жалғанады.

ЖЭҚ-ды топқа бөлу үшін қолданылатын негізгі белгілілерді келесідей критерийлер бойынша анықтауға болады:

1) Егер желдік дөңгелектің айналмалы білігі ағынға паралель болса, онда ол қондырғы *горизонталь білікті*, ал перпендикуляр болса, онда қондырғы *вертикаль білікті* деп аталады.

2) Айналдырушы күші ретінде кедергі күшін қолданатын қондырғылар (*драг-машиналар)*, әдетте, желдің жылдамдығынан аз сызықты жылдамдықпен айналады. Ал көтеру күшін пайдаланатын қондырғыларда (*лифт-машиналар*) қалақшалардың ұштарының сызықты жылдамдығы жел жылдамдығынан едәуір артық болады.

3) Г*еометриялық толтыру коэффициентінің мәні үлкен* (яғни, қалақша саны көп) желдік дөңгелектер әлсіз жел кезінде де әжептеуір қуат өндіреді және қуат максимум мәнге айналым саны аздау кезде жете алады. *Геометриялық толтыру коэффициенті аз* ЖЭҚ максимал қуатқа айналым саны көп болған кезде жетеді және бұл режимге шығу үшін ұзақ уақытты қажет етеді. Сондықтан бірінші қондырғылар, мысалы, су сорғыштары ретінде қолданылады және әлсіз жел кезінде де өзінің жұмысқа қабілеттілігін сақтап қалады. Ал екінші қондырғылар үлкен айналу жиілігінде жұмыс істейтін электр генераторларын қолдануды қажет етеді.

4) Механикалық жұмыстарды тікелей орындауға арналған қозғалтқыштарды көбіне жел диірмендері немесе *жел турбиналары* деп, ал электр энергиясын өндіруге арналған қондырғыларды жел немесе *аэроэлектргенераторлар* деп атайды.

5) Қуатты энергожүйелерге тікелей қосылған аэрогенераторларда асинхронизация әсерінен айналу жиілігі тұрақты болып келеді, бірақ мұндай қондырғылар айналу жиілігі айнымалы болып келетін қондырғыларға қарағанда тиімділігі төмен.

6) Желдік дөңгелектері электр генераторымен тікелей немесе буфер рөлін атқаратын аралық энергия түрлендіргіштер арқылы жалғануы мүмкін.

Буфердің болуы желдік дөңгелектердің айналу жиілігінің толқу (флуктация) салдарын азайтады, жел энергиясы мен электр генераторының қуатын тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, кейде дөңгелектің генератормен жұмсақ жалғану сұлбалары да кездеседі. Жұмсақ жалғану электр генератордың шығыстық параметрлеріне жел жылдамдығының толқуының әсерін азайтады.

*Горизонталь білікті желдік дөңгелектер***.** Мұндай дөңгелектер үшін негізгі айналдыру күшін желдің көтеру күші тудырады. ЖЭҚ –да көбінесе екі немесе үш қалақшалы жел дөңгелектері қолданылады. Соңғысы бірқалыпты жүрісімен ерекшеленеді.

Электр генераторы мен оны жел дөңгелектерімен қосатын редуктор әдетте тірек мұнарасының жоғары жағында орналасады. Әлсіз жел кезінде үлкен айналдырушы момент тудыратын көп қалақшалы дөңгелектер суды сору үшін және т.б. жел дөңгелектерінің аса жоғары айналу жиілігін қажет етпейтін мақсаттарда қолданылады.

Вертикаль білікті желдік дөңгелектер (7.2 сурет*)* желдің кез келген бағытында жұмыс істейді. Сонымен қатар, мұндай сұлба тек қана білікті

ұзарту арқылы редуктор мен генераторды мұнараның төменгі жағына орналастыруға мүмкіндік береді.

Бұл қондырғылардың мынадай принципиалды кемшіліктері бар: ондағы автотербелмелі үрдістер мен айналдыру моментінің пульсациясы салдарынан олардың бөлшектерінің тозуға, бұзылуға бейімділігі. Осының кесірінен жел генераторларының басым көпшілігі горизонталь білікті етіп жасалған.

Вертикаль білікті қондырғылардың көп таралған түрлері:

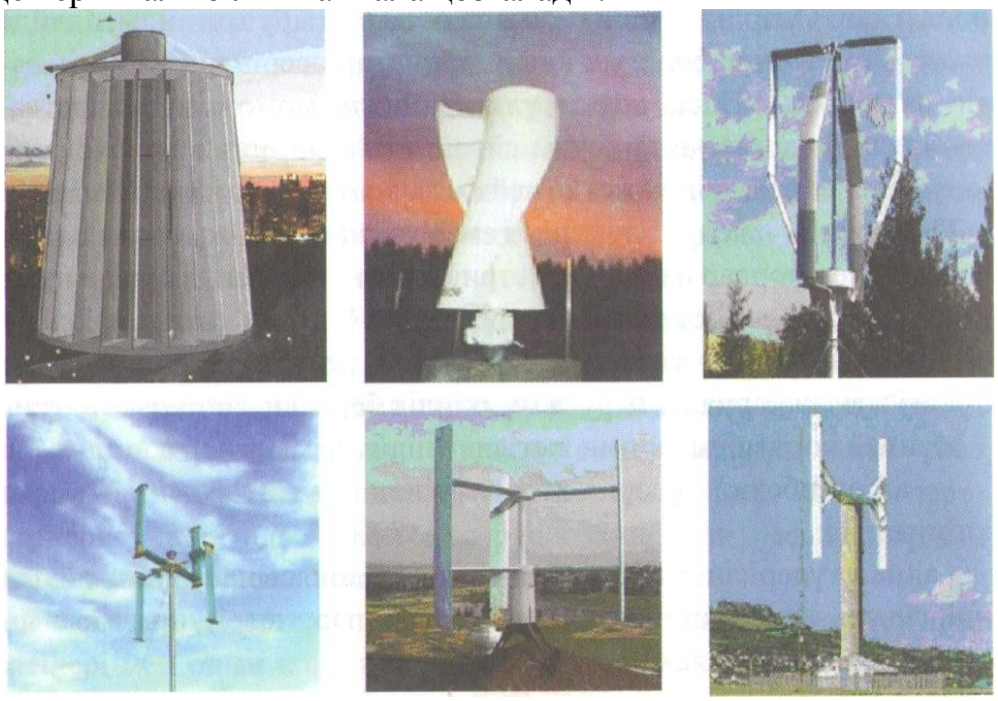
1) *Табақшалы ротор (анемометр).* Табақ тәрізді пішін іс жүзінде дөңгелектің айналу жиілігінің жел жылдамдығына тәуелділігі сызықты болуын қамтамасыз етеді.

2) Савониус роторы**.** Оның қалақшалары иілген тіктөртбұрышты беттерден жасалады. Геометриялық толтыру үлкен болуы салдарынан бұл жел дөңгелектері үлкен айналдыру моментіне ие.

3) *Дарье роторы.* Айналу моменті аэродинамикалық профиль бойынша иілген 2 немесе 3 жұқа беттерде (қабырғаларда) пайда болады. Ротор өз бетімен айнала алмайды, сондықтан оны іске қосу үшін әдетте қозғалтқыш режимінде жұмыс істейтін генератор қолданылады.

4) *Масгрув роторы. Д*өңгелектердің қалақшалары жұмыс жағдайында вертикаль орналасқан, алайда жұмысын тоқтату кезінде қалақшалар горизонталь білікті айнала қозғалу немесе жинақталу мүмкіндігіне ие.

5) *Эванс роторы*. Бұл ротордың қалақшалары апатты және басқару кезінде вертикаль білікті айнала қозғалады.



7.2 сурет – Вертикаль білікті жел электр генераторлары

Шоғындырғыштар (концентраторлар). Жел қондырғыларының қуатын арттырудың бір тәсілі – арнайы ауа ағынының концентраторларын қолдану. Бұл желдік дөңгелектің қалақтарына ауа ағынын бағыттайтын

диффузорлар немесе конфузорлар және т.б. қондырғылар болуы мүмкін.

Болотовтың вертикаль білікті, роторлы жел турбинасы (БВРТ). БВЖТ сыртқы қозғалмайтын бөлік-статордан және оның ішінде орналасқан, айналатын ротордан тұрады, оның қалақшалары турбинаның активті және реактивті сатыларын құрайды (7.3 сурет).

Бағыттаушы аппараттың оның периметрі бойынша біркелкі орналасқан пластиналары бар. Ротордың да периметр бойынша біркелкі орналасқан қалақшалары бар. Мойынтірек (подшиповник) арқылы өзара байланысқан, биіктіктері бірдей ротор мен статор турбинаның модулін құрайды. Модульдің диаметрі (бағыттаушы аппарат бойынша) және биіктігі жел қабылдағыш жазықтықтың ауданын құрайды.

7.3 сурет – 12 пластинасы бар статор мен 9 қалақшасы
бар ротордан тұратын БВРТ-ның жалпы көрінісі

Модуль диаметрі БВРТ орналасқан жердегі желдің есептік жылдамдығы бойынша, ал биіктігі электр энергиясын тұтынушыларға қажетті қуат мөлшерімен, сонымен қатар, құрылымдық және беріктілік шарттары бойынша анықталады.

Турбинаның жұмысы желдің бағытынан тәуелді емес. Кез келген жақтан келетін жел ағынына қатысты турбинаның екі жағы бар: ықтасын жағы - турбинаның активті сатысы және жел жақ беті - турбинаның реактивті сатысы. Турбинаның статорында активті жағында ауа бағыттаушы аппарат арқылы қысылып, ротордың қалақшаларына бағытталады.

Ротор қалақшасына әсер ететін күш парус режимінде турбинаның айналу моментін тудыратын және ротордың үлкен қозғалу моментін қамтамасыз ететін, ойыс жазықтықта әсер ететін қысым нәтижесінде туады.

Қалақшаның дөңес жазықтығында көтеру күші пайда болады. Ол күш қалақшаны шеңбер бойынша қозғалтады және қалақшаларды басып өтетін ауа ағынының жылдамдығының векторына перпендикуляр болады. Бұл жерден көретініміз, желдің әсерінен пайда болған қалақшаның күші оның дөңес жазықтығында қысымның күрт азаюынан (разряжение) да, ойыс жазықтығына қысым түсу нәтижесінен де пайда болуы мүмкін. Турбинаның

реактивті сатысының бөлігінде қалақшалардағы күш турбина ішіндегі артық қысымның (атмосфералықпен қысыммен салыстырғанда) активті сатының артындағы ротор қуысында түрлендіру нәтижесінде пайда болады. Ротор қалақшалары арасындағы және бағыттаушы аппараттың пластинкалары арасындағы кеңістіктердің диффузорлық конфигурациясы (пішіні) пайдаланылған ауаны турбинадан шығаруға және жел энергиясының пайдалану коэффициентін арттыруға мүмкіндік береді.

Турбинаның диаметрі тапсырмалық қуатты алу қажеттілігі туғанда үлкейтіледі және оны орнататын жердегі желдің есептік жылдамдығы бойынша түзетіледі.

Құрылымдық есеп бойынша турбина биіктігі 2 м...3 м болатын бөлек-бөлек модульдерге бөлінеді. Қажетті қуатты алу үшін модульдерді бірінің үстіне бірін қою арқылы қажетті турбинаны құрайды.

Вертикаль білікті турбиналы ЖЭС пропеллерлік ЖЭС қарағанда көп артықшылықтары бар:

- өндірілетін қуаттың жел бағытына тәуелсіздігі;
- екпінді және құйынды желдермен жұмыс істеу қабілеттілігі;
- генератор ротормен тікелей байланысқан;
- бір генераторға бірнеше виндроторды пайдалану мүмкіндігі;
- ашық ротормен салыстырғанда ротордың меншікті қуатын 2...2,5 есе арттыратын бағыттаушы аппараттың болуы;
- айналатын сыртқы бөліктері жоқ.

Бағыттаушы аппарат арқылы күшейтілетін және «парус-қанат» элементтері принципі бойынша құрастырылған вертикаль білікті турбинаның меншікті уақыт тұрақтысы аз.

ЖЭС құраушы негізгі элементтер: генератор, жел дөңгелектері, контроллер, аккумулятор батереясы, инвертор, резервтік қоректендіргішті автоматты қосқыш, анемоскоп және жел бағыты датчиктері (7.4 сурет).

ЖЭС жұмысының екі түрі бар: автономды және энергетикалық жүйемен параллель жұмыс. *Автономды жұмыстың* үш сұлбасы бар.

Бірінші сұлбаға тұрақты ток генераторы және аккумулятор батареясы кіреді және тек тұрақты ток тұтынушыларын энергиямен қамтамасыз етеді.

Екінші сұлбаға тұрақты ток немесе айнымалы ток генераторы кіреді, ол жылу алу және оны шоғырландыру (аккумуляция) үшін қолданылады.

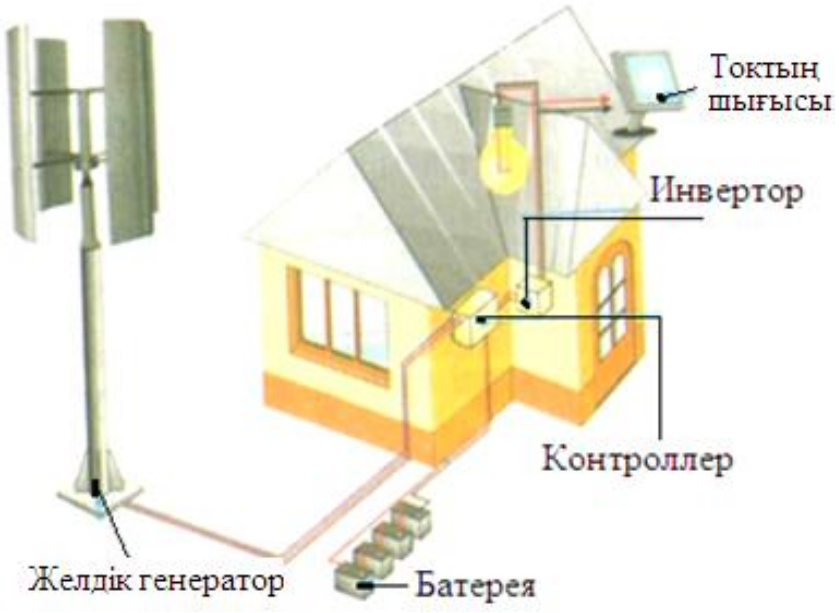
Үшінші сұлбаға айнымалы ток генераторы, түзеткіш, буферлік жинақтағыш, тұрақты токты айнымалы токқа түрлендіретін инвертор кіреді.

Энергетикалық жүйемен параллель жұмыстың да үш сұлбасы бар.

Бірінші сұлбаға тұрақты жылдамдықпен айналуға тиіс синхронды генератор кіреді. Бұл сұлбаның кемшілігі – энергетикалық жүйеден энергияны тұтынуға байланысты генератордың қозғалтқыш режиміне өтіп кету ықтималдылығы.

Екінші сұлбада энергетикалық жүйеге асинхронды жалғанған тек бір ғана генератор бар. Ротордың айналу жылдамдығы тұрақты болмауы мүмкін, бірақ синхронды жылдамдықтан үлкен айырмашылығы болмауы тиіс.

Үшінші сұлба тұрақты емес жылдамдықпен айналатын, бірақ тұрақты жиілікті токты өндіретін автоматты реттеу жүйесі бар генераторлық жүйеден тұрады.



7.4 сурет - Электрмен қамтамасыз етудің желдік
генератор негізіндегі автономдық жүйесі

Дәріс №8. Гидроэнергетика. Қозғалыстағы судың энергиясы. Гидроэлектрстансалардың негізгі компоненттері және құрылымдық сұлбалары

Дәрістің мазмұны: су ресурстары, су ағынының жұмысы, гидроэлектрстансаның құрылымдық сұлбасы, негізгі ғимараттардың құрамы мен орналасуы, гидроэлектрстансаның генераторлары және гидравликалық турбиналары.

Дәрістің мақсаты: қозғалыстағы судың энергиясын электр энергиясына түрлендірудің тәсілдерімен және техникалық құралдарымен танысу, Қазақстанда «шағын гидроэнергетиканы» дамытудың мүмкіндіктерін білу.

Су және гидроэнергетикалық ресурстар, су ағынының жұмысы.

Су ресурстары деп қоғам тіршілігін қамтамасыз ету үшін әртүрлі мақсаттарда қолданылуы мүмкін немесе қолданылатын жер үсті және жер асты суларын айтады.

Су ресурстары табиғатта судың әрдайым ауысуы мен айналымына байланысты қайта жаңғыртылатын ресурс болып есептелінеді.

Гидроэнергетикалық ресурстарға электр энергиясын өндіруге пайдаланылатын су ресурстарының бір бөлігі жатады. Электр энергиясын өндіру үшін Айдың тарту күші әсерінен мұхит пен теңіз деңгейінің периодты

көтерілуі мен төмендеуінен туындайтын су ағындарының, теңіз толқындарының, Гольфстрим және Куросиво сияқты ғаламдық теңіз ағыстарының, өзен суларының энергиялары және мұхиттың жылуы қолданылады.

Өзеннің гидравликалық энергиясы ондағы судың ағындарының атқаратынын жұмысын білдіреді. Табиғи жағдайда бұл жұмыс су қозғалысына көрсетілетін ішкі кедергіні, арнадағы үйкелісті, әртүрлі эрозиялық әрекетті (арна түбі мен жағалауын қазып, шаю) жеңуге және эрозия өнімдерін қозғалысқа түсіруге жұмсалады.

Судың эксергиясы су арнасының қарастыратын бөлігіндегі судың бастапқы және соңғы деңгейінің айырымымен (яғни өзеннің «құлауымен) және бір уақыт бірлігі ішіндегі су шығынымен анықталады.

Егер ұзындығы L (м) арна бөлігіндегі судың құлау биіктігі H (м) және су шығыны Q (м^3/сек) болса, онда 1 секундтағы судың ағынының жұмысы, яғни қарастырылатын арна бөлігіндегі су ағынының қуаты N, өзеннен суды турбинаға құятын гидротехникалық құрылымдардағы, турбинадағы және ГЭС генераторларындағы шығынды есепке алғанда, мына өрнек бойынша анықталады:

$$N=\rho gQH\eta=9{,}81QH\eta, \text{ кВт}, \qquad (8.1)$$

мұндағы g – судың тығыздығы, 1000 кг/м^3;

g – еркін құлау үдеуі, м/с^2;

η – пайдалы әрекет коэффициенті.

Ағын энергиясы Э қуаттың N уақытқа t (с) көбейтіндісімен анықталады:

$$Э = 9{,}81QHt\eta / 3600 = WH\eta / 367 \quad \text{кВт·сағ}, \qquad (8.2)$$

мұндағы $W=Qt$ – аққан судың көлемі, м^3.

Әдетте жазық жерлердегі өзендердің басы мен аяғындағы су деңгейлерінің айырымы бірнеше ондаған метрге жетсе, ал таулы жерлерде қысым тудыратын биіктік бірнеше жүз метрге жетеді.

Өзен суының шығынын өзен ағысының орташа жылдамдығы v (м/сек) мен өзеннің өлшенетін тұсындағы көлденең қимасының ауданын S (м^2) өлшеу арқылы анықтауға болады.

Гидроэлектрстансаның гидротехникалық құрылымына су кіретін орынын «жоғарғы бьеф» деп атайды, ал судың турбинадан шығатын орынын «төменгі бьеф» айтады.

Гидроэлектрстансаның негізгі компоненттері және құрылымдық сұлбасы. Өзен ағысын гидроэнергетикалық ресурсқа және электр энергиясына түрлендіруге бірнеше компоненттер қажет:

- *су қоймасы*, ол өзен арнасына бөгет қою арқылы жасалады, ол турбина алдында су ағынының қарқынын тудыру үшін қажет;

- *деривация* – турбинаға су жеткізетін каналдар мен құбырлар;

- *турбина*, ол судың ілгерлемелі қозғалысын ротордың айналмалы қозғалысына айналдыру үшін қажет;

- *электрлік генератор.*

Су қоймасының табиғи көлден өзгешелігі мынада: ол өзен ағысын реттеу үшін арнайы жасалады, ол судың келуі шамасына және оның ГЭС турбинасы арқылы өтетін шығынына тәуелді айнымалы деңгейімен ерекшеленеді.

Су қарқынын көтеруге екі түрлі сұлба қолданылады: *бөгеттік* (*плотиналық)* және *деривациялық.*

Бөгеттік сұлба бойынша құрылған гидроэлектрстансалары өз кезегінде екі түрге бөлінеді: *арналық ГЭС* және *бөгет қасындағы ГЭС.*

Су қарқыны (құлау биіктігі) 25 м…30 м болғанда станса ғимараты бөгетпен (плотинамен) бірге орналасып, су қысымын бірге қабылдайды. Осындай гидроэлектрстансаларды *арналық* деп аталынады

Ал *бөгет қасындағы ГЭС-ларда* станса ғимараты плотинаның артында орналасады және су қысымын қабылдамайды.

Бөгеттік сұлба бойынша жасалған ГЭС-*лардың* негізгі құрылымдық компоненттері - *бөгеттер* мен *ГЭС ғимараттары.*

Бөгеттер су қарқынын тудыру мен ағынды реттеу үшін қолданылатын гидротораптың негізгі құрылымы болып табылады.

Бөгеттер қолданылған материалдарға байланысты екі топқа бөлінеді: *бетонды бөгеттер* (темір-бетонды) және *грунттық* (құм-тас, топырақ). *материалдардан жасалған бөгеттер.*

Жотасы арқылы тасыған судың ағуы қарастырылмаған бөгеттерді *бітеу* бөгеттер деп атайды.

Егер артық суды төгетін бөгет жотасында арна немесе қабырғасында тесіктер қарастырылса, онда *артық су аға алатын бөгеттер деп атайды*.

Деривациялық ГЭС-*лар да* екі түрге бөлінеді: *қарқынсыз* және *қарқынды деривациялық.*

Деривациялық ГЭС-ның құрылымдары екі деңгейде орналасады: жоғарғы деңгейде – негізгі субергіш құрылым, төменгі деңгейде – стансалық құрылым. Бұл құрылымдар өзара құбырлар арқылы жалғасқан.

Қарқынсыз деривация ашық (туннель немесе құбыр түрінде) канал түрінде орындалады. Станса маңында канал бітеді де, одан қарқындық бассейнге өтеді, содан су турбиналық құбырлар арқылы ГЭС ғимаратында орналасқан турбинаға түседі, одан әрі пайдаланылған су шығу каналы арқылы өзен арнасында құйылады.

Гидравликалық турбина деп аққан судың энергиясын дөңгелектің айналуының механикалық энергиясына түрлендіретін қондырғы.

Бернулли заңына сәйкес гидротурбинаның жұмыс дөңгелегінің кірісіндегі меншікті энергия H_1 мен оның шығысындағы меншікті энергия H_2 мына өрнектер арқылы анықталады:

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{qg} + \frac{v_1^2}{2g}, \quad (8.3)$$

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{qg} + \frac{v_2^2}{2g}, \quad (8.4)$$

мұндағы p — қысым, Па;

q - сұйықтық тығыздығы, кг/м^3;

g - еркін құлау үдеуі, м/с^2;

z - қабылданған салыстыру жазықтықтығына қатысты ағынның ортасының деңгейінің биіктігігі, м;

v_1, v_2 – судың турбинаға кірісіндегі және турбинадан шыққан кездегі жылдамдықтары, м/с.

Жұмыстық дөңгелекке берілген судың энергиясы жұмыстық дөңгелекке дейінгі және одан кейінгі ағын энергиясының айырымына тең:

$$H = H_1 - H_2 = z_1 - z_2 + \frac{p_1 - p_2}{qg} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}. \quad (8.5)$$

Осылайша, ағынның барлық энергиясы потенциалдық энергияны құрайтын судың құлау биіктігіне қатысты энергиядан (z_1-z_2) мен қысым энергиясынан (екінші қосылғыш) және кинетикалық энергиядан (үшінші қозылғыш) тұрады.

Егер гидротурбина *потенциалдық энергияның қандай да бір бөлшегін аздап болса да* қолданса, онда *реактивті* деп аталады.

Бұндай гидротурбиналарда жұмыстық дөңгелекте энергияны түрлендіру үрдісі артық қысым жағдайында жүреді. Сонымен қатар, турбинаның жұмыстық дөңгелегінде ағынның кинетикалық энергиясы да (аз мөлшерде болса да) қолданылады.

$$z_1\text{-}z_{2+}\ (p_1\text{-}p_2)/qg > 0\ . \quad (8.6)$$

Егер гидротурбиналар тек *ағынның кинетикалық энергиясын* қолданса, онда олар *активті* деп аталады. Мұндай турбиналарда үшін $z_1=z_2$, $p_1=p_2$, яғни су жұмыстық дөңгелекке артық қысымсыз келеді, қарқын барлық дерліктей жылдамдыққа түрлендіреді.

Гидротурбиналар класқа, жүйеге, түрге, серияға бөлінеді.

Реактивті гидротурбинаның класы келесі жүйелерді біріктіреді: біліктік (пропеллерлік және бұралмалы-қанатты), *диагональды* және *радиальды-біліктік гидротурбиналар*.

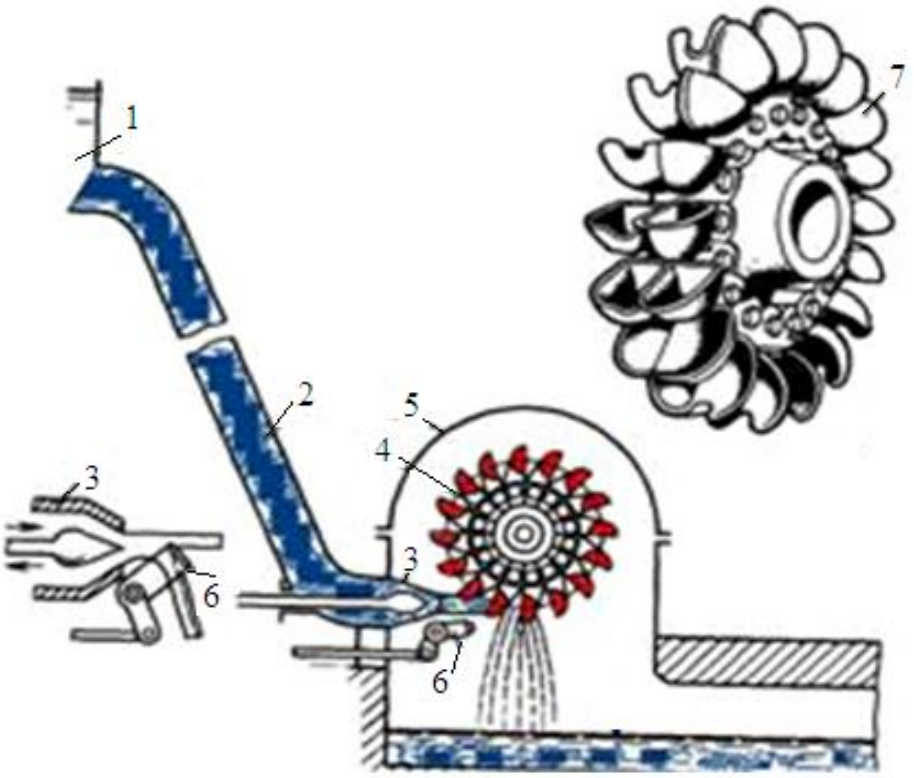
Активті гидротурбиналар класы ішінде ең көп тарағаны - *ожаулық (ковшовые)* гидротурбиналар.

Өлшемдері әртүрлі, бірақ геометриялық ұқсас гидротурбиналар серия құрайды. Сонымен қатар, барлық гидротурбиналар шартты түрде судың қарқынына байланысты *төменгі, орташа, жоғары қарқынды* болып бөлінеді.

Қуаттарына байланысты гидротурбиналар *шағын, орташа, үлкен* болып бөлінеді. Шағын гидротурбиналарға қуаттары 1000 кВт аспайтын гидротурбиналар жатады. *Орташа* гидротурбиналарға қуаттары 1000 кВт...15000 кВт аралығында болатын гидротурбиналар жатады. *Үлкен* гидротурбиналарға қуаттары орташадан артық гидротурбиналар жатады.

Активті гидротурбиналар. *Ожаулық турбинаның* сұлбасы 8.1 суретте көрсетілген. Су жоғарғы бьефтан 1 құбыр 2 арқылы турбинаның горизонтальді білігіне бекітілген және диск түрінде жасалған жұмыстық дөңгелекке 4 беріледі. Диск периметрі бойынша ожау тәріздес қанаттар 7 орналасқан. Ожаулар жұмыстық дөңгелек сыртқы шеңберімен біркелкі орналасқандықтан айналған кезде бірінен соң бірі су ағынын қабылдайды. Суды жұмыстық дөңгелекке беру ішінде реттеуіш ине орналасқан қуыс саптама 3 (сопло) арқылы жүзеге асады.

Турбина жұмысы кезінде қуыс саптама тесігінен су ағыны дөңгелекке атқылап, оны айналдырады, нәтижесінде турбинаның кинетикалық энергиясына түрленеді.



8.1 сурет - Активті турбинаның сұлбасы

Жұмыстық дөңгелек пен қуыс саптама жабық қаптама 5 ішіне орналасқан. Ине арқылы саптамалық қуыстың шығыстық қимасының ауданын өзгертеді, сол арқылы турбина арқылы өтетін судың шығынын реттейді. Ине

ең шеткі орынға келгенде қуыс саптама толықтай жабылады, нәтижесінде бұл турбинаның тоқтауына әкеледі. Су өз энергиясын жұмыстық дөңгелекке беріп, одан әрі шығыстық каналға (төменгі бьеф) ағып кетеді.

Гидравликалық соққы болдырмау мақсатында ине қуысты жәйлап жабады. Ал турбинаның аса қауіпті жылдамдақпен айналуын болдырмау үшін және тез тоқтату үшін су ағынын жұмыстық дөңгелекке жеткізбей бұрып, төменгі бьефке бағыттау үшін ағын бағыттағыш 6 қолданылады. Төтенше жағдайда турбина жұмысын тоқтату үшін ағын бағыттағыш іске қосылуы және иненің қуысты жабу қызметі бір уақытта орындалады.

Ожаулық турбиналар біліктің орналасуына байланысты (вертикаль және горизонталь орналасу), қуыс саптама санына және бір білікке орналасқан дөңгелектер санына сәйкес түрлерге бөлінеді.

Ожаулық турбиналар су қарқынының мәндері 300 м...1770 м аралығында болған кезде қолданылады, олардың жұмыстық дөңгелектерінің диаметрі 7,5 м дейін жетеді.

Реактивті турбиналарға радиальды-біліктік, пропеллерлік, бұралмалы-қанатты және диагональды турбиналар жатады. 8.2 суретте жұмыстық дөңгелектердің жалпы түрі көрсетілген.

Реактивті гидротурбиналар мынадай негізгі қасиеттермен (белгілермен) сипатталады. Жұмыстық дөңгелек толығымен суда орналасады, сондықтан ағын жұмыстық дөңгелектің барлық қанаттарына бір уақытта энергия береді.

Жұмыстық дөңгелектің алдында судың энергиясының бір бөлігі ғана кинетикалық түрде болады, қалғаны дөңгелекке дейінгі және кейінгі қысымдардың айырымымен анықталатын потенциалдық энергия түрінде болады.

Артық қысым $p/(Qg)$ судың жұмыстық дөңгелек арқылы өткен кезде салыстырмалы жылдамдықтың артуына, яғни қанаттарда ағынның реактивті қысымын тудыруға жұмсалады. Қанаттардың қисық болуы арқасында ағын бағытының өзгеруі оның активті қысымы пайда болуына алып келеді.

Пропеллерлік гидротурбиналар. Жұмыстық дөңгелек 1 корпустан 2 және φ бұрылыс бұрышы бойынша орналасқан қанаттардан 3 тұрады (8.3 сурет).

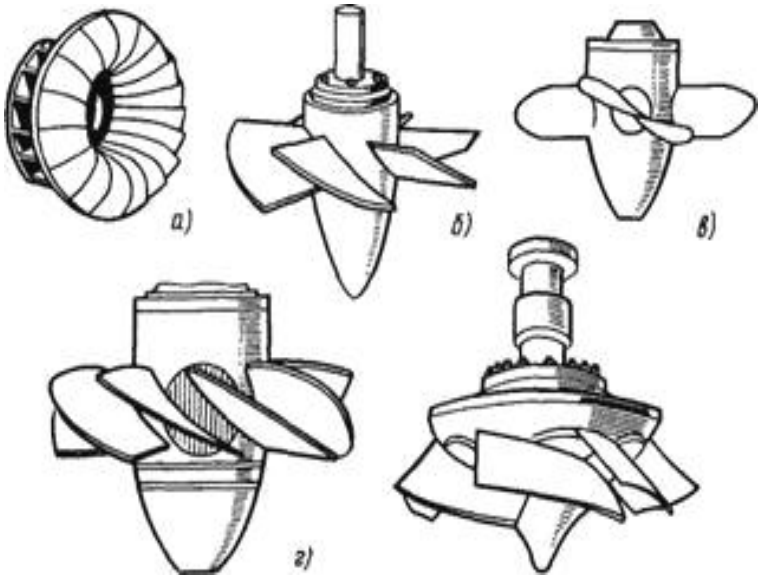
Жұмыстық дөңгелектің қанаттарына су ағыны біліктік бағытта келеді, сондықтан оларды *біліктік гидротурбиналар* деп аталады.

Гидротурбинаның бағыттаушы аппаратына 5 су ағынын жеткізу үшін турбиналық камера 4 қолданады. Жұмыстық дөңгелектердің қанаттарының саны су қарқынына тәуелді және оның саны 3 пен 8 аралығында болуы мүмкін (қарқынның артуымен қанат саны да өседі).

Бұралмалы-қанатты гидротурбиналар конструктивті орындалуына байланысты пропеллерлік турбиналардан өзгеше емес, бірақ жұмыс кезінде дөңгелектің қанаттары білікке перпендикуляр орналасқан өз бағыты бойымен бұрыла алады.

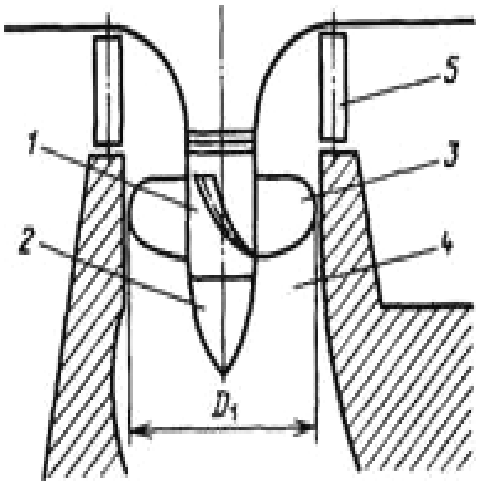
Бағыттағыш аппараттардың әртүрлі мөлшерде ашылуына сәйкес (яғни турбина қуаты әртүрлі болуына сәйкес) қанаттардың орналасу бұрышын

өзгерту арқылы гидротурбиналардың ПӘК мәні үлкен шамаға ие болатындай қанаттардың орын жағдайын табуға болады.



а) радиальды-осьтік; б) пропеллерді;
в) бұрамалы-қанатты; г) екі қауырсынды;
д) диагональды.

8.2 сурет - Реактивті турбиналардың жұмыс дөңгелегінің жалпы түрі



8.3 сурет - Пропеллерлі турбинаның жұмыстық дөңгелегі

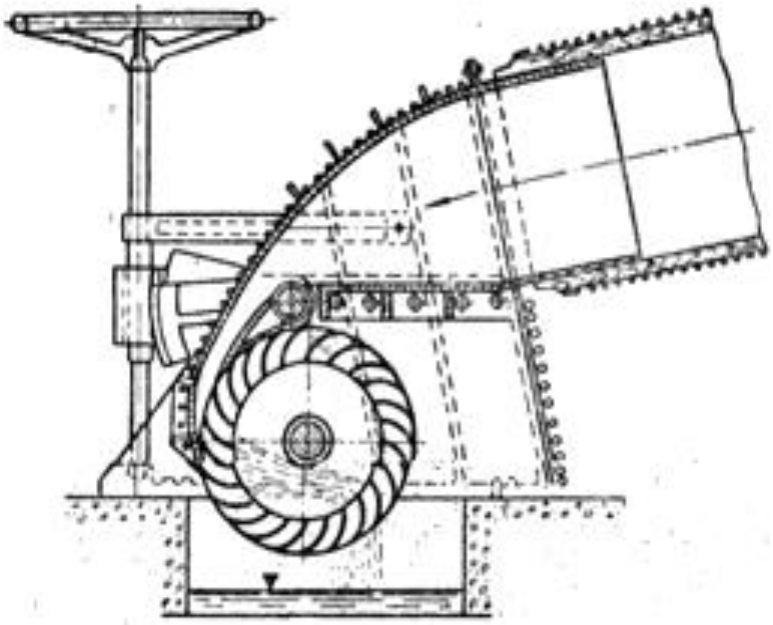
Гидротурбинаның жұмысы кезінде жұмыстық дөңгелектің қанаттары ашық бағыттағыш аппараттың ашылу деңгейіне байланысты белгілі бір оптимальді бұрышқа бұрылады. Сондықтан олар *бұралмалы-қанатты* деп атады. Мұндай екі түрлі реттеу ПӘК-тің шамасын үлкен мәнде автоматты түрде ұстап тұруды қамтамасыз ететіндіктен үлкен артықшылыққа ие.

Шағын қуатты ГЭС-тің турбиналары. Шағын қуатты ГЭС-ларды жабдықтау үшін *ожаулық, көлбеу-ағынды* және *екідүркіндік а*ктивті турбиналар қолданады

Екідүркіндік турбинаның горизонталь білігіне екі немесе үш дискі орналасады (8.4 сурет). Оның арасына иілген қанаттар бекітіледі. Олардың бойлық жиектері турбинаның білігіне параллель орналасқан.

Қуыс саптамадан су жұмыстық дөңгелектің қанаттарына түседі де, дөңгелектің ішімен жүре отырып, тағы да қанаттарға түседі, бірақ та бұл жолы олардың ішкі жағынан жүреді де энергиясын тағы да бере отырып, сыртқа шығып кетеді. Осылайша су екі рет жұмыстық дөңгелектің қанаттарына түседі, сондықтан да турбина *екідүркіндік* деп аталған. Ағын дөңгелектің қанаттары арқылы бірінші рет өткенде пайдалы энергияның 70 %...80 %, екінші рет өткенде 20 %...30 % береді. Қуаты 1 кВт...250 кВт болатын мұндай турбиналар көбіне 2 м...100 м аралығындағы су қарқыны болғанда қолданылады.

Гидроэлектрстансалардың генераторлары және гидроэнергетиканың потенциалы. ГЭС-ны жабдықтау үшін айналу жиілігі 20 айн/мин...1000



8.4 сурет - Екідүркіндік турбина

айн/мин аралығынды болатын *анық полюсті синхронды генераторлар* қолданылады. Айналу жиілігінің мұндай кең диапазонда болуы гидростансада қолданылатын судың шығындарының және қарқындарының әртүрлі болуына байланысты. Әдетте ГЭС-лардың генераторлары жеке жоба бойынша аз мөлшерде жасалады.

ҚР-сының гидроэнергетикасының потенциалы анықтау кезінде өзендерде келешегі бар, үлкен, орташа, шағын гидроэлектрстансалар салу мүмкіндігі есепке алынады. Мысалы, Алматы облысында жалпы қуаты 1325,4 МВт болатын 9 ГЭС (әрқайсысының қуаты 50 МВт жоғары), жалпы қуаты 820,4 МВт болатын 34 ГЭС (әрқайсысының қуаты 10 МВт...50 МВт аралығында), жалпы қуаты 97,8 МВт болатын 17 ГЭС (әрқайсысының қуаты 1 МВт...10 МВт аралығында) салу мүмкіндігі бар. Әртүрлі өзендерде салуға болатын 9 мини ГЭС-лардың (әрқайсысының қуаты 1 МВт дейін) жалпы қуаты 7,2 МВт құрайды.

Жоғары экономикалық тиімділікке қайта жаңғыратын үш энергетикалық ресурсты (су, жел және күн) қолданатын жергілікті энергетикалық жүйені құрған кезде қол жетеді. Бұл жазда қысқа қарағанда күн энергиясы көбірек болуымен, өзендерде көп су тасумен, көктемдегі тасқындар су қоймаларында жиналып, керегінше пайдаланылу мүмкіндігінің болуымен түсіндіріледі. Желдің белсенділігі қыста жоғары болатындықтан электр энергиясына деген сұранысты жел электр стансаларының көмегімен қанағаттандыруға болады. Мұндай ұтымды үйлесімділіктің мысалы ретінде Жоңғар қақпасындағы күн мен жел энергияларын және Жоңғар қақпасына келетін Ырғайты таулы өзенінің су ресурстарын бірге қолдануды айтуға болады.

Гидроэлектрстансаның құрылысының 1 кВт қуатқа шаққанда меншікті бағасы 6000 АҚШ доллары ...7000 АҚШ доллары аралығында болады.

Дәріс №9. Геотермальдық энергетика. Геотермальдық энергияны жылумен қамтамасыз ету жүйесінде қолдану

Дәрістің мазмұны: жер жылуы, геотермальдық жылуды қолдану жүйелерінің жұмыс істеу принциптері мен сұлбалары.

Дәрістің мақсаты: жылумен қамтамасыз ету жүйесінде геотермальдық энергияны қолдану мүмкіншіліктерін және тәсілдерін жете білу.

Жер қыртысының жылулық режимі. Геотермика деп жалпы Жердің және жер қыртысының жылулық күйінің оның геологиялық құрылысына, тау жынысының құрамына, магмалық үрдістер мен басқа да факторларға тәуелділігін зерттейтін ғылымды айтады.

Жердің ядросында максимал температура 4000 °С жетеді. Құрлықтың қатты жынысы мен мұхит табаны арқылы жылудың шығуы жылуөткізгіштік (геотермальдық жылу) көмегімен және сирегірек ыстық су мен балқыған магманың конвективтік ағыны түрінде жүзеге асады.

Жер қыртысы арқылы өтетін орташа геотермальдық жылу ағыны 30 °С/км тең температуралық градиент кезінде шамамен 0,06 Вт/м^2 құрайды. Бұл үзіліссіз жылу ағынын әдетте ағынының орташа мәні 500 Вт/м^2 тең басқадай қайта жаңғыртылатын энергия көздерімен салыстырады.

Жер бетінде жылу ағындары шамамен 10 Вт/м^2 …20 Вт/м^2 тең, сонымен қатар температуралық градиенттері жоғары аймақтар бар. Бұл аймақтарда қуаты 100 МВт геотермальдық жылу стансаларын салуға болады.

Кез келген тереңдіктегі (*H)* тау жынысының температурасын (*T*) жуықтап, мына формуламен анықтауға болады:

$$T = t_в + \frac{H + h}{c}, \qquad (9.1)$$

мұндағы $t_в$ – берілген аймақтағы ауаның орташа температурасы;

h –жылдық температурасы тұрақты қабаттың тереңдігі;

c – геотермиялық саты.

Геотермиялық сатының орташа шамасы 33 м тең және тұрақты температуралы аймақта әрбір 33 м тереңдеген сайын температура 1°С көтеріледі.

Геотермиялық саты деп қандай тереңдік (м) сайын температура 1 °С көтерілетіндігін көрсететін шаманы айтады.

Жартылай сұйық мантиядан жылу берілу нәтижесінде жердің жұқа қыртысының (тереңдігі шамамен 30 км) сыртқы және ішкі қабырғаларының температураларының айырмашылығы шамамен 1000 °С тең және тұрақты деңгейде болады, яғни температураның орташа градиенті шамамен 30 °С/км тең.

Геотермальды аудандарды үш класқа бөледі.

Геотермальды аудан. Температуралық градиент – 80 °С/км асады. Бұл аудандар континентальдық плиталар шекарасына жақын тектоникалық аймақтарда орналасқан. Мұндай аудан бірінші рет Лардереллоға (Италия) жақын жерде 1904 жылы электр энергиясын өндіру үшін іске қосылған. Қазіргі кезде жұмыс істейтін геотермальдық жылу электр стансалардың (ГеоЖЭС) барлығы дерлік осындай аудандарда орналасқан.

Жартылай термальды аудан. Температуралық градиент – шамамен 40 °С/км...80 °С/км аралығында. Негізінде мұндай аудандар платформалардың шекарасынан шетте жатады және аномалиялармен байланысты. Жылу суы бар табиғи қабаттардан немесе ұсақталған құрғақ жыныстардан алынады. Осындай ауданның бірі Парижға жақын орналасқан және оны ғимараттарды жылытуға қолданады.

Қалыпты аудан. Температуралық градиент – 40 °С/км төмен. Мұндай аудандар кеңінен таралған, дәл осындай аудандарда жылу ағынының орташа мәні 0,06 Вт/м^2 тең. Мұндай аудандарда жер астынан жылу алу экономикалық тұрғыдан тиімсіз.

Жер қабатындағы жылжымалы және жылусыйымдылығы аса үлкен энергия тасығыш – су. *Сұйық су* тек 10 км…15 км тереңдікке дейін болады, одан төменгі тереңдікте су температурасы шамамен 700 °С тең газ (бу) күйінде болады. 50 км…60 км тереңдікте, шамамен $3 \cdot 10^2$ атм қысым кезінде, су буы тығыздығы сұйық су тығыздығымен бірдей болады, яғни олардың арасындағы айырмашылық (күйлік) шекарасы жоғалады.

Жылутасығыштың температурасына сәйкес барлық геотермальдық көздерді *эпитермальды, мезотермальды и гипотермальды деп бөледі.*

Эпитермальды көздерге әдетте шөкпе жыныстардың жоғарғы қабатына орналасқан, температурасы 50 °С …90 °С болатын ыстық су көздері жатады.

Мезотермальды көздерге температурасы 100 °С …200 °С тең ыстық су көздері жатады.

Гипотермальды көздерде температура жоғары қабаттарда 200 ^{0}С асады және жер асты суларына тәуелді болмайды.

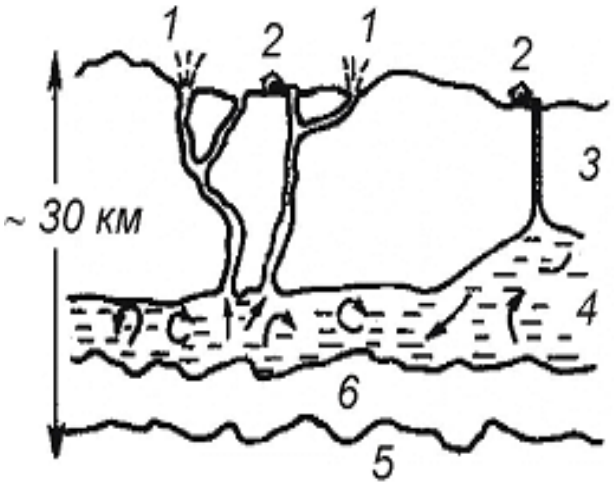
Алматы облысына қарасты Жаркентте температурасы 88 ^{0}С...96 ^{0}С тең, өнеркәсіптік пайдалануға болатын термальды сулар бар.

Қазіргі таңда Қазақстанда 500 м интервалмен 6500 м тереңдікке дейін геотермальдық зерттеулер жүргізілген, солардың ішінде *Каспий маңындағы ойпатта* (6500 м тереңдікке дейін, макс. температура 118 ^{0}С, макс. градиент 27 ^{0}С/км), *Маңғышылақ-Үстүрт жүйесінде* (3250 м тереңдікке дейін, макс. температура 150 ^{0}С, макс. градиент 35,8 ^{0}С/км), *Торғай* және *солтүстік Аралда* (2900 м тереңдікке дейін, макс. температура 100 ^{0}С, макс. градиент 27,8^0 С/км), *Ертіс ойпатында* (2000 м тереңдікке дейін, макс. температура 60 ^{0}С, макс. градиент 58 ^{0}С/км), *Іле ойпатында* (3800м тереңдікке дейін, макс. температура 150 ^{0}С, макс. градиент 32 ^{0}С/км), *Сырдария ойпатында* (2100 м тереңдікке дейін, макс. температура 83 ^{0}С, макс. градиент 40 ^{0}С/км), *Шу-Сарысу ойпатында* (1400 м тереңдікке дейін, макс. температура 63 ^{0}С, макс. градиент 28 ^{0}С/км).

Жылумен қамтамасыз ету жүйесінде геотермальдық жылуды қолдану. Қазіргі таңда тұрғын үй және өнеркәсіптік ғимараттарда ыстық сумен қамтамасыз ету және жылыту жүйесінде жер асты ыстық суларын (судың температурасы 50 ^{0}С...60 ^{0}С төмен емес) қолданудың әртүрлі сұлбалары жобаланған.

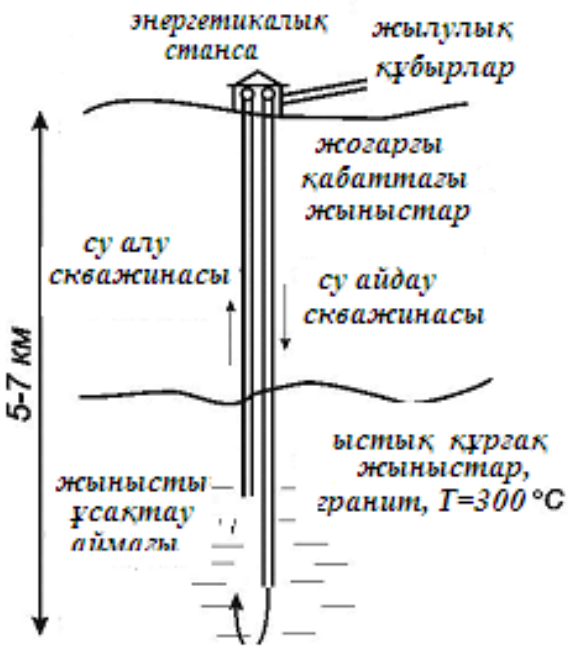
Сәтті жүзеге асқан жобаларда геотермальды аудандарда табиғи жер асты коллекторларына тікелей бұрғыланған скважиналар қарастырылған. (9.1 сурет). Осындай тәсілдер жоғары термальды аудандардың табиғи арыны өте жоғары суы бар қабаттарынан энергияны алу үшін қолданылады, бұл жағдайда сорғышсыз жүйе қолданады.

Соңғы жобалар жылуды құрғақ таулық жыныстардан өндіруге бағытталған, өйткені су көздеріне қарағанда олар үлкен өнімділікті қамтамасыз ете алады. Скважиналарға қысыммен салқын су айдауға негізделген тау жыныстарын *гидроұсақтау әдісі* ойлап табылған (9.2 сурет). Тау жыныстарын алдын-ала ұсақтаудан кейін қоректендіруші су қысыммен жіберіледі. Ол 5 км тереңдікте температурасы 250 °С болатын тау жыныстары арқылы өтеді және қызады, ал қызған су жоғарыға қабылдаушы скважина арқылы қайтып оралады. Осындай екі скважина қуаты гигаватт жуық қондырғыны энергиямен қамтамасыз ете алады.



1–табиғи гейзер; 2–энергетикалық станса; 3–терең саңлау (5 км); 4–булы су көзі; 5–мантия; 6–ыстық тау жыныстары.

9.1 сурет - Гипертермальды аудандағы гидротермальды стансаларды орналастыру сұлбасы

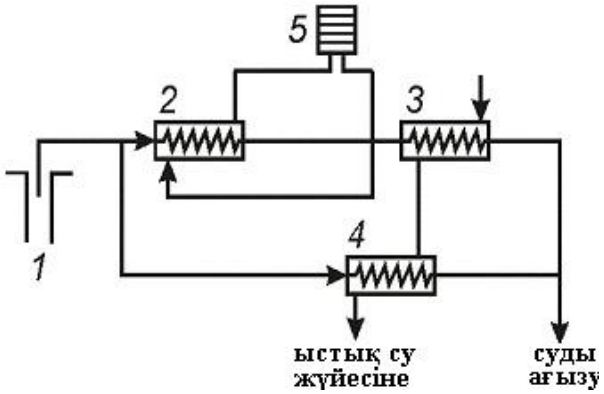


9.2 сурет - Құрғақ таулық жыныстардан жылу алу сұлбасы

Геотермальды жылу стансалары (ГеоЖС) геотермальды көздерге жақын орналасқан тұтынушыларды орталықтандырылған жылумен қамтамасыз етуге арналған. ГеоЖС құрылысы айтарлықтай қарапайым, негізгі мәселелер жылуалмастырғыштарды коррозияға төзімді материалдардан жасауын талап ететін термальды сулардың жоғары тұздылығымен байланысты.

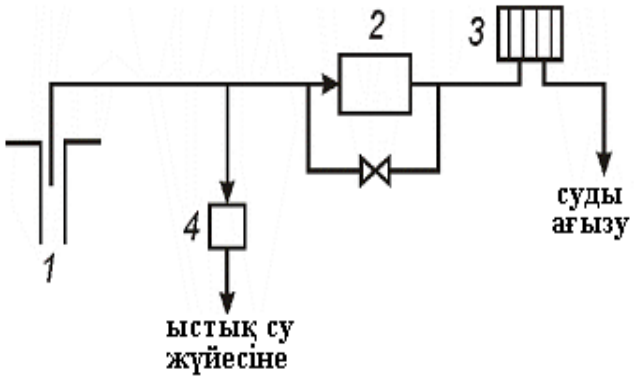
Жоғары температуралы, қатты минералданған (тұздылығы жоғары) термальдық суды жылумен қамтамасыз ету жүйесінде қолдану. Термальды судың температурасы 80°С жоғары, бірақ қатты минералданған. Мұндай жағдайларда аралық жылуалмастырғыш құрылғыларға қажеттілік туады. 9.3 суретте мұндай сұлбаның принципиалды шешімі көрсетілген.

Бұл сұлбада скважинадан шыққан термальдық су екі параллель тармаққа бөлінеді: бірінші тармақ жылыту жүйесінің жылуалмастырғышына, содан



1 – саңылау; 2 – жылытудың жылуалмасу жүйесі; 3 – 1-ші сатылы ыстық сумен жабдықтаудың жылуалмасуы; 4 –2-ші сатылы; 5 – жылыту жүйесі.

9.3 сурет - Геотермальды жылумен қамтамасыз етудің жылуалмастырғыштары бар жүйесінің сұлбасы



1 – саңылау; 2 – жоғары деңгейлі жылытқыш; 3 – жылыту жүйесі; 4 – бак-аккумулятор.

9.4 сурет - Геотермальды суды жылыту және ыстық сумен қамтамасыз ету жүйелеріне параллель беру қарастырылған сұлба

кейін ыстық сумен қамтамасыз жүйесінің 1-ші сатысының жылуалмастырғышына бағытталады, ал екінші тармақ осы жүйенің 2-ші сатысының жылу алмастырғышы арқылы өтеді. Құбырды қақтанудан қорғау үшін аралық жылуалмастырғыш қолданады. Қатты минералданған суды скважинадан иректелген жылуалмастырғышы бар резервуарға жібереді. Бұл жылуалмастырғыш арқылы тұщы өзен суы өткен кезде бұл қызады. Қыздырылған тұщы су тұтынушыларға барады, ал термальдық судағы тұз резервуарда және жылуалмастырғыштың сыртқы қабырғасына шөгеді.

Мұндай жылуалмастырғышы бар сұлбаның кемшілігі термальдық судың энергетикалық потенциалының азаюы болып табылады (жылу алмастырғыштағы температуралардың айырмашылығының азаюы).

*Төменгі температуралы (*температурасы 80°С төмен), *аз (шамалы) минералданған термальдық суды жылумен қамтамасыз ету жүйесінде қолдану*). Бұл жерде термальды судың потенциалын (температурасын) көтеру керек. Бұны бірнеше әдіспен жүзеге асыруға болады. Олардың негізгілері:

а) термальды суды жылыту жүйесі мен ыстық сумен қамтмасыз ету жүйесіне параллель беру және жылыту жүйесіне берілетін суды қосымша қыздыру (9.4 сурет).

Бұл сұлба бойынша скважинадан термальды су ыстық сумен қамтамасыз ету жүйесіне және оған параллель қазандыққа түседі. Осы қазандықта су метерологиялық жағдайларға сәйкес қажетті температураға дейін қыздырылады да, жылыту жүйесіне жіберіледі.

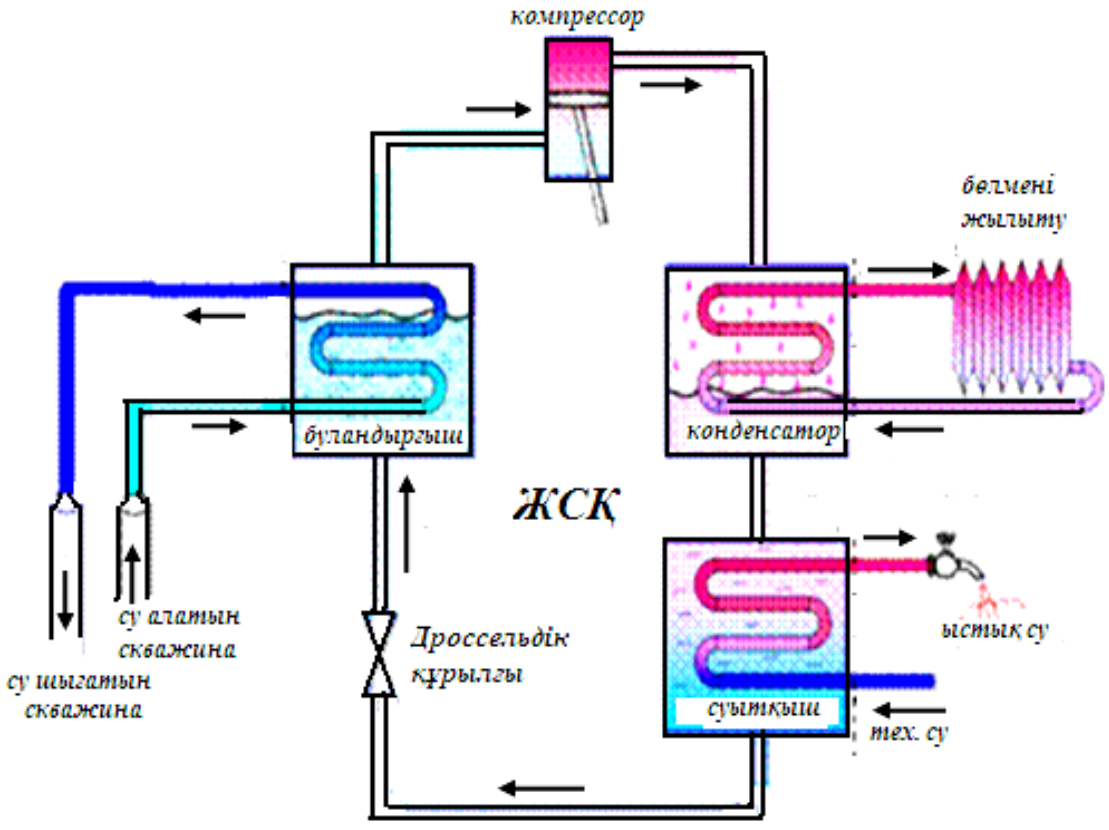
Қосымша қазандықтар скважина санын азайтуға мүмкіндік беретіндіктен бұл сұлбаны бұрғылау қымбатқа түсетін аудандарда қолданған тиімді;

в) жылулық сорғышты (насосты *) қолдану.*

Сұлба жылулық сорғыштың көмегімен төменгі температуралы термальды көздердің жылуын кәдеге жаратуды қарастырады.

Жылулық сорғыш дегеніміз - төменгі температуралы энергия көздерінен төменгі потенциалды жылуды жоғары температуралы жылутасығыштары бар тұтынушыларға жеткізуге арналған құрылғы.

Термодинамикалық тұрғыдан жылулық сорғыш - тоңазытқыш машиналарға кері машина Конденсатор тұтынушыға жылу бөлетін жылуалмастырғыш аппарат болып саналады, ал буландырғыш – суаттардағы, жер қабатындағы, ағын сулардағы және т.б. жерлерде кездесетін төменгі потенциалды жылуды кәдеге асыратын жылуалмастырғыш аппарат болып табылады (9.5 сурет).



9.5 сурет – Жылулық сорғыштың жұмыстық сұлбасы

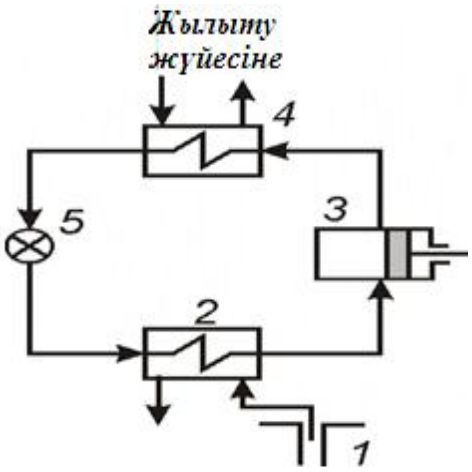
Жұмыс істеу принципіне байланысты жылулық сорғыштар компрессорлық және абсорбциялық болып бөлінеді. *Компрессорлық жылулық*

сорғыш электрлік қозғалтқыш көмегімен қозғалысқа түседі, ал *абсорбциялық жылулық* сорғыштар энергия көзі ретінде жылуды пайдалануы мүмкін. Компрессор үшін де төменгі потенциалды жылу көздері қажет.

Компрессор жұмыс кезінде электр энергиясын тұтынады. Өндірілетін жылу энергиясы мен тұтынылған электр энергиясының қатынасы трансформациялау коэффициенті (түрлендіру коэффициенті) деп аталады және жылулық сорғыштың тиімділігінің көрсеткіші болып табылады. Бұл шама буландырғыш пен конденсатордағы температуралардың мөлшерінің айырмашылығына тәуелді: айырмашылық неғұрлым көп болса, соғұрлым аз.

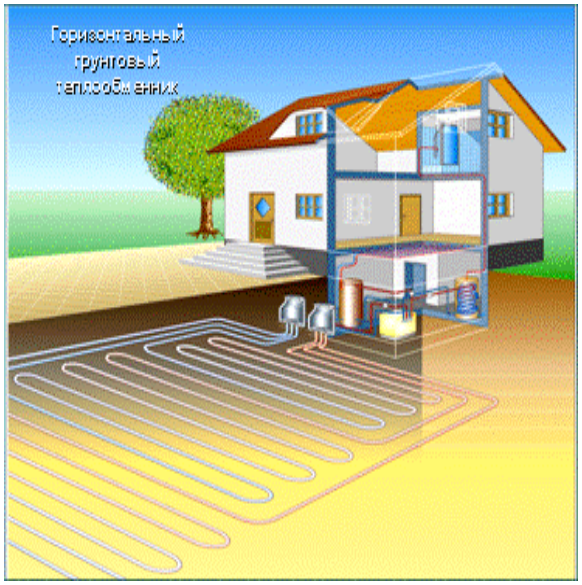
Қазірге кездегі жылулық сорғыштардың тиімділігінің нақты мәндері: температура 20 °С кезінде 2,0 тең, ал температура +7 °С кезінде 4,0 тең.

9.6 суретте компрессорлық жылулық сорғышты қолданатын жылумен қамтамасыз ету жүйесінің сұлбасы көрсетілген. Ыстық су скважинадан 1 жылулық сорғыштың буландырғышына жіберіледі, ол жерде жылу тез буланатын жұмыстық затқа беріледі. Пайда болған булар компрессормен 3 сығылып, конденсаторға 4 бағытталады, ол жерде өте жоғары қысымда конденсацияланады, нәтижесінде бөлінген жылу жылыту жүйесіндегі суға беріледі. Салқындатылған суды канализацияға ағызады.



1 – скважина; 2 – буландырғыш; 3 – компрессор; 4 – конденсатор; 5 – реттегіш вентиль.

9.6 сурет - Жылу сорғышты қолданатын геотермальдық жылумен қамтамасыз ету сұлбасы



9.7 сурет – Жылу көзі ретінде жердің энергиясын қолдану

Жылу көзі ретінде жер энергиясын қолданғанда сұйық айналатын құбыр желісін осы аудандағы жердің қату деңгейінен 30 см...50 см төмен тереңдікке көміледі (9.7 сурет).

Өнімділігі 10 кВт жылулық сорғышын орналастыру үшін 400 м^2 (20 м х20 м) жерді қажет ететін, ұзындығы 250 м...450 м контур қажет.

Дәріс №10. Геотермальдық энергияны электр энергиясын өндіруге пайдалану

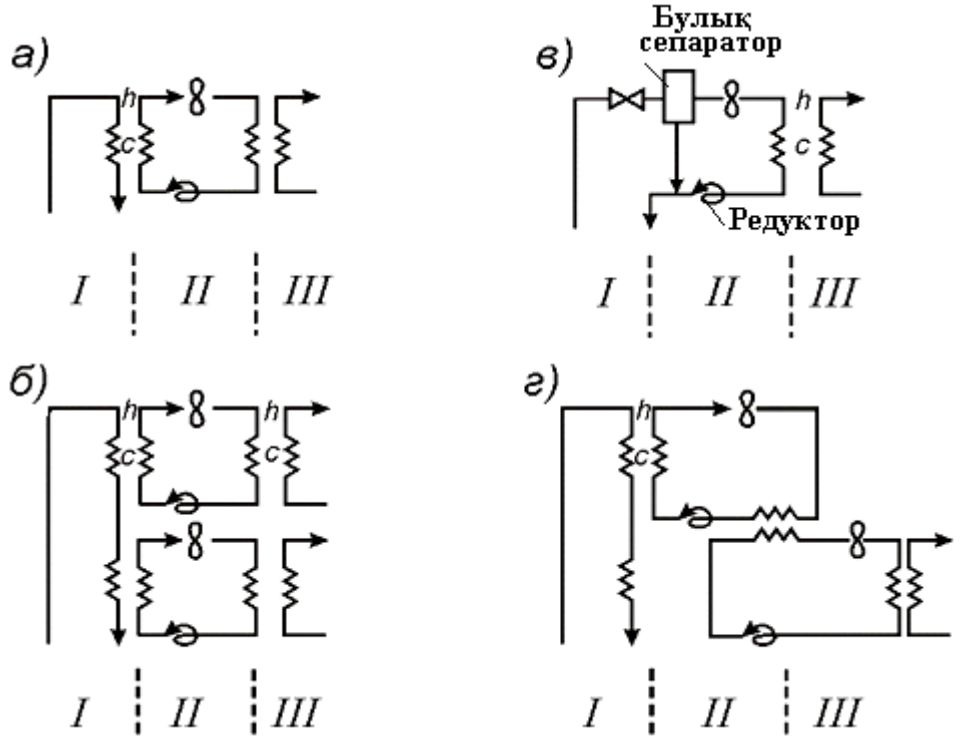
Дәрістің мазмұны: геотермальдық электр стансаларының сұлбалары және жұмыс істеу принциптері.

Дәрістің мақсаты: электрмен қамтамасыз ету жүйесінде геотермальды жылудың қолдану мүмкіндіктері мен тәсілдерін жете білу.

Геотермальдық электр стансаларында (ГеоЭС) ыстық бұлақтар мен гейзер түріндегі жылудан электр энергиясын өндірудің әртүрлі сұлбалары қолданады. Ең оңай жүзеге асыруға болатын сұлбалар қатарына қайнау температурасы төмен сұйықтықтардың буын қолданатын сұлба жатады. Табиғи көздерден алынған ыстық су осындай сұйықтарды буландырғышта қыздыра отырып, буға айналдырады, бу өз кезегінде ток өндіретін генератор жетегіндегі турбинаны айналдырады. Электр энергиясын өндіру жолдарын ұйымдастыру мысалдары 10.1 суретте көрсетілген: бір ғана жұмыстық затты (су немесе фреон) қолдану циклы (10.1,а сурет); екі жұмыстық затты (мысалы, су және фреон) қолдану циклы (10.1,б сурет); тікелей бу циклы (10.1,в сурет) және екі контурлы цикл (10.1,г сурет).

Электр энергиясын өндіру технологиясы термальдық судың жылу потенциалына едәуір дәрежеде тәуелді болады.

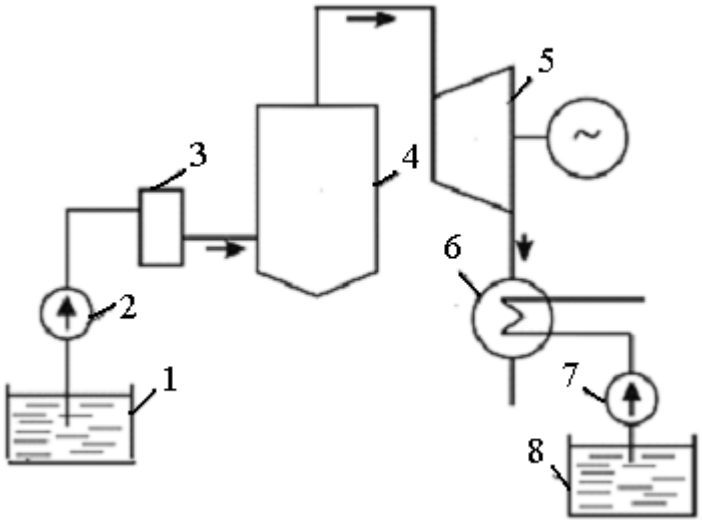
Жоғары потенциалды термальды көздер бу трубиналы жылу электр стансаларының дәстүрлі құрылымын қолдануға мүмкіндік береді.



I-геотермальды су көзі; II-трубиналы цикл; III- салқындатылған су.

10.1 сурет – Электр энергиясын өндіруді ұйымдастыру циклдарына мысалдар

10.2 суретте табиғи жер асты суларын қолданатын шағын ГеоЭС-ның қарапайым сұлбасы көрсетілген. Ыстық су көздерінен алынған температурасы 95 ^{0}С болатын су сорғыш 2 арқылы газ кетіргішке 3 жіберіледі, ол жерде құрамындағы газ қоспаларынан арылады. Одан әрі үрдіс буландырғышта 4 жалғасады. Буландырғышта конденсатор эжекторында бұрын жұмсалған жылы бу (көмекші қазандықта) есебінен бір шама қыздыру арқылы қанықкан буға айналады. Аздап қыздырылған бу ток генераторының білігінде орналасқан трубинаны айналдырады. Жұмсалған бу қалыпты температурадағы сумен салқындатылатын конденсаторда суға айналады (конденсацияланады). Мұндай қарапайым қондырғылар Африкада 1950 жылдардан бері жұмыс жасап келеді.



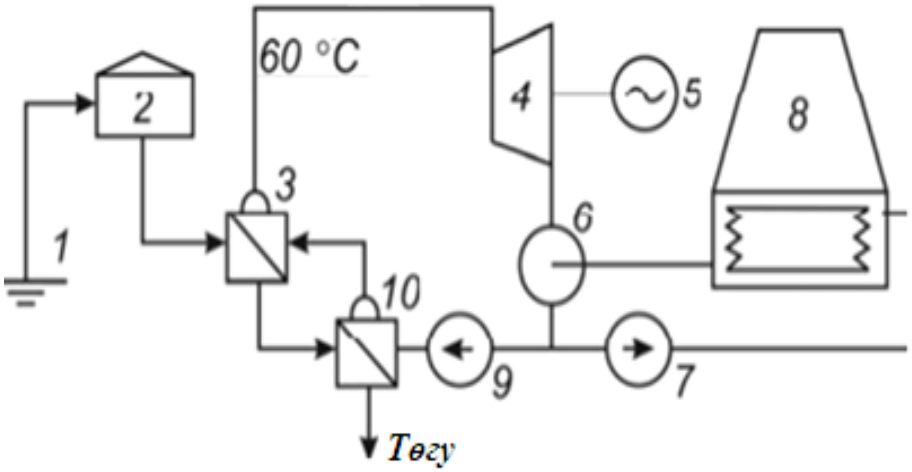
1-ыстық су қабылдағыш; 2-ыстық суға арналған сорғыш; 3-газ кетіргіш; 4-буландырғыш; 5-ток генераторы бар бу трубинасы; 6- конденсатор; 7-айналысқа келтіретін сорғыш; 8-салқындатылған суды қабылдағыш.

10.2 сурет - Шағын ГеоЭС сұлбасы

Қазіргі заман талабына сай қондырғылардың айқын көрінісі ретінде төменгі температурада қайнайтын жұмыс денесі бар геотермальды электр стансаларын айтсақ болады (10.3 сурет). Бак-аккумулятордағы ыстық су буландырғышқа 3 жіберіледі, онда жылу қандай да бір төменгі қайнау температурасы бар денеге беріледі. Мұндай денеге көміртегі қышқылы, әртүрлі фреондар, күкірт гексафториді, бутан т.б. жатады.

Конденсатор 6 ауалық салқындатқыштан келетін салқын сұйық бутанмен салқындатылады. Конденсатордағы бутанның бір бөлігі қоректендіргіш сорғыш 9 арқылы қыздырғышқа 10 беріледі, одан әрі буландырғышқа 3 келеді.

Бұл сұлбаның маңызды ерекшелігі - қысқы уақытта конденсациялық төменгі температурада да жұмыс жасай алуы. Бұл температура 0 °С жақын немесе одан да төмен болуы мүмкін, себебі қарастырылған заттардың барлығы дерлік өте төменгі температурада қататын қабілеті бар. Бұл циклда қолданатын температура ауқымын айтарлықтай кеңейтуге мүмкіндік береді.

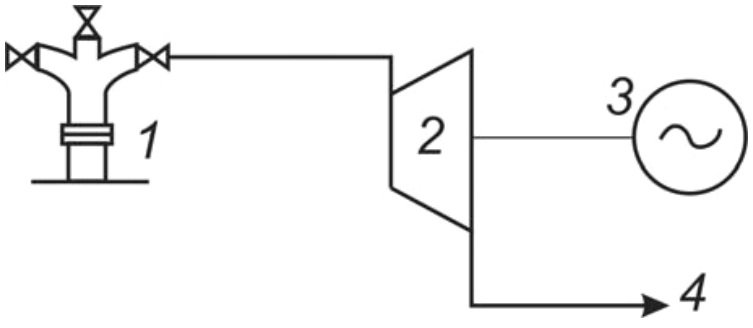


1-скважина; 2-бак-аккумулятор; 3- буландырғыш; 4-турбина; 5-генератор;
6-конденсатор; 7- айналымға келтіретін сорғыш; 8-жоғарғы ауалық салқындатқыш;
9-қоректендіргіш сорғыш; 10-жұмыс денесін қыздырғыш.

10.3 сурет – Төменгі температурада қайнайтын жұмыстық заты бар геотермальды электр стансасының сұлбасы

Табиғи буды тікелей қолданатын геотермальды электр стансасы. Ең қарапайым және қолжетімді геотермальды электр қондырғысына қарсы қысымдық бу турбинасы бар қондырғы жатады (10.4 сурет). Табиғи бу скважинадан тікелей турбинаға беріледі, ол одан әрі атмосфераға кетеді немесе бағалы химиялық заттарды ұстайтын қондырғыға беріледі.

Қарсы қысымдық турбинаға екіншілік ретті бу немесе сепаратордан алынатын буды жіберуге болады. Бұл сұлбада электр стансасы конденсаторсыз жұмыс жасайды, сондықтан конденсацияланбаған газдарды конденсатордан кетіретін компрессордың да қажеттілігі болмайды. Бұл қондырғы ең қарапайым, күрделі шығыны және эксплуатациялық шығыны аз болып келеді. Көлемі жағынан үлкен кеңістік керек емес, көмекші қондырғыларды да қажет етпейді, жылжымалы геотермальды электр стансалар ретінде қолдануға ыңғайлы.



1-скважина; 2-турбина; 3-генератор;
4-атмосфераға немесе химиялық заводқа шығу.

10.4 сурет – Табиғи буды тікелей қолданатын геотермальдық электр стансаның сұлбасы

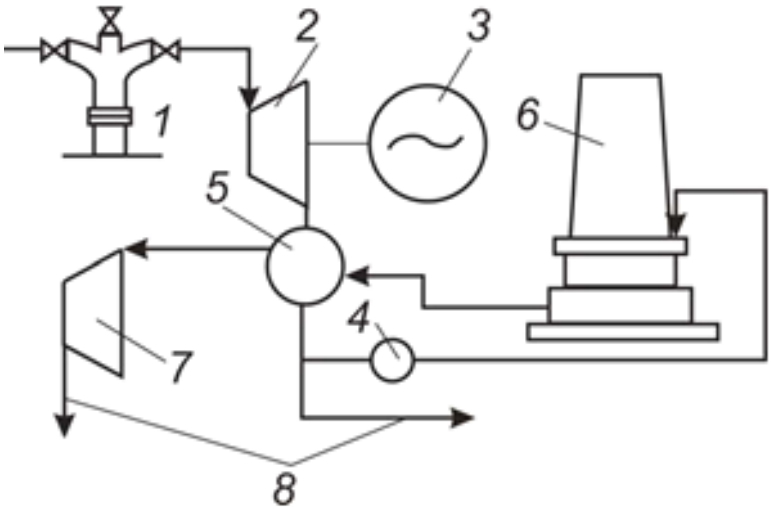
Бұл қарастырылған сұлбаны табиғи будың жеткілікті қоры бар аумақтарға қолданған тиімді болады.

Италияда мұндай стансалардың бірнешеуі жұмыс жасайды. Олардың біреуінің қуаты 4 мың кВт, будың меншікті шығыны шамамен 20 кг/с немесе 80 т/сағ. Екінші стансаның қуаты – 16 мың кВт, әрқайсысының қуаты 4 мың кВт болатын төрт турбогенератордан тұрады.

Табиғи буды тікелей қолданатын, конденсациялық турбинасы бар геотермальдық электр стансасы (10.5 сурет) - бұл электр энергиясын алудың заманауи сұлбасы.

Скважинадағы бу турбинаға беріледі. Турбинада жұмыс істеген бу қалдықтары араластырғыш конденсаторға беріледі. Салқындатқыш су мен қалдық бу конденсатының қоспасы конденсатордан жер астындағы бакқа беріледі. Ол жерден бұл қоспаны салқындату үшін сорғыш арқылы салқындатқышқа жібереді. Салқындатылған су қайтадан конденсаторға келеді (10.5 сурет). Дәл осындай сұлбалар аздаған айырмашылықпен көптеген геотермальдық электр стансаларда жұмыс жасайды: «Лардерелло-2» (Италия), «Вайракей» (Новая Зеландия) т.б.

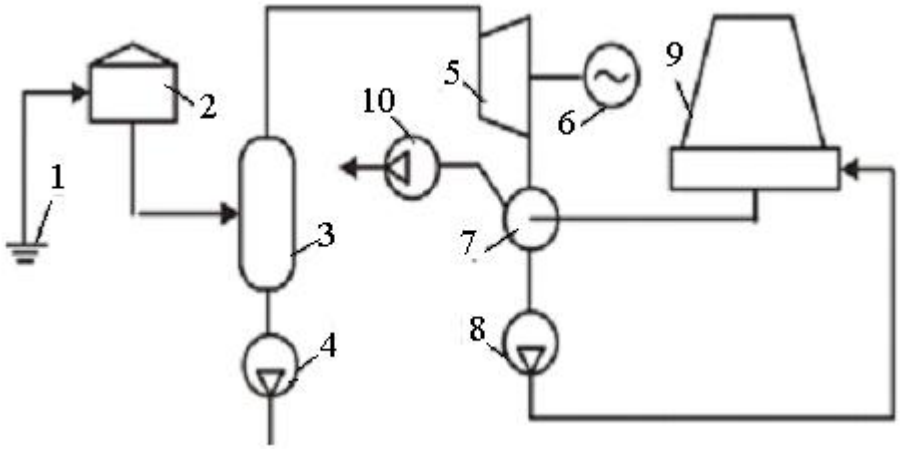
Төменгі температурада қайнайтын (хладон – R12, су-аммиак қоспасы) жұмыстық заты бар екі контурлы энергетикалық қондырғының қолдану температурасы 100 ^{0}С...200 ^{0}С болатын термальды судың және табиғи буы бар жерлерден бөлектеніп алынған судың жылуын пайдалануға негізделген.



1-скважина; 2-турбина; 3-генератор; 4- сорғыш;
5-конденсатор; 6 - салқындатқыш; 7- компрессор; 8- қалдық су.

10.5 сурет – Табиғи буды тікелей қолданатын конденсациялық турбиналы геотермальдық электр стансасының сұлбасы

Электр және жылу энергияларын бірге өндіру геотермальдық жылулық электр стансасында (ГеоЖЭС) жүзеге асырылады. 10.6 суретте температурасы 100 ^{0}С болатын ыстық суды пайдаланатын вакуумдық ГеоЖЭС-ның қарапайым сұлбасы келтірілген.



1 – скважина; 2 – бак-аккумулятор; 3 – кеңейткіш; 4 – ыстық суға арналған сорғыш; 5 – вакуумдық турбина, 750 кВт; 6 – генератор; 7 – араластырғыш- конденсатор; 8 – сорғыш; 9 – желдеткіштік салқындатқыш; 10 – вакуумдық сорғыш.

10.6 сурет – Желдеткіші бар вакуумдық ГеоЖЭС-ның сұлбасы

Скважинадағы 1 ыстық су бак-аккумуляторға 2 келеді. Бактағы су құрамындағы газдардан тазаланып, қысымы 0,3 атм болатын кеңейткішке 3 бағытталады. Дәл осы қысымда және 69 ^{0}С судың біраз мөлшері буға айналады да, вакуумдық турбинаға 5 бағытталады, ал судың қалған бөлігі сорғыш 4 арқылы жылу жүйесіне жіберіледі. Турбинада жұмыс істеп шыққан бу араластырғыш-конденсаторға 7 түседі. Конденсатордағы ауаны кетіру үшін вакуумдық сорғыш 10 қарастырылған. Салқындатылатын су мен бу конденсатының қоспасы конденсатордан сорғыш 8 көмегімен шығады да, салқындату үшін желдеткіштік салқындатқышқа 9 жіберіледі. Салқындатылған су конденсаторға өзі ағып келеді.

Петропавловск-Камчатск өндірістік ауданын электрмен қамтамасыз етуге арналған, қуаты 12 МВт (3х4 МВт) Верхне-Мутновск ГеоЖЭС-сын вакуумдық ГеоЖЭС-ларға мысал ретінде атауға болады.

Дәріс №11. Мұхиттың энергетикалық ресурстары және оларды пайдалану

Дәрістің мазмұны: мұхиттың энергетикалық ресурстары, оларды қолданатын қондырғылардың сұлбалары және жұмыс істеу принциптері, тиімділік көрсеткіштері

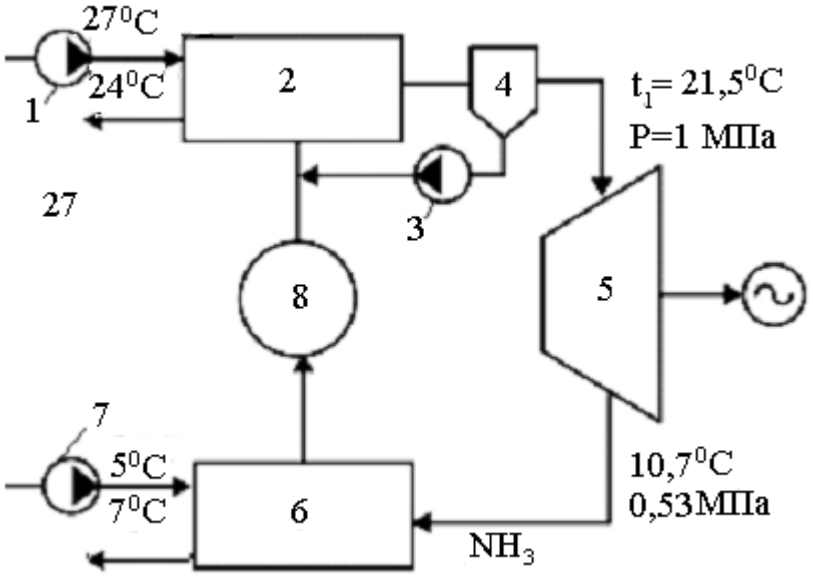
Дәрістің мақсаты: мұхиттың энергетикалық ресурстарын және оларды қолдану тәсілдерін жете білу.

Мұхиттың жылу энергиясын қолдану. Жер бетінің үштен екі бөлігін теңіз және мұхит сулары алып жатқандықтан олардың энергетикалық қоры өте үлкен. Мұхиттың беткі жағындағы сулардың температурасы оның түбіндегі сулардың температурасынан, мысалы, 20 градусқа артық болса, онда мұхиттың жылу (ішкі) энергиясы 10^{26} Дж тең болады.

Мұхит ағыстарының кинетикалық энергиясы шамамен 10^{18} Дж. Қазіргі уақытта бұл энергияның аз ғана үлесі қолданылады.

1979 жылдан бастап Гавай аралдарында жылу энергетикалық мини-ОТЕС қондырғысы (11.1 сурет) жұмыс жасай бастады. Оның толық қуаты 48,7 кВт, максимал қуаты - 53 кВт, бұл қуаттың 12 кВт ғана (максимум 15 кВт) қондырғы пайдалы жүктемеге жұмсайды.

Қондырғыда үш сорғыш қарастырылған: біріншісі - мұхиттың жылы суын қондырғыға беру үшін, екіншісі - 700 м тереңдіктен суық суды тарту үшін, үшіншісі – жүйенің ішіндегі екінші ретті жұмыстық сұйық қозғалысқа келтіру үшін, яғни конденсатордан буландырғышқа айдау үшін. Екіншілік жұмыстық сұйық ретінде аммиак қолданады.



1-жылы су сорғыш; 2-буландырғыш; 3- кептіргіш сорғышы; 4-кептіргіш; 5- бу турбинасымен жалғасқан электр генераторы; 6-конденсатор; 7- суық суды соруға арналған сорғыш; 8-жұмыстық денені соруға арналған сорғыш.

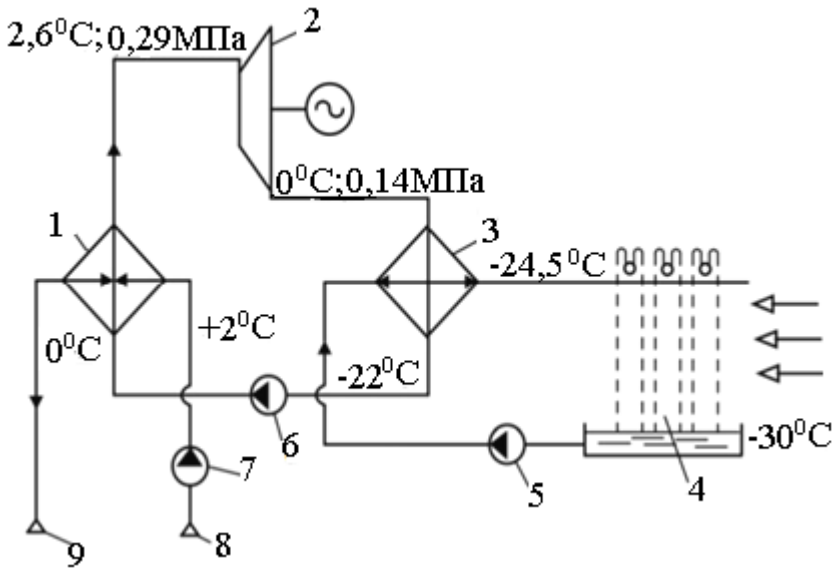
11.1 сурет – Тұйықталған циклда жұмыс жасайтын термальдық қондырғының сұлбасы

Бұл жүйеде мұхит беткі қабатының жылы суын сорғыштың көмегімен буландырғыштың жылу алмастырғышы арқылы жіберіліп, қандайда бір жұмыстық денені (аммиак, фреон, пропан) жоғары қысымды буға айналдырады. Бұл бу турбинаны айналдырады, одан әрі тоңазытқышқа беріледі. Бұл жерде мұхит түбінен сорылып, екіншілік жылу алмастырғыш арқылы өтетін суық су көмегімен турбинадан келген қалдық бу конденсацияланады.

Мұхит түбі мен беткі жағының температура арасындағы айырмашылық 15 ^{0}С...26 ^{0}С болса, ПӘК мәні 5 %...9 % диапазон аралығында өзгереді. Нақты ПӘК айтарлықтай төмен (2,5 %).

«Мұхит-атмосфера» жүйесіндегі температуралық айырмашылықты

пайдалану. 11.2 суретте А.К. Ильин мен В.В. Тикменов ұсынған ЖЭС сұлбасы көрсетілген.



1-негізгі контурдың буландырғышы; 2- электрогенераторлы турбина; 3-конденсатор; 4- қосымша жұмыстық денені салқындату контурының жылуалмастырғышы; 5-хладагентты беруге арналған сорғыш; 6-жұмыстық затты беруге арналған сорғыш; 7-теңіз суын беруге арналған сорғыш; 8- су алатын қойма; 9 - қолданылған суды шығару.

11.2 сурет – «Мұхит-атмосфера» жүйесіндегі температуралық айырмашылықты пайдаланатын арктикалық ЖЭС сұлбасы

Арктикадағы суық ауа мен мұз астындағы қатпаған жылы судың температураларының арасындағы айырмашылығын қолдану алғаш рет Францияда А. Баржо ұсынған. Бұл стансаның негізгі ерекшелігі – «үшбұрышты» цикл: политропты процесс негізінде жұмыстық денені қыздыру және буландыру; турбина арқылы адиабатты кеңейту; буландырғыш арқылы изотермиялық қысылу және бір мезгілде суытқышта артық жылуды алу.

Жылу энергиясын электр энергиясына тікелей түрлендіру. Мұхиттың жылу энергиясын электр энергиясына тікелей түрлендіруге болады. Ол термоэлектрлік түрлендіргіштер арқылы жүзеге асады. Олардың жұмыс әрекеті Зеебек құбылысына (эффектісіне) негізделген. Заряд тасымалдаушыларының концентрациясы әртүрлі материалдардан тұратын электр тізбегінде материалдардың өзара түйіскен ұштарын әртүрлі температураға дейін қыздырған кезде потенциалдар айырымы пайда болады. Мұндай түрлендіргіштер жартылай өткізгішті элементтерден жасалғандықтан ПӘК-і 10 % дейін көтерілуі мүмкін. Мұндай жартылай өткізгішті жүйенің артықшылығы – қыздырғыш пен тоңазытқыш арасындағы айтарлықтай жоғары жылу оқшаулағыштың болуы, бұл жүйенің ПӘК тікелей әсер етеді.

Бұл жүйенің кемшілігіне түрлендіргіштерді жасауға қажетті элементтердің, материалдардың құнының қымбаттылығы, түрлендіргіштерді

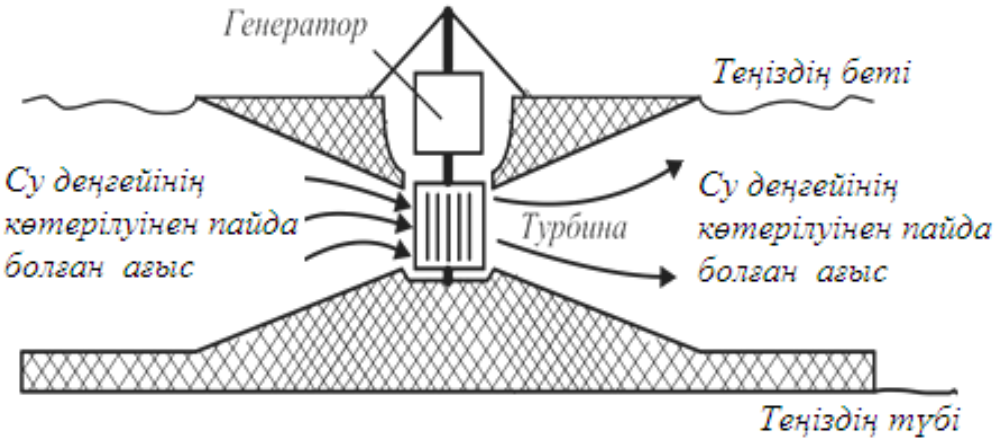
теңіз суымен тікелей жанасудан сақтайтын оқшаулағыштың қажеттілігі жатады.

Мұхит (теңіз) деңгейінің периодты көтерілуінен (төмендеуінен) туындайтын, құрлық жағалауына тура (кері) бағытталған су ағынының энергиясын қолдану. Керемет қуатты табиғи құбылысты – м*ұхит (теңіз)* деңгейінің периодты қозғалысын (*көтерілуімен мен төмендеуін*) Күн мен Айдың тартылыс күштері тудырады. Соның нәтижесінде периодты түрде құрлық жағалауына бағытталған (прилив) және кері бағытталған (отлив) судың ағындары (тартылыстық су ағындары) пайда болады. Бұл үрдіс 6 сағ 12 мин 30 сек қайталанады. Егер Ай, Күн және Жер бір сызықтың бойында болған жағдайда, Айдың тарту күшіне Күннің тарту күші қосылады да, теңіз суы деңгейінің *қатты көтерілуін,* яғни *күшті* тартылыстық су ағындарын тудырады. Күн Жер-Ай сызығына тікбұрыш жасап орналасса, *әлсіз* тартылыстық су ағындары орын алады. Бұл жағдай 7 күн сайын кезектесіп отырады. Бір көтерілуден келесі көтерілуге дейін, яғни көтерілу-төмендеудің бір циклында максимал мүмкін қуат мына теңдеумен өрнектеледі:

$$W=\rho g S R^2, \qquad (11.1)$$

ρ – судың тығыздығы; g –ауырлық күшінің үдеуі; S – бассейннің ауданы; R –толысу кезіндегі деңгейдің айырмашылығы.

Су көтерілуінен пайда болған ағыс энергиясын түрлендіретін қондырғының қазіргі заманға сай үлгісі 11.3 суретте көрсетілген.



11.3 сурет – Су көтерілуінен пайда болған ағыс энергиясын қолдануға негізделген электр стансаның сұлбасы

Мұндай қондырғының 1 кВт шаққандағы күрделі шығыны айтарлықтай жоғары. Теңіз суы деңгейінің көтерілуі-төмендеуіне негізделген, қуаты 635 кВт алғашқы электр стансасы Ливерпуль жанындағы Ди шығанағында 1913 жылы салынған. 1967 жылдан бастап Францияда Ранс өзенінің жанында

көтерілу биіктігі 13 м, қуаты 240 мың кВт, жылына 540 мың кВт·сағ энергия өндіретін электр станса жұмыс жасайды.

Теңіз ағысының энергиясын пайдалану. Теңіз ағысының кинетикалық энергиясын суға батырылған турбина көмегімен механикалық немесе электр энергиясына айналдыруға болады.

Су ағысынан пайда болатын энергияны P мына формуламен анықтаймыз:

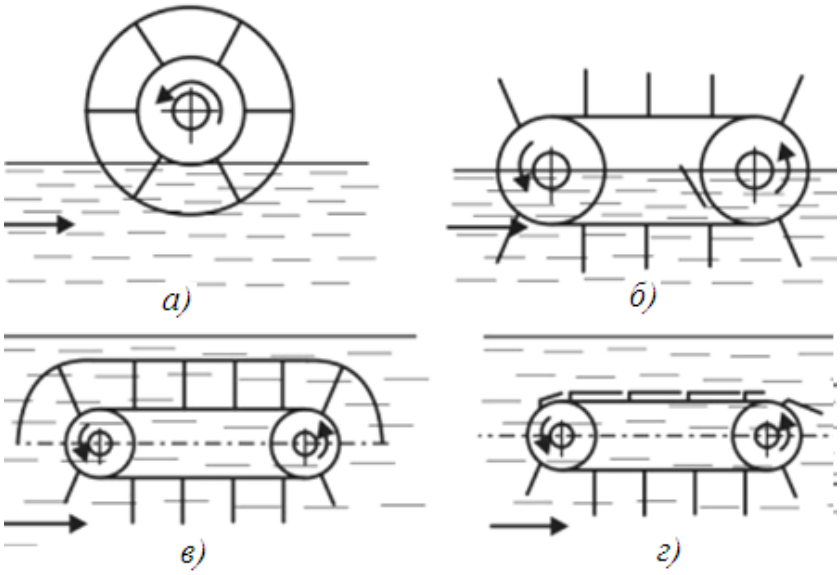
$$P = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \rho A v^2, \tag{11.2}$$

мұндағы m – су массасы, кг; ρ – су тығыздығы, кг/м^3; A – ағыстың көлденең қимасы, м^2; v – ағыс жылдамдығы, м/с.

Гольфстрим – ең маңызды және атақты теңіз ағысы. Ағыстың ені – 60 км, тереңдігі – 800 м дейін, көлденең қимасы – 28 км^2, жылдамдығы – 0,9 м/с. Бұларды (11.2) формулаға қойып, есептесек, P=50000 МВт қуат аламыз.

Түрлендіргіштердің бірінші тобына судың жылдамдығының қарқынын турбинаның айналу қозғалысына түрлендіретін түрлендіргіштер жатады. *Түрлендіргіштердің екінші тобына* аз тараған және әртүрлі физикалық принциптерге негізделген түрлендіргіштер (көлемді сорғыштар, серпімді түрлендіргіштер және т.б.) жатады.

Бірінші топтағы құрылғылар қатарына су дөңгелектері жатады (11.4,а сурет). Ленталы дөңгелек (11.4,б сурет) көлемінің ықшамдылығы, көп материалды қажет етпейтіндігі, атмосфералық әсерге төзімділігімен ерекшеленеді.



а-дөңгелекті прототип; б-қалқымалы ленталы дөңгелек;
в – су ағындары қабатына орналасқан ленталы дөңгелек;
г-жиналмалы қалақтары бар ленталы дөңгелектер.

11.4 сурет – Су дөңгелегінің даму эволюциясы

Су ағысының қарқынын түрлендіру тиімділігін жоғарылату бірнеше қалақтарға ағынның бірден әсер етуі есебінен болады. Ленталы дөңгелектердің қалақтарының санын жай ғана көбейту біліктегі моменттің айтарлықтай өсуіне әкелмейді.

Ленталы дөңгелек негізінде ағындарға толықтай батырылатын құрылғылар жасалған (11.4,в,г сурет). Қалыпты жұмыс кезінде жылжымалы лентаның қозғалыс кедергісін азайтудың бірнеше әдістері бар. Бұлар – дөңгелекті ауалық камералармен жабдықтау және қалақтарды жинақтау механизмдерінің бірнеше әдістерін қолдану.

Толқын энергиясын қолдану. Эдинбург университетінің профессоры Стефан Солтер ұсынған және соның құрметіне «Солтер үйрегі» деп аталатын «тербермелі қанат» типті түрлендіргішті қарастырайық. Түрлендіргіштің бұл пішіні максималды қуат өндіруді қамтамасыз етеді (11.5 сурет).

Сол жақтан түскен толқындар «үйректің» тербелуін тудырады. Қарама қарсы беттің цилиндрлі пішіні «үйрек» білікті айнала тербелгенде оң жаққа толқындардың таралмауын қамтамасыз етеді. Толқын энергиясының аз ғана мөлшерін шағылыстырып және өткізе отырып (5% шамасында), бұл қондырғы толқын энергиясын жоғары тиімділікпен түрлендіруді қамтамасыз етеді.

1977 жылы жүргізілген тәжірибелер алғашқы ағылшындық толқынды электр стансасында қолданылған мұхиттық түрлендіргіштің жұмыстық моделінің (жалпы массасы 16 т болатын 20 метрлік «қанаттардан» тұратын 50 метрлік гирлянда) ПӘК 50 % шамасында болатындығын көрсетті.

«Солтер үйрегінің» *негізгі кемшілігі:*

- генератор жетегіне баяу тербелмелі қозғалыс берілетіндігі;
- едеуір тереңдікке орналасқан, қалқымалы, ұзын қондырғыдан қуат алу қажеттілігі;
- толқындардың бағытына тербелмелі жүйе өте сезімтал болғандықтан түрлендірудің ПӘК жоғары болу үшін толқындардың бағытының өзгерісін бақылаудың қажеттілігі;
- «үйректің» беттерінің пішінінің күрделі болуына байланысты оны құрастырудың және монтаждаудың қиынырақ болуы.

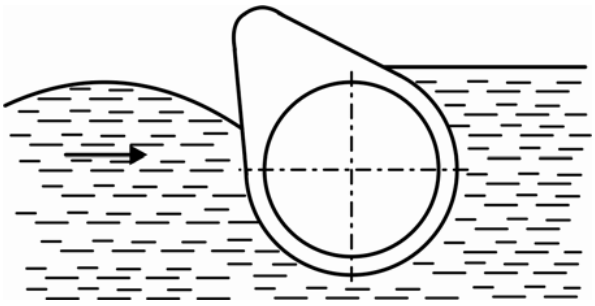
Келесі түрлендіргіш – Коккерелланың *контурлық салы* – шарнирлі жалғанған секциялардан тұратын көп буынды жүйе (11.6 сурет).

Бұл қондырғы да «Үйрек» қондырғы сияқты толқынның бағытына перпендикуляр орналасады және толқын профилін бақылайды.

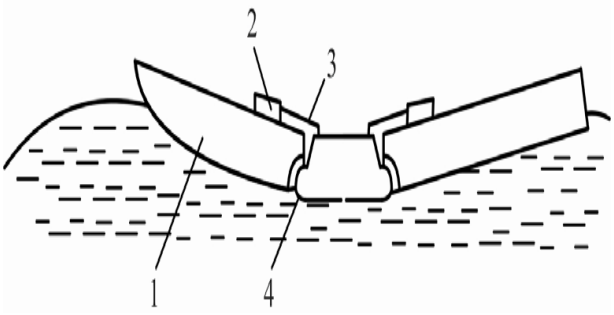
1:100 масштаб бойынша жасалған салдың моделін зерттеу нәтижелері қондырғының тиімділігі 45 % болатындығын көрсетті. Бұл «Солтер үйрегінің» тиімділігінен де төмен көрсеткіш. Бірақ бұл қондырғының қызықтыратын негізгі ерекшелігі - оның құрылымының дәстүрлі кеме құрылымымен жақындығы.

Тербелмелі су бағандарының энергиясын қолданатын түрлендіргіш келесідей принцип бойынша жұмыс жасайды (11.7 сурет). Бағананың ішінара суға батырылған ашық бөлігінің толқындармен қақтығыс кезінде бағана қуысындағы су деңгейі тербеледі де, одан жоғары кеңістікте газ қысымының

өзгерісін тудырады. Бағананың жоғары қуысы (кеңістігі) атмосферамен турбиналар арқылы байланыстырылған. Газ ағындарын турбиналар арқылы бір бағытта өтетіндей қылып реттейді немесе Уэлс турбинасы қолданылады. Қазіргі кезде осы принцип бойынша жұмыс істейтін екі қондырғы белгілі: Жапонияда және Ұлыбританияда жасалған сигналдық буилар.



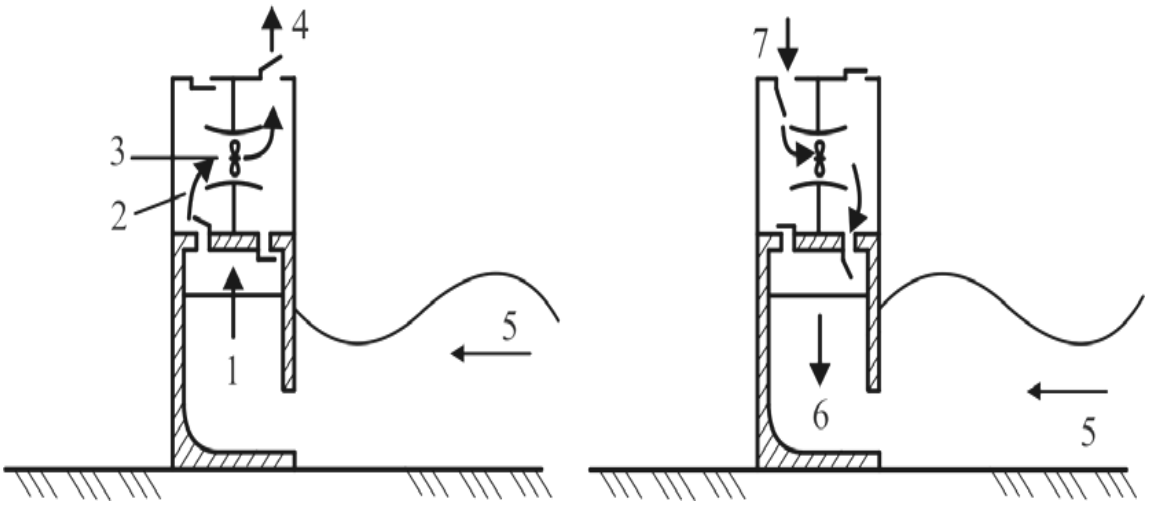
11.5 сурет - «Солтера үйрегі» - толқын энергиясын түрлендіргіш сұлбасы



1 – тербелмелі бөлік; 2 – түрлендіргіш; 3 –тартқыш; 4 – шарнир.

11.6 сурет - Коккерелланың контурлық салы

Тербелмелі су бағаналар принципіне негізделген қондырғылардың *негізгі артықшылығы* - каналдың кіріс қимасын кішірейту арқылы турбина арқылы өтетін ауаның жылдамдығын өзгертуге болатындығында.



1- бағанадағы су деңгейін толқынның көтеруі; 2- ауа ағысы; 3- турбина; 4-ауаны шығару; 5-толқын бағыты; 6- деңгейдің төмендеуі; 7-ауаны сору.

11.7 сурет –Тербелмелі су бағаны принципін қолданатын қондырғының сұлбасы

Бұл жоғары жиілікті турбинаның айналысын баяу толқындық ағыспен сәйкестендіруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл сұлбада генераторлық қондырғыны тұзды теңіз суының тікелей әсерінен қорғауға мүмкіндік туады.

Дәріс №12. Екіншілік энергетикалық ресурстарды қолдану

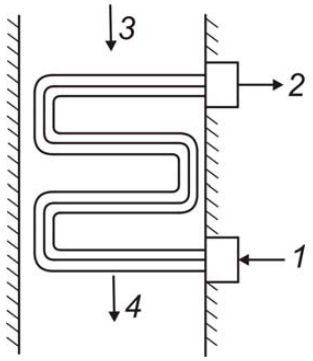
Дәрістің мазмұны: екіншілік энергетикалық ресурстар (ЕЭР) туралы түсінік, төменгі потенциалды жылумен және қолданыстан шыққан газдың жылуын пайдалану, детандер-генераторлы қондырғылар, энергияны жинақтау жүйелері, қалдықтар мен өнімдердің жылуын қолдану.

Дәрістің мақсаты: энергиямен қамтамасыз ету мақсатында ЕЭР қолданудың мүмкіндіктерін жете білу.

Екіншілік энергетикалық ресурстар деп негізгі технологиялық үрдістерде қолданылған, бірақ әлі де энергетикалық мақсатта (электр энергиясын өндіру, жылумен қамтамасыз ету) пайдалануға болатын ресурстарды айтамыз. Экономикалық есептеулер ЕЭР пайдалану отынды үнемдеуге көмектесетіндігін және оған жұмсалатын күрделі шығын дәл сондай мөлшерлі отынды өндіру мен тасымалдауға жұмсалатын күрделі шығынмен салыстырғанда 2...4 есе аз болатындығын көрсетеді.

Қолданыстан шыққан газдың жылуын қолдану. Жоғары температуралы балқыту өндірісінде металдарды қыздыру мен термиялық өңдеу кезінде қолданыстан шыққан газдармен кететін жылу шығыны 35 %...70% құрайды. Металлургиялық, химиялық басқа да өндірістерде қолданыстан шыққан газдардың жылуын энергетикалық мақсатта қолдану жылына миллиондаған тонна шартты отынды үнемдеуге мүмкіндік береді. Бұл жылуды жылыту жүйесіне қолдануға болады. Бірақта жылыту жүйесі тек суық кезде ғана қолданылады және жылу тұтыну кестесінің біркелкі еместігімен сипатталады. Сондықтанда ЕЭР жылыту жүйесінде және төменгі параметрлі бу өндіруде қолдану, әдетте, төменгі қуатты қондырғылар үшін ғана тиімді болады.

Қолданыстан шыққан қалдық газдардың жылуын алып, жылыту жүйесінде қолдану үшін пайдаланатын, кең тараған жылан тәріздес конвективті құбырлы жылуалмастырғыштың сұлбасы 12.1 суретте көрсетілген.



1,2 - қыздырылатын газдың кірісі мен шығысы;
3,4-қыздыратын газдың кірісі мен шығысы.

12.1 сурет - Жылан тәріздес құбырлы жылуалмастырғыш

Бұл сұлба жұмсалатын металдың аздығымен, газ тығыздығының жоғарылығымен ерекшеленеді.

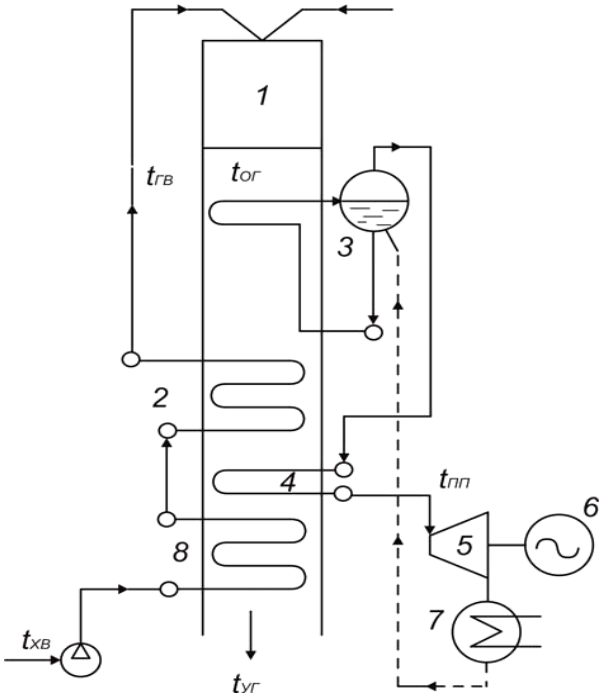
Жоғарғы қуатты қондырғылар үшін қолданыстан шыққан қалдық газдардың жылуын *электр энергиясын өндіруге* пайдалану тиімді болады.

Бұл мақсатта ауалық турбиналық қондырғыны қолдану тиімсіз, себебі ПӘК-і төмен, 20 %...25 % деңгейінде. Бұл жағдайда тиімдісі - булық турбиналық қондырғы (12.2 сурет).

Технологиялық қондырғының 1 (мысалға, болат құю цехындағы түрлендіргіштер) жұмыстық камерасынан қолданыстан шыққан қалдық газдар қазандық –утилизатордағы (ҚУ) 3 суды қыздырады және буландырады. Су буы бу қыздырғышта 4 қыздырылады да бу турбинасына 5 жіберіледі. Сосын конденсатордан 7 су қазандыққа қайта келеді. Жұмыс камерасына берілетін ауа төменгі 8 және жоғарғы 2 жылуалмастырғышта қыздырылады.

Қалдық газдардың температурасы жоғарғы (900 ^{0}С жоғары) болғанда қазандық–утилизаторды радиациялық қыздыру қабырғаларымен жабдықталады.

Белгород қазандық зауыты параметрлері әртүрлі қалдық газдардың жылуын алу үшін қуаттары әртүрлі қазандық–утилизаторлар шығарады. Мұндай ҚУ-лардың бу өндіру қабілеттілігі сағатына 7 т... 40 т аралығында, бу қысымы 1,3 МПа...4,5 МПа, температурасы 250 ^{0}С...440 ^{0}С. Будың параметрін жоғарылату ҚУ-дағы отынды үнемдеуге айтарлықтай мүмкіндік береді.



1-жұмыс камерасы; 2- рекуператордың ыстық сатысы; 3- қазандық–утилизатор; 4-бу қыздырғыш; 5- турбина; 6-электрогенератор; 7- конденсатор; 8- рекуператордың төменгі сатысы.

12.2 сурет - Қолданыстан шыққан қалдық газдардың жылуын пайдалануға негізделген булық турбиналық қондырғының сұлбасы

Төменгі температуралы (550 °С...650 °С) қалдық газдармен жұмыс жасайтын ҚУ-лардың ПӘК 60 %...65 % шамасында, ал заманауи отындық қазандықтардың ПӘК-і 90 % жоғары.

Төменгі температуралы газ жылуын қолдану үшін қазандықтардың газқұбырлы типі қолданады, себебі онда қалдық газ диаметрі 50 мм...60 мм болатын құбырда 6 м/с...8 м/с жылдамдықпен жүреді. Бірақта олар корпустың төзімділігіне сәйкес будың төменгі қысымын (2 МПа дейін) қамтамасыз етеді, ал жұмсалатын металл шығыны айтарлықтай көп.

Жоғары температуралы қазандық–утилизаторларды балқыту және басқа да пештерде қасына орнатады. Бұл пештерден шығатын қалдық газдардың температурасы 1200 ^{0}С...1300 ^{0}С болады.

Төменгі потенциалды жылуды пайдалану. Жылулық сорғыштардың көмегімен төменгі температуралы дененің (мысалы, қыс кезіндегі өзен суы) жылуын жылыту жүйесінде қолданылады.

Бұл қондырғыдағы жылутасымалдағыш (фреон) төменгі температуралы сыртқы жылу көзінен жылу алады, онан кейін оның температурасы механикалық энергияның есебінен жылу жүйесіне қажетті деңгейге дейін жоғарылайды.

Жылыту коэффициентінің мәні жылу көзі мен жылынатын бөлменің температурасына байланысты. Нақты жағдайда қондырғының коэффициенті 3 пен 4 шамасы аралығында болады. Сондықтан ол тікелей электрмен жылыту жүйесіне қарағанда айтарлықтай энергия үнемдеуге мүмкіндік береді. Батыс Еуропада жылулық сорғыш қондырғылар кең тараған. Швецияда үйлердің 50 % астамы жылулық сорғыштармен жабдықталған.

Детандер-генераторлы қондырғылар. Ресейдің территориясында газды тасымалдау үшін магистральдық құбырлар желісі тартылған. Газ компрессорлық стансалар өндіретін қысым көмегімен құбырларда қозғалады. Айдалған газдың 7 % жуық мөлшері компрессорлық қондырғының жетегінің жұмысына жұмсалады.

Магистральдық құбырлардан газ тұтынушыларға - жергілікті газ тарату желісіне берілген кезде газ қысымы шамамен 6 МПа-дан 0,3 МПа-ға дейін төмендетеді. Газ құбырындағы бұл қысым айырмашылығын газтурбиналық қондырғыларда (детандерлерде) пайдаланады, сол арқылы компрессорды жүргізуге жұмсалған энергияның біраз мөлшерін қайтаруға болады. Осылайша экологиялық таза энергия көзі - табиғи газ қысымының сатылық төмендеуі тиімді қолданылады.

Энергияны жинақтау жүйесі. Электр энергиясын өндірудің тәуліктік және маусымдық әркелкілігін дәстүрлі энергия көздерін үнемдеу үшін қолдануға болады. Ол үшін энергияны минималды тұтыну кезінде артық энергияны жинақтау қарастырылады. Әсіресе тәулік бойы және әр маусым бойынша әркелкі энергия өндіретін желдік және күндік энергетикалық қондырғыларды эксплуатациялау кезінде энергияны жинақтау жүйесінің маңызы зор. Электр аккумуляторларын қолданумен барлық мәселелер шешілмейді, олар өте қымбат, көлемі үлкен және сыйымдылығы аз. Суды

жинақтаушы (гидроаккумуляторлық) стансалар энергияның максимум тұтылынатын сағаттарында жүйеге 70 % дейін энергияны қайтарады.

Жылу энергиясын қыздыру кезінде өзінің агрегаттық жағдайын, құрылымын немесе химиялық құрылысын өзгерте отырып, жылуды тұтынатын немесе бөліп шығаратын денелердің көмегімен жинақтауға болады. Мысалы, кристалдық сульфат натрийге 32,3 ^{0}С тең температура кезінде жылу берілсе, ол өз құрамындағы судан айырылады. Бұл дегидратация үрдісі жылудың үлкен көлемінің жұтылуымен бірге жүреді, ал кері реакция кезінде бұл жылу қайтадан бөлінеді.

Сутегі энергетикасы. Сутегінің (H_2) жану жылуы өте жоғары және жану өнімі (су буы) зиянсыз болатын идеал отын болып табылады. Сутегі әмбебап энергия көзі ретінде саналады. Ол іштен жану қозғалтқышында және газтурбиналық қондырғыларда, жылу электр стансаларында, өндірістің технологиялық қондырғыларында және тұрмыста отын ретінде кең тараған.

Сутегіні термохимиялық әдіспен - әртүрлі катализаторлардың қатысуымен су буын қыздыру кезінде алады. $K_2O + H_2O = 2KOH$ реакциясынан сілтілік калий гидроксиді қалыптасады. Сосын калий қосады және жылу беру арқылы температураны 700 ^{0}С жеткізеді. Нәтижесінде $2KOH + 2K = K_2O + H_2$ реакциясы арқылы сутегін аламыз. Табиғи газ бен мұнайдан да термохимиялық әдіс арқылы сутегін алуға болады.

Қазіргі кезде суды электролиздеу әдісі келесі реакцияға негізделген: Электр энергиясы $+ 2H_2O = 2H_2 + O_2$. Электролиздеу үрдісінің ПӘК 85 % жетеді. Сутегі өндірісінде электролиздеу әдісін кең қолдану үшін арзан электр энергиясы керек, ондай энергияны ЖЭС мен АЭС-нан энергия тұтыну азайған сағатында алуға болады.

Сутегі отынын автомобильдің іштен жану двигателдерінде қолдану олардың ПӘК-нің жоғарылауына және ауаның экологиялық тазалығының жақсаруына әкеледі. Бірақта бұл автомобильдің массасын көбейтеді және жүру қашықтығын азайтады. Сутегі, сонымен қатар, химиялық технологияда және металлургияда шикізат ретінде қолданады.

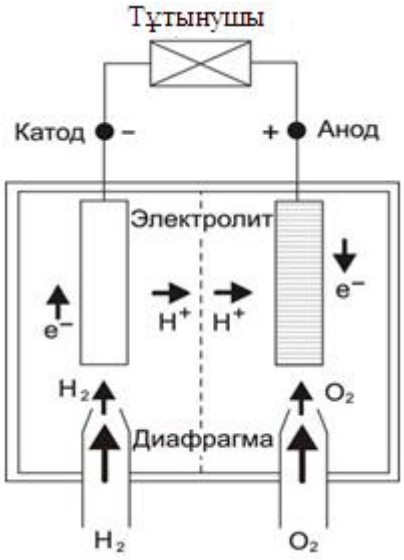
Отындық элементтер. Отындық элементтерде қолданылған компоненттердің химиялық энергиясынан тікелей электр тогы туындайды (пайда болады), мұнда жылу энергиясына түрлену үрдісі болмайды. Отындық элементтер үшін сутегі оңтайлы шикізат табылады.

Отындық элементтерде химиялық энергияны электр энергиясына тікелей түрлендіру шығынсыз (қоршаған ортаға ешқандай жылу берілмейді) жүреді, сол себепті отындық элементтердің ПӘК жоғары болады. Олардың жұмысының нәтижесінен қоршаған орта зақымданбайды. Әрекет ету принципі бойынша отындық элементтің жұмысы суды электролиздеуге қарама қарсы.

12.3 суретте сутегі-оттегілік отындық элементтің сұлбасы көрсетілген. Қуыс ыдыс электролитпен, мысалы, әлсіз концентрациялы күкірт қышқылының ерітіндісімен толтырылған. Элемент ішіне катализаторлық

қасиеті бар платиналық электродтар орналасады, олардың біріншісі анод, екіншісі – катод. Олар сыртқы электр тізбегімен жалғанған.

Электродтар жартылай өткізгіш мембраналармен бөлінген. Бірінші электродқа сутегі беріледі, екіншісіне сол мөлшерде оттегі беріледі.



12.3 сурет – Сутегі-оттегілік отындық элементтің сұлбасы

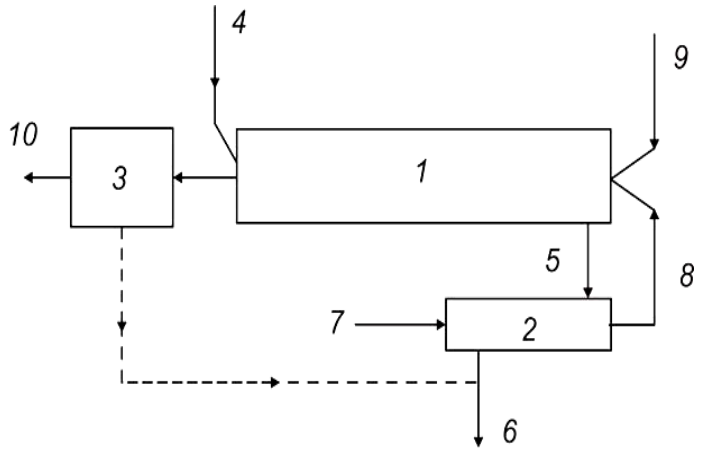
Катодтағы сутегі H_2 молекулалары платинаның катализаторлық әсерінен атомдарға ыдырайды, одан әрі H^+ иондарына түрленеді. Босаған электрондар сыртқы тізбек арқылы анодқа жылжи отырып, электр тогын тудырады. Сутегінің оң иондары жартылай өткізгіш мембраналар арқылы қуыс ыдыстың екінші жартысына өтеді. Анодқа электр тізбегі арқылы келген электрондар, оттегі атомдары және сутегінің оң иондары бейтарап су молекулаларын H_2O түзеді. Отындық элемент өндірген электр энергиясын электр тізбегіне қосылған жүктеме пайдаланады.

Сутегі мен оттегі реагентті жұбының реакциясы нәтижесінде химиялық энергия электр энергиясына түрленеді. Отындық элементінің бір тізбегіндегі кернеу 1 В болады, сондықтан элементтерден батарея құрайды. Заманауи сутегі-оттегілік отындық элементтердің ПӘК 80 % жуық. Отындық элементте сутегіден бөлек, басқадай қолжетімді жанатын газдар және арзан элементтер қолдануға болады. Электролиттің орнына тұз ерітіндісін қолдануға болады, ол химиялық түрленудің жылдамдығын және температурасын жоғарылатады. Қазіргі кезде отындық элементтер қымбат болғандықтан көп жағдайда оларды баға маңызды емес өндірістерде ғана қолданады.

Өнім мен қалдықтардың жылуын қолдану. Көптеген өндіріс салаларында жоғары температуралы технологиялық өнімдер мен қалдықтардың (мысалға, металлургия шлактары) жылуы түрінде ЕЭР-дың қоры жинақталады. Бұл жылу ішінара үрленетін ауаны регенеративті қыздыруға жұмсалады. Кең ауқымды цемент, известь, керамзит және басқа да құрылыс материалдар өндірісінде айналып тұратын күйдіру пештерінен

температурасы 800 ^{0}С...1100 ^{0}С болатын ыстық өнімдер үздіксіз шығарылып отырылады.

Айналатын барабан тәріздес тоңазытқышта қарсы бағытта үрленген ауа қыздырылады (12.4 сурет). Мұндай сұлбалар химия өнеркәсібінде қолданады,



1-айналмалы барабанды пеш; 2-клинкер тоңазытқышы; 3-газ тазалағыш; 4-шикізатты жеткізуші; 5-ыстық клинкер; 6-салқындатылған клинкер; 7-салқын ауа; 8-ыстық ауа; 9-отын; 10- пайдаланылған газдар.

12.4 сурет – Клинкер жанғанда жылуды қолдану сұлбасы

дәлірек айтсақ, күкіртті газ алу үшін күкірт колчеданды орташа температуралық деңгейде (700 ^{0}С...800 ^{0}С) күйдіру кезінде қолданады. Бұл үрдістің негізгі қалдығы - темір оксидінен тұратын қатты зат.

Қара металлургия өндірісінде кокты инертті газдармен, яғни көмірқышқыл газ қоспасы бар азотпен құрғақ сөндіру қондырғылары қолданылады. Азот - металлургия өндірісінің болат өңдеу цехтарына қажет оттегі өндірісінің қалдық өнімі. Алынған кокстың температурасы 1100 ^{0}С...1150 ^{0}С құрайды. Кокстағы пайдалануға жарамды жылу мөлшері бір тонна кокс өндіру кезінде 35 кг шартты отын үнемдеуге мүмкіндік береді. Кокс химиялық завод жылына 5 млн т...6 млн т өнім шығарса, онда ЕЭР-ды қолдана отырып, 200 мың т...240 мың т кәдімгі отынды үнемдеуге болады.

Қондырғы сөндіргіш бункерден, 450 ^{0}С температурада 4 МПа қысыммен 20 т/сағ бу өндіретін МПЦ типті жылан тәріздес қазандықтан, өнімділігі 60 мың м^3/сағ...70 мың м^3/сағ болатын сорғыштан тұрады. Қондырғыға температурасы 1000 ^{0}С шамасында қызған кокс беріледі де, ол жерде 250 ^{0}С дейін салқындатылады. Инертті газдар, керісінше, сөндіргіш бункерде 850 ^{0}С дейін қыздырылады, сосын 170 ^{0}С дейін салқындау үшін бу қазандығына бағытталады. Бұл кезде кокс жылуының шамамен 65 % буға беріледі.

Түсті және қара металлургия өндірісі температурасы 1200 ^{0}С...1500 ^{0}С тең көп мөлшерде сұйық шлактар шығарады. Шлактармен кеткен жылу шығындары өндірістің жылу балансының 30 % құрайды. Температурасы 1250 ^{0}С және құрамы әртүрлі шлактардағы жылу мөлшері 1600 кДж/кг...2200

кДж/кг арасында болады. Бұл ЕЭР қайта пайдалану шлактың тоннасына шаққанда 55 кг...75 кг шартты отын үнемдеуге мүмкіндік береді.

Дәріс №13. Биоэнергетика. Биоотынды өндіру және қолдану

Дәрістің мазмұны: биомасса, биоотын және оның сипаттамасы, биомассаны өңдеудегі энергетикалық үрдістерді топтастыру, биоотынды өндіру және қолдану, спирт өндіру тәсілі және оны қолдану.

Дәрістің мақсаты: әртүрлі биоотындарды өндіру тәсілдерін және оларды қолдануды жете білу.

Биомасса. Биоэнергетика – биомассаны қайта жаңғыртылатын энергия көзі ретінде қолдануға негізделген энергетика.

Өсімдіктер мен жануарларды құрайтын заттарды *биомасса* деп атаймыз. Биомасса өсімдіктерге түскен күн сәулесінің әсерінен өтетін химиялық реакция - *фотосинтез* әсерінен қалыптасады. Нәтижесінде азық-түлік өнімдері ретінде, құрылыс материалдары, мата және басқа да өнімдер алуға қолданатын органикалық заттар пайда болады. Биомассаны көп салада қолданады, соның ішінде энергетикалық сала да қолданудың маңызы зор. Биомассаның негізі – көміртегінің органикалық қоспалары, олар оттегімен қосылып, жану кезінде немесе табиғи метаболизм (зат алмасу) үрдістері кезінде *жылу* бөліп шығарады. Химиялық немесе биохимиялық үрдістер әсерінен биомасса *газ тәріздес метанға, сұйық метанолға, қатты ағаштық көмірге* түрлене алады. Оларды *биоотын* деп атайды.

Адамзат биомассаның жалпы көлемінің 0,5 % ғана азық-түлік ретінде қолданылады. Биомассаның үлкен энергетикалық потенциалы (күн сайын Жер шарында 120 млрд т құрғақ органикалық заттар түзіледі, бұл 40 млрд т мұнайға пара–пар). Олардың қайта жаңғыратын қасиеті одан энергия алу технологиясының дамуына ықпал етеді. Қант өндіретін елдерде қант өндірісінің қалдықтарын қолдану арқылы отынға деген сұраныстың 40 % қанағаттандырады. Еуроодақ елдерінде жаңғыртылатын энергия көздерінен алынатын энергияның 55 % биомассадан алынады. Португалия, Испания, Франция, Германия, Дания, Италия сияқты елдерде биомасса энергиясын өте тиімді пайдаланады. Швеция, Австрия елдерінде біріншілік энергияға деген сұраныстың 15 % биомассаны қолдану арқылы қанағаттандырылады. Азия мен Африканың дамып келе жатқан елдерінде биомасса энергияның негізгі көзі болып отыр. Планета халқының 50 % биоотын ретінде ағаш, көң, өсімдік қалдықтарын үй шаруашылығында қолданады, өндірілетін энергия 300 ГВт шамасын құрайды.

Биомасса көздері ретінде келесі топтарды атауға болады:

- ағаштар, ағаш қалдықтары, торф, жапырақтар және т.б.;
- адамның тіршілігінің қалдықтары, бұған өндірістік қалдықтар да қосылады;

- ауылшаруашылық өндірістердің қалдықтары (өсімдік шаруашылығы мен мал шаруашылығының қалдықтары);

- ауылшаруашылығында арнайы өсірілген, өнімділігі жоғары өсімдіктер.

Арнайы энергетикалық фермалар отын шығару өндірісін қамтамасыз етеді. Ол үшін ауылшаруашылығы өндірісінінің, орман шаруашылығының және су шаруашылығының, сонымен қатар органикалық қалдықтар түзетін өндірістік және тұрмыстық іс-әрекеттердің негізгі немесе қосымша өнімдері қолданылады. Энергетикалық фермаларға, мысалы, қант қамысын өсіретін және оны кешенді түрде өңдейтін фермаларды жатқызуға болады. Бұл жағдайда патоктар, химикаттар, жем, этил спирті, құрылыс материалдары, электр энергиясын алуға болады.

Биомассаны пайдаланғанда келесі жағдайларды назарда ұстау керек:

- биомасса өндірісінің кез келген түрі өнімдердің бірнеше түрін беруге қабілетті;

- кейбір технологияларды қолданғанда биоотынның кейбіреулерін өндіру үшін жұмсалатын энергия мөлшері олардың беретін энергиясынан көп болуы мүмкін;

- биоотын өндірісі қажетті арзан шикізат өніммен (мысалы, ауладағы мал қиы, ағаш кесінділері және үгітінділері, қалалық кір сулар, сабандар және т.б.) тұрақты түрде қамтамасыз етіліп отырса ғана экономикалық жағынан тиімді болады;

- биомасса отынын қолданудың басты қауіптілігі – ормандардың жойылуы, топырақ эрозиясы, азық-түлік өндіруге пайдаланатын егістіктерді отын алуға қолдану;

- биоотын – бұл органикалық қоспалардың туындылары, сондықтан оларды химиялық шикізаттар және құрылыс материалдар ретінде де қолдану мүмкіндігі бар. Мысалға, пальмо майы – сабын компоненттерінің бірі, сонымен қатар, одан пластмасса мен фармакологиялық препараттарын өндіруге болады, өсімдік талшығы негізінде жасалған композициялық материалдар алу үшін қолдануға болады.

Биомассаның отындық *сипаттамасы:*

- *биомассадағы ылғал мен көміртегіні үлесі*. Егер материал ұзақ уақыт қоршаған ортамен тепе-теңдікте жағдайда болса, онда ол құрғақ деп саналады және оның құрамында 10 %...15 % ылғал болады. Биомассалық отынның құрамында ылғалдың болуы энергия шығынына әкеледі, өйткені суды буландыру үшін 2,3 МДж/кг жылу керек;

- *энергияны қайта жаңғырту деңгейі.* Құрамында 12 г көміртегі бар қантта (R=1) 450 кДж жану жылуы бар. Толығымен түрленетін материал, мысалы, метан CH4 (R=2) жанғанда 12 г көміртегіне шаққанда 900 кДж жылу бөледі (немесе 16 г метанның өзіне шаққанда);

- *биомассаның тығыздығы.* Қарапайым құрғақ биологиялық материалдың тығыздығы көмір тығыздығымен салыстырғанда 3...4 есе аз. Биомассаның энергетикалық тығыздығы да мұнаймен және көмірмен салыстырғанда аз.

Сондықтанда бұл материалдарды тасымалдау мен өндіру қажетті шикізат көзі жақын болмаған жағдайда көп уақытты алады және қымбат.

Биомассаның әртүрлілігіне байланысты оларды электр энергетикасында қолданудың да әртүрлі технологиялары бар.

Биомассаны өңдеуге байланысты энергетикалық үрдістердің топтамалары:

1) Термохимиялық үрдістер (құрғақ биомассаны қолданған кезде):

а) үздіксіз жылу алу үшін *тікелей жағу.*

б) *пиролиз:* бірінші жағдайда - биомассаны ауасыз кеңістікте қыздыру, екінші жағдайда ауа немесе оттегі шектеулі мөлшерде берілген кезде биомассаның кейбір бөліктерінің жануы. Мұндай жағдайда алынған өнімдердің құрамы әртүрлі, яғни, газ, бу, сұйықтар, май, ағаш көмірі болады. Егерде пиролиздің негізгі өнімі жанатын газ болса, бұл үрдіс *газдандыру* деп аталады.

2) Биомеханикалық үрдістер (сұйық немесе ылғалды биомассаны қолданған кезде):

а) спирттік ферментация. Бұл жағдайда алынатын этил спирті – бензин орнына қолдануға болатын ұшқыш сұйық отын. Ол жай қантты ферментациялау кезінде микроорганизмдердің көмегімен түзіледі.

б) анаэробты өңдеу (ашыту). Кейбір микроорганизмдер оттегінсіз де көміртегі компоненттерін тікелей өңдеп, энергия алуға қабілетті, бұл кезде көмірқышқыл газбен (CO_2) және метан CH_4 өндіреді. Қосымша газдар мен CO_2, CH_4 қоспасы *биогаз* деп аталады.

в) биофотолиз: фотолиз – дегеніміз жарықтың әсерінен судың көміртегі мен оттегіне ыдырауы. Кейбір биологиялық организмдер белгілі бір жағдайлар кезінде биофотолиз арқылы сутегін өндіре алады.

3) Агрохимиялық үрдістер (отын өндіру). Кейбір сұйық және қатты отын түрлері тікелей тірі немесе жаңа кесілген өсімдіктерден алынады. Тірі өсімдіктердің жаңа кесілген қабықтарын немесе бұтақтарын кесіп, содан кейін оларды преспен қысып, олардың шырынын жинайды. Бұл үрдіс кең тараған үрдіс – каучук алу үрдісіне ұқсас.

Биоэнергетиканың дамуының *артықшылығымен* қатар *кемшілігі* де бар.

Негізгі артықшылығы: өсімдіктердің орасан зор қоры мен әртүрлілігі; оларды қолданудың әртүрлілігі; ауылшаруашылығының кешенді өндірісіне жәрдемдесу; жанама және қалдық өнімдерді, суларды тиімді қолдану; қоршаған ортаның жағдайын қалдықтарды қайта жаңғырту арқылы жақсарту; ауылшаруашылығының дамуына әсер ету.

Негізгі кемшілігі: топырақ эрозиясын тудырады, өнімділігін төмендетеді, азық-түлік өндірісімен бәсекелесу мүмкіншілігі; кең ауқымды агроиндустрияны тиімді басқару қиын болады; өңдеу фабрикаларында биомассаны тасымалдау да транспорттың жұмысын күрделендіреді; құрастырудағы қателік пен өңдеу үрдісінің жабық циклда болмауы қоршаған ортаның ластануын тудырады.

Жылу алу үшін биоотынды жағу. Биомассаны жағу арқылы алынған жылудың көмегімен:

- *азық -түлік дайындайды, баспана жылытады*, планетадағы халықтың жартысына жуығы ағаш отынды және басқа да биоотындарды тамақ пісіру мен тұрмыстық қажеттілікте қолданады;

- *өнеркәсіптік дақылдарды кептіру (*какао, кофе, шәй, жеміс т.б.*);*

- *қалдықтарды жағу* – тұтыну орнына жақын орналасқан биоотынды қолданудың ұтымды әдісі. Оларды тиімді пештерде жағу арқылы температурасы 1000 ^{0}С таза ыстық газ ағынын алуға болады немесе суық ауа араластыру арқылы қажетті температураға жетуге болады.

- *жылу және электр энергиясын өндіру.* Әдетте өндіріске қажетті буды бу қазандық пештерінде әртүрлі биомасса қалдықтарын жағу арқылы алады. Мысал ретінде Ренкиннің органикалық цикл негізінде әртүрлі биомассамен жұмыс жасайтын ЖЭС қарастырайық. 1999 жылы жылу және электр энергиясын аралас өндіретін қондырғы «STIA» ағаш өңдеу зауытында іске қосылды (Адмонт, Австрия). Отын ретінде химиялық өңдеуге түспеген ағаш қалдықтары мен ұнтақтары қолданылады.

Соңғы жылдары ағаш қалдықтарын қайта өңдеу үшін арнайы пеш қондырғылары құрастырылды, ол қазандықтар жоғары энергетикалық және экологиялық сипаттамаларға ие. Бұл пештердің кең тараған түрі төменгі температуралы қайнау қабаты бар пештер, олар ылғалдылығы 60 % және одан да жоғары пайызда болатын биомассаларды жаға алады.

Ағаштар мен өсімдіктердің ұнтақталған қалдықтарын жағу үшін құйынды пештер қолданған тиімді. Биомассаны жағуда айтарлықтай дамыған, тиімді технология – *отындарды автоматты тиейтін қазандықтарды* қолдану. Бұл қазандықтар эксплуатациялық шығындарының төмендігімен, энергияның тиімділігінің жоғарылығымен ерекшеленеді.

Ал автоматтандырған қазандықтарға арналған отындар (ағаш жаңқалары, гранулалар, белгіленген ылғалдылықты брикеттер) дайындау үшін арнайы қосымша қондырғылар қажет. Биомасаны алғашқы өңдеу кезінде оның энергия сыйымдылығы көбейеді және көлемі азаяды. Мысалы, ағаштық гранулалардың жану жылуы – 17,5 МДж/кг, ал тас көмірдікі -12 МДж/кг...25 МДж/кг.

Ағаш қалдықтарын қайта өңдеудің тиімді технологиясы – *отындық гранул-пеллеттер* дайындау.

Пеллет - бұл кептірілген ағаш ұнтағынан жасалған, нормаланған цилиндр тәріздес нығыздалған өнім. Нығыздау жоғары қысымда жүргендіктен химиялық бекіткіштер қолданбайды. Мұндай энергия тасымалдаушылар өте тиімді және экологиялық талаптарға сай, олармен жұмыс істейтін автоматты қазандықтар айтарлықтай арзан бу электр стансасын салуға мүмкіндік береді.

Пиролиз - биомассаның энергетикалық мақсатта қолданудағы заманауи технологиясы, ол - төменгі температурада (300 ^{0}С...800 ^{0}С аралығында) биомассаны оттегінсіз термохимиялық өңдеу үрдісі. Ұшқыш фракцияларды бөлектеу (жою) нәтижесінде *ағаштық көмір* пайда болады, ол жоғарғы жану

температурасы кезінде бастапқы материалға қарағанда энергиялық тығыздығы екі есе көбейді. Ол отын ретінде, металлургияда, электркөмірлік, фармакологиялық өнеркәсіпте шикізат көзі ретінде қолданады.

Өз кезегінде, сұйық және газ тәріздес пиролиз өнімдері құнды энергия көздері болып табылады. *Метан* газдизельдік және газтурбиналық стансалар көмегімен электр энергиясын өндіруде қолданады. Жоғары температуралы жылдам пиролиз кезінде құрғақ шикізат 70 % массасынан газ тәріздес отын шығады.

Сұйық пролиз өнімінің жану жылуы 20 МДж/кг...25 МДж/кг болатын сұйық отын ретінде қолдануға болады. Төменгі температуралы жылдам пиролиз кезінде құрғақ шикізат массасының 80 % пироотынға айналады.

Ол отын ретінде газтурбиналық және дизельдік қозғалтқыштарда қолданады.

Биомассаны өңделген пироотын қолданудың артықшылығы: бастапқы шикізатқа қарағанда биоотынды тасымалдау шығынының төмендігі; пиролиз үрдісі энергетикалық тұрғыдан тәуелсіз, себебі биомассаны кептіруге қажетті жылуды биомассаның қатты және газ тәріздес өнімнен алады; пироотынды сақтаудың мүмкіндігі және қолданыстағы қазандықтарда қолданудың тиімділігі; биомассаны тікелей жағумен салыстырғанда пиротыннан ластаушы қалдық заттар шығу деңгейінің төмендігі.

Пиролизді қолдануды шектейтін факторлар: бастапқы материалдардың ылғалдылығына талаптың қатаңдылығы (кептірудің қажеттілігі); биомассаның бөлшектерінің өлшеміне талаптың қатаңдылығы (арнаулы жабдықтардың қажеттігі); бастапқы материалдарды қышқылдық жуудың қажеттігі (сұйық отынның шығымын арттыру үшін); реакторға қойылатын жылуэнергетикалық талаптардың қатаңдығы; қазіргі кезде пиролиз технологиясына қажет жабдықтардың таңдау ауқымының шектеулігі.

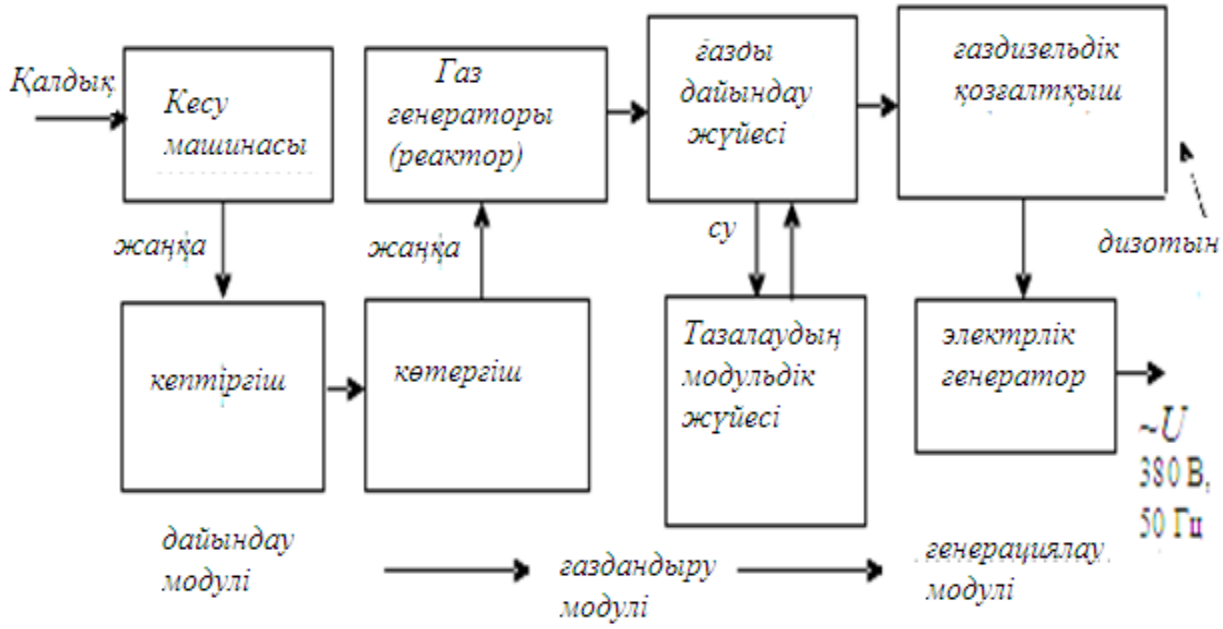
Биомассаны газдандыру. Биомассаны газдандыру оттегінің болмауы немесе жетіспеушілігі жағдайында ағашты жандыру технологиясына негізделген. Жылудың әсерінен күрделі көмірсутегі молекулалары химиялық байланысынан айырылады. Нәтижесінде *метан, метил газы, сутегі, көмірқышқыл және көміртек газы, ағаш спирті, көміртегі, су және көптеген шағын қоспалар* түзіледі. Метанның мөлшері 25 % жетуі мүмкін. Метан жоғары жылулық қасиетке ие және табиғи газ орнына қолдануға болады. Метил газын тікелей жағуға болады немесе оны жоғары сапалы синтетикалық сұйық отын-метанолға айналдырып, іштен жану қозғалтқышында тиімді қолдануға болады.

Ұлы Отан соғысы кезінде көптеген автомобильдер биомассаны газдандыру құрылғылардың көмегімен қозғалысқа келтірілген.

Газдандырудың негізгі артықшылығы: 95 % дейін жететін жоғары энергетикалық ПӘК; биомассанны газдандыру қондырғылары бар электр стансалардың ПӘК бу стансаларынікіне қарағанда 2 есе жоғары; ағаштар толығымен топырақты жақсартатын газ бен күлге айналады; жаңқаларды кептіру үшін жылу генераторларынан шыққан газдардың жылуын қолданады;

шығатын газдарды тазалайтын сүзгі қызметін атқаратындықтан газогенераторлық электр стансалар жақсы экологиялық сипаттамаларға ие; биоотынды қолдану атмосферада CO_2 мен SO_2 көбеюіне, яғни, «жылыжайлық» әсердің көбеюіне әкелмейді.

Қуаты 10 кВт-тан 600 кВт-қа дейін болатын, ағаш қалдықтарын қолданатын газгенераторлық электр стансалар ылғалдылығы 20 % төмен болатын ұсақталған қалдықтарды газдандыру технологиясын қолданады. Электр энергиясын өндіру үшін қажетті газ отын ретінде бір немесе бірнеше генерациялау модулдерінде қолданады: генераторлық газ (70 %...85 %) бен қарапайым дизельді отын (15 %...30 %) қоспасымен жұмыс жасайтын газдизельдік қозғалтқыш негізіндегі модульдер, 100 % генератор газымен жұмыс жасайтын газдық қозғалтқыштар негізіндегі модульдер (13.1 сурет).



13.1 сурет – Газгенераторлы электр стансасының жалпы құрылымы

Спирттік ферментация (ашыту). Биоэтанол өндірісі. Этил спирті (C_2H_5OH) табиғи жағдайда қанттан қышқылды ортада (pH 4-тен 5-ке дейінгі аралықта) арнаулы микроорганизмдермен көмегімен түзіледі. Осындай спирттік ферментациялау үрдісі әлемде ішуге арналған спиртті өндіруге қолданады. Кең қолданыстағы микроорганизм - Saccharomyces cerevisiae түріндегі ашытқылар – спирт концентрациясы 10 % болғанда өледі, сондықтанда спирт концентрациясын жоғарылату үшін айдау үрдісі (перегонка) немесе фракциялау қолданылады. Айдаудан кейін тұрақты температурадағы қайнаған қоспадан 95 % этанол және 5 % су алынады.

Шикізат көзі ретінде қолжетімді көптеген өсімдік шаруашылығының өнімдерін қолдануға болады: қант қамысы, қант қызылшасы, картоп, көкөніс крахмалы, жүгері, целлюлоза және т.б.

Биоэтанол - спирттік отын ретінде іштен жану қозғалтқышында таза күйінде немесе бензинге қоспа ретінде қолданылатын өнім. 95 % этанолды тікелей сәл өзгертілген бензиндік қозғалтқышқа енгізуге болады немесе кәдімгі қозғалтқышқа бензин мен 100 % этанол қоспасын (1:10 арақатынаста) енгізуге болады. Басқа нұсқада бензинді сусыздандырылған этанолмен (көлем бойынша 20 %) араластырады, бұл қоспаны (*газохол*) кәдемгі бензиндік қозғалтқышта қолданады. *Газохолды* қазіргі уақытта кәдімгі отын түрінде Бразилияда және АҚШ қолданады.

Этанолдың ерекшелігі – жарылыссыз ауыр жүктемеге төтеп бере алатындығы, сондықтан атмосфераға ауқымды залал келтіретін тетроэтилқорғасыннан да тиімдірек. Этанолдың отын ретінде өте жақсы қасиеті - бензинмен салыстырғанда двигатель қуатының 20 % өсуін қамтамасыз етуі.

Бразилиядағы 600 жуық зауыт жылына 16,5 миллиард литр этанол өндіреді. Соңғы ширек ғасырда әлем бойынша этанол өндірісі 8 есеге көбейді. Кейбір қолайлы жағдайларда этанолдың отын ретіндегі бағасы бензин бағасымен шамалас болады.

Биодизель - бұл өсімдік пен жануар майларының эфирі, ол метил немесе этил спиртінің маймен химиялық реакцияға түскенде түзіледі.

Кез келген өндіріс пен фермерлік шаруашылық жағдайында биодизель өндіру өте қарапайым және қол жетімді. Еуропада оның шикізаты ретінде рапс, ал АҚШ пен Оңтүстік Америкада соя қолданады. Кез келген өсімдік майы биоотын үшін бастапқы шикізат бола алады. Биоотын майдағы глицеринді спиртпен айырбастаған кезде пайда болады. Бір тонна өсімдік майынан 111 кг спирт және 970 кг (1100 л) биодизель, 153 кг глицерин алынады.

Дәріс №14. Биогазды өндіру және қолдану. Дәстүрлі емес және қайта жаңартылатын энергия көздерін пайдаланудың экологиялық аспектілері

Дәрістің мазмұны: биогазды өндіру және қолдану, дәстүрлі емес және қайта жаңғыртылатын энергия көздерін қолданудың экологиялық салдары.

Дәрістің мақсаты: биогаз өндірісінің технологиялары мен қондырғыларын, дәстүрлі емес және қайта жаңғыртылатын энергия көздерін қолданудың экологиялық салдарын жете білу.

Биогаз алу технологиясы және биогаздық қондырғылар. Табиғи жағдайда биомассаның кез келген түрі, оның ішінде мал көңі, элементарлық қосылыстарға ыдыратушы организмдердің, грибтердің, бактерийлардың әсерінен ыдырайды. Бұл үрдіс жүруі үшін ылғалдылық, жылу және жарықтың болуы қажет. Үрдістің соңғы кезеңінде толық ыдырау аэробты және анаэробты деп аталатын топтарға жататын көптеген бактериялардың әсерінен болады. *Аэробты бактериялар* көп жағдайда оттегінің қатысуымен

дамиды, олардың көмегімен биомассаның көміртегі көмірқышқыл газына (CO_2) дейін тотығады, яғни CO_2 бөлінеді.

Оттегі толыққанды жетіспейтін жабық кеңістікте анаэробты бактериялар дамиды. Олар көмірсутегінің ыдырауының әсерінен өмір сүреді. Микроорганизмдердің қатысуымен биомассалардың ыдырау үрдісін ферментациялау деп атасақ болады, бірақта анаэробты жағдайда жүретін үрдістерді *«ашу»* деп атау ыңғайлырақ болады. Олардың әрекеті нәтижесінде көміртегі екіге бөлінеді: толық тотыққан көмірқышқыл газ CO_2 және толықтай қалпына келтірілген метан CH_4. Еритін азот қосылыстары сияқты қоректік заттар топырақ қарашірігінде тыңайтқыш ретінде сақталады.

Биогаз – метан мен көмірқышқыл газының қоспасы, биомассаның ашу үрдісі кезінде алынады. Ол метанның максимал көлемде бөлінуін қамтамасыз ететіндей жасалған және басқарылатын арнайы жабық қондырғыларда– биогаздық генераторларда пайда болады.

Биогазды жаққан кезде алынатын энергия мөлшері бастапқы құрғақ материалдың бойындағы энергияның 60 %... 90 % жетуі мүмкін. Бірақ 95 % суды құрайтын сұйық массадан алынатын газ мөлшерін анықтау қиын.

Анаэробтық ашу үрдісінің тағы бір *маңызды артықшылығы* - оның қалдығында ауру тудыратын микроорганизмдер мөлшері бастапқы материалдағы (көңдегі) микроорганизмдер мөлшерінен айтарлықтай аз.

Егерде биогаздық генераторлар дайын қалдықтар ағынын қолданатын болса, онда биогаз өндіру экономикалық жағынан тиімді болады. Әсіресе, толық экологиялық циклды іске асыратын агроөндірістік кешендерде өте тиімді. Онда көң анаэробты ферменттеуге (ашуға) ұшырайды, сосын ашық бассейнде аэробты жағдайда өңделеді.

Биогаз жарықтандыру, механизмдерді, транспортты, электр генераторларды қозғалысқа келтіру және жылу алу үшін қолданылады.

Биогаз алу технологиясының энергетикасы және негізгі үрдістері. Әдетте бастапқы малшаруашылығының қалдықтарының 60 % ашиды. Қалыпты жағдайда 1 $м^3$ суда 5 кг құрғақ биомасса болады деп есептесек, онда 1 кг ашытылатын құрғақ материалдан газдың шығуы 0,2 $м^3$...0,4 $м^3$ тең.

Бактериялардың белгілі түрлеріне тиімді температуралардың үш деңгейі бар.

Температураның төменгі деңгейі – *психрофильдік,* температура 20 ^{0}C шамасында, орташа деңгейі – *мезофильдік,* температура 30 ^{0}C...35 ^{0}C шамасында, жоғарғы деңгейі – *термофильдік,* температура 55 ^{0}C шамасында.

Өте жоғары температурада ашыту төменгі температураға қарағанда жылдам жүреді және әрбір 5 ^{0}C сайын газдың шығуы екі еселенуімен сипатталады.

Жылы тропикалық аймақтарда ашыту қыздырусыз 20 ^{0}C...30 ^{0}C температура аралығында жүреді, бұл ашыту 14 күндік уақыттық аралықта психофрильдік деңгейде жүреді.

Климаты өте суық аймақтарда алынған биогаздың бір бөлігін немесе электрқыздырғышты қолдана отырып, биомассаны алдын ала 35 ^{0}C дейін

қыздыруды қажет етеді. Кейбір бактериялар 55 ^{0}С да жұмыс жасайды, бірақ олар материалдың (көңнің) ыдырауын жылдамдатқанымен, өндірілген биогаз көлемін жоғарылатпайды.

Ашыту кезіндегі биохимиялық үрдістер үш кезеңде жүреді, олардың әрқайсысы өзінің анаэробты бактериялар тобымен қамтамасыз етіледі.

1) Ыдырауда ерімейтін биологиялық материалдар (мысалға, целлюлоза, полисахаридтер, майлар) көмірсутектері мен майлы қышқылдар бөлінеді. Бұл үрдістер бір тәулік бойы 25 ^{0}С температурада жағдайында жүреді.

2) Қышқыл өндіруші бактериялар сірке және пропионды қышқыл өндіреді. Бұл үрдістер бірнеше тәуліктер бойы жүреді.

3) Метан өндіретін бактериялар 14 тәулікте, температура 25 ^{0}С болғанда бастапқы өнімді толығымен ашытады, яғни, аз ғана сутегі (H_2) мен күкірт сутегі (H_2S) қоспасы бар 60 %...70 % метан (CH_4) және 30 %...40 % көмірқышқыл газ (CO_2) өндіреді.

Метан өндіретін бактериялар *pH* шамасына сезімтал: олар орналасқан ортадағы жағдайлар орташа қышқылды (*pH* 6,6…7,0 аралығында) және *pH*=6,2 төмен болмауы керек. Белгілі бір мөлшерде азот пен фосфордың болуын қажет етеді (олардың мөлшері құрғақ материал массасының 10 % және 2 % сәйкес болуы керек).

Тиімді ашытудың алтын ережесі – *температура және бастапқы материалдың биогенераторға берілуі бойынша тұрақты жағдайды ұстап тұру*.

Нақты биогаздық генераторлар және олардың жұмыс істеу принципі.

1) *Тропикалық аймаққа арналған, үй қасына орналасқан қондырғы*. Металдан жасалған екі бактан тұратын өте қарапайым қондырғы. Жоғарғысы газгольдердің қызметін атқарады, төменгісіне жұмыс істеп тұрған генератордан алынған анаэробты бактериялар қосылған көңмен толтырылады. Газгольдердегі газ құбыр арқылы үйге беріледі, онда үй қажеттіліктері үшін жұмсалады. Бұл жүйе сенімсіз болғандықтан қолдану уақыты ұзақ болмайды.

2) *Қытайлық биогаздық генератор*. Негізгі ерекшелігі – бетоннан жасалған стационарлы күмбез корпустың болуы, ол металдан жасалған, ауыр, жүзбелі газгольдері бар жүйеге қарағанда арзан. Газ бөлінген сайын оның газгольдердегі мөлшері көбейеді, қысымы артады. Қысымның белгілі бір мәнінде ашытылатын масса ағыны тоқтайды. Осылайша биогаздық генератордың жұмысы реттеледі.

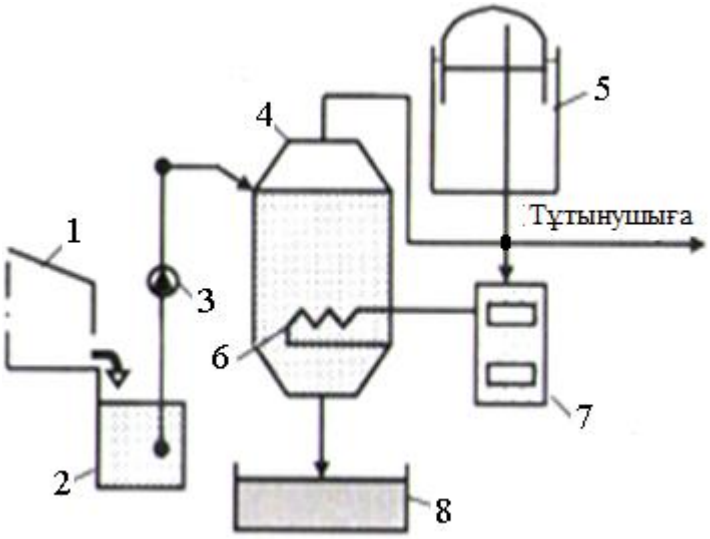
3) *Мал шаруашылығының қалдықтарын өңдейтін өндірістік қондырғылар*. Ашыту үрдісі бастапқы материалды кем дегенде 35 ^{0}С дейін қыздыру нәтижесінде жүретін автоматтандырылған қондырғыны қарастырайық. 14.1 суретте биогаздық қондырғының технологиялық сұлбасы көрсетілген. Биогаздық қондырғының негізгі элементтері:

а) *биореактор* - биоқалдықтардың органикалық заттарын ашыту үрдісі жүретін жабық бак (күбі).

б) *газгольдер* - биогазды сақтауға арналған цилиндр немесе сфера тәріздес ыдыс (бак), оның көлемі келетін және тұтынатын газ көлемімен анықталады.

в) *жылуалмастырғыш* биореактордағы субстраттардың жұмыс температурасын ұстап тұруды және жылу шығынын реттеуді қамтамасыз етеді.

г) *араластырғыш құрылғы* барлық жағдайда периодтық түрде жұмысқа қосылады және түзілген биогаздың босап шығуын, бактериялардың көбеюі мен жаңа субстраттардың араласуын, реактор ішінде температураның бірқалыпты таралуын қамтамасыз етеді.



1-ферма; 2-көң қабылдаушы; 3-көң сорғыш; 4-биореактор; 5-газгольдер; 6-жылуалмастырғыш; 7-отындық қазандық; 8-тыңайтқыштарды сақтау қоймасы.

14.1 сурет - Биогаздық қондырғының технологиялық сұлбасы

Органикалық қалдық арнайы жинақтаушыға 2 түседі, онда ол сумен араластырылады. Көмірсутегі мен азоттың қажетті мөлшерін қалыптастыру үшін резервуарға егін қалдықтарын да салады. Дайын болған субстрат сорғыш 3 арқылы биореакторға 4 беріледі. Ол жерде анаэробты ашыту үрдісі жүреді. Түзілген биогаз газгольдерге 5 түседі, ал қалдық тыңайтқыш сақтау қоймасына 8 беріледі.

Биогаз қондырғысын қолдану мал шаруашылығы өнімдерінің құнын төмендетеді және өндірістің тиімділігін жоғарылатады, экологиялық таза тыңайтқыш өндіруді арттырады, фермаларда экологиялық және санитарлық талаптардың сақталуын қамтамасыз етеді.

Энергетика мен экологияның өзара әрекеттесуі. Қайта жаңғыратын энергия көздері энергетика саласында кең қолданыс табуда, сондықтан олардың қоршаған ортамен өзара әрекеттесуіне ерекше назар аударылуда. Бірінші болып «үлкен» гидроэнергетикаға қатысты мәселелер көтерілді. Өзендерде үлкен бөгет жасау және су қоймасын салудан халық, ауыл және балық шаруашылығы, өзен транспорты зардап шегуде.

Египеттегі Асуан ГЭС салу кезінде су басатын аймаққа ертедегі фараон Абу-Симбел храмы орналасқандықтан, оны жартастан бөлшектеп ала отырып, биік жотаға көшірген.

Негізінен қайта жаңғыртылатын энергия көздерінің (ҚЖЭК) кез келген түрі табиғатқа қатысты айтарлықтай жағымсыз мәселелер туғызады.

Қайта жаңғыртылатын энергиялар *«таза» болмайды,* бірақ олардың тудырған мәселелерінің өткірлігі отын және ядролық энергетика тудырған мәселелер қатарынан бір дәрежеге төмен. Алайда, ҚЖЭК қолданудан туындайтын экологиялық жайттар алдын ала зерттелген болуы керек. Өйткені ҚЖЭК қолданудың қоршаған ортаға әсерінің экологиялық салдарының кейбір түрлері қазіргі уақытқа дейін толыққанды зерттелген жоқ.

ҚЖЭК энергиясын электр және жылу энергиясына түрлендіруде заманауи білім мен технологияны қолдану айтарлықтай қымбатқа түсуде. Алайда, барлық жағдайда оларды қолдану органикалық отын шығынының төмендеуін және қоршаған ортаның ластануының азаюын қамтамасыз етеді.

Барлық ҚЖЭК энергиялары концентрациясы төмен энергиялар болғандықтан үлкен ауданды, көлемді, массаны қажет ететіндігін атап өту керек.

Күндік энергетиканы дамытудың экологиялық салдары.

Экологтардың күн сәулелік су қыздырғыш пен жылыту қондырғыларына тағатын айтарлықтай кінәлары жоқ, оған қоса олар шағын мөлшерлі. Тек қана 2 немесе 3 контурлы жүйелердегі антифриздар сыртқа аққан жағдайда мәселе туындауы мүмкін.

Күндік электр стансалар (КЭС) мен күндік фотоэлектрлік стансаларды эксплуатациялау ғана экологиялық тұрғыдан таза деуге болады. Олар үлкен аумақты алатын күн энергиясының концентрациясымен жұмыс істейді. КЭС-лардың орналасатын меншікті ауданы 0,001 га/кВт тан 0,006 га/кВт дейін өзгереді, оның ықтимал мәні 0,003 га/кВт...0,004 га/кВт.

Бұл көрсеткіш ГЭС-пен салыстырғанда аз, ЖЭС және АЭС-мен салыстырғанда көп. Мысалы, қуаты 20 МВт, мұнара тәріздес PS20 СЭС-ы (Испания) 9000 га ауданды алып жатыр, онда жалпы ауданы 151000 м^2 болатын 1255 гелиостаттар орналасқан.

Фотоэлектрлі панельдерді жасау үшін «күндік» сапалы кремний қолданылады. *Кремний өндіру экологиялық жағынан қауіпті.* Бірақта бұл мәселе де шешімін табары сөзсіз, себебі әлемде кремний алудың хлорсыз технологиялары қарастырылуда.

Сонымен қатар, «үлкен*» күндік энергетика қомақты мөлшерде материалдарды* (металдар, әйнек, бетон и т.б.) қажет етеді. Күндік панельдер мен концентраторлар үлкен аумақты көлеңкелейді, бұл топырақ деградациясына әкеледі. Гелиостаттардың жоғары ауаны қыздыруы жергілікті микроклимат қалыптастырады: станса жанындағы аудандарда жылу балансы, ауа ылғалдылығы, жел бағыты өзгереді.

Гелиожүйелерде қайнау температурасы төмен сұйықтарды қолдану экологиялық қатер туғызады (әсіресе хроматтар пен нитриттер). Олар улы

заттар болғандықтан ағып кету орын алған жағдайда жер асты суларының ластану мүмкін.

Желдік энергетиканың қоршаған ортаға әсері.

Шағын желдік энергетикалық қондырғылар (1 МВт дейінгі ЖЭҚ) табиғатқа қауіпсіз деп саналады. Қуатты ЖЭҚ-ның негізгі зиянды кемшіліктері - адамдар тұратын қоршаған ортада тудыратын аэродинамикалық шу мен құстардың жаппай қырылу қаупін тудыруы. Қуатты ЖЭҚ мұнарасының түбіндегі шу 95 дБ...100 дБ, бұл пневматикалық перфоратордың шуымен пара-пар. Сондықтан құстар аталған жерлерден аулақ болуды қалайды. Алайда, 200 м қашықтықта ЖЭҚ шуы ас бөлмедегі тоңазытқыш дыбысымен сәйкес келеді.

Егер де орнитологиялық сараптама қорытындысы бойынша жел стансасының орналасатын жері таңдап алынса, онда құстардың жаппай қырылу қаупі болмайды. Американдық желдік электрлік қауымдастығының пікірінше, желдік энергетика қарқынды дамытқан кезде ЖЭҚ-мен соқтығысудан құстардың қырылуы адамдық факторлардан (аңшылық, үй хайуанаттары, пестицидтер, электр тарату желілері, биік ғимараттар т.б.) болатын қауіппен салыстырғанда 1 % аспайды.

КЭС сияқты қуатты өндірістік ЖЭС-ларға да үлкен аудан керек, ол жердің рельефі мен мен желдің жылдамдығына байланысты 0,06 км^2/МВт... 0,2 км^2/МВт аралығында болады. Қуаты 1000 МВт болатын ЖЭС-ларға ауданы 60 км^2...200 км^2 жер керек. Тығыз қоныстанған өндірістік аудандарда мұндай жер көлемін қарастыру үлкен қиындық туғызады, себебі бұл жерлер шаруашылық қажеттілікте қолданылуы мүмкін. Теңіздің жағалауға жақын, тайыз жерлерінде ЖЭС салса, онда территория мәселесі шешілер еді. Бірақ бұл жағдай балық аулауға, кемелер қозғалысына кедергі келтіруі, теңіз жануарларына шудың әсер етуі мүмкін.

Қуатты ЖЭС сол аудандарда ауа қозғалысына әсер етуі мүмкін және олардың қалқалық эффектісінің биіктігі 100 м...150 м жотаның әсерімен пара-пар болуы мүмкін.

Желдік турбиналардың қалақтарынан электромагниттік толқындардың шағылысуынан туындайтын кедергілер бірнеше километр қашықтықта орналасқан аудандардың телевизиялық және микротолқынды радиотаратуға, басқа да түрлі навигациялық жүйелердің сапасына әсер етеді. Бірақта бұл сұрақтардың техникалық шешімі қарастырылған.

Қарастырылған мәселелерден бөлек ескеретін жағдайлар:

- биіктігі 60 м...80 м, одан да жоғары болатын қуатты ЖЭҚ жергілікті жердің ландшафына әсер етіп, оның бастапқы келбетінің өзгеруіне әкеледі, қоршаған ортамен үйлеспеушілік пайда болады, көруге ыңғайсыздық, жағымсыз кейіпке енеді. Бұдан ландшаф дизайнерлерінің қызметінің қажеттілігі туады. Мысалға, екі немесе бір қалақты ЖЭҚ-на қарағанда үш қалақты қондырғылардың сыртқы келбеті сәндірек болып келеді;

- ЖЭҚ-да апаттық жағдай болса, онда сынған қалақтар 400 м...800 м қашықтыққа түсуі мүмкін, бұл жағдай да айналасына залал келтіруі мүмкін.

Биоэнергетикалық қондырғылардың экологиясы. Жалпылай алып қарасақ, биотехнология табиғатпен «тату». Жерді тікелей қолдану қарқын алған жағдайда экологиялық залалдардың пайда болу мүмкіндігі жоғарылайды, яғни, биошикізат өзінің қолданыстағы жағдайын өзгертуі топырақтың құрамындағы көміртегі балансының өзгерісін тудырады, суды қолдану режимі бұзылады, топырақта органикалық заттардың азаюына, әсіресе энергетикалық плантацияларда топырақтың құнарсыздануына және эрозияға ұшырауына әкеледі.

Биоэнергетикалық қондырғылар басқадай ҚЖЭК-нің агрегаттармен салыстырғанда айтарлықтай экологиялық қауіпсіз болады. Сонымен қатар, олар қоршаған ортаны қалдықтардың барлық түрінен ластанудан сақтайды. Мысалға, анаэробты ферментациялау – мал шаруашылығы қалдықтарын қайта қолдану үшін тиімді, сонымен қатар, ол экологиялық тазалықты да қамтамасыз етеді, яғни, қатты «органика» өзінің иісін жоғалтып, кеміргіштер мен жәндіктерге жағымсыз болады, ферменттеу (ашу) үрдісі кезінде ауру тудыратын бактериялар жойылып, нәтижесінде сапалы тыңайтқыш алынады. Бұл жағдай қаладағы сұйық қалдықтар мен қатты қалдықтарға, орман шаруашылығының қалдықтары мен ағаш өңдеудегі қалдықтарға да қатысты. Сондықтанда биоэнергетиканың дамуы экологиялық жағынан да тиімді.

Алайда жылу алу үшін биомассаны «тікелей» қолдану табиғатқа жағымсыз әсер етеді. Ағаштарды жағудан қатты заттар көбейеді, органикалық компонентер, көміртегі тотықтары, канцерогендер мен улы заттар бөлінеді, атмосфераның жылу алмасу балансы өзгереді. Бірақта биогаз ағашпен салыстырғанда тазарақ отын. Биогазды өндірісте, тұрмыста қолданғанда метанның жарылу қауіпі болғандықтан қауіпсіздік шараларын сақтаған жөн.

Биомассадан этанол алу кезінде жоғары мөлшерде қосымша өнімдер (жууға қолданылған сулар, басқадай қалдықтар) пайда болады. Олардың шығу мөлшері этил спиртінің шығымынан бірнеше есе (10 есеге дейін) көп болғандықтан, олар қоршаған ортаны ластайды.

Экологиялық мәселеден бөлек қоғамдық аспектілері де бар. Ауылшаруашылығында биоотынға деген сұраныстың жоғарылауы биоматериал өндірісінің дамуын қамтамасыз етеді. Бұл өз кезегінде азық-түлік өндірісінің төмендеуіне және оның құнының қымбаттауын туғызады. Бұл, әрине, халыққа ұнамайды.

Геотермальдық энергетиканың экологиялық аспектілері. Әдетте геотермальдық энергия алатын мекендерді, скважиналарды «байыппен» қолдансақ, яғни, жердің терең қабатында күрделі үрдістерді болдырмасақ, табиғатқа келетін залалдар мөлшері төмен болады. Мысалы, Исландия астанасы Рейкьявик қоршаған ортамен тиімді байланыс жасай отырып, термальдық су арқылы ғимараттарын жылытады.

Табиғатқа келтіретін негізгі жағымсыз әсерлері - геотермальдық қондырғылар негізінен кен орнын игеру кезінде, су-құбыр желілерін және ғимараттар салу кезінде зиян келтіреді, бірақта олар өндіріс аймағымен шектелген. Ең басты қолайсыз жағдай - бұрғылау кезінде жоғары

концентрациялы қоспалардың төгілуінен жер үсті және жер асты суларының ластануы.

Геотермальдық энергияны қолдануға қатысты экологиялық және әлеуметтік әсерлер нақты аймақпен, нақты технологиялармен байланысты болады. Бірақта ол әсерлерді жоюға, жағымсыз әсерді барынша азайтуға немесе жеңілдетуге болады.

Мәселелердің ең маңыздысы – геотермальдық энергияны алу үшін ауданы үлкен жер аумақтарын оқшаулату (бөлектеу) қажеттілігі. Мысалы, гейзер аумағында (АҚШ) әрбір скважина 7 МВт пайдалы қуат береді. Қуаты 1000 МВт болатын стансалар 150 скважиналарды қажет етеді, олар 19 км^2 аумақты иемденеді.

Геотермальдық энергетканы дамытудың мүмкін болатын залалы - ол топырақтың шөгуі мен сейсмикалық эффектілер. Термальды көздердің және гейзерлердің өнімділігі төмендеуде. Мысал келтірсек, Вайрокей (АҚШ) кен орнын эксплуатациялау кезінде 1954-1970 жылдар аралығында жер беті 4 м төмендеп кеткен, ал төмендеген жердің ауданы 70 км^2, бұл аудан жылдан жылға ұлғаюда.

Жоғары сейсмикалық белсенділіктер геотермальды кен орындарының жақын орналасқанын білдіреді және олар ресурстарды іздеуде қолданылады.

ГеоЖЭС-да отынды жақпайтындықтан, жалпы ЖЭС-мен салыстырғанда олардың бөліп шығаратын улы газы мөлшері айтарлықтай аз және химиялық құрамы да бөлек болады. Геотермальды скважиналардан алынған су буларында 80% көмірқышқыл диоксиді және аз мөлшерде метан, сутегі, азот, аммиак, күкіртті сутек бар газ қоспалары болады. Көріп тұрғанымыздай, CO_2 геотермальды көздерден шығатын негізгі «жылыжайлық» газ. Энергия өндірісінде CO_2 ауаға тікелей шығуы өндірілген 1 кВт·сағ шаққанда 4 грамнан 740 грамға дейін жетеді.

ГеоЖЭС-тың ПӘК төмен болғандықтан *салқын суды тұтынуы* (1 кВт·сағ электр энергиясына шаққанда) ЖЭС-на қарағанда 4...5 есе жоғары. Ескі жобаларда қолданылған геотермальды су жақын маңдағы су қоймасына ағызылатын. Бұл судың құрамында әртүрлі тұздар, ауыр металдар болатын болса, онда су қоймаларының жылулық ластануымен қатар, химиялық ластану да орын алады. Кейіннен бұл жағымсыз жағдай қолданылған суды жер астына кері айдау арқылы шешілді.

Жер қыртысын жұмсарту үшін қолданылатын гидрожарылыстар жер асты сулары ластануына, топырақтың шөгуіне әкелуі мүмкін, жер сілкінісін болдыру да мүмкін.

Бұдан басқа да *жағымсыз әсерлер*:

- жер асты суының деңгейінің өзгеруі, батпақтану;
- кремний, сынап, аммиактың аз мөлшері қосылған улы су мен конденсанттың сыртқа тарауы;
- жер асты сулары мен су қабаттарының ластануы, топырақтың тұздылығының артуы;

- құбырлардың жарылуынан көп мөлшерде тұзды судың сыртқа таралуы.

Теңіз және мұхит суының энергияларын қолданудың экологиялық салдары. Теңіз және мұхит су энергиясының кез келген түрін қолдану кезінде экожүйенің табиғи жағдайы міндетті түрде өзгереді.

Судың жылулық градиентін қолдануға негізделген мұхиттық ЖЭС-ның жұмысы кезінде жылулық сорғыштарда қолданылатын заттардың (аммиак, пропан, фреон) және жылуалмастырғышты жуу үшін пайдаланатын заттардың да (хлор және т.б.) сыртқа ағу қауіпі бар. Тереңдіктен жоғарыға көтерілген суық судан парциальды қысымның төмендеуі мен температураның жоғарылауы себебінен судан көмірқышқыл газының (CO_2) бөлінуі әбден мүмкін. Органикалық отын қолданатын ЖЭС-мен салыстырғанда онымен қуаты бірдей мұхиттық ЖЭС көмірқышқыл газын 30 % артық бөледі. Мұхит суын салқындау әсерінен судың жоғарғы қабатында қоректік заттар және фитопланктон көбейеді. Тереңдіктен көтерілген микроорганизмдер мұхиттың жоғарғы қабатын ластайды және оны тазалау үшін арнайы шараларды қажет етеді.

Айдың тарту күші әсерінен мұхит (теңіз) деңгейінің периодты көтерілуінен (төмендеуінен) туындайтын су ағындарының энергиясын пайдаланатын электр стансалардың жұмысы жағалауға, жағалау маңындағы жерлерге айтарлықтай зиян келтіреді: су тасқыны, тұзданудың қалыпты жағдайдан өзгеруі, жағалаудың эррозияға ұшырауы, жағажай ауданының өзгеруі. Жер асты суларының қозғалысының өзгерісі де жағалау маңындағы жерлердің тұздылығының артуына әкеледі.

Ашық мұхиттың терең жеріндегі толқынның механикалық энергиясын пайдалану мұхит суындағы үрдістерге әсер етеді. Жағадан алыс орнатылған түрлендіргіштер жағалаудың тұрақтылығына кері әсерін тигізбейді.

Егерде түрлендіргіштерді жағалауға жақын орналастырса, онда олар көрініп тұратындықтан эстетикалық сипаттағы мәселелер туындайды. Тығылықты жасалған, әрқайсысы бірі бірінен бөлек орнатылған энергия түрлендіргіштерінің тобына қарағанда бірнеше километр қашықтықта созылған сүңгуір үйрек тәріздес Солтер құрылғысының тізбегі эстетикалық тұрғыдан сәнсіз көрінеді. Сонымен қатар, бір бірінен алшақ орналасқан құрылғының үздіксіз тізбегі кемелер қозғалысына кедергі келтіреді және күшті дауыл кезінде қауіпті болады.

Жағалау аймағына орналасқан толқын энергиясының түрлендіргіштерінің қоршаған ортаға әсеріне қатысты маңызды мәселе – эрозия мен шөгінді арасындағы баланс және тұрақтылық. Осыған байланысты Солтер құрылғысын толқын ұратын жерлерге екі мақсатпен арнайы орнатады: толқын энергиясын қолдану және жағажайды сақтау үшін.

Теңіз ағысы энергетикасының жағымсыз экологиялық салдары: теңіз аңдары мен балықтардың зардап шегуі және жаппай қырылуы; балық миграциясының жолының өзгеруі; су арқылы тасымалдау жолдарының бұзылуы.

Табиғат қорғаудағы ҚЖЭК-нің тиімділігін бағалау. ҚЖЭК қолдану арқылы қазіргі уақытта атмосфераға шығаратын қалдықтардың мөлшерінің және қолданылатын су ресурстарының көлемінің азаюын сандық түрде бағалауға мүмкіндік беретін көптеген мәліметтер жинақталған.

1 млн кВт·сағ электр энергиясын өндіретін күн, жел, геотермальды, су стансалары осындай шамада энергия өндіретін, көмірді қолданатын ЖЭС шығаратын мынадай мөлшердегі зиянды газдар мен қалдықтарды болдырмайды: көмірқышқыл газы – 750 т...1250 т; күкірт диоксиді – 5 т...8 т; азот қышқылы - 3 т...6 т; күл – 40 т...70 т; шаң – 270 кг...470 кг.

Әлемде судың ресурс ретінде маңыздылығы шарықтап келеді, бұл Қазақстанға да қатысты. Отындық және атом электр стансаларында электр және жылу энергиясын өндіру кезінде термодинамикалық циклдарда конденсаторларды салқындату үшін судың үлкен мөлшері қажет. Көмірлік электр стансаларында суды отынды тазалау және өңдеуде жұмыстарында да қолданады. Екінші жағынан, жел және фотоэлектр стансаларының жұмысында судың аздаған мөлшері жел дөңгелегінің қалақшаларын жуу үшін және фотопанельдерді тазалау үшін қолданады. Мысалы, желдік электр стансаларында суды қолдану АЭС-на қарағанда 475 есе, көмірлік стансасына қарағанда 400 есе, ал газдық ЖЭС-на қарағанда 275 есе аз.

Дәріс №15. Энергияны үнемдеу. Энергетикалық аудит

Дәрістің мазмұны: электр мен жылу энергияларын және су мен газды үнемдеу әдістері, энергетикалық аудит туралы түсінік және оның негізгі кезеңдері мен әдістемелері.

Дәрістің мақсаты: студенттерді әр салада энергия үнемдеудің негізгі әдістерімен, энергетикалық аудиттің негізгі кезеңдерімен және әдістемелерімен таныстыру.

Энергияны үнемдеу және энергия ресурстарын үнемдеудің әдістері.

Энергияны үнемдеу – отын-энергетикалық ресурстарды тиімді қолдануға және қайта жаңартылатын энергия көздері мен екіншілік энергия ресурстарын шаруашылық айналымға қосуға бағытталған заңдық, ұйымдастырушылық, ғылыми, өндірістік, техникалық және экономикалық шараларды жүзеге асыру. Энергияны үнемдеу – негізгі мақсаты табиғи ресурстарды сақтау.

Бұл мақсатты жүзеге асыру жолындағы негізгі *кедергілер* - халық үшін әртүрлі ресурстарға (электр энергиясы, газ) тарифтің жоғарыламауы, кәсіпорындарда энергия үнемдеу жобаларын жүзеге асыруға қаржының болмауы, нормативтерді қолдану мен жеке энергия есептегіш құралдардың көмегімен есептесу үлесінің төмендігі, сонымен қатар, халықта энергия үнемдеу мәдениетінің болмауы.

Электр энергиясын үнемдеу.

Жарықтандыруда қолданылатын электр энергиясын үнемдеудің негізгі шаралары:

- күн сәулесін жоғары мөлшерде қолдану (терезенің ауданын үлкейту және өткізгіштігін жоғарылату, қосымша терезелер орнату);
- шағылыстыру қабілетін жоғарылату (төбенің, қабырғаның ақ болуы);
- жарық көздерін оңтайлы орналастыру (жергілікті жарықтандыру, бағытталған жарықтандыру);
- жарықтандыру құралдарын тек қажет кезде қолдану;
- қолданыстағы көздердің жарық шығару қабілетінің жоғары болуы (люстра, плафон ауыстыру, шаңнан тазалау, сәуле шығарудың басқа да тиімді тәсілдерін қолдану);
- қызулық шамдарды энергия үнемдейтін шамдарға ауыстыру (люминицентті, шағын люминицентті, жарықтық диодты);
- жарықтандыруды басқаратын құрылғыларды қолдану (қозғалыс датчигі және акустикалық датчигтер, жарық диодтары, таймерлер, алыстан басқару жүйесі);
- сыртқы жарықтандыруға автоматтандырылған диспетчерлік басқару жүйесін енгізу;
- жарықтандыруды басқаруда интеллектуальды жүйелерді қолдану (электр энергия шығынын төмендету мақсатында);

Электр жетегінде энергия үнемдеудің негізгі шаралары:

- электр қозғалтқыштардың қуатын дұрыс, тиімді таңдау;
- жиілік бойынша реттелетін жетекті пайдалану (ЖРЖ).

Электр плитасы мен электр жылытқыш қолданған кезде энергия үнемдеудің негізгі шаралары:

- электр жылытқыш құрылғылардың қуатын дұрыс, тиімді таңдау;
- қажетті қуат пен қолданыстағы уақытын төмендету үшін электр жылытқыш қондырғыны тиімді орналастыру;
- жылу алмасуды жоғарылату үшін, электр плиталарының оттығын және электр жылытқыштың беткі қабатын кірден тазалау;
- жылжымалы майлы жылытқыштар және бағытталған рефлекторлы жылытқыштар көмегімен жергілікті (локальды) жылыту;
- пәтерде жылу алмасуды жоғарылату үшін желдеткіштері бар майлық жылытқыштарды қолдану;
- температура реттегіш құрылғыны қолдану, оның ішінде автоматты түрде ажыратылып-қосылатын құрылғы, температураға байланысты қуат төмендететін құрылғы, уақыттық таймер қолдану;
- жылу аккумуляторларын қолдану;
- электрлік жылытуды жылулық сорғыш қолданатын жылыту жүйесіне ауыстыру;
- электр жылытқышты газ жылытқышқа ауыстыру, немесе орталықтандырылған жылыту жүйесіне қосылу;
- түбі жалпақ кең ыдыстарды қолдану.

Тоңазытқыштарды қолдану кезіндегі энергия үнемдеудің негізгі шаралары:

- тоңазытқыш қондырғылардың қуатын дұрыс,тиімді таңдау;
- тоңазытқыштың есігінің, сыртқы корпусының сапалы жылулық оқшауланuы, тоңазытқышта азық-түлікке арналған мөлдір бөліктердің болуы;
- энергия үнемдейтін заманауи тоңазытқышты қолдану;
- тоңазытқышта аяздың, мұздың қатуын болдырмау, уақытылы жібіту, азық-түлік өнімдерін сыртқы ортада салқындағаннан кейін тоңазытқышқа салу;
- тоңазытқышты батарея мен газ плиталарының жанына мүлдем қоймау керек.

Кондиционерлерді қолданған кезде:

- адам санын, бөлме ауданын негізге ала отырып, орын мен қуатын дұрыс таңдап алу қажет;
- кондиционер жұмыс істеп тұрғанда терезе, есік жабық болуы тиіс;
- сүзгінің шаң басуын болдырмау, тазалап тұру керек;
- бөлме температурасын 20 ^{o}C...22 ^{o}C төмендетпей, автоматты жүйені оңтайлы температураға байланысты баптау керек;
- кондиционердің түнде өшірілуін қадағалау керек.

Тұрмыстық және басқада қондырғыларды қолданғанда:

- құралдардың энергия үнемдейтін «ұйқы» режимін қолдану;
- жаңадан аудио-, видео-, компьютерлік және т.б. құрылғыларды таңдау кезінде жұмыстық және күту режимінде аз электр энергиясын қолданатын үлгілерін таңдау керек;
- трансформаторлық қоректендіру құрылғысы бар құралдарды импульстік қоректендіру блогы бар үлгіге ауыстыру;
- егерде бір шыны су қажет болса шәугімді толтырып қоюдың қажеті жоқ;
- ұялы телефонның зарядтау құрылғыларын қажет емес кезде электр көзіне қосулы қалдырмау керек;
- ұзартқыш құрылғысын көп қолданудан бас тарту керек, егер де қажет болған жағдайда қимасы үлкен сымыбар ұзартқыштар таңдау қажет.

Электр желісіндегі шығынды азайту жолдары:

- энергия үнемдейтін құрылғыларды қолдану;
- сымдар мен кабельдердің өткізгіштік номинал мәндерін арттыру;
- мыс өзекшелі сымдар мен кабельдер қолдану;
- рұхсатсыз қосылғандарды қадағалау.

Жылу энергиясын үнемдеу. Жылу шығынын төмендету үшін:

- құрылыста жылуұстағыш материалдар қолдану;
- жылу ұстайтын есік пен терезелер қолдану.

Жылумен қамтамасыз ету жүйесінің тиімділігін арттыру шараларының негізгі бағыттары:

1) *Энергия көздері жағынан:*

- өзіндік қажеттіліктерге жұмсалатын энергия шығынын төмендете отырып, жылу көзінің тиімділігін жоғарылату;

- жылу өндіретін заманауи қондырғыларды қолдану, мысалға, конденсаттық қазандықтар мен жылулық сорғыштар;

- жылу энергиясының есепке алу құрылғыларын қолдану.

2) *Жылулық желілері жағынан:*

- қоршаған ортаға кететін жылу шығынын төмендету;

- жылулық желілердегі гидравликалық режимдерді оңтайландыру;

- заманауи материалдарды қолдану;

- жылулық желілерді ашық тартқан кезде сыртқы қаптауы үшін тиімді жылу оқшаулағыш жабын қолдану;

- құбырдағы жылу тасымалдағыштың сыртқа ағуын және рұхсатсыз төгілуін азайту.

3) *Тұтынушылар жағынан:*

- сыртқы қоршау конструкциясы арқылы кететін жылу шығынын төмендету;

- екіншілік энергия ресурстарын қолдану;

- энергияның артық шығыны болмас үшін жылыту құралдарында жергілікті басқару жүйесін қолдану;

- ғимараттарды жылытудың нөлдік энергия тұтыну режиміне көшіру керек, бұл жағдайда ғимарат ішіндегі ауаның параметрлерін ішкі жылу бөліну және жылулық оқшаулағышты жақсарту есебінен қалыптастыру керек;

- жылу энергиясын есептейтін құрылғыларын қолдану.

Суды үнемдеудің негізгі шаралары:

- суды тұтынуды есептейтін құрылғыларды орнату;

- суды аса қажет болған кезде ғана қолдану;

- су қарқынын таңдай отырып, ағылмалы унитаз бачоктарын қолдану;

- су шығынын автоматты реттейтін құрылғы орнату: реттегіш кран үшін - 6 л/мин, душ үшін - 10 л/мин.

Газ үнемдеудің негізгі шаралары:

- газ қазандығы мен сорғышының оңтайлы қуатын таңдау;

- бөлмені газ қазандығымен жылытқан кезде жылытуға арналған тиімді радиаторлар таңдау, бөлменің жылуұстағыш қасиетін жақсарту ;

- газ плиталарына қақпағы жабылатын түбі кең жалпақ ыдысты қолдану және мөлдір болғаны тиіс, шәугім қойғанда қажетті мөлшерде ғана су құю керек;

- мүмкіндігінше басқа да жылу көздерін қолдануға көшу.

Энергияны үнемдеу және энергетикалық тиімділікті жоғарылатуға қатысты шараларды жүзеге асыру кезінде бөліп қарастырылатындар:

- *бастапқы инвестиция (*немесе тиімді қондырғы таңдауға байланысты инвестицияны көбейту*);*

- *энергетикалық аудит жүргізуге керек үшін біржолғы шығындар;*

- *көрсеткішті қашықтықтан түсіру құралдарын, автоматты басқару жүйесін және есептегіш құралдарды* сатып алуға және монтаждау жұмсалатын біржолғы шығындар;

- энергия үнемдеуге жауапты адамдарды марапаттауға жұмсалатын *ағымдағы шығындар.*

Энергияны үнемдеу шараларының тиімділіктерін бірнеше топқа бөліп қарастыруға болады:

- тұтынушылар үшін экономикалық тиімділіктер (сатып алынған энергияның құнын төмендету);

- бәсекеге қабілеттілікті жоғарылатуға қатысты тиімділіктер (өндіретін өнімнің бірлігіне шаққанда энергия ресурстарды тұтынуды төмендету);

- электр, жылу, газ желілеріге қатысты тиімділіктер (максимал жүктемені төмендету апат қауіптілігін, энергия шығынын төмендетеді, желіні ұлғайту үшін қажет инвестицияны азайтады);

- нарықтық әсерлер (максимал жүктеме кезінде электр энергияны тұтынуды азайту – энергия мен қуат құнының төмендеуіне әсер етеді, ең маңыздысы – кешкі максимал жүктеме кезінде халықтың жарықтандыру үшін энергия тұтынуын төмендету);

- басқару мүмкіндіктеріне байланысты тиімділіктер;

- экологиялық тиімділіктер (мысалы, қыс кезінде электр және жылу энергиясын тұтынуды азайту қымбат және «таза емес» электр стансалар мен оттық қазандықты жылу стансаларының жүктемелерін төмендетеді, яғни залалды газдар мен сұйықтардың қоршаған ортаға тарауы азаяды).

Энергетикалық аудит туралы түсініктеме.

Энергетикалық аудит дегеніміз – кәсіпорындарды, мекемелерді және жеке өндірістерді олардың тікелей өтініштеріне сәйкес тұтынылатын энергияны үнемдеу, энергетикалық тиімділіктің механизмдерін практикаға ендіруді жүзеге асыруға көмектесу және кәсіпорындарда энергетикалық менеджмент жүйесін енгізу мүмкіндіктерін анықтау мақсатында тексеріс жүргізу.

Энергетикалық аудит негізгі мақсаты – энергия үнемдеудің мүмкін болатын жолдарын қарастыру және кәсіпкерлік субъектілерге энергия пайдалану тиімді бағыттарын анықтауға көмектесу.

Энергетикалық аудиттың нысаны – кез келген кәсіпорын, энергетикалық қондырғы, ғимарат, энергия тұтынатын немесе өндіретін кез келген агрегат.

Энергетикалық аудиттың басты міндеті – отын және энергия тұтыну жүйесін зерттеу, энергия ресурстарын тиімді қолдану туралы кеңес беру және сараптама жасау.

Энергетикалық аудиттің қарастыратын міндеттері:

- нысанның отын-энергетикалық ресурстарды қолдануының картасын құрастыру;

- энергия шығынын төмендетуге бағытталған ұйымдастырушылық және техникалық шараларды белгілеу;

- энергияны үнемдеу потенциалын анықтау;

- энергияны үнемдеу шараларын қаржылық тұрғыдан бағалау.

Энергетикалық аудитті оны жүргізуге толыққанды құқығы бар энергосервистік компаниялар мен энергоаудиторлар жүргізеді.

Энергетикалық аудиттың фиософиясы мыналарға негізделеді:

1) Энергоаудиторлар тек қателіктерді ғана емес, фактыларды да анықтау керек.

2) Энергетикалық аудит жабық (құпия) түрде жүргізілмеуі тиіс.

Тапсырыс берушіге энергетикалық аудиттің нәтижелері туралы есеп береді, сол арқылы отын-энергетикалық ресурстарды қолданудың тиімділігін жоғарылатудың нақты жоспарын қарастырылады.

Энергетикалық аудиттің *негізгі кезеңдері:*

І кезең. Энергетикалық аудит жүргізілетін обьекті туралы ақпарат алу:

а) ағымдағы және өткен жылдар бойынша жылу, газ, электр энергиясын тұтыну жөнінде ақпарат жинау;

б) обьект бойынша энергия тұтынудың құрылымын сараптау;

в) энергияға кететін шығын құрылымын сараптау;

г) кәсіпорын және жеке бөлімдер шығаратын өнімнің бірлігіне шаққанда кететін энергия шығынын анықтау.

ІІ кезең. Жалпы обьекті және оның жеке бөлімдері бойынша отын-энергетикалық ресурстардың ағындарының таралуын анықтау:

а) обьектінің энергия ресурстарын тұтынуының сұлбасын құрастыру;

б) энергетикалық ресурстарды қолдану картасын құрастыру. Ол әртүрлі энергия түрлерінің ағындарын есептеуге мүмкіндік береді және энергияны көп тұтынатын бөлімдерді анықтауға мүмкіндік береді;

в) энергия ресурстардың жеке түрі үшін баланс құрастыру. Ол энергия тасымалдаушылардың әртүрінің қолдану тиімділігін анықтауға мүмкіндік береді;

г) кәсіпорынның жылу-энергетикалық балансын құрастыру. Обьектінің бұл балансы энергия тасымалдаушыларды таңдаудың дұрыстығын және келешекте оларды тұтыну мөлшерін бағалауға мүмкіндік береді;

д) қомақты энергияны қажет ететін тұтынушыларды анықтау және ақпарат жинау;

е) жеке тұтынушылар үшін энергия тұтыну нормаларын анықтау. Бұл жоғары өнімді өндірістердің осындай нормаларымен салыстыруға мүмкіндік береді;

ж) қомақты энергияны қажет етеін жеке тұтынушылар үшін энергетикалық балансын құрастыру. Бұл энергияның әртүрінің қолдану тиімділігін бағалауға және энергия қолдануда ысырап жасайтын учаскелерді анықтауға мүмкіндік береді.

ІІІ кезең. Обьект бойынша отын-энергетикалық ресурстарды қолданудың тиімділігін сараптау:

а) *жеке технологиялық үрдістердің энергия қолданудың тиімділігін сараптау*. Бұл қолданыстағы технологиялық шешімдердің дұрыстығы туралы қорытынды шығаруға немесе кейбіреулерін одан да тиімді технологияға ауыстыру туралы ұсыныс жасауға мүмкіндік береді;

б) *бөлімдер бойынша отын-энергетикалық ресурстарды қолданудың тиімділігін сараптау*. Жеке бөлімдер үшін энергия тасымалдаушыларды әртүрлі деңгейдегі технологиялық процестер үшін қолдану тиімділігі туралы қорытынды шығарылады немесе энергия тасымалдаушыны басқаға ауыстырған жағдайда технико-экономикалық негіздеме жасайды;

в) жеке тұтынушылардың энергия тұтынуына сараптама жасау;

г) отын және энергияның нормативтен жоғары шығынын анықтау;

д) терең энергетикалық аудиттерді жүргізу үшін басымдықтарды айқындау. Қосымша жүргізілген энергетикалық аудитке арнайы өлшеуіш құралдары қолданатын арнайы тексерулер немесе ғылыми зерттеулер кіреді.

IV. Жеке технологиялық үрдістер мен жеке энергия тұтынушыларға тереңдетілген энергетикалық аудит жүргізу:

а) аралық параметрлерге қосымша өлшеу жүргізу және жұмыс режимдерін анықтау;

б) тұтынушылардың жұмысының тиімділігін анықтау;

в) басшылықпен келісе отырып, нақты мәселелерді шешу.

V кезең. Энергетикалық аудит нәтижелерін қорытындылау:

а) энергия үнемдеу шараларын құрастыру;

б) енгізілген шараларды технико-экономикалық сараптау, алынған нәтижелерді салыстыру;

в) жаңа артықшылықтарды таңдау және энергия ресурстарды тұтыну мен өнімдердің энергия сыйымдылығын төмендетуге бағытталған міндеттерді негіздеу;

д) энергетикалық аудиттің есебін құрастыру.

Энергия қолданушы энергетикалық аудит туралы есепті алғаннан кейін келешекте мына мәселелерді өзі шеше алады:

а) обьект ішінде энергия тұтынудың жағдайын анықтайды және энергия үнемдеу туралы кеңестердің тізімін тұжырымдайды;

б) сол обьектідегі энергия тұтыну мөлшерін оған ұқсас басқадай обьектілердегі энергия тұтыну мөлшерімен салыстыра алады, сол арқылы обьектінің «жақсы», «жаман» тұтынушы екенін анықтайды;

в) энергия үнемдеу үшін тиімді құрылғыны сатып алуға және меңгеруге инвестицияның қажет екенін көрсетеді;

г) энергия үнемдеуге қатысты ұсынылған жобаларды негіздеу.

Энергетикалық аудиттерді жүргізу әдістемелері тапсырушы қалаған ақпаратқа және тексеру кезінде оны алу қолданылған бақылау-өлшегіш жабдықтардың құрамына байланысты.

Біріншіден, энергетикалық аудит кәсіпорынның есептегіш құрылғыларының деректеріне сүйене отырып, энергия тұтынуға жасалатын шолу.

Екіншіден, энергетикалық аудит кешенді және ұзаққа созылатын үрдіс болуы мүмкін: жаңа үздіксіз өлшеу жабдықтарын орнату, ұзақ уақыт бойы өлшеу және тестілеу, соған сай ұсыныстар жасау. Аудиттің бірінші түріне қарағанда оның екінші түрі қымбат болады.

Энергетикалық аудит жүргізу әдісі келесі факторларға сәйкес таңдалады: *энергоаудитордың біліктілігі, қолданыстағы өлшегіштер, клиент нені талап ететіндігін және не үшін төлейтіндігін түсіну.*

Қарапайым энергетикалық аудит жалпы энергетикалық тексерісті қамтиды, энергия тұтыну туралы жалпы қорытынды жасайды.

Кешенді энергия аудит:

а) толыққанды энергетикалық аудитті қамтиды;

б) энергия тұтынуды дәл анықтау үшін регрессиялық талдау және энергия баланс сияқты әдістерді қолданады;

в) балама отын көздерін қолдануды, децентрализация, когенерация сияқты құрылымдық өзгерістерді энергия үнемдеу үшін пайдалану мүмкіндіктерін кең ауқымда қарастырады.

Бұл ұсынылған әдістер ғылыми көзқарасқа негізделген, әртүрлі параметрлерді өлшеу және зерттеуге, сондай-ақ эксперттің тәжірибесіне сүйенетін, жоғары сапалы энергетикалық аудит жүргізуге жағдай жасайды.

Әдебиеттер тізімі

Негізгі:

1 Болотов А.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии: Учебное пособие. - Алматы: АУЭС, 2011.-79 с.

2 Мукажанов В. Н. Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. - Алматы: АУЭС, 2010. - 80 с.

3 Болотов А.В., Бакенов К.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии: Конспект лекций. – Алматы: АИЭС, 2007.- 40 с.

4 Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Г.А. Борисов и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. - СПб.: Наука, 2002.- 314 с.

5 Лабейш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003. - 79 с.

6 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Альтернативные источники энергии. - М.: ИП РадиоСофт, 2014.- 248 с.

7 Джумамухамбетов Н.Г., Ирышков И.А., Жаналиева М.А. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Учебное пособие. – Алматы: Эверо, 2010. – 218 с.

8 Қойшиев Т.Қ. Жаңғыртылатын энергия көздері. Оқулық. - Алматы: 2013. - 256 б.

9 Ляшков В.И., Кузьмин С.Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003. – 96 с.

10 Жамалов Ж. А., Умбетов Е.С., Кунелбаев М.М. Системы солнечного теплоснабжения. Монография. – Алматы: Полиграфия-сервис и К^0, 2010. – 180 с.

11 Лукутин Б. В. Возобновляемые источники электроэнергии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2008. – 187 с.

12 Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2009. – 294 с.

Қосымша

13 Твайделл Д., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 390 с.

14 Виссарионов В.И., Золотов Л.А. Экологические аспекты возобновляемых источников энергии. - М.: МЭИ, 1996. - 156 с.

15 Гаджиев А.Г., Султанов Ю.Н., Ригер П.Н. и др. Геотермальное теплоснабжение. – М.: Энергоатомиздат, 1984. - 120 с.

16 Шефтер Я.Н. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983. - 200 с.

17 Мак-Кормик М. Преобразование энергии волн. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 137 с.

2016 ж. жиынтық жоспары, реті 197

Исабай Танирбергенович Алдибеков

ҚАЙТА ЖАҢАРТЫЛАТЫН ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ ЖӘНЕ ЭНЕРГИЯНЫ ҮНЕМДЕУ

5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттеріне арналған дәрістер жинағы

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

Басуға _____ қол қойылды
Таралымы 50 дана
Көлемі 6,7 есептік-баспа табақ

Пішіні 60х84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс__ Бағасы 3350 теңге

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