

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технология кафедрасы

Манаспекова Диана Шадиярқызы

«Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Мамандық 5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технология кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ**

«Электроника,

телекоммуникация және

ғарыштық технология»

кафедрасының меңгерушісі

 Таштай Е.

«25» мае 2022 ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы: «Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері»

5B074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша

Орындады 

Манаспекова Д.Ш.

Рецензент  
PhD, «ФИ» кафедра меңгерушісі.  
Г.Даукеев атындағы Алматы  
энергетика және байланыс  
университеті

 Төлендіұлы С.  
«25» мае 2022 ж.

Ғылыми жетекші  
техника ғылымдарының  
кандидаты, «Электроника,  
телекоммуникация және  
ғарыштық технология»  
кафедрасының меңгерушісі

 Таштай Е.  
«25» мае 2022 ж.



Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ  
МИНИСТРЛІГІ

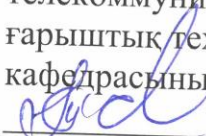
Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технология кафедрасы

5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар

**БЕКІТЕМІН**

«Электроника,  
телекоммуникация және  
ғарыштық технология»  
кафедрасының меңгерушісі  
 Таштай Е.  
« 21 » 2021 ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ ОРЫНДАУҒА  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Манаспекова Диана Шадиярқызы

Тақырыбы: "Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері".

Университет ректорының «24» желтоқсан 2021 ж. №\_489-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: 1. ҚР СТ ECSS E - ST-10C-2011 халықаралық стандарттардың талаптары «Ғарыштық инжиниринг. Ғарыштық әзірлемелер, жобалау. Жүйелік жобалау».

Дипломдық жұмыста зерделеуге және ұсынуға жататын сұрақтар тізбесі:

а) Ғарыш аппараттарының (ҒА) энергия қоректендіру жүйелерінің түрлеріне шолу және талдау;

б) Ғарыштағы ҒА энергиямен қоректендіру жүйелерінің мақсаттары мен міндеттері;

в) ҒА күн энергоқондырғысының батареялары мен аккумулятор батареяларының сыйымдылығын есептеу әдістемесі.

Графикалық материалдың тізімі: диссертация материалдарын графикалық материалдың 30 слайдында көрсету.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Аверьянов А.П. Введение в ракетно-космическую технику. Инфра-Инженерия, Москва-Вологда, 2018 – 381 с.

2 Волоцуев В.В., Ткаченко И.С. Введение проектирование космических аппаратов, Самара, Изд СГАУ . 2018 – 144 с




ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ ДАЙЫНДАУ

КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескертпе
1. Ғарыш аппараттарының (ҒА) энергия қоректендіру жүйелерінің түрлеріне шолу және талдау	1.09.2021-31.12.2021	орындалды
2. Ғарыштағы ҒА энергиямен қоректендіру жүйелерінің мақсаттары мен міндеттері	1.01.2022-30.01.2022	орындалды
3. ҒА күн батареяларымен энергетикалық қамтамасыз етудің дамуы	1.02.2022-15.02.2022	орындалды
4. Ғарышта ҒА энергетикалық қамтамасыз ету үшін ядролық энергетикалық қондырғыларды қолдану перспективалары	16.02.2022-31.03.2022	орындалды
5. ҒА күн энергоқондырғысының күн батареялары мен аккумулятор батареяларының сыйымдылығын есептеу әдістемесі	1.04.2022-15.04.2022	орындалды
6. Дипломдық жұмысты жазу	15.04.2022-30.04.2022	орындалды

диссертацияның өздеріне қатысты бөлімдерін көрсете отырып, аяқталған дипломдық жұмысқа консультанттар мен нормобақылаудың

Қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер Ф. И. О. (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Ғарыш аппараттарының (ҒА) энергия қоректендіру жүйелерінің түрлеріне шолу және талдау	т.ғ.к., «ЭТиКТ» кафедрасының меңгерушісі Таштай Е.	27.05.2022	
Ғарыштағы ҒА энергиямен қоректендіру жүйелерінің мақсаттары мен міндеттері	т.ғ.к., «ЭТиКТ» кафедрасының меңгерушісі Таштай Е.	27.05.2022	
ҒА күн энергоқондырғысының күн батареялары мен аккумулятор батареяларының сыйымдылығын есептеу әдістемесі	т.ғ.к., «ЭТиКТ» кафедрасының меңгерушісі Таштай Е.	27.05.2022	
Нормобақылау	Техника ғылымдарының магистрі, лектор Ибекеев С.Е.	26.05.22	

Ғылыми жетекші

 т.ғ.к. Таштай Е.

Тапсырманы білім алушы орындауға қабылдады

 Манаспекова Д.

Күні

« 5 » XII 2021 ж.

## АНДАТПА

«Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері» дипломдық жұмысы. Ғарыштық аппаратты энергиямен жабдықтау жүйелерінің түрлері және ғарыштық аппаратының күн энергоқондырғысының күн батареялары мен аккумуляторлық батареяларының параметрлерін есептеу әдістемесі қарастырылады.

Жұмыс мақсаты: ғарыштағы ғарыштық аппараттардың күн энергоқондырғысының энергиямен жабдықтау жүйелерін шолу, талдау және есептеу.

Барлық дипломдық жұмыс 48 беттен, 6 суреттен және 3 кестеден тұрады. Дипломдық жұмыстың негізгі бөлімі 34 бетті қамтиды.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа «Системы энергетического обеспечения космических систем в космосе». Рассматриваются виды систем энергоснабжения космического аппарата и методика расчета параметров солнечных батарей и аккумуляторных батарей солнечной энергоустановки космического аппарата.

Цель работы: обзор, анализ и расчет систем энергопитания солнечной энергоустановки космических аппаратов в космосе.

Вся дипломная работа состоит из 48 страниц, 6 рисунков и 3 таблиц. Основная часть дипломной работы содержит 34 страницы.

## **ANNOTATION**

Diploma work «Systems of energy support of space systems in space». The types of power supply systems of the spacecraft and the method of calculating the parameters of solar panels and accumulator batteries of the solar power supply of the spacecraft are considered.

Purpose of the work: review, analysis and calculation of the power supply systems of the solar power plant of spacecraft in space.

The diploma work consists of 48 pages, 6 figures and 3 tables. The main part of the work contains 34 pages.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Ғарыш аппараттарын (ҒА) энергиямен қоректендіру жүйелері	10
1.1 Электр энергиясының бастапқы көздері	10
1.2 Электр энергиясының қайталама көздері	16
2 Ғарыштағы ҒА энергиямен қоректендіру жүйелерінің мақсаттары мен міндеттері	19
3 ҒА күн батареяларымен энергетикалық қамтамасыз ету	22
3.1 Фотоэлектрлік түрлендіргіш	22
3.2 Күн батареялары	24
3.3 Күн батареяларының даму хронологиясы	27
4 Ғарышта ҒА энергетикалық қамтамасыз ету үшін ядролық энергетикалық қондырғыларды қолдану	33
5 ҒА күн энергоқондырғысының күн батареяларын және аккумулятор батареяларының сыйымдылығын есептеу әдістемесі	38
5.1 Аккумулятор батареяларының сыйымдылығын есептеу	38
5.2 Күн батареяларын есептеу әдістері	41
Қорытынды	45
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	46
Қабылданған терминдер тізімі, қысқартулар тізімі	48



## КІРІСПЕ

Ғарыш дәуірінің басталуын шартты түрде 1957 жылы 4 қазанда құрлықаралық баллистикалық "Р-7" зымыранында жердің алғашқы жасанды спутнигі "Спутник-1" пайдалы жүктеме ретінде орналастырылып, жер шарының айналасында ұшырылған кезде қарастыруға болады.

Кейінгі жылдары ғарыш кеңістігінде қозғалатын техниканы құрумен және пайдаланумен байланысты өнеркәсіптің тұтас саласы дами бастады. Сонымен бірге әртүрлі ғарыш техникасын құру әдістері туралы ғылыми-техникалық инженерлік білім дамыды және жинақталды.

Адам ғарыш аппараттарын орбитаға шығаруды үйренгеннен кейін, оларды ұзақ мерзімді пайдалану мүмкіндігі туралы мәселе туындады. Орбитаны түзету, деректерді беру, спутниктер мен тұрғын станцияларды электрмен қамтамасыз ету энергияны қажет етті. Оны жерден тыс жерде тәулік бойы тек күн сәулесінен алуға болады. Осылайша ғарышта күн батареялары пайда болды, олардың алғашқысы жерге жақын кеңістікті игерудің басталуымен бір уақытта жасалды.

Күн қондырғыларының барлық түрлері балама энергия көзі ретінде күн сәулесін пайдаланады. Күн сәулесін жылумен жабдықтау қажеттіліктері үшін де, электр энергиясын алу үшін де қолдануға болады.

Бұл дипломдық жұмыста біз ғарыш аппараттарының энергиямен жабдықтау жүйелерінің түрлерін, мақсаттары мен міндеттерін қарастырамыз. Ғарыштағы ғарыш аппараттарын энергиямен қамтамасыз ету үшін күн панельдері мен ядролық энергетикалық қондырғылардың жұмысын нақты қарастырамыз. Күн батареяларын және аккумулятор батареяларының сыйымдылығын есептейміз.

# 1. ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫН (ҒА) ЭНЕРГИЯМЕН ҚОРЕКТЕНДІРУ ЖҮЙЕЛЕРІ

Ғарыш аппаратын энергиямен қоректендіру жүйесі (ЭҚЖ) - басқа жүйелерді электрмен қоректендіруді қамтамасыз ететін ғарыш аппаратының жүйесі, аса маңызды жүйелердің бірі болып табылады. Көбінесе ол ғарыш аппараттарының геометриясын, конструкциясын, массасын, белсенді жұмыс істеу мерзімін айқындайды. Энергиямен жабдықтау жүйесінің істен шығуы бүкіл аппараттың істен шығуына әкеледі [1].

Электрмен жабдықтау жүйесі әдетте мыналарды қамтиды: электр энергиясының бастапқы және қайталама көзі, түрлендіргіштер, зарядтағыштар және басқару автоматикасы.

## 1.1 Электр энергиясының бастапқы көздері

Бастапқылар өздері химиялық және басқа реакциялар нәтижесінде алынған энергияның басқа түрлерін түрлендіру арқылы электр энергиясын өндіреді.

Оларға әртүрлі электр станциялары, химиялық түрлендіргіштер, термоэлектрлік және фотоэлектрлік генераторлар және тағы басқалары жатады.

*Күн батареялары* - ғарыш аппараттарында электр энергиясын өндірудің негізгі әдістерінің бірі болып табылады. Олар ешқандай материалдарды тұтынбай ұзақ уақыт жұмыс істейді және сонымен бірге экологиялық таза.

Алайда, күннен үлкен қашықтықта ұшқанда, оларды пайдалану қиынға соғады, өйткені күн энергиясының ағымы күнмен ара-қашықтықтың квадратына кері пропорционал. Марста күн батареяларының қуаты жердің жартысына тең, ал Күн жүйесінен алыс планеталарының жанында қуат күн батареяларын мүлдем пайдасыз ететіндей, соншалықты төмендейді. Ішкі планеталарға, Венера мен Меркурийге ұшу кезінде күн батареяларының қуаты, керісінше, айтарлықтай артады: Венера аймағында 2 есе, ал Меркурий аймағында 6 есе [2].

Күн батареяларының артықшылықтары:

1. энергия көзінің қол жетімділігі және сарқылмауы;
2. экологиялық қауіпсіздік;
3. ұзақ қызмет мерзімі;
4. модульділік.

Кемшіліктері:

1. ҒА маневрлігі ҒА инерция моментінің едәуір ұлғаюы есебінен ғана емес, сондай-ақ күн батареялары панельдерінің беріктігімен айқындалатын ең жоғары бұрыштық жылдамдықтар мен үдеулердің төмендеуі есебінен де айтарлықтай нашарлайды;

2. панельдерді ағытқыштың астына қоюдың қиындығы;
3. монокристалды кремнийдің үлкен массасын пайдалану салдарынан электр энергиясының жоғары құны (1 квт\*сағ электр энергиясының құны 40 долларға жетеді);
4. салыстырмалы түрде төмен тиімділік (шамамен 15%);
5. оларды тек жер орбиталарында және Марс пен Венераға ұшу үшін пайдалану ұтымды [4].

Күн батареялары уақыт өте келе келесі факторлардың әсерінен нашарлайды:

- фотоэлектрлік түрлендіргіштер (ФЭТ) бетінің оптикалық қасиеттерін төмендететін метеорлық эрозия;
- радиациялық сәулелену, әсіресе күн сәулесі түскенде және жердің радиациялық белдеуінде ұшқанда;
- орбитаның көлеңкелі бөліктерінде құрылымның терең салқындауына байланысты термиялық соққылар. Бұл құбылыс батареяның жеке элементтерінің бекітілуін, олардың арасындағы байланысты бұзады.

Батареяларды осы құбылыстардан қорғаудың бірқатар шаралары бар. Күн батареяларының тиімді жұмыс істеу уақыты бірнеше жылды құрайды, бұл ғарыш аппараттарының белсенді жұмыс істеу уақытын анықтайтын шектеуші факторлардың бірі.

Маневрлер немесе планетаның көлеңкесіне кіру нәтижесінде батареяларды көлеңкелеу кезінде фотоэлектрлік түрлендіргіштер энергия өндіруді тоқтатады, сондықтан электрмен жабдықтау жүйесі химиялық батареялармен толықтырылады.

Ғарыштық ұшу аппараттарының күн батареялары - бұл ФЭТ-тің электр байланысын, оларды бірыңғай тірек негізінде орналастыруды, маневр кезінде бүкіл құрылымның беріктігі мен тұрақтылығын, ағынның астына орналастыруды, ғарыш жағдайында ашу, орнату және бағдарлау мүмкіндігін қамтамасыз ететін күрделі электромеханикалық құрылғылар.

Күн батареялары бағдарланған және бағдарланбайтын болып бөлінеді.

Күн батареяларының бағыты бір немесе екі координатада жүзеге асырылуы мүмкін. Бағдарланбайтын күн батареялары ҒА корпусына қатаң бекітіледі немесе корпусының құрамдас бөлігі болып табылады.

Жүк көтергіш тіректің механикалық сипаттамаларына байланысты күн батареялары қатты, жартылай қатты және икемді жүк көтергіш беттері бар құрылымдарға бөлінеді.

Күн батареясының қатаң тірек құрылымы ФЭТ қолданылатын қанат түрінде жасалады. Жоғары резонанстық жиіліктер мен панельдердің кішкене ауытқуларына ие.

Икемді күн батареялары нөлдік иілу қаттылығымен субстратқа ие, жиналмалы дінгектер, арқалықтар немесе пантографтар көмегімен орналастырылады және жұмыс күйінде ұсталады. Икемді мойынтірек беті бар күн батареяларының дизайны екі түрлі болуы мүмкін: бүктелген немесе оралған, жиналмалы немесе пакеттік.

Күн батареяларының массасына негізгі үлесті ФЭТ береді. Сондықтан

олардың қалыңдығын азайту және тиімділігін арттыру өзекті міндет болып табылады.

Химиялық ток көзі (ХТК) - бұл химиялық реакция энергиясын тікелей электр энергиясына және керісінше электр энергиясы химиялық реакция энергиясына айналатын құрылғы.

Олардағы ағымдық реакцияның мөлшері, ерекшеліктері мен табиғаты бойынша ерекшеленетін ХТК-нің алуан түрлілігі оларды технологияның әртүрлі жағдайлары мен салаларында кеңінен қолдануға байланысты.

Химиялық ток көздерінің негізін электролитпен жанасатын екі электрод (тотықтырғыш бар оң зарядталған катод және тотықсыздандырғыш бар теріс зарядталған анод) құрайды.

Химиялық ток көздерінің әрекеті кеңістіктегі бөлінген процестердің жабық сыртқы тізбегіндегі ағымға негізделген: теріс анодта тотықсыздандырғыш тотығады, нәтижесінде пайда болған бос электрондар сыртқы тізбектен оң катодқа өтіп, разряд тогын жасайды. Сонда олар тотықтырғыш тотықсыздану реакциясына қатысады.

Осылайша, сыртқы тізбек арқылы теріс зарядталған электрондардың ағыны анодтан катодқа, яғни теріс электродтан (химиялық ток көзінің теріс полюсі) оң болады. Бұл электр тогының оң полюстен теріс бағытқа өтуіне сәйкес келеді, өйткені токтың бағыты өткізгіштегі оң зарядтардың қозғалыс бағытына сәйкес келеді [5].

Жұмыс принципіне сәйкес ХТК келесі топтарға бөлінеді: гальваникалық элементтер, аккумуляторлар және отын элементтері.

Гальваникалық элементтер - екі металдың немесе олардың оксидтерінің электр тогының жабық тізбегінде пайда болуына әкелетін электролиттегі өзара әрекеттесуіне негізделген электр тогының химиялық көзі. Олар сондай-ақ бір реттік әрекет элементтері болып табылады, бұл элементтерде реагенттердің белгілі бір қоры бар, олар жұмсалғаннан кейін тиімділігін жоғалтады.

Химиялық энергияның электр энергиясына ауысуы гальваникалық элементтерде жүреді. Сонымен, гальваникалық элемент-бұл тотығу-тотықсыздану химиялық реакциясының энергиясы электр энергиясына айналатын құрылғы.

Элементтің электр сыйымдылығы - бұл разряд кезінде ток көзі беретін электр мөлшері. Сыйымдылық көзде сақталған реагенттердің массасына және олардың өзгеру дәрежесіне байланысты; температураның төмендеуімен немесе разряд тогының жоғарылауымен төмендейді.

Гальваникалық бастапқы элементтер - бұл химиялық энергияны, олардағы реагенттерді (тотықтырғыш және тотықсыздандырғыш) электр энергиясына тікелей түрлендіруге арналған құрылғылар. Көздің құрамына кіретін реагенттер оның жұмысы барысында жұмсалады және реагенттер жұмсалғаннан кейін әрекеті тоқтатылады [8].

Гальваникалық элементтер сигнал беру жүйесінде, шамдарда, сағаттарда, калькуляторларда, аудио жүйелерде, ойыншықтарда, радиода, қашықтан басқару пульттерінде және компьютерлерде қолданылады.

Аккумуляторлар - қайта зарядталатын токтың қайталама химиялық көзі, оны разрядтан кейін қайта зарядтауға болады. Разрядтан кейін токты сыртқы тізбектен кері бағытта өткізу арқылы қайта зарядтауға рұқсат етіледі, ал бастапқы заттар реакция өнімдерінен қалпына келтіріледі. Аккумуляторлардың көпшілігі көптеген зарядтау циклдерін өткізуге мүмкіндік береді.

Аккумулятордың жұмыс принципі химиялық реакцияның қайтымдылығына негізделген. Оның жұмыс қабілеттілігі заряд арқылы қалпына келтірілуі мүмкін. Кернеуді, токты, қуатты немесе сенімділікті арттыру үшін екі немесе одан да көп аккумуляторларды қайта зарядталатын батареяға гальваникалық түрде қосуға болады.

Қазіргі уақытта ГА-да аккумуляторлардың әртүрлі түрлерін қолдануға болады, олардың ішінде: күміс мырыш; никель-мырыш; литий-иондық; никель-сутегі [6].

Аккумуляторларды +50 °С-тан жоғары және -25 °С-тан төмен температурада пайдалануға болмайды. Аккумуляторды "суық қыста" пайдалану кезінде оны алып тастап, жылы бөлмеде сақтау ұсынылады. Температураның бұзылуы қызмет ету мерзімінің қысқаруына немесе өнімділіктің жоғалуына әкелуі мүмкін.

Аккумулятордың электрлік және пайдалану сипаттамалары электродтардың материалына және электролиттің құрамына байланысты.

Аккумуляторлар машиналардың қозғалтқыштарын іске қосу үшін пайдаланылады; елді мекендерден алыс жерлерде электр энергиясының уақытша көздері ретінде де қолдануға болады.

Отын элементтері (ОЭ) - гальваникалық элемент сияқты электрохимиялық құрылғы. Бірақ одан электрохимиялық реакцияға арналған заттар сырттан берілетіндігімен ерекшеленеді, гальваникалық элементте немесе аккумуляторда сақталатын энергияның шектеулі мөлшерінен айырмашылығы бар. Жұмыс барысында отын элементтеріне реактивтердің жаңа бөліктері үздіксіз жеткізіліп, реакция өнімдері бір уақытта алынып тасталады, сондықтан олар ұзақ уақыт үздіксіз жұмыс істей алады.

Шығарылатын отын элементтерінің тиімділігі бу-газ қондырғысы бар неғұрлым жетілдірілген электр станцияларындағыдай 60% - ға жетеді. Отын элементтері бу машиналарымен бірге қолданылатын гибридті қондырғыларда тиімділік 75% жетуі мүмкін.

Отын элементтері экологиялық қауіпсіздіктің жоғары деңгейіне ие, олар жаңартылатын отынды қолдана алады.

ОЭ электр аккумуляторларынан екі маңызды айырмашылыққа ие:

1. олар жанармай (жанармай және тотықтырғыш) сыртқы көзден алынғанша жұмыс істейді;

2. электролиттің химиялық құрамы жұмыс барысында өзгермейді, яғни отын элементін қайта зарядтаудың қажеті керек емес.

Қазіргі уақытта ОЭ негізіндегі энергия жүйесі шаттлдарда қолданылады, 5000 сағатқа жуық ресурсқа ие және көптеген аккумуляторларға қарағанда жеңіл [9].

Отын элементі электролитпен бөлінген екі электродтан тұрады. Бір электродқа жанармайжәне екіншісіне тотықтырғыштан беру жүйелерінен, реакция өнімдерін жоюға арналған жүйеден тұрады. Көп жағдайда катализаторлар химиялық реакцияны жеделдету үшін қолданылады. Сыртқы электр тізбегі отын ұяшығы электр энергиясын тұтынатын жүктемеге қосылады.

Электрондар мен иондардың ағымы электролиттегі заряд пен заттың тепе-теңдігін сақтайды. Кез-келген отын элементінде химиялық реакция энергиясының бір бөлігі жылуға айналады. Сыртқы тізбектегі электрондар ағыны - бұл жұмыс жасау үшін қолданылатын тұрақты ток.

Отын элементтері электр энергиясын гальваникалық немесе қайта зарядталатын батареялар сияқты сақтай алмайды, бірақ кейбір қосымшалар үшін, мысалы, электр жүйесінен оқшау жұмыс істейтін электр станцияларында тұрақты емес энергия көздерін қолдана отырып, олар электролизерлермен, компрессорлармен және жанармай сақтау контейнерлерімен бірге энергияны сақтайтын құрылғыны құрайды.

Отын элементтерінде жылу машиналары сияқты тиімділікке қатаң шектеулер жоқ. Жоғары тиімділікке отын энергиясын тікелей электр энергиясына айналдыру арқылы қол жеткізіледі. Кәдімгі генератор қондырғыларында отын алдымен күйіп кетеді, қыздырылған су буы немесе газ турбинаны немесе ішкі жану қозғалтқышының білігін айналдырады, бұл өз кезегінде электр генераторын айналдырады. Максималды тиімділік 53% құрайды, көбінесе ол шамамен 35-38% деңгейінде. Сонымен қатар, көптеген байланыстарға, сондай-ақ жылу машиналарының максималды тиімділігі бойынша термодинамикалық шектеулерге байланысты қолданыстағы тиімділікті жоғарылату екіталай. Қолданыстағы отын элементтерінде тиімділік 60-80% - ды құрайды [7].

ОЭ дәстүрлі қуат көздеріне қарағанда жеңілірек және кішірек. Отын элементтері аз шу шығарады, аз қызады, отын тұтыну тұрғысынан тиімді.

Элементтерінің көпшілігі жұмыс кезінде бұл немесе басқа да жылу санын бөледі. Бұл жылуды кәдеге жарату үшін күрделі техникалық құрылғыларды құруды, сондай-ақ отын мен тотықтырғыш ағындарды, таңдалған қуатты басқару жүйелерін, мембраналардың беріктігін, катализаторларды отынның тотығуының кейбір жанама өнімдерімен улануды және басқа да міндеттерді ұйымдастыруды талап етеді. Сонымен қатар, процестің жоғары температурасы жылу энергиясын өндіруге мүмкіндік береді, бұл энергия қондырғысының тиімділігін едәуір арттырады.

Катализатордың улануы және мембрананың беріктігі мәселесі өзін - өзі емдеу катализатор ферменттерінің регенерациясы механизмдері бар элементті құру арқылы шешіледі.

Сутекті алу және сақтау проблемасы да бар. Біріншіден, ол катализатордың тез улануына жол бермеу үшін жеткілікті таза болуы керек, екіншіден, оның құны түпкілікті тұтынушы үшін тиімді болатындай арзан болуы керек.

Отын элементтері бастапқыда тек ғарыш саласында қолданылды, бірақ

қазіргі уақытта оларды қолдану аясы үздіксіз кеңейуде. Олар стационарлық электр станцияларында, ғимараттарды жылу және электрмен жабдықтаудың автономды көздері ретінде, көлік құралдарының қозғалтқыштарында, ноутбуктер мен ұялы телефондардың қуат көзі ретінде қолданылады.

Радиоизотопты энергия көздері - жылу тасымалдағышты қыздыру немесе оны электр энергиясына айналдыру үшін радиоактивті ыдырау кезінде бөлінетін энергияны пайдаланатын әртүрлі конструктивтік орындаудағы құрылғылар.

Радиоизотоптық энергия көзі атом реакторынан түбегейлі ерекшеленеді, өйткені ол басқарылатын тізбекті ядролық реакцияны емес, радиоактивті изотоптардың табиғи ыдырау энергиясын пайдаланады.

Радиоизотопты ток көздерінің жылу көзі әртүрлі химиялық элементтердің өте қысқа өмір сүретін радиоактивті изотоптары болып табылады. Изотоптарға және олардан жасалған қосылыстар мен қорытпалардың жылу көздеріне қойылатын негізгі талаптар: жартылай шығарылу кезеңі жеткілікті, пайдалану және пайдалану қауіпсіздігі, қорытпалар мен қосылыстардың жоғары балқу температурасы, энергияның үлкен бөлінуі. Бөлуге қабілетті изотоптар үшін үлкен критикалық масса да мүмкін. Жұмыс изотопын таңдауда өте маңызды орынды еншілес изотопының пайда болуы ойнайды, ол айтарлықтай жылу шығаруға қабілетті, өйткені ыдырау кезінде ядролық түрлендіру тізбегі созылып, сәйкесінше қолдануға болатын жалпы энергия артады. Ұзақ ыдырау тізбегі бар және басқа изотоптарға қарағанда үлкен мөлшерде энергия шығаратын изотоптың ең жақсы мысалы Уран-232. Оның кемшілігі - оның радиоактивті қатарына кіретін Таллий-208 өте қатты гамма-сәуле шығарады (2,614 МэВ), оны экрандау қиын. 3000-нан астам радиоизотоптар белгілі, бірақ аз ғана бөлігі радиоизотоптық генераторлардағы жылу көздерінің рөліне сәйкес келеді [10].

Радиоизотопты энергия көздерін өндіру кезінде құрылғылардың тиімділігін арттыруға және қалыпты пайдалану кезінде де, авариялық жағдайларда да қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін ерекше физикалық-химиялық, механикалық және ядролық-физикалық қасиеттері бар әртүрлі конструкциялық және қосалқы материалдар қолданылады.

Радиоизотопты энергия көздерінің жұмысын реттеу белгілі қиындықтар туғызады, өйткені көздің өзі қазіргі заманғы технология әсер ете алмайтын жылу шығарудың тұрақты параметрлеріне ие. Сонымен қатар өндірілетін электр энергиясының параметрлерін реттеуге болады.

Радиоизотопты энергия көздері негізінен келесі жағдайларда қолданылады:

- ұшудың жоғары ұзақтығы болғанда;
- күн жүйесінің сыртқы аймақтарына миссиялар, онда күн сәулесінің ағыны аз болғанда;
- төмен орбиталарға байланысты бүйірлік радарлы барлау спутниктері күн батареяларын қолдана алмайды, бірақ энергияға деген жоғары

қажеттілікті сезінген жағдайда.

- ядролық реакторларда.

Бастапқы көзге тек электр генераторы ғана емес, сонымен қатар оған қызмет ететін жүйелер де кіреді, мысалы, күн батареяларын бағдарлау жүйесі.

Көбінесе энергия көздері бір бірімен жұмыс істейді, мысалы, күн батареясын химиялық батареямен біріктіріледі.

## 1.2. Электр энергиясының қайталама көздері

Қайталама көздер біріншіге қосылады және алынған электр энергиясын қажетті жиілік, пульсация және тағы басқа параметрлерімен шығыс кернеуіне түрлендіреді.

Қайталама көздердің негізгі функциялары:

- ең аз шығынмен қажетті қуатты беруді қамтамасыз ету;
- кернеу формасын түрлендіру (айнымалы кернеу тұрақты, жиіліктің өзгеруі, импульстардың пайда болуы);
- кернеудің мәнін түрлендіру (оның шамасын арттыру немесе төмендету, әртүрлі тізбектер үшін бірнеше шаманы қалыптастыру);
- кернеуді тұрақтандыру (оның шығудағы көрсеткіштері берілген диапазонда болуы тиіс);
- қорғау (ақаулық салдарынан рұқсат етілген мәннен асып кеткен кернеу аппаратураны немесе қоректендіру көзінің (ҚК) өзін істен шығармауы үшін);
- тізбектерді гальваникалық бөлу [12].

Қайталама қуат көздерінің (ҚКК) екі негізгі түрі бар: трансформаторлық және импульстік.

Трансформаторлық немесе желілік ҚКК - классикалық қуат көзі. Шығу кернеуін реттеу онда үздіксіз, яғни сызықты болады.

Оған трансформатор (кернеуді қажетті мөлшерге түзетеді), түзеткіш (айнымалы кернеуді тұрақты кернеуге түрлендіреді), сүзгі (түзетілген кернеудегі пульсацияны тегістейді) кіреді.

Трансформаторлық ҚКК артықшылықтары:

- құрылыстың қарапайымдылығы;
- желіден гальваникалық ажырату;
- пайдаланудағы сенімділік.

Кемшіліктері:

- оның қуатына үлкен өлшемдер мен салмаққа тікелей пропорционалды;
- салыстырмалы түрде төмен тиімділік.

Импульсті ҚКК, қоректендіру блогы - бұл желі кернеуін әртүрлі құрылғылардың электр тізбектерін пайдалану үшін қажетті деңгейге түрлендіретін құрылғы.



Бастапқыда қайталама кернеу көздері трансформатор деп аталатын схема бойынша салынған. Оның жұмыс принципі желілік кернеуді қажетті деңгейге дейін өзгерту, содан кейін оны түзету және тұрақтандыру болып табылады.

Импульстік қуат көзі түбегейлі ерекшеленеді және оған түзеткіш (айнымалыдан тұрақтыға ауысады), импульстік ендік модуляция (ИЕМ) блогы (тұрақты кернеуді белгілі бір жиілік пен ұңғыманың импульстарына айналдырады), жиілік сүзгісі (гальваникалық айырымы жоқ блоктарда), трансформатор (желіден гальваникалық айырымы бар блоктарда) кіреді.

Қайталама кернеудің импульстік көздерінде тұрақтандыру кері байланыс арқылы жүзеге асырылады, бұл кіріс параметрлерінің секірулеріне қарамастан шығыс кернеуін белгілі бір деңгейде ұстап тұруға мүмкіндік береді.

Жоғары жиілікте жұмыс істейтін трансформаторлар импульстік деп аталады. Әдетте олар кішкентай тороидальды пішінді магниттік тізбекті пайдаланады. Бұл бірдей қуат блогының салмағы мен өлшемдерін тапсырыс бойынша азайтуға мүмкіндік береді.

Инверторды түрлендіру принципі электрлік доғалы дәнекерлеудің ультра миниатюралық аппараттарын жасауға мүмкіндік береді. Олардың жұмысы қарапайым тұрмыстық, металды қалыңдығы 10 мм-ге дейін дәнекерлеуге қабілетті, иық белдігі бар кішкентай сөмкеде оңай тасымалданатын розеткаға байланысты.

Импульстік қуат көзінің құрылғысы негізделген негізгі принциптер жаңа емес, бәрі электр энергиясы туралы бұрыннан қалыптасқан идеялардан тұрады.

Импульстік блоктың инверторлық түрлендіргішінің негізгі электрондық компоненттері жоғары жиілікте, кернеуде және үлкен ток жүктемелерінде жұмыс істей алатын тізбек элементтері болып табылады.

Импульстардың жылдамдығы - бұл импульстардың ауысу кезеңінің олардың ұзақтығына қатынасына тең өлшемсіз шама. Осылайша, ұңғыма 0-ден 1-ге дейін өзгереді [11].

Шығыс кернеуінің жоғарылауы ұңғыманың төмендеуіне әкеледі және керісінше, яғни теріс кері байланыс бар. Контроллер орнатқан ұңғыма негізгі транзисторлардың жұмыс режимін анықтайды. Ұңғыманың мәні неғұрлым жоғары болса, транзистор кезеңінің көп бөлігі ашық болады және кезеңдегі кернеудің орташа мәні соғұрлым жоғары болады.

Сипатталған тұрақтандыру принципі қуат көзінің кернеуінің өзгеруінің өте кең диапазонында жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Коммутациялық қуат көздерінің артықшылықтары:

- трансформаторлық қоректендіру көздерімен салыстырғанда шағын габариттері мен салмағы;
- интегралды электрондық компоненттерді қолдануға байланысты схемалық қарапайымдылық;
- кіріс кернеуі мәндерінің өзгеруінің кең диапазонында жұмыс істеу мүмкіндігі.

- жоғары тиімділік (98% дейін);
- рұқсат етілген кіріс кернеуінің кең ауқымы;
- қысқа тұйықталудан және басқа да форс-мажорлардан кіріктірілген қорғаныс;

- төмен баға.

Кемшіліктері:

- жоғары жиілікті кедергілердің көздері болып табылады, оларды толығымен жою мүмкін емес;

- жүктеменің ең төменгі қуаты бойынша шектеуі бар: егер ол талап етілгеннен төмен болса, қосылмайды.

Импульстік көздер - бұл ұялы телефондардың, компьютерлердің, кеңсе жабдықтарының, тұрмыстық электрониканың қуаттандырғыштары.

## **2. ҒАРЫШТАҒЫ ҒА ЭНЕРГИЯМЕН ҚОРЕКТЕНДІРУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ МАҚСАТТАРЫ МЕН МІНДЕТТЕРІ**

ҒА энергиямен қоректендіру жүйесінің басты мақсаты: ғарыш аппаратындағы басқа жүйелерді электрмен қамтамасыз ету.

ҒА негізгі электрмен жабдықтау жүйесі тұрақты ток жүйесі болып табылады. Бұл бортта қолдануға болатын көздердің көпшілігі тұрақты ток көзі болып табылатындығымен анықталады. Айнымалы ток желісі көмекші болып табылады. Ол тұтынушылардың шектеулі санын, мысалы, қозғалысты басқару жүйесін қуаттандыру үшін қолданылады.

Бастапқы көз кез-келген энергияны (химиялық, жарық, ядролық) электр энергиясына айналдырады және ұшу кезінде тұтынушылардың жұмысын қамтамасыз етуі керек.

Ұшу кезінде электр энергиясын тұтыну біркелкі емес: жүктеме шыңдары (әдетте жүктеме кезінде, орбитадан түсу және т.б.) және жүктеме аз болатын сәттер болады. Жүктеме шыңдарын жабу үшін буфер көзі қолданылады.

Алғаш рет "Шаттл" ҒА-да буферсіз электрмен жабдықтау жүйесі пайдаланылды. Бұл әуе кемесінде жанармай элементтеріне негізделген үш бастапқы көз қолданылатындығына байланысты, бұл олар шығаратын қуатты өзгертуге мүмкіндік береді.

Буфер көзі оның жалпы шығаратын энергиясы нөлге тең болуымен сипатталады. Ол желіге аз жүктеме кезінде зарядталады және шыңдар кезінде қуат береді. Әдетте аккумуляторлар буфер ретінде қолданылады. Аккумулятордың сипаттамаларын бастапқы көзге және желіге сәйкестендіру үшін түрлендіргіштер қолданылады. Бірінші жағдайда, бұл зарядтағыш, екіншісінде - желідегі кернеудің тұрақтылығын қамтамасыз ететін кернеу тұрақтандырғышы.

Өндірілген электр энергиясы тұтынушыға қажетті мөлшерде, белгіленген уақытта, қажетті сапамен жеткізілуі керек. Бұл міндеттер тарату жүйесі мен электр желісіне қатысты. Тарату жүйесі тұтынушыны тиісті көзге қосады, тапсырыс беруді қамтамасыз етеді және тұтынушы ақаулы болған жағдайда өшіреді. Бұл процестер техникалық іске асыру коммутациялық және қорғаныс аппаратурасының көмегімен жүзеге асырылады.

Тұтынушыға электр энергиясын жеткізумен электр желісі айналысады. Ол массасы бойынша ең аз болуы керек, бірақ сонымен бірге 5 аз энергия шығыны болуы керек және тұтынушы мен көздің сенімді байланысын қамтамасыз етеді.

Электр энергиясын тарату жүйесіне мыналар кіреді: электр сымдары, монтаждау және орнату жабдықтары, тарату құрылғылары, коммутациялық жабдықтар, кедергілерден және статикалық электрден қорғау құрылғылары, көздер мен тұтынушылардың жұмысын бақылау құралдары.

Кіріс элементтерінің мақсаты мен саны бойынша электр энергиясын тарату жүйесі ҒА-ның электр жабдықтарының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады және оның техникалық және пайдалану көрсеткіштерін

едәуір дәрежеде айқындайды. Электр энергиясын тарату жүйесі жүзеге асыратын функциялардың маңыздылығы мен күрделілігі, сондай-ақ оны пайдалану жағдайларының ерекшелігі осы жүйеге жоғары талаптар қояды, олардың орындалуы ҒА-ның тұтынушыларын электр энергиясымен жабдықтаудың сенімділігіне кепілдік беруі тиіс.

Тарату жүйесінің 3 түрі бар: орталықтандырылған, орталықтандырылмаған және біріктірілген.

ҒА орталықтандырылған электрмен жабдықтау жүйесі барлық көздер орталық тарату құрылғысы (ОТҚ) деп аталатын бір тарату құрылғысына қосылатындығымен сипатталады.

Мұндай жүйенің артықшылығы - кем дегенде бір электр көзі жұмыс істеп тұрған кезде электрмен жабдықтау мүмкін.

Орталықтандырылған бөлудің кемшіліктері әлдеқайда көп:

1. электр энергиясының төмен сапасы тұтынушылардың барлық уақытта қосылып, өшірілетіндігімен анықталады. Демек, кернеу секіреді;

2. ауыр электр желісі, өйткені сымдарды барлық көздерден ОТҚ-ға, содан кейін ОТҚ-дан барлық тұтынушыларға тарту керек;

3. ОТҚ-дан бас тартқан кезде барлық тұтынушылар өшіріледі.

Орталықтандырылмаған электр энергиясын бөлу әр тұтынушының өзіндік электр көзі бар деп болжайды. Шын мәнінде, орталықтандырылмаған тарату жүйесінде бір көз өзінің тарату құрылғылары арқылы тұтынушылардың жеке тобына қызмет етеді.

Мұндай жүйенің артықшылығы - электр энергиясының біршама жақсы сапасы (тұтынушылар аз, кернеу аз) және желінің салмағын азайту (көздер мен тұтынушылар жақын орналасқан).

Бұл жүйенің бір кемшілігі бар - көзі істен шыққан кезде оның тобының барлық тұтынушылары қуатсыз қалады.

Мұндай жүйе негізінен ілеспе эксперименттерде қолданылады, бұл кезде құрылғылардың бұл тобы ҒА жалпы желісімен байланысты емес жеке көзден қоректенеді.

Қарастырылған тарату жүйелері шекті болып табылады. Іс жүзінде мұндай жүйелер ешқашан қолданылмайды. Нақты жүйелер әдетте аралық болып табылады.

ҒА энергиямен жабдықтау жүйесінің сенімділігін арттыруға ақаулы элементті оқшаулауды қамтамасыз ететін қорғаныс аппаратурасын қолдану арқылы қол жеткізіледі. Қорғаудың негізгі жіктеу параметрі - электр параметрі: ток, кернеу және қуат.

Токтың жоғарылауының себебі тек тұтынушы болуы мүмкін, сондықтан сіз желіні және электр қуатын ақаулы тұтынушыдан қорғауыңыз керек. Көзді қорғау - жер көздерімен салыстырғанда жаңа міндет. Ұшу кезінде оны орындау үшін белгілі бір энергия алынады. Егер ол ұтымсыз жұмсалса (ақаулы тұтынушыны тамақтандыру), ол ұшу тапсырмаларын орындау үшін жеткіліксіз болуы мүмкін.

Кернеу қорғанысы екі есе болуы керек. Кернеудің асып кетуі тұтынушылар қызуына әкеп соқтырады, өйткені бөлінетін қуат кернеудің

квадратына тура пропорционал. Жартылай өткізгіш элементтер жоғары кернеумен өтеді. Көптеген электр құрылғыларының қызмет ету мерзімі кернеу квадратына кері пропорционал.

Төмен кернеу электронды жабдықтың істен шығуына әкеледі, электр қозғалтқыштары қызып кетеді.

Жоғарыда айтылғандардың бәріне қарамастан, кернеу бойынша қорғаныс ҒА бортында іс жүзінде қолданылмайды. Бұл бортта қолданылатын электр энергиясының бастапқы көздері, негізінен, кернеуді анықталғаннан артық шығара алмайтындығына байланысты, сондықтан кернеуді жоғарылатудан қорғауды қоюдың мағынасы жоқ.

Қазіргі уақытта күн батареяларының қызмет ету мерзімін пайдалану мерзімінің соңына қарай күн батареясымен берілетін кернеу номиналды болуы үшін жұмыс басында кернеудің артық болуына байланысты элементтер санының артуымен арттыру үрдісі пайда болды. Пайдаланудың барлық уақыты ішінде кернеу тиісті түрлендіргіштің көмегімен номиналды түрде ұсталады, істен шыққан жағдайда кернеу рұқсат етілген мәндерден асып кетуі мүмкін. Бұл жағдайда артық кернеуден қорғау қажет.

Төмен кернеуден қорғау жүзеге асырылмайды, қашықтықтан коммутациялық аппаратура 19 В кернеуін қосуға икемделеді, егер желіде кернеу осы мәннен төмен болса, тұтынушылар қосылмайды.

Қуатты қорғау іс жүзінде қолданылмайды, бірақ кейде қызып кетуден қорғайды.

Іске қосылулардың саны бойынша қорғаныс: бір реттік және қайта пайдалануға болатын болып бөлінеді. Іске қосылғаннан кейін бір реттік қорғаныс (сақтандырғыштар) одан әрі пайдалану үшін жарамсыз болады. Мұндай қорғаныс іске қосу тогын анықтай алмайды. Ол жанама түрде анықталады. Партиядан белгілі бір пайыз алынады, іске қосылу токтары анықталады, егер олар нормаға сәйкес келсе, партия жарамды деп танылады. Әр құрылғының нақты тогын анықтай алмауына байланысты құрылғыға төзімділік 15% үлкен болады [4].

ҒА бортында жұмыс істеуі үшін электр энергиясын қажет ететін көптеген аспаптар мен құрылғылар бар. Тиісінше, ҒА борттық жабдықтарының құрамына электр энергиясын өндіретін және оны құрылғылар арасында тарататын құрылғыларды қосу қажет.

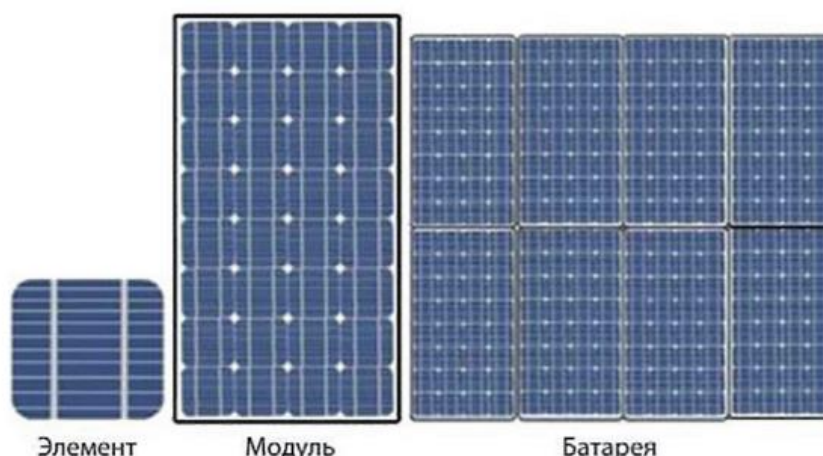
Электрмен жабдықтауға арналған барлық жабдықтарды электр энергиясының бастапқы көздеріне және борттық электр желісіне бөлуге болады.

### 3. ҒА КҮН БАТАРЕЯЛАРЫМЕН ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

*Күн энергиясы* - бұл планета үшін ластанудың ең аз мөлшері және барлық белгілі энергия көздерінің ең сарқылмайтын мөлшері. Адамзат өзінің әлеуетін анықтап, қолдана бастайды. Бүгінгі күн жүйелері қазірдің өзінде үнемді, сенімді және оңай жұмыс істейді.

#### 3.1. Фотоэлектрлік түрлендіргіш

Фотоэлектрлік түрлендіргіш (күн элементі) - бетінің үлкен ауданы бар жартылай өткізгіш диод. Күн сәулесі жартылай өткізгіште сіңіріліп, электронды тесік жұптарын түзеді, олар p-n өтуімен бөлініп, элементтің алдыңғы және артқы беттеріндегі металл контактілермен жойылады. Фотоэлектрлік түрлендіргіштерден фотоэлектрлік модульдер (күн модульдері) құрайды, ал күн батареялары модульдерінен (3.1-сурет) құралады.



3.1-сурет – Фотоэлектрлік түрлендіргіш, фотоэлектрлік модуль және фотоэлектрлік модуль батареясы

Күн сәулесінің әсерінен ФЭТ-те потенциалдар айырмасы жинақталады және (электр тізбегіне қосылған жағдайда) электр тогы пайда болады.

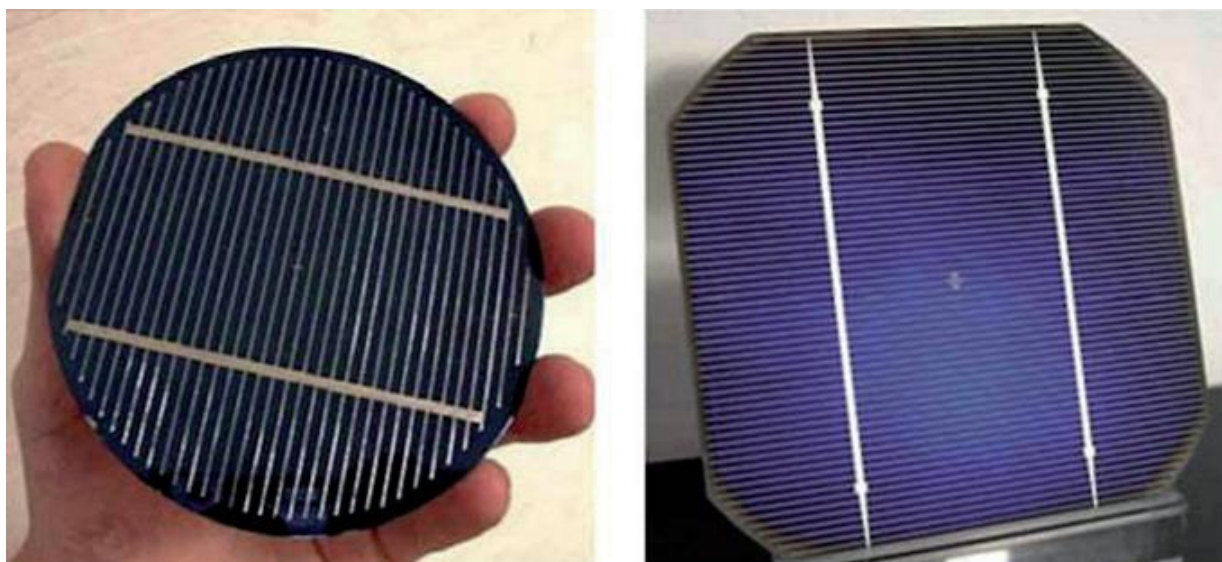
Бүгінгі таңда ФЭТ-ті жаппай өндірудің негізгі материалы - кристалды кремний. Оның негізінде жасалған субстраттардан барлық күн элементтерінің 80% - дан астамы өндіріледі. Ең жақсы сіңіру қабілетіне қарамастан, кремний басқа жартылай өткізгіштерге қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие: 1) кремний кремний оксиді түрінде жер қыртысында кең таралған; 2) кремний улы емес және белсенді емес, сондықтан қоршаған ортаға теңгерімсіздік енгізбейді; 3) кремний технологиясы микроэлектроника саласында жақсы зерттелген.

Галлий арсенидінен (GaAs) алынған ФЭТ 25% тиімділікке жетеді. Концентрацияланған күн сәулесін пайдаланатын арнайы құрастырылған ФЭТ 30% - ға дейін тиімділікке ие.

ФЭТ өндіру үшін кадмий теллурының (CdTe) жұқа қабыршақтары, индий диселенидінің (CIS) мысы пайдаланылады. Жұқа пленкалар осы материалдарды металл, шыны және басқа субстраттарға тұндыру арқылы алынады.

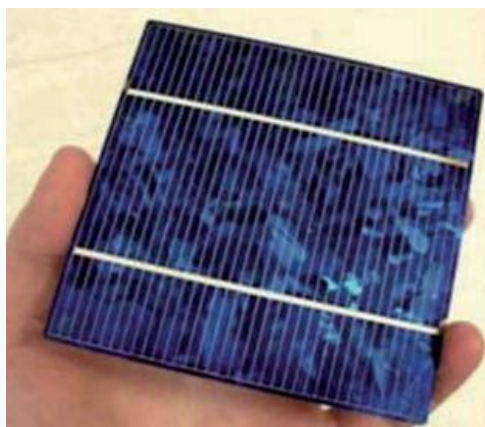
Өнеркәсіптік үлгілердің тиімділігі 7-18% аралығында. Жұқа пленкалар каскадты күн батареяларын жасау үшін де қолданылады. Бұл материалдардың кемшілігі - уақыт өте келе және температураның жоғарылауымен сипаттамалардың едәуір нашарлауы, сонымен қатар улы заттарды қолданумен байланысты жоғары технологиялық, қымбат өндіріс процесі.

Монокристалды типтегі кремнийден жасалған қазіргі заманғы күн элементтерінің дөңгелек және жалған квадрат пішінді формалары (3.2-сурет) ФЭТ өндіруге арналған бастапқы пластиналар цилиндр пішінді монокристалды кремний құймасынан кесілетіндігімен анықталады.



3.2-сурет – Дөңгелек және жалған квадрат пішінді монокристалды кремнийден жасалған күн элементтері

Поликристалды кремнийден жасалған ФЭТ (3.3-сурет) әдетте төртбұрышты пішінге ие, өйткені олар тікбұрышты пішіндерге құю арқылы алынған құймалардан жасалады.



3.3-сурет – Поликристалды кремнийден жасалған фотоэлектрлік түрлендіргіш

Олардан жасалған ФЭТ және фотоэлектрлік модульдерді (ФЭМ) салыстыру үшін элементтің немесе модульдің номиналды қуатын білу қажет.  $W_{\text{пик}}$ -тің ең жоғары қуатында көрсетілген номиналды қуат - бұл фотоэлектрлік модуль оңтайлы жағдайда қанша электр энергиясын өндіре алатындығын өлшеу [4].

ФЭТ жұмыс принципі жарықтың фотоны жұқа  $n$  - жартылай өткізгіштен өтіп, қалың  $p$  - қабатында тиісті аймаққа өтетін электрон саңылауын жасау арқылы өз энергиясын беретіндігіне негізделген.

ФЭТ жоғарғы жағынан қорғаныс жабынымен жабылған. Қорғаныс жабыны бірнеше функцияларды орындайды:

а) жартылай өткізгіштерге қоспаларды енгізуден өтуді қорғайды (күн сәулесінің ағынымен бірге микробөлшектердің ағындары қозғалады);

б) күн сәулесінің энергиясы мүмкіндігінше толық пайдаланылуы үшін қорғаныс жабынының беті шағылысудың төмен коэффициентіне ие болуы керек;

в) соңғы уақытқа дейін спектрдің қызыл бөлігінен қорғау үшін қорғаныс жабыны көк түсті болды. Қазіргі уақытта қорғаныс жабыны спектрдің қызыл бөлігі үшін мөлдір болып табылады.

## 3.2. Күн батареялары

Стандартты ФЭТ блок тақтасы, әдетте, 90 мм×50 мм және одан кіші геометриялық өлшемдерге ие. Өндірілетін электр қуатын арттыру үшін бірнеше ФЭТ бір электр тізбегіне қосылады. Нәтижеде өзара байланысты ФЭТ матрицасы құралады, оны күн батареясы деп те атайды.

Күн энергиясын тікелей электр энергиясына түрлендіру ҒА пайдалану кезінде үлкен пайда әкеледі. Сондықтан 1958 жылы кеңестік социалистік республикалар одағы (КСРО) мен Америка құрама штаттары (АҚШ) алғашқы күн батареяларын жасап шығарды және ҒА бортына қойды.



Күн батареясының негізі таза кремний кристалы, табиғатта кремний тек құм түрінде кездеседі, сондықтан кремний цилиндрлері жасанды түрде өсіріледі, содан кейін текшенің пішінін береді және қалыңдығы небары 180 мкм болатын тақтайшаларға кесіледі - бұл шамамен 3 адам шашы. Кремний пластинасына аз мөлшерде бор мен фосфор қолданылады.

Қосылған фосфор атомдары донорлық қоспа деп аталады. Фосфор қоспалары бар кремний қабатында бос электрондар пайда болады (n типті жартылай өткізгіш).

Донорлық қоспалар - жартылай өткізгіштің кристалдық торына енгізілген және электрондардың қосымша концентрациясын құрайтын химиялық элементтердің атомдары. Донорлық қоспалар қоспаға қарағанда валенттілігі аз жартылай өткізгішке енгізілген химиялық элементтер болып табылады.

Қосылған бор атомдары акцептор қоспасы деп аталады. Бор қоспалары бар кремний қабатында жетіспейтін электрондар пайда болады, олар "тесіктер" деп аталады (p типті жартылай өткізгіш).

Акцепторлық қоспалар - жартылай өткізгіштің кристалдық торына енгізілген және тесіктердің қосымша концентрациясын құрайтын химиялық элементтердің атомдары. Акцепторлық қоспалар - бұл қоспадан гөрі валенттілігі бар жартылай өткізгішке енгізілген химиялық элементтер.

Күн батареясы - күн сәулесінің энергиясын электр энергиясына тікелей түрлендіретін жартылай өткізгіш ток көзі. Күн элементтерінің әрекеті екі жартылай өткізгіштің p-n ауысу аймағында ішкі фотоэффект құбылысын қолдануға негізделген. Ішкі фотоэффект - жартылай өткізгіштердің электр өткізгіштігінің жарық әсерінен жоғарылауы.

Жартылай өткізгіштер - жылжымалы заряд тасымалдаушыларының концентрациясы атомдардың концентрациясынан едәуір төмен болатын және температураның, жарықтың немесе қоспалардың салыстырмалы түрде аз мөлшерінің әсерінен өзгеруі мүмкін заттар. Бұл жартылай өткізгіштерде ток өткізгіштерден айырмашылығы тек белгілі бір факторлардың әсерінен болады дегенді білдіреді. p-n ауысуының екі жағындағы жарықтың әсерінен электрондар мен тесіктердің концентрациясы артады. Бұл жағдайда p-n ауысу аймағындағы электр өрісі электрондарды p типті жартылай өткізгіштен n типті жартылай өткізгішке, ал тесіктер қарама-қарсы бағытта жылжытады. Нәтижесінде осы жартылай өткізгіштер арасындағы ықтимал айырмашылық артып, тізбекте ток пайда болады [13].

Күн сәулесінің әсерінен кремний плитасының әр нүктесінде электр энергиясы жиналады. Пластинадан ток шығару үшін бізге "арналар" жолдары қажет, олар арқылы электр қуаты жұмыс істейді, бір кішкентай пластина кішкентай қалта шамының жұмысына жетеді. Пластиналар қосылған кезде батарея қуаты артады. Неғұрлым көп батарея болған сайын оның қуаты да артады.

Шығу параметрлерін (ток, кернеу және қуат) арттыру үшін күн батареясын құрайтын күн элементтері (плиталар) қатар және параллель қосылады. Элементтердің сериялық қосылуымен шығыс кернеуі артады, ал

параллельде - шығыс тоғы. Ток пен кернеуді арттыру үшін осы екі қосылу әдісі біріктіріледі. Сонымен қатар, қосылудың осы әдісімен күн батареяларының біреуінің істен шығуы бүкіл тізбектің істен шығуына әкелмейді, яғни бүкіл батареяның сенімділігін арттырады.

Осылайша, күн батареясы параллель қосылған күн батареяларынан тұрады. Батареямен берілген максималды токтың мәні параллель қосылған санға тура пропорционал. Сонымен, қосылым түрлерін біріктіре отырып, батареяны қажетті параметрлермен жинаймыз. Фотоэлементтер күн сәулесінен басқа кез-келген жарық көзінен жұмыс істей алады. Батареялар үстелге қойылады да, терминалдарды қосу арқылы жарық беріледі. Егер кернеу болса, онда пластиналардың тізбегі дұрыс жиналды. Күн элементтерін герметикалық пленкаға орналастырып, ультракүлгін өткізетін шыны астына қою қалды. Күн батареяларын кез-келген жерге орнатуға болады. Күн сәулесі барлық жерде кездеседі, тіпті сыртта бұлтты болса да, батареялар толық қуатсыз болса да, қуат алады.

«Восход», «Восток» ғарыш кемелері мен «Салют» орбиталық станциялары үшін физик Н. С. Лидоренко тобы жасаған гелиопанельдер қолданылды. Ол сол кездегі технологиялар үшін ғарыштағы күн панельдерінің тиімділігіне дәл математикалық есептеулер жүргізді.

Ол кезде кремний негізіндегі жасушалардың тиімділігі 8-10% - ға әрең жетті, бірақ модульдердің дизайны жоғары сенімділікпен ерекшеленді. Кеңес ғалымдарының негізгі идеялары мен технологиялық шешімдері қазіргі ғарыштық фотовольтаиканың негізі болып табылады.

Содан бері өткен 60 жыл ішінде ұқсас панельдер жабдықталған:

- 250-ден астам планетааралық станциялар (жалғыз ерекшелік - алыс ғарышқа ұшырылған және радиоактивті элементтерден энергия алатын 4 аппарат);

- Илон Масктың "StarLink" тобын қоса алғанда, 3300-ден астам спутниктер;

- 72 Луноход, оның ұзақ жұмыс істеуі тұрақты энергия ағынын қажет етті;

- 14 марсоход, оның ішінде 2020 жылы Марсқа бағытталған американдық және қытайлық құрылғылар [14].

Қазіргі орбиталық станциялар, Ай, Марс, Венера және басқа аспан денелерін зерттеуге арналған автоматты құрылғылар күн панельдерінсіз елестету мүмкін емес. Ғарышта ғылыми зерттеулер жүргізу үшін құрылған халықаралық ғарыш станциясы (ХҒС) белсенді жұмыс істейді. Оның құрылысы 1998 жылы басталды және Ресей, АҚШ, Жапония, Канада, Бразилия және Еуропалық Одақтың аэроғарыш агенттіктерінің ынтымақтастығымен жүзеге асырылады. Құрылыс аяқталғаннан кейін станцияның салмағы шамамен 400 тоннаны құрайды. ХҒС жерді шамамен 340 шақырым биіктікте айналып, күніне 16 айналым жасайды.

Құрылыс басталғаннан он жыл өткен соң ХҒС электр энергиясымен толық көлемде қамтамасыз етіле бастады. 2009 жылдың наурыз айында станцияның аппаратурасын қоректендіретін төртінші, соңғы, жұп күн

батареялары орнатылды. Станцияның барлық қуат элементтері қазір 120 КВт-қа дейін электр энергиясын өндіре алады. Батареялардың жаңа жұбы ғылыми эксперименттерді орындау үшін пайдаланылатын энергия көлемін екі есе арттырды - 15-тен 30 КВт-қа дейін.

Станцияның негізгі " жотасы", оған батареялар ғана емес, радиаторлар мен басқа да жабдықтар бекітілген, қазір ұзындығы 102 метр. Күн қанаттары - XFC-на арналған американдық өндірістің соңғы құрылғылары. Оларды орнату станцияның массасын 300 тоннаға дейін арттырды.

Ғарышта күн панельдерін қолданудың тағы бір перспективалы саласы - жақын болашақта ауқымды орбиталық электр станцияларын құру. Бұл жобаға деген қызығушылықтың себебі келесіде:

1. Жерге бағытталған біздің шамымыздың сәулелену ағынының қуаты адамзат тұтынатын барлық энергиядан мың есе жоғары.

2. Гелиопанельдердің кез-келген санын орбитаға орналастыру ештеңемен шектелмейді. Теориялық тұрғыдан олардан миллиондаған шаршы шақырым аумақты алып жатқан үлкен өрістерді құруға болады.

3. Энергия өндірісі 365/24/7 режимінде болады, оны микротолқынды сәуле арқылы жерге беру мүмкіндігімен.

Қазіргі уақытта мұндай жобаны іске асырудағы жалғыз кедергі оның шекті құны болып табылады. Алайда, болашақта "ғарыштық лифт" сияқты технологиялардың пайда болуымен жүктерді орбитаға шығарумен салыстырғанда 1000 есе арзан болады.

Бастапқыда ғарыштық панельдер монокристалды кремний негізінде жасалды. Төмен өнімділіктен басқа, олардың бірқатар кемшіліктері болды.

Бүгінгі таңда фотовольтаикада жерден тыс кеңістік үшін тек жұқа пленкалы технологиялар қолданылады. Ұяшықтардың негізі галлий, индий сульфидтерінің және басқа да сирек металдардың ауыспалы қабаттары болып табылатын CIS типті сирек жер элементтерінің композиттері болып табылады.

Бұл әртүрлі толқын ұзындығындағы фотондардың сіңуін түбегейлі арттыруға мүмкіндік береді, бұл жүйенің тиімділігі мен беріктігін бірнеше есе арттырады.

Мұндай күн панельдері қымбатқа түседі, бірақ ғарыш индустриясында баға маңызды рөл атқармайды.

### **3.3. Күн батареяларының даму хронологиясы**

1839 - Александр Эдмон Беккерель фотогальваникалық әсерді ашты.

1883 - Чарльз Фриттс алғашқы күн жасушасын (фотоэлектрлік түрлендіргіш) жасады - бұл өте жұқа алтын қабатымен жабылған селен болды. Элементтердің бұл комбинациясы күн сәулесінің бір пайызынан азын электр энергиясына айналдырады. Бұл жаналық күн энергетикасында бастау алды деп айтуға болады.

1918 - Поляк ғалымы Ян Чохральский монокристалды кремнийді өсіру әдісін ойлап тапты. Чохральский ойлап тапқан тәсілмен диодтар, транзисторлар, микросхемалар және ең көп таралған күн панельдері жасалған бүгінгі кремнийдің бәрі шығарылады.

1935 - Физика-техникалық институтында тиімділік 1% асатын тиек қабаты бар күкірт-талли фотоэлементтері әзірленді. Бұл бір пайыз практикалық күн энергетикасында жүйелі зерттеулердің бастауы болды деп айта аламыз.

1938 - А. Ф. Иоффе алғаш рет КСРО Үкіметінің қарауына күн фотоэлектрлік шатырларды энергетикалық пайдалану бағдарламасын енгізді. Ол жартылай өткізгіштер арқылы жарық энергиясын электр энергиясына түрлендіру мәселесін қозғаған алғашқылардың бірі болып қойды.

1941 - Американдық химик Р. С. Ол екінші дүниежүзілік соғыстың басында патент алуға өтініш берді және патент ол аяқталғаннан кейін үш жыл өткен соң (1948) жарияланды. Ол кремний пластинасын жарықтандыру кезінде жарты вольттағы вольтметрдің жебесінің ауытқуын байқады, оның ұштарында металл контактілер жасалған.

1953 - Джералд Пирсон Bell Laboratories-те тәжірибе жасап, белгілі бір қоспалары бар кремний селенге қарағанда күн сәулесіне әлдеқайда сезімтал екенін анықтады. Осы күннен бастап күн энергиясын пайдалану бойынша зерттеулер басталды деп айта аламыз - алғашқы фотоэлектрлік түрлендіргіш жасалды. "Нью-Йорк Таймс" бұл "Адамзаттың бір басты арманы - өркениеттің дамуы үшін күннің шексіз энергиясын пайдалану арқылы жүзеге асырылатын дәуірдің басталуы" деп жазады.

1954 - Күн фотоэлементін дайындау іс жүзінде елеулі тиімділік шамамен 5 % құрады.

1955 - Финиксте (Аризона) (АҚШ) күн энергиясын пайдалану қауымдастығы құрылды, сол уақытта халықаралық симпозиум және күн электр техникасының алғашқы көрмесі ұйымдастырылды. Бұл шараға 36 елдің мыңдаған ғалымдары қатысып, 80-ге жуық өнертабыстар қойылды.

1957 - КСРО ғарыш дәуірін ашқан алғашқы жасанды спутникті жер орбитасына шығарды. Бұл кілт спутник тәжірибелі дизайн бюросында іске қосылуға дайындалып жатқан кезде батареялар мен таратқыш арасындағы байланысты бұғаттады. Ұлттық аэроавиатика және ғарыш мұражайында сақталған.

1958 - Күн батареялары бар алғашқы спутниктер ұшырылды (АҚШ - "Авангард"; КСРО - "Спутник-3"). 2,0 Вт қуаты бар алғашқы кеңестік күн батареясы ЖЖС (жасанды жер серігі)-3-те орнатылды.

1964 - Түркіменстандағы Ашхабад маңындағы Қарақұм шөлінде суды көтеру үшін 0,25 кВт концентраторлары бар күн батареясы сыналды.

1965 - В. К. Баранов жаңа идеяларды қолдана отырып, күн концентраторының өнертабысы, оның дамуы өзгермеген оптиканың пайда болуына әкелді. Жобалаудың жаңа принциптері күн энергетикасында да, оптоэлектроникада да кеңінен қолданылады.

1965 - Энергия мақсаттары үшін жетілдірілген арсенид-галлий күн панельдері алғашқы практикалық қолданысқа ие болды. Олар Венера планетасының маңында жұмыс істейтін кеңестік ғарыш аппараттарын электрмен жабдықтауды қамтамасыз етті.

1967 - Ресейлік ғалымдар А. П. Ландсман, Н. С. Лидоренко және Д. С. Стребков фото түрлендіргіштердің жаңа класын - кремнийден жасалған көп айнымалы және күн жоғары вольтты элементтерді жасады.

1970 - Иондық имплантация технологиясы күн фотоэлементтерін өндіруде қолданыла бастады. Ресей ғалымдары екі жақты сезімталдығы бар фото түрлендіргіштер технологиясын жасады. Ол кезде барлық спутниктер кремний негізінде жасалған күн батареяларымен жабдықталған. Сол уақытта тиімділік 10% - ға жетті және шамамен жиырма жыл бойы осы белгіде болды.

1970 және 1972 - Айдың бетін зерттейтін "Луноход-1" және "Луноход-2" өздігінен жүретін аппараттарды электрмен жабдықтау үшін арсенид-галлий күн батареяларын қолданды.

1973 - АҚШ арзан кремний тақталарын қолданудың арқасында күн энергетикасындағы көптеген зерттеулерді қаржыландыру төмендеді, өйткені сол кезде кремнийдің бағасы мұнай бағасымен салыстырғанда қымбат болды.

1975 - Ионды-плазмалық қозғалтқыш үшін ауданы 1 м<sup>2</sup>, кернеуі 32 кВ күн батареялары сынақтан өтті. GaAlAs-GaAs қосылыстары негізінде күн фотоэлементтерінің технологиясы әзірленді. 1981 жылы бұл элементтер айдың ғарыштық бағдарламасында қолданылды.

1978 - Телекоммуникация желілерін қолдау үшін Австралияда жер үсті күн станциялары салынды.

1980 - GaAlAs-GaAs негізінде күн көп өтпелі элементтер технологиясы жасалды.

1984 - Ашхабадта пластикалық параболалық концентраторлары бар 10 кВт фотоэлектрлік жүйе орнатылды.

1985 - Күн фотоэлементтерімен лазерлік сәулеленуді түрлендіру үшін Ресей ғалымдары 36% тиімділікке қол жеткізді. Калифорния тас жолында күн энергиясымен шамамен 30 000 автомат телефон жұмыс істеді. Көшедегі күн шамдары орнатылды - күндіз олар энергия жинап, түнде көшелерді жарықтандырды. Автобус аялдамалары да күн энергиясымен жарықтандырылды. Алғашқы өнеркәсіптік күн электр станциясы КСРО-да Қырымда, Щелкино қаласының жанында салынды.

1989 - Жерде қолданылатын күн фотоэлементтерін өндірудің арнайы технологиясы жасалды. Краснодар өлкесінде қуаттылығы 40 кВт болатын "күн ауылы" салынды.

1993 - GaAlAs-GaAs негізінде күн каскадты фотоэлементтер үшін германий төсеміндегі гетерокұрылымдар үшін 30% тиімділікке қол жеткізілді. Оларға негізделген голографиялық, призмалық, параболалық концентраторлар мен оптикалық жүйелердің жаңа кластары жасалды.

1995 - Барлық дамыған елдерде күн электр энергиясы саласында қарқынды әзірлемелер басталды. Үкімет күн энергиясының құнын

қарапайым электр деңгейіне дейін мүмкіндігінше тез төмендетуге тырысты. Осы кезде күн фотоэлементтерінің тиімділігін 15% - ға дейін көтеруге мүмкіндік туды.

1999 - Күн кремнийін алудың төмен температуралы хлорсыз технологиясы әзірленді.

2004 - "Күн жарысында" бірінші орынды Жапония, Германия және Америка Құрама Штаттары алды.

2005 - Бес күн модулінің төртеуі Германияда, Жапонияда және АҚШ-та орнатылған. 2004 жылмен салыстырғанда 2005 жылы нарық 35% - ға өсті.

2006 - Boeing авиакомпаниясының еншілес кәсіпорны Boeing-Spectrolab компаниясының мамандары желтоқсанға қарай күн батареясын жасап шығарды, ол алынатын күн сәулесінің 40,7% - ын электр энергиясына түрлендіреді (күн сәулесінің көп мөлшерін алуға мүмкіндік беретін көп қабатты құрылымның бірегей технологиясы қолданылды). Сол уақытта ең көп таралған және қол жетімді күн панельдерінің тиімділігі тек 13-22% құрайды.

2007 - Жапонияда Цукуба ғылыми орталығында жаңа 300 отбасын электрмен үздіксіз қамтамасыз ете алатын ең ірі күн электр станциясы құрылды. Ғылыми орталықтың генерациялайтын жүйесінде автотұрақтардың ғимараттары мен гараждарының төбесінде, сондай-ақ төбе бөктерінде орналасқан 5600 күн батареялары пайдаланылды. Генератордың қуаты мың киловаттан асады. Батареялардың жалпы ауданы 6500 шаршы метрді құрайды - әдеттегі футбол алаңының жартысына жуығы. Олардың барлығы 211 трансформатор желісімен біріктірілген. Жаңа жүйені атмосфераға зиянды заттардың шығарылуын болдырмайтын балама және экологиялық таза энергия көзі ретінде пайдалануға болады. 2000 жылдан бастап Жапония күн энергиясын пайдалану бойынша әлемдік көшбасшы болып табылған.

Бүкіл ел бойынша пайдаланушылар күн панельдерінен шамамен 640 мың киловатт электр энергиясын алады - бұл әлемдік көлемнің жартысынан көбі. "Күн жарысына" Оңтүстік Корея, Испания және Қытай сияқты елдер қосылды.

Күн энергетикасы - қарқынды дамып келе жатқан нарық. Ең алдымен күн энергиясына ауысатын ел болашақта керемет перспективаларға ие.

2009 - Ватикан күн энергиясына ауысты. АҚШ күн энергиясына ауысу үшін күн батареяларынан үлкен қондырғыны орнатуға кірісті. Ватиканға тек күн энергиясын қолданатын алғашқы ел болу үшін 40 мың батарея модулі жеткілікті қуат жинайды деп болжады.

Ресей Федерациясы Үкіметінің 2009 жылғы 8 қаңтардағы № 1 өкімімен жаңартылатын энергия көздерін пайдалану негізінде электр энергетикасының энергетикалық тиімділігін арттырудың мемлекеттік саясатының негізгі бағыттарын бекітті. Осы бұйрыққа сәйкес Ресей Федерациясының экономикалық дамуын сенімді, тұрақты және ұзақ мерзімді энергиямен қамтамасыз ету үшін қажет жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) пайдалану инновациялық жоғары технологиялық технологиялар мен жабдықтарды энергетика саласына тартуға ықпал етті. 2020 жылға дейінгі

кезеңге жаңартылатын энергия көздерін пайдалана отырып электр энергиясын өндіру және тұтыну көлемінің нысаналы көрсеткіштерінің мынадай мәндері белгіленеді: 2010 жылы - 1,5 пайыз; 2015 жылы - 2,5 пайыз; 2020 жылы - 4,5 пайыз. Ресейдің энергетика министрлігі жаңартылатын энергия көздерінің әр түрі үшін осы мәндерді саралауды, сондай-ақ белгіленген мақсаттарға қол жеткізуді сипаттайтын қосымша индикативті көрсеткіштерді (белгіленген қуат, электр энергиясын өндіру және басқалары) енгізуді жүзеге асырды [17].

Күн радиациясының фотоэлектрлік түрленуіне негізделген заманауи күн энергиясы ғарыштық зерттеулер арқылы дамыды. Алғашқы спутник ұшырылғаннан кейін монокристалды кремнийге негізделген элементтер ғарыштық ұшулар үшін негізгі энергия көзі ғана емес, сонымен қатар жер бетінде экологиялық таза энергия көзі ретінде кеңінен қолданыла алатындығы белгілі болды.

Қазіргі уақытта - Барлық ғарыш станциялары тек күн энергиясы есебінен жұмыс істейді.

Болашақта - Күн ғарыштық электр станциясы - Net Zero Innovation Portfolio аясында ұсынылатын технологиялардың бірі. Жоба 2050 жылға қарай зиянды шығарындылардың нөлдік көрсеткішімен экономикаға көшу бойынша британдық "Net Zero" бағдарламасын іске асыру үшін ықтимал қолайлы шешім деп танылды. Ғарыштық күн энергиясы ғарышта күн энергиясын одан әрі жерге беру арқылы жинауды қамтиды. Бұл идея жаңа емес, бірақ соңғы технологиялық жетістіктер бұл перспективаны нақты етті.

Ғарыштағы энергия өндіру жүйесі - күн батареяларымен жабдықталған спутник немесе үлкен ғарыш кемесі. Бұл батареялар электр энергиясын шығарады, содан кейін жоғары жиілікті радио толқындарының көмегімен сымсыз жерге жіберіледі. Жердегі антенна радио толқындарын электр энергиясына айналдыру үшін қолданылады, содан кейін ол электр желісіне қосылады.

Ғарыштық электр станциясы күніне 24 сағат күн сәулесімен жарықтандырылады, соның арқасында ол үздіксіз электр энергиясын өндіре алады. Бұл күндізгі және жақсы ауа-райында энергия өндіретін жердегі күн энергиясының жүйелеріне қарағанда үлкен артықшылық.

Болжам бойынша 2050 жылға қарай электр энергиясының шығыны 50% - ға артатынын ескере отырып, ғарыштық күн электр станциясы әлемдік энергетика секторындағы өсіп келе жатқан сұранысты қанағаттандырудың және температураның жаһандық көтерілу проблемасын шешудің кілті бола алады.

Ғарыштық күн электр станциясы орбитада жиналған модульдік дизайнға ие. Элементтерді ғарышқа тасымалдау күрделі, қымбат және қоршаған ортаға зиян келтіреді. Сонымен қатар, күн батареялары өте көп. Бірақ бұл мәселе жартылай жеңіл күн батареяларын жасау арқылы шешілді.

Жоба, ең алдымен, жеңіл күн батареялары, сымсыз қуат беру және ғарыштық робототехника сияқты негізгі технологиялардың соңғы жетістіктерінің арқасында техникалық тұрғыдан мүмкін деп саналады. Тіпті

бір электр станциясын құру үшін көптеген ғарыш зымырандарын ұшыру қажет болатындығын ескерген жөн. Станция ұзақ мерзімді перспективада көмірқышқыл газының шығарылуын азайтуға арналған, бірақ жақын болашақта зымырандарды ұшыру кезінде шығарылатын шығарындылар, сондай-ақ ұшырудың жоғары құны сияқты қиыншылықтар бар.

Егер ғарыштық күн электр станциясын сәтті салу мүмкін болса, оны пайдалану бірқатар практикалық проблемаларға тап болады. Күн панельдері ғарыш қоқыстарын зақымдауы мүмкін. Сонымен қатар, ғарыштағы панельдер жер атмосферасымен қорғалмайды. Неғұрлым қарқынды күн радиациясының әсерінен олар жерге қарағанда тезірек ыдырайды, нәтижесінде пайда болатын қуат азаяды.

Тағы бір мәселе - сымсыз қуат беру тиімділігі. Энергияны ұзақ қашықтыққа беру (бұл жағдайда ғарыштағы спутниктен жерге) қиын. Қазіргі технологиялар жерге жиналған энергияның бір бөлігін ғана беруге мүмкіндік береді.

Қытай 2035 жылға қарай өзінің ғарыштық күн электр станциясының құрылысын жоспарлап отырғанын жариялады. Жоспарға сәйкес, 2050 жылға қарай ол гигаватт энергия өндіруі тиіс. Қытайдың түпкі мақсаты - күн сәулесін жинау үшін алып спутниктерді (ұзындығы бір жарым шақырымнан асатын) ұшыру.

Ұлыбританияда жоба кішігірім сынақтардан басталады деп күтілуде. Пайдалануға беру 2040 жылы жүргізілуі тиіс. Станцияның диаметрі 1,7 км және салмағы шамамен 2 мың тонна болады. Жер үсті антеннасы 13 км-ге шамамен 6,7 км аумақты алады [18].

Өте жоғары бастапқы шығындармен және инвестициялардың баяу өтелуімен жоба айтарлықтай Мемлекеттік ресурстарды, сондай-ақ жеке компаниялардың инвестицияларын қажет етеді. Бірақ технологиялар дамыған сайын ғарыштық ұшырулар мен өндіріс құны төмендейді. Жобаның ауқымы жаппай өндірісті құруға мүмкіндік береді, бұл шығындарды біршама төмендетуі керек.

Қиындықтарға қарамастан, ғарыштық күн энергиясы зерттеу мен дамудың қызықты мүмкіндіктерінің бастаушысы болып табылады. Болашақта бұл технология жаһандық энергиямен жабдықтауда маңызды рөл атқаруы мүмкін.

Неғұрлым өнімді, экологиялық және арзан энергия үшін тұрақты күрес аясында адамзат қымбат энергия алудың балама көздерінің көмегіне жүгінетіні жасырын емес. Көптеген елдерде тұрғындардың жеткілікті саны үйді электр қуатымен қамтамасыз ету үшін күн модульдерін пайдаланады.

Олардың кейбіреулері материалдық ресурстарды үнемдеудің қиын есептеулерінің арқасында осындай қорытындыға келді, ал кейбіреулері осындай жауапты қадам жасауға мәжбүр болды, олардың бірі сенімді коммуникациялардың болмауына әкелетін қол жетімді географиялық жағдай. Бірақ күн панельдері мұндай қол жетімді жерлерде ғана қажет емес. Ғарыштағы күн батареясы қажетті электр энергиясын өндірудің жалғыз көзі болып табылады.



#### 4. ҒАРЫШТА ҒА ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН ЯДРОЛЫҚ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫ ҚОЛДАНУ.

Ғарышкерлікте электр энергиясының ядролық көздерінің жобалары, бірінші кезекте, алыстағы ғарыштық денелерге (планеталар, астероидтар) ұшу кезінде ҒА пайдалану үшін белсенді дамуда.

Мұндай электр энергиясының көздерінің дұрыс атауы радиоизотоптық энергия көздері, яғни салқындатқышты жылыту немесе оны электр энергиясына айналдыру үшін радиоактивті ыдырау кезінде пайда болатын энергияны пайдаланатын әртүрлі дизайндағы құрылғылар.

Қазіргі уақытта радиоизотопты генераторлардың онға жуық түрін ажыратуға болады: термоэлектрлік; термоэмиссиялық; бу турбинасы; атомдық жартылай өткізгіш; пьезоэлектрлік; оптикалық-электрлік және тағы басқалары.

Радиоизотопты ток көздерінің жылу көзі немесе отыны әртүрлі химиялық элементтердің өте қысқа өмір сүретін радиоактивті изотоптары болып табылады: Кобальт-60; Плутоний-238; Стронций-90; Уран-232 және тағы басқалары.

Радиоизотоптық көздердің жиі қолданылатын түрлерінің бірі – радиоизотоптық термоэлектрлік генераторлар (РИТЭГ) құрылғысын толығырақ қарастырайық. Термоэлектрлік жартылай өткізгіш генератордың жұмыс принципімен алдын-ала танысыңыз. 4.1-суретте жартылай өткізгіштердің көмегімен жылу энергиясын электр энергиясына түрлендіру принципі көрсетілген.



4.1-сурет – Термоэлектрлік жартылай өткізгіш генератордың жұмыс принципінің жеңілдетілген схемасы

4.1-суреттен егер "р" типті және "n" типті жартылай өткізгіштердің шыбықтары суық және ыстық беттер арасында орналасса, онда температура айырмашылығына байланысты зарядталған бөлшектер ыстық бетке жақын шоғырлана бастайды. Егер бұл жағдайда жартылай өткізгіш шыбықтар

металл пластиналармен ("р"- "n"- "р"-...), онда оларда потенциалдар айырмасы (электр қозғаушы күш) пайда болады. Тиісінше, егер сіз термоэлектрлік түрлендіргіштердің қалыптасқан батареясын электр тізбегіне қоссаңыз, онда ток пайда болады. Термоэлектрлік жартылай өткізгіш батареялар күн батареялары принципі бойынша жиналады, яғни жартылай өткізгіш матрица түрінде жиналуы мүмкін, осылайша электрмен жабдықтау көзінің қажетті шығыс сипаттамаларын құрайды [3].

Жылу көзі (радиоизотоптық зат) генератордың ішіне орналастырылады, ал жартылай өткізгіш термоэлектрлік батарея генератордың сыртқы бетіне жақын орнатылады.

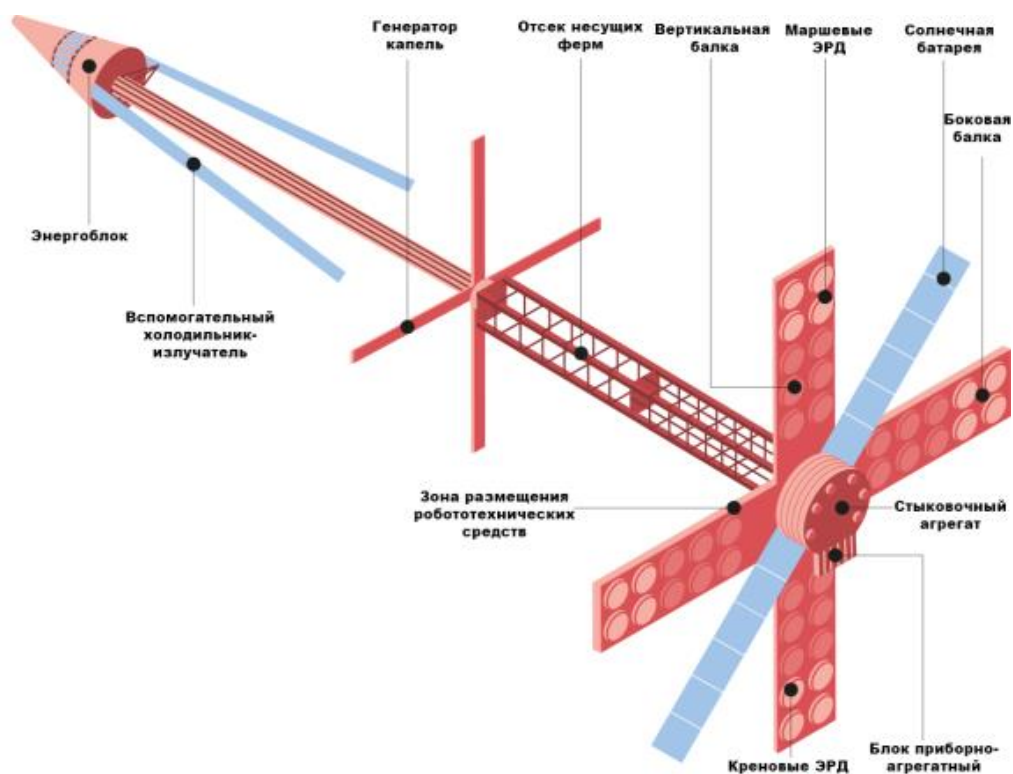
Электр энергиясының ядролық көздерінің елеулі кемшілігі төмен тиімділік және нәтижесінде жылудың үлкен жанама әсерлері болып табылады. Мұндай энергия көздерінің негізгі бөлігі реакторды салқындатуға және радиациядан қорғауға арналған әртүрлі элементтерден тұрады. Мысалы, салмағы шамамен 1000 кг, ұзындығы - 7 м және максималды диаметрі - 2 м болатын "Топаз" ядролық энергия қондырғысы (1980 жылдары "Космос" сериялы ҒА қолданылған) 7 жылға дейін 5 КВт электр қуатын өндірді. Бұл жағдайда радиоактивті отынның массасы (Уран-232) 12 кг құрады. Қондырғының қалған массасы салқындату және радиациялық қорғау жүйесінің қосалқы элементтері болды.

Ядролық реактивті қозғалтқыш (ЯРҚ) жұмысының негізінде ядролық реакция барысында босаған энергия жатыр. Ядролық реакциялар екі механизм бойынша жүреді: өздігінен немесе жасанды түрде. Протондар саны нейтрондар санына тең болатын атомның идеалды моделінен айырмашылығы, нақты бөлшектерде нуклондар саны әр түрлі болады. Ядролық қайта құрулардың химиялық түрленуден басты артықшылығы - энергетикалық әсер. Атом ішіндегі нуклондар ядролық күштерді тежейді. Нуклондар жойылған кезде энергияның үлкен мөлшері шығарылады: химиялық реакциялар кезінде молекулалар арасындағы байланыс бұзылғаннан әлдеқайда көп.

Әр түрлі бөлшектердің шығарылу құбылысы әуе кемесінің (ӘК) бортындағы ядролық реакторда қолданылады.

ЯРҚ құрылымында басқарылатын бөліну тізбегінің реакциясы болатын реакторды қамтамасыз етуге болады (синтез және мүмкін жою перспективасында), ал шығарылған жылу жұмыс денесін қыздырады, ол кейіннен реактивті саптама арқылы шығарылып, тартылыс күшін тудырады. Бүгінгі таңда зымыран қозғалтқышында мұндай ЯРҚ схемасы қолданылмайды.

2009 жылдан бастап жаңғырту жөніндегі президенттік комиссияның жарлығымен ядролық-электрлік зымыран қозғалтқыш қондырғысы (ЯЭЗҚҚ) негізінде көлік-энергетикалық модуль жобасын іске қосу туралы шешім қабылданды (4.2-сурет).



4.2-сурет – Көлік-энергетикалық модуль

Жобамен "РОСКОСМОС" және "РОСАТОМ" жұмыс жасады. Жобаға сәйкес иондық электр реактивті қозғалтқыш (ЭРК) қолданылады. Бұл электростатикалық қозғалтқыштың бір түрі. Реактивті тарту үшін электр энергиясын пайдалану идеясын К. Е. Циолковский және басқа космонавтика пионерлерімен талқыланды. Иондық қозғалтқыштарда электр өрісінде үдетілген иондалған газдың әсерінен тартылыс пайда болады. Иондалған газдың ағыны 20-50 км/с дейін жылдамдыққа жетеді. Дәстүрлі көріністе мұндай қозғалтқыш фотоэлектрлік панельдерден электр энергиясын алады, бірақ бұл үшін ядролық реактор қолданылады. Мұндай құрылғыларды қолдану химиялық отындағы ұқсас зымыран-қозғалтқыш қондырғыларымен салыстырғанда жоғары тиімділігі мен ұзақ қызмет ету мерзіміне байланысты.

ЯЭЗҚК ксенонды отын ретінде пайдаланады. Ионизаторға жанармай беріледі, ол өздігінен бейтарап, бірақ жоғары энергиялы электрондармен бомбаланған кезде иондалады. Осылайша, камерада оң иондар мен теріс электрондардың қоспасы пайда болады. Электрондарды "сүзу" үшін катодты торлары бар түтік камераға енгізіледі, ол электрондарды өзіне тартады. Оң иондар екі немесе үш тордан тұратын экстракция жүйесіне тартылады. Торлар арасында үлкен ықтимал айырмашылық сақталады. Ньютонның үшінші заңына сәйкес, торлар арасындағы иондардың әсерінен олар тездетіліп, ғарышқа лақтырылады. Катод түтігіне түскен электрондар қозғалтқыштан саптамаға және иондар ағынына сәл бұрышпен шығарылады. Бұл осылайша бейтараптандырылған иондар кемеге қайта тартылмауы үшін жасалады.

Қазіргі уақытта иондық қозғалтқыштар негізінен коммерциялық ғарыш аппараттарында қолданылады, мысалы, байланыс спутниктері немесе

ғаламдық спутниктік позициялау жүйесі.

ҚК-да ЭРҚ электрмен қоректендірумен байланысты жұмыс элементтерінің болуы осы қозғалтқыштары бар ғарыш аппараттарының төмен тартылу жарақтануын айқындайды. Сондықтан ЭРҚ химиялық зымыран отынымен жұмыс істейтін зымыран қозғалтқышының (ЗҚ) көмегімен бірінші ғарыштық жылдамдыққа жеткеннен кейін ғана ғарыш аппараттарында қолдану мағынасы бар.

ЯЭЗҚҚ жобасының басты артықшылығы-ұзақ пайдалану кезеңі (шамамен 10 жыл). Жобаның мұндай сипаттамалары күн жүйесінің алыс планеталарын егжей-тегжейлі зерттеуде жаңа көкжиектер ашады.

Бастапқы мақсат - адамның Марсқа ұшуы. Планеталарға ұшуға арналған басқарылатын ғарыш кемесі, әрине, күрделілігі жағынан ерекше объект болып табылады. Мұндай кеменің қозғалтқыш қондырғысының дизайны жоғары техникалық деңгейдегі қуатты энергетикалық қондырғы болады. Мұндай қозғалтқыш екі негізгі бөліктен тұрады: борттық энергетикалық қондырғы және іс жүзінде қозғалтқыш деп аталатын қозғалтқыш.

Жылу энергиясын электр энергиясына түрлендіру үшін бортта әрекеті Зеебек-Пельтиер-Томсонның термоэлектрлік әсеріне негізделген термоэлектрлік түрлендіргіш (ТЭТ) орнатылады. Бұл әртүрлі температураларға ие металл немесе жартылай өткізгіш материалдардан тұратын тізбектегі термоядролық құбылыс.

21 ғасырдағы ғарыш қызметінің болжамдары бойынша, перспективалы ғарыш құралдарын энергия қозғалтқыштарымен қамтамасыз ету саласындағы жетекші рөлдердің бірі күн, ядролық энергетикамен қатар бөлінеді. Ядролық реакторлар негізіндегі энергетикалық қондырғылардың артықшылығы олардың күн сәулесінен практикалық тәуелсіздігі болып табылады. Осының арқасында тұрақты энергия тұтыну деңгейінде ядролық-электрлік қозғалтқыш (ЯЭҚ) бар жерге жақын ҒА іс жүзінде энергия жинақтағыштарға мұқтаж емес. ЯЭҚ жұмыс режимін реттеу мүмкіндігі ҒА-ның ең жоғары жүктемесінің бірқатар жағдайлары үшін жинақтағыштың қажеттілігін жояды. ЯЭҚ конструкциясының ықшамдылығы мақсатты аппаратураны дәлдеудің жоғары дәлдігін талап ететін міндеттерге арналған бағдарлау жүйесін айтарлықтай жеңілдетеді және оңайлатады. ЯЭҚ үшін қоршаған орта әсеріне жоғары төзімділік, сондай-ақ оның қуаты артқан кезде қондырғының меншікті массасының айтарлықтай төмендеуі тән [15].

Қазіргі уақытта "көлік-энергетикалық модуль" (КЭМ) деп аталатын жеке блокта жұмыс орбитасына шығару кезінде пайдаланылатын энергия қозғалтқыш қондырғысын басқа да қызметтік жүйелермен функционалдық біріктірудің орындылығы анықталды. ҒА жұмыс орбитасына жеткізуді, сондай-ақ аппаратты пайдаланудың бүкіл мерзімі ішінде нысаналы аппаратуралар мен қызметтік жүйелердің кейіннен қоректенуін қамтамасыз

етуге мүмкіндік беретін энергия қозғалтқыш қондырғылар негізіндегі көліктік-энергетикалық модульдерді Қа құрамында қолдану пайдаланылатын шығару құралдарының мүмкіндіктерін едәуір арттырады. Дәстүрлі құралдармен салыстырғанда бұл мақсатты аппаратураның массасын едәуір (екі және одан да көп есе) ұлғайту және оны энергиямен қамтамасыз етудің жоғары деңгейі есебінен жұмыс орбитасында (зымыран-тасығыштардың сол түрлерін пайдалану кезінде) ҒА тиімділігін арттыруға, немесе ҒА массасын сақтау кезінде, іске қосудың аз құны және одан да аз болатын аз өлшемді тасығыштарды пайдалануға мүмкіндік береді. Планетааралық ұшулар үшін көліктік-энергетикалық модульдерді пайдалану да перспективалы болып табылады.

Термоэлектрлік модульдің (ТЭМ) екі түрі мүмкін:

- ЯЭҚ және Марш электроракеттік қозғалтқыш қондырғысы (ЭРҚҚ) негізінде;

- бимодальдық ЯЭҚҚ негізінде, оларда орбитааралық ұшуда ЯРҚ технологиясы, ал энергетикалық режимде ЯЭҚ технологиясы пайдаланылады.

ЭРҚҚ жоғары импульсінің арқасында ТЭМ-нің бірінші түрі ең үлкен энергия баллистикалық тиімділікті қамтамасыз етеді. ТЭМ-нің бұл түрі шағын тартыммен, тасымалдаудың үлкен уақыттарымен және жұмыс орбитасындағы ҒА мақсатты жүйелері үшін артық шығару сатысында қондырғының айтарлықтай электр қуатымен сипатталады. ЭРҚҚ үздіксіз жұмыс істеген кезде ҒА жұмыс орбитасына шығару траекториясы орбита жазықтығының көлбеу бұрышын біртіндеп өзгерте отырып, айналатын спираль болып табылады.

ТЭМ екінші түрі үшін жылу қозғалтқышы режиміндегі бимодальдық ЯЭҚҚ жұмысы сұйық зымыран қозғалтқыштары негізіндегі дәстүрлі тасымалдау құралдарымен салыстырғанда едәуір жоғары баллистикалық тиімділікпен орбитаға шығарудың салыстырмалы түрде қысқа ұзақтығын қамтамасыз етеді [16].

## 5. ҒА КҮН ЭНЕРГОҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ КҮН БАТАРЕЯЛАРЫН ЖӘНЕ АККУМУЛЯТОР БАТАРЕЯЛАРЫНЫҢ СЫЙЫМДЫЛЫҒЫН ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

Жеке жобалық міндеттердің бірі - күн батареяларын және ҒА күн электр станциясының батареяларының сыйымдылығын есептеу.

Жердің алғашқы спутниктерінде аппаратура салыстырмалы түрде аз ток қуатын тұтынады және оның жұмыс уақыты өте қысқа болды. Сондықтан қарапайым аккумуляторлар алғашқы ғарыштық энергия көзі ретінде сәтті қолданылды.

### 5.1. Аккумулятор батареяларының сыйымдылығын есептеу

Аккумуляторлық батареялар бүкіл күн жүйесінің құнының маңызды бөлігін құрайды. Ең алдымен, бұл жұмыс кезінде оларды үнемі ауыстыруына байланысты. Бұл құрылғылардың сыйымдылығы мен қызмет мерзімі әртүрлі, сондықтан бағасы айтарлықтай ерекшеленеді.

Батарея сыйымдылығы - бұл батареяның жүктеме кезінде қуат бере алатын уақытын көрсететін параметр.

Басқаша айтқанда, батарея сыйымдылығы - бұл батареяның зарядын толық 1 циклі үшін жинақтай алатын электр энергиясының максималды мөлшері.

Энергия сыйымдылығын өлшеу бірлігі - Ампер-сағат. Физикалық тұрғыдан алғанда, сыйымдылық - бұл аккумулятордың разряд тогының (А) разряд уақытына (сағ) көбейтіндісі.

Кез келген батареяның негізгі параметрлері зарядтау және разрядтау циклдерінің сыйымдылығы мен саны болып табылады. Барлық есептеулер ережелер мен пайдалану нормаларының сақталуын ескере отырып жүргізіледі. Мысалы, температураның жоғарылауы құрылғының қызмет ету мерзімін қысқартады, ал төмендеу сыйымдылықтың төмендеуіне әкеледі.

Толық зарядталған, содан кейін толық зарядталған батарея қанша қуат бере алатының көрейік. Нәтиже алу үшін  $100 \text{ А} \cdot \text{сағ}$  сыйымдылығы  $12 \text{ В}$  кернеудің орташа мәніне көбейтіледі. Нәтижесінде  $1200 \text{ Вт} \cdot \text{сағ}$  немесе  $1,2 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$  аламыз, алайда іс жүзінде батареяның толық өндірісі бастапқы сыйымдылықтан  $40\%$  қалдық болып саналады. Бұл жағдайда бүкіл жұмыс кезеңіндегі орташа сыйымдылық көрсеткіші  $100 \text{ А} \cdot \text{сағ}$  емес, тек  $70$  болады. Сондықтан электр энергиясының нақты қоры:  $70 \cdot 12 = 840 \text{ Вт} \cdot \text{сағ}$  немесе  $0,84 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$  құрайды.

Батареяға арналған нұсқаулықта оны жалпы сыйымдылықтың  $20\%$  - ынан артық зарядтау қажет емес екендігі көрсетілген. Яғни, қараңғыда батареядан тек  $0,164 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$  салдарсыз алуға болады, батареяның қалыпты заряды  $20$  сағат ішінде болуы керек. Егер бұл процесс жоғары токтың әсерінен болса, онда сыйымдылық одан да төмендейді. Осылайша, ең

оңтайлы разряд тогы 5 А, ал батареяның шығуындағы қуат 60 Вт болады. Егер мәселені шешу қажет болса, қуаты жоғары мәнмен есептеу керек, бұл жағдайда батареялардың саны артады немесе қолданыстағы құрылғылардың жұмыс режимі өзгереді [3].

5.1-кесте – Аккумулятор батареясының сыйымдылығының көрсеткіштері

Аккумулятор сыйымдылығы	100 Вт	300 Вт	500 Вт	1кВт	2кВт	4кВт
4*190 А*сағ	89 сағ	26 сағ	17 сағ	8 сағ 20 м	4 сағ	1 сағ 50 м
2*190 А*сағ	42 сағ	13 сағ 15 м	7 сағ 25 м	3 сағ 50 м	1 сағ 45 м	48 м
4*90 А*сағ	40 сағ	13 сағ 10 м	7 сағ 12 м	3 сағ 40 м	1 сағ 40 м	45 м
1*190 А*сағ	21 сағ	6 сағ 10 м	3 сағ 50 м	1 сағ 40 м	45 м	13 м
2*90 А*сағ	20 сағ	6 сағ	3 сағ 40 м	1 сағ 35 м	44 м	12 м
1*90 А*сағ	9 сағ 30 м	3 сағ	1 сағ 40 м	45 м	12 м	3 м
1*55 А*сағ	5 сағ 40 м	1 сағ 45 м	50 м	13 м	3 м	-

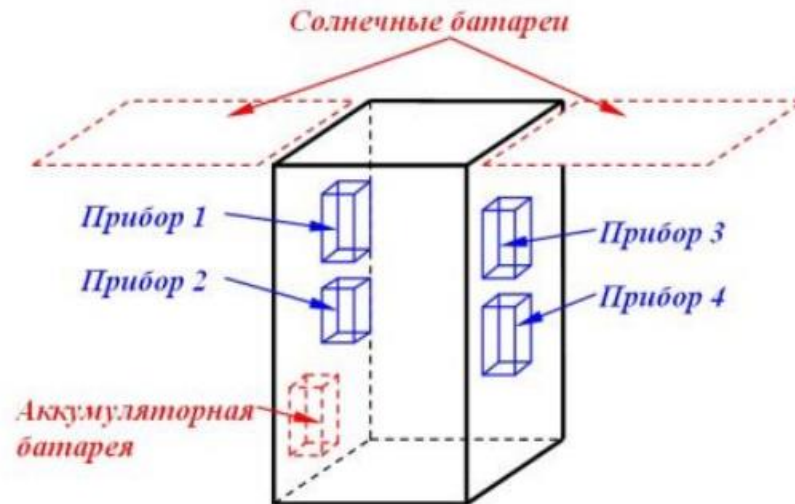
Жұмыс режимін қамтамасыз етуде зарядтау және разрядтау контроллерінің дұрыс параметрлеріне үлкен мән беріледі. Зарядтың белгілі бір кернеуіне жеткенде ол өшеді, әйтпесе электролит қайнай бастайды және оның қарқынды булануы басталады. Сол сияқты, батареялар 80% - ға дейін зарядталған кезде тұтынушылар ажыратылады. Жұмыс режимін және өндірушінің ұсыныстарын сақтау батареялардың қызмет ету мерзімін едәуір арттырады.

Батарея сыйымдылығын білу қажет:

- АКБ ауыстыру кезінде;
- ақаулы батареяны жөндеу кезінде;
- батарея элементтерін сатып алу және ауыстыру кезінде;
- жаңа аппаратқа орнату үшін ескі жинақтауышты пайдалану кезінде;
- жұмыс істемейтін батареяны монтаждау үшін қосалқы бөлшектерді қарызға алу кезінде;
- барлық орнатылған элементтердің сәйкестігін тексеру кезінде.

Мысал 5.1 - Күн батареяларының ауданын және аккумулятор батареяларының сыйымдылығын анықтау.

Жерге жақын ҒА бар деп алайық. ҒА дөңгелек орбитасының биіктігі  $H_{орб} = 300$  км. ҒА борттық құрамына төрт электр аспабы кіреді (сурет 5.1.1), энергияны тұтыну сипаттамалары 5.1.2 - кестеде келтірілген.  $\cos\alpha_{ср} = 0,6$  екендігі белгілі. ҒА күн батареялары кремний негізінде жиналады, тиісінше псб меншікті қуаты  $N_{сб} = 140$  Вт/м<sup>2</sup>. Борттық электр тізбегіндегі кернеу  $U_{БА} = 27$  В. ҒА әр айналымда жердің көлеңкесінде болады деп санайық, уақыты  $t_{тени} = 0,3 * T$ , мұндағы  $T$  - ҒА айналу кезеңі. Әр айналымдағы барлық құрылғылар уақыт кезінде қосылады деп есептейміз  $t = 0$ . Күн батареяларының қажетті ауданын  $S_{сб}$  және аккумулятор батареяларының сыйымдылығын  $S_{АБ}$  анықтау қажет.



5.1-сурет – ҒА борттық құрамындағы электр аспаптары

5.2-кесте – ҒА энергия тұтыну сипаттамасы

Аспап нөмірі	Электр қуаты N, Вт	Құрылғының бір айналымдағы жұмыс уақыты Δt, сек
1	30	5000
2	100	4000
3	500	1500
4	40	5000

1) Жобаланған ҒА айналу кезеңін есептейміз:

$$T = 2 * \pi * \frac{a^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{\mu}} = 2 * \pi * \frac{(6371 + 300)^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{398600}} \approx 5419,7 \text{ сек};$$

2) ҒА бортындағы энергия тұтынудың орташа тәуліктік қуатын (5.1) формуласынан есептейміз:

$$E_{\text{КБ}} = E_{\text{приб}}, \quad (5.1)$$

мұндағы  $E_{\text{КБ}}$  - күн батареяларынан T кезеңінде түскен электр энергиясы [Дж];  $E_{\text{приб}}$  - T кезеңінде аспаптармен тұтынылған электр энергиясы.

Энергия уақыт бойынша қуат көбейтіндісіне тең екенін ескере отырып:

$$N * T = N_1 \Delta t_1 + N_2 \Delta t_2 + N_3 \Delta t_3 + N_4 \Delta t_4 = \sum_{i=1}^4 (N_i \Delta t_i), \quad (5.2)$$

Тиісінше

$$N = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^4 (N_i \Delta t_i) = \frac{1}{5419,7} (30 * 5000 + 100 * 4000 + 500 * 1500 + \dots) \approx 251,8 \text{ Вт}$$

3) Күн батареяларының ауданын анықтаймыз:



$$S_{\text{КБ}} = \frac{N}{N(\text{КБ}) \cdot \cos \alpha} = \frac{251,8}{140 \cdot 0,6} \approx 3 \text{ м}^2$$

4) ГА-ның жер көлеңкесінде болу уақытын анықтаймыз:

$$t = 0,3T = 0,3 \cdot 5419,7 = 1625,9 \text{ сек.}$$

5) Жердің көлеңкесіндегі әр құрылғының жұмыс уақытын анықтаймыз:

$$\Delta t_1 = \Delta t_1 - (T - t) = 5000 - (5419,7 - 1625,9) = 1206,2 \text{ сек.}$$

$$\Delta t_2 = \Delta t_2 - (T - t) = 4000 - (5419,7 - 1625,9) = 206,2 \text{ сек.}$$

$$\Delta t_3 = \Delta t_3 - (T - t) = 1500 - (5419,7 - 1625,9) = -2293,2 < 0 \text{ сек, демек}$$

$$\Delta t_3 = 0 \text{ сек.}$$

$$\Delta t_4 = \Delta t_4 - (T - t) = 5000 - (5419,7 - 1625,9) = 1206,2 \text{ сек.}$$

6) Көлеңкелі аймақтағы құрылғылар тұтынатын жалпы энергияны анықтаймыз:

$$E = \sum_{i=1}^4 (N_i \Delta t_i) = (30 \cdot 1206,2 + 100 \cdot 206,2 + 500 \cdot 0 + 40 \cdot 1206,2) \approx 105054 \text{ Дж}$$

7) Аккумулятор батареяларының қажетті сыйымдылығын анықтаймыз:

$$U_{\text{БА}} \cdot C_{\text{АБ}} \cdot 3600 = E_{\text{тени}}, \quad (5.3)$$

Тиісінше

$$C_{\text{АБ}} = \frac{E(\text{тени})}{U(\text{БА}) \cdot 3600} = \frac{105054}{27 \cdot 3600} \approx 1,08 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

Қорытындылай келе, жер маңындағы төмен орбитада берілген ғарыш аппараты 5419,7 секундта (90 минут) 1 айналым жасайтынын анықтадық. Сол уақыт аралығында ғарыш аппаратындағы 4 электр аспаптары тұтынатын аккумулятор батареясының сыйымдылығы 1,08 А\*сағ тең болды. Бұл дегеніміз батареяның зарядын толық 1 циклі үшін жинақтай алатын электр энергиясының максималды мөлшері.

## 5.2. Күн батареяларын есептеу әдістері

Күн батареяларының қажетті қуатын есептеу үшін біз қанша қуат тұтынатындығын білуіміз керек.

Күн панельдерін есептеу тәртібі [19]:

1. Біз тұтынушыға қажетті құрылғылардың қуатын есептейміз;

2. Біз күн батареяларының қажетті сыйымдылығын есептейміз. Мұны шартты белгілері бар жеңілдетілген формуламен бейнелеуге болады:

$$C = \frac{E}{U}, \quad (5.4)$$

мұндағы  $C$  - күн панельдерінің автомобиль аккумуляторлық батареясының (АКБ) сыйымдылығы,  $E$  - аспаптармен тұтынылатын қуат,  $U$  - желінің кернеуі;

3. Оқшаулау коэффициентін немесе радиацияның айлық деңгейін анықтаймыз;

4. Таңдалған күн батареясының күнделікті өнімділігін есептейміз. Қанша күн батареяларын пайдалану керектігін есептеу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$P = K * S * \eta, \quad (5.5)$$

мұндағы  $P$  - бір батареяның өнімділігі,  $K$  - оқшаулау коэффициенті (радиация деңгейі),  $S$  - бір батареяның ауданы,  $\eta$  - батареяның тиімділігі (пайызбен);

5. Күн панельдерінің қажетті санын есептейміз. Мұны келесі формула бойынша жасауға болады:

$$N = \frac{P}{L}, \quad (5.6)$$

мұндағы  $N$  - күн панельдерінің қажетті саны,  $P$  - құрылғылар тұтынатын қуат, ал  $L$  - бір күн батареясының өнімділігі.

Күн батареяларын есептемес бұрын, мәселені шешу керек. Атап айтқанда, күн панельдері қосымша қуат көзі ретінде тек резервтік қуат үшін пайдаланылады ма, әлде олар нысанның электр энергиясына деген қажеттілігін толығымен қанағаттандыра ма. Содан кейін күн батареялары өндіретін электр энергиясын тұрақты және үздіксіз қамтамасыз етуді қажет ететін құрылғылардың жалпы қуатын анықтау керек.

Күн батареяларының параметрлерін есептеу оның ауданы мен массасын анықтау. ҒА дизайнына әсер ететін күн батареяларының негізгі параметрлерін есептеу үшін оның техникалық сипаттамаларын келесі формулаларды қолданамыз [20]:

Күн батареяларының қуатын есептеу:

$$P_{\text{КБ}} = \frac{P_{(H)}}{\eta_{(\text{еск})}} t + \frac{P_{(H)}}{\eta_{(p.p)}\eta_{(p.z)}\eta_{(B)}} t(T), \quad (5.7)$$

мұндағы  $P_{\text{КБ}}$  – күн батареясының қуаты;  $p_{(H)}$  - жүктеменің орташа тәуліктік қуаты (құрама эвакуациялық пунктiнiң (ҚЭП) өз мұқтаждарын есепке алмағанда);  $t$  - күн батареясын күн орамына бағдарлау уақыты;  $t(T)$  -

күн батареясын жарықтандырылмаған уақыт;  $\eta(\text{еск})$  - 0,85-ке тең күн батареясының артық қуат реттегішінің тиімділігі;  $\eta(\text{р. р})$  - 0,85-ке тең батареядағы разряд реттегішінің тиімділігі;  $\eta(\text{р. з})$  - 0,9-ға тең батареядағы заряд реттегішінің тиімділігі;  $\eta(\text{Б})$  - 0,8-ге тең аккумуляторлық батареяларының тиімділігі.

Күн батареясының ауданы:

$$S_{\text{КБ}} = \frac{P(\text{КБ})K(\kappa)K(\tau)}{P(\text{мк})\eta(\text{КБ})}, \quad (5.8)$$

мұндағы  $P(\text{КБ})$  - күн батареясының меншікті қуаты;  $K(\kappa)$  - қор коэффициенті;  $K(\tau)$  - толтыру коэффициенті.

Күн батареясының массасы нақты параметрлер негізінде анықталады. Қазіргі кездегі конструкцияларда күн батареясы меншікті салмағы кремний үшін  $2,77 \text{ кг/м}^2$  және арсенид-галлий ФЭТ үшін  $4,5 \text{ кг/м}^2$  құрайды.

Күн батареясының массасы:

$$m_{\text{КБ}} = S_{\text{КБ}}m_{\text{уд}}, \quad (5.9)$$

Мысал 5.2 - Күн батареяларының қуатын, ауданын және массасын есептеу.

Есептеуді бастау үшін күн батареяларын таңдау қажет. "Сатурн" ААҚ ұйымының GaAs фото түрлендіргіштері негізіндегі күн батареяларын алайық.

### 5.3-кесте – Күн батареяларының негізгі параметрлері

Күн батареясының параметрі	GaAs ФЭТ негізінде күн батареялары
Белсенді өмір сүру мерзімі, жыл	15
28°C температурадағы тиімділік, %	28
Меншікті қуаты, Вт / м <sup>2</sup>	170
Максималды қуаты, Вт / м <sup>2</sup>	381
Меншікті салмағы, кг / м <sup>2</sup>	1.6
ФЭТ қалыңдығы, мкм	150 ± 20

Сондай-ақ есептеу үшін жер маңындағы төмен орбитада (160 - 2000 км) спутник айналысы кезеңі қажет болады:

- 160 км диапазонда айналыс кезеңі шамамен 88 минут;
- 2000 км-ге дейін, шамамен 127 минут.

Есептеу үшін орташа мәнді аламыз - шамамен 100 мин. Сонымен қатар, орбитадағы күн панельдерінің жарықтандыру уақыты (60 мин) көлеңкеде болу уақытынан шамамен (40 мин) артық.

Жүктеме қуаты қозғалтқыш қондырғысы мақсатты жабдықтың, зарядтау қуатының қажетті қуатының қосындысына тең және 220 Вт-қа тең (мәні 25 Вт-тан асады деп қарастырсақ).

Барлық белгілі мәндерді (5.7) формуласына алмастыра отырып, біз

аламыз:

$$P_{\text{КБ1}} = \frac{220}{0,85} 1 + \frac{220}{0,85*0,9*0,8} 0,4 \approx 403 \text{ Вт}$$

Күн батареясының панелінің ауданын анықтау үшін біз GaAs ФЭТ материалын 60°C жұмыс температурасында, спутниктің 2-3 жылдық жұмысында қабылдаймыз, (5.8) формуласын қолданамыз және есептеулерден кейін келесі мәнді аламыз

$$S_{\text{КБ}} = \frac{403*1,2*1,12}{170*0,97} \approx 3,28 \text{ м}^2$$

Біз арсенид-галлий ФЭТ үшін күн батареясының массасын (5.9) формуланы қолдана отырыпанықтаймыз

$$m_{\text{КБ}} = 3,28*1,6 = 5,3 \text{ кг}$$

Қорытындылай келе, ГА техникалық сипаттамалары мен мүмкіндіктеріне электр қоректендіру жүйесі айтарлықтай әсер етеді. ГА тиімділігін арттыру үшін неғұрлым тиімді күн және аккумулятор батареяларын қолдану есебінен энергия тұтынатын аппаратураның массасын азайтуға ұмтылу қажет. Тиімділігі жоғары және салмағы аз күн батареяларын іздеу керек.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, ғарыш аппаратын энергиямен қоректендіру жүйесі ғарыш аппараттарының геометриясын, конструкциясын, массасын, белсенді жұмыс істеу мерзімін айқындайтының байқадық.

Дипломдық жұмыстың негізгі бөлімі беске бөлініп қарастырылған.

Бірінші бөлімде ҒА энергиямен жабдықтау жүйесінің түрлеріне тоқталып кеттік. Оларға электр энергиясының бастапқы және қайталама көздері жатады. Электр энергиясының түрлерін салыстыра отырып, олардың ішінде ең көп қолданысқа ие бастапқы энергия көздері. Яғни, оларға күн батареялары, радиоизотопты энергия көзі және химиялық ток көздері жатады. Қазіргі таңда өндіріліп жатқан барлық ғарыш аппараттарында айтылып өткен бастапқы энергия көздері кездестіруге болады. Себебі оларда ҒА қызмет ету мерзімі ұзақ және экологиялық қауіпсіз.

Екінші бөлімде ҒА-ның энергиямен қоректендіру жүйесінің басты мақсаты ҒА-дағы басқа жүйелерді электрмен қамтамасыз ету екендігі туралы тоқталып өткен болатынмыз.

Үшінші бөлім күн батареялары жайлы ақпараттан тұрады. Күн батареялары ең ыңғайлы энергиямен қамтамасыз ету жолы болып саналады. Бүгінгі күн жүйелері үнемді, сенімді және оңай жұмыс істейді. Күн батареяларын құрайтын бөлшектермен танысып өткен болатынмыз. Қазіргі уақытқа дейін 250-ден астам планетааралық станциялар, 3300-ден астам спутниктер, 72 луноход және 14 марсоход күн панельдерімен жабдықталған болатын.

Төртінші бөлім радиоизотопты энергия көзінің ғарышкерліктегі пайдасы туралы айтылып өткен. Күн жүйесінің сыртқы аймақтарына арналған миссияларда, ядролық реакторларда колданады. Қазіргі уақытта радиоизотопты генераторлардың онға жуық түрлерін ажыратуға болады.

Бесінші бөлім күн батареяларын және аккумулятор батареясының сыйымдылығын өлшеу жолдары көрсетілді. Есептеулер арқасында алынған қорытынды: ҒА техникалық сипаттамалары мен мүмкіндіктеріне электр қоректендіру жүйесі айтарлықтай әсер етеді.

Қазіргі таңда және болашақ жобаларда ғарыш аппаратын энергиямен жабдықтау жүйелері үлкен сұранысқа ие. ҒА энергиямен қамтамасыз ету жүйелері ғарыш аппараттарының жүрегі секілді. Энергиямен жабдықтау жүйесінің істен шығуы бүкіл аппараттың істен шығуына әкеледі.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Гущин В.Н. Системы энергопитания / Основы устройства космических аппаратов: учебник для вузов. // Москва: Машиностроение, 2003. – 217 с.
- 2 Солнечная батарея. / Электронное издание, 2022. // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная\\_батарея](https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_батарея)
- 3 Волоцуев В.В., Ткаченко И.С. Введение проектирование космических аппаратов: учеб. пособие. // Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 144 с.
- 4 Петровичев М.А., Гуртов А.С. Система энергоснабжения бортового комплекса космических аппаратов: учеб. пособие. / Самара: Изд-во СГАУ, 2007. – 88 с.
- 5 Химический источник тока. / Электронное издание, 2021. // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Химический\\_источник\\_тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/Химический_источник_тока)
- 6 Войнаровский П.Д. Электрические аккумуляторы / Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. // Санкт-Петербург, 1890 – 1907.
- 7 Квасников Л.А., Тазетдинов Р.Г. Регенеративные топливные элементы. // Москва: Атомиздат, 1978. – 168 с.
- 8 Гальванический элемент. / Электронное издание, 2022. // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гальванический\\_элемент](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гальванический_элемент)
- 9 Топливный элемент. / Электронное издание, 2022. // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный\\_элемент](https://ru.wikipedia.org/wiki/Топливный_элемент)
- 10 Радиоизотопные источники энергии. / Электронное издание, 2022. // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Радиоизотопные\\_источники\\_энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Радиоизотопные_источники_энергии)
- 11 Инженерно - технические системы и оборудование. Импульсивные блоки питания. / Электронное издание, 2014-2022. // URL: [https://video-praktik.ru/blok\\_pitanija\\_impulsnyj.html](https://video-praktik.ru/blok_pitanija_impulsnyj.html)
- 12 Инженерно - технические системы и оборудование. Источники электропитания. / Электронное издание, 2014-2022. // URL: [https://video-praktik.ru/pitanie\\_istochniki.html#2](https://video-praktik.ru/pitanie_istochniki.html#2)
- 13 Рутенберг А. Солнечные батареи: научно-исследовательская работа. // Иваново, 2016.
- 14 В чем преимущество использования солнечных батарей в космосе. / Электронное издание, 2013-2022. // URL: <https://mywatt.ru/poleznaya-informaciya/v-chem-preimucshestva-ispolzovaniya-solnechnyh-batarej-v-kosmose>

15 Шацкий О.Е., Ямбаев Р.К., Шевченко В.В. Перспективы использования ядерно-электрической ракетной двигательной установки для исследования дальнего космоса. // Молодой ученый, 2016. – 209-212 с.

16 Современное состояние и перспективы применения космических ядерных электрических и двигательных установок / Электронное издание, 2014-2022 // URL: <https://helpiks.org/6-77729.html>

17 Тихонов А.В., Тюхов И.И., Юферев Л.Ю., Шахраманьян М.А. Технологии возобновляемой (солнечной) энергетики. // Москва: НПО «СОДИС», 2009. – 68 с.

18 Ancotir\_science Великобритания планирует построить космическую солнечную электростанцию: статья. / Электронное издание, 2022. // URL: <https://habr.com/ru/post/656755/>

19 Андрей Смирнов Как рассчитать солнечные панели: статья. / Электронное издание, 2021. // URL: <https://solarb.ru/kak-rasschitat-solnechnye-paneli#i-3>

20 Козлов Д.И., Аншаков Г.Н., Агарков В.Ф., Антонов Ю.Г. Конструирование автоматических космических аппаратов. // Москва: Машиностроение, 1996. – 448 с.

## Қабылданған терминдер тізімі, қысқартулар тізімі

АКБ	- аккумуляторлық батарея
АҚШ	- Америка Құрама Штаттары
ӘК	- әуе кемесі
ҒА	- бғарыш аппараты
ЖЖС	- жасанды жер серігі
ЗҚ	- зымыран қозғалтқышы
КБ	- күн батареясы
КЭМ	- көлік-энергетикалық модуль
КСРО	- Кеңестік Социалистік Республикалар Одағы
ҚК	- қоректендіру көзі
ҚҚК	- қайталама қуат көзі
ҚЭП	- құрама эвакуациялық пункті
ОТҚ	- орталық тарату құрылғысы
ОЭ	- отын элементі
РИТЭГ	- радиоизотопты термоэлектрлік генератор
ТЭМ	- термоэлектрлік модуль
ТЭТ	- термоэлектрлік түрлендіргіш
ФЭМ	- фотоэлектрлік модуль
ФЭТ	- фотоэлектрлік түрлендіргіш
ХҒС	- халықаралық ғарыш станциясы
ХТК	- химиялық ток көзі
ЭҚЖ	- энергиямен қоректендіру жүйесі
ЭРҚ	- электр реактивті қозғалтқыш
ЭРҚҚ	- электроракеттік қозғалтқыш қондырғысы
ЯРҚ	- ядролық реактивті қозғалтқыш
ЯЭҚ	- ядролық-электрлік қозғалтқыш
ЯЭЗҚҚ	- ядролық-электрлік зымыран қозғалтқыш қондырғысы
CdTe	- кадмий теллуры
CIS	- индий диселид мысы
GaAs	- галий арсени



**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ПІКІРІ**

**ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА**

Манаспекова Диана Шадиярқызы

5B074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша

Тақырыбына: **«Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері»**

Дипломдық жұмысты орындау барысында ғарыштық аппаратты энергиямен жабдықтау жүйелерінің түрлері және ғарыштық аппаратының күн энергоқондырғысының күн батареялары мен аккумуляторлық батареяларының параметрлерін есептеу әдістемелері қарастырылды.

Жұмыс мақсаты етіп ғарыштағы ғарыштық аппараттардың күн энергоқондырғысының энергиямен жабдықтау жүйелерін шолу, талдау және есептеу қойылды.

Дипломдық жобаны жасау барысында Динана өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Бірақ жетекшімен толық қанды жұмыс істеуде жалқаулығын көрсетті.

Жалпы дипломдық жобаны 75, деп бағалап, ал студент Манаспекова Диананы 5B074600 – «Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры біліктілігіне сай деп ойлаймын.

**Ғылыми жетекші**

ЭТж/екТ каф, техн.ғыл.кандидаты



Таштай Е

(қолы)

«27» мамыр 2022 ж.

дипломдық жұмысқа

## РЕЦЕНЗИЯ

Манаспекова Диана Шадиярқызы

5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар

### Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері

Манаспекова Д.Ш. дипломдық жұмысы келесідей құрылымдарды қамтиды: кіріспе, бес бөлім, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қысқартулар тізімі. Оның дипломдық жұмысында ғарыш аппаратын энергиямен жабдықтау жүйелеріне қысқаша әдеби шолу жасалынған. Күн батареялары мен радиоизотопты энергия көздері жайлы толық ақпарат берілген және қысқаша талдау жүргізілінген. Күн батареялары мен аккумуляторлардың сыйымдығын есептеген және алынған сипаттамалардың электр қоректендіру жүйесіне әсерін жан-жақты талдаған. Берілген дипломдық жұмыс жақсы жазылған және болашақ студенттер мен жас мамандарға керекті ақпаратты қамтиды.

Жұмыстың мәтіндік және графикалық материалдарын құрастыруға, баяндауға, ресімдеуге және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар МЕМСТ-қа сәйкес орындалды.

Диплом жұмысын «жақсы» деген нәтижемен бағалаймын, ал студент, Манаспекова Д. Ш. 5B074600 – Ғарыштық техника және технологиялар саласындағы бакалавр дәрежесіне лайық деп есептеймін.

### Рецензент

PhD, «ҒИ» кафедра меңгерушісі.

Г.Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті

Гөлендіұлы Санат

«27» \_\_\_\_\_ 2022 ж.



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Манаспекова Диана Шадиярқызы**

**Тақырыбы: Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері**

**Жетекшісі: Ерлан Таштай**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.5**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.4**

**Дәйексөз (35): 3.5**

**Әріптерді ауыстыру: 40**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 1**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

25.05.2022  
Күні

Кафедра меңгерушісі



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Манаспекова Диана Шадиярқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері

**Научный руководитель:** Ерлан Таштай

**Коэффициент Подобия 1:** 1.5

**Коэффициент Подобия 2:** 0.4

**Микропробелы:** 1

**Знаки из других алфавитов:** 40

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

15.05.2022  
Дата

Заведующий кафедрой



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Манаспекова Диана Шадиярқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Ғарыштағы ғарыш жүйелерін энергетикалық қамтамасыз ету жүйелері

**Научный руководитель:** Ерлан Таштай

**Коэффициент Подобия 1:** 1.5

**Коэффициент Подобия 2:** 0.4

**Микропробелы:** 1

**Знаки из здругих алфавитов:** 40

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

25.05.2022  
Дата

  
проверяющий эксперт