

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы

«Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық
оңтайландыруы»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07112 - Electronic and Electrical Engineering

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ЭТ ж ҒТ кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.кан
Е.Таштай
«28» 05 2025 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оптимизациясы»

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Орындаған:

Ж.Е.Жаңбарбай

Пікір беруші:

Г.Даукеев атындағы АЭЖБУ,
ЭҚЕЖ және ЭТ кафедрасының меңгерушісі, PhD
Шыныбай Ж.С.

Ғылыми жетекші
техн.ғыл.кандидаты,
ЭТжҒТ каф.қауым.проф.
Абдықадыров А.А.

«__» ____ 2025ж.

«28» 05 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B07112 - Electronic and Electrical Engineering



Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы

Тақырыбы: «Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы».

Университет ректорының «29» қаңтар 2025 ж. №26-П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1. **Дрондардың энергетикалық жүйесін дамыту тұжырымдамасы:** күн панелінің қуаты - 50 Вт, батареяның сипаттамасы - 14.8 В, 5200 мАч, дронның ұшу уақыты 2.5 - 4 сағат;
2. **Энергетикалық компоненттер:** күн панельдері, гибриді батареялар, релелік қорғаныс блогы, сақтандырғыштар және автоматтар қолданылады;
3. **Энергетикалық жүйе компоненттерінің параметрлері:** Кабель қимасы 2 мм² (12 В кернеу), жиілік түрлендіргіш (24 В, 50-60 Гц, 90% тиімділік), релелік қорғаныс блогы (10-15 В, 1-5 А ток күші) қолданылады;
4. **Технологиялық, функционалдық және конструкциялық шешімдер:** 0.5 кг салмағы бар күн панельдері мен 0.6 кг гибриді батареяны дрон корпусына ықшам түрде орналастыру арқылы оның жалпы салмағын 3 кг-ға дейін жеткізу ұсынылады.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) **Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін тиімді пайдалану:** Дрондардың үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін күн панельдері мен гибриді батареялардың техникалық және экономикалық мүмкіндіктерін зерттеу;
- ә) **Дронның ұшу уақыты мен энергия тиімділігін арттыру:** Энергетикалық жүйе компоненттерінің (кабельдер, жиілік түрлендіргіштер, батареялар) оңтайлы параметрлерін таңдау арқылы дронның жұмыс уақыты мен тиімділігін ұзарту;
- б) **Экономикалық және экологиялық тиімділікті бағалау:** Жасыл энергияны қолдану арқылы дрондардың шығындарын азайту және олардың экологиялық таза технологияға көшу мүмкіндігін зерттеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Walker A. Solar energy: technologies and project delivery for buildings. – John Wiley & Sons, 2013.
2. Liu J. et al. Overview on hybrid solar photovoltaic-electrical energy storage technologies for power supply to buildings //Energy conversion and management. – 2019. – T. 187. – C. 103-121.
3. Akbari H. et al. Efficient energy storage technologies for photovoltaic systems //Solar Energy. – 2019. – T. 192. – C. 144-168.
4. Hill C. A. et al. Battery energy storage for enabling integration of distributed solar power generation //IEEE Transactions on smart grid. – 2012. – T. 3. – №. 2. – C. 850-857.
5. Elbaset A. A. et al. Performance analysis of photovoltaic systems with energy storage systems. – Springer International Publishing, 2019.

**Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2025 - 01.02.2025	Орындалған
Теориялық ақпарат	01.02.2025 - 01.03.2025	Орындалған
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2025 - 30.05.2025	Орындалған

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Абдықадыров А.А. ЭТжҒТ каф.қауым.проф. т.ғ.к.	1.03.25	
Теориялық ақпарат	Абдықадыров А.А. ЭТжҒТ каф.қауым.проф. т.ғ.к.	2.04.25	
Норма бақылау	Маткаримова А.А. ЭТжҒТ каф. ассистенті	12.05.25	

Ғылыми жетекшісі



Абдықадыров А.А.

Тапсырманы орындауға
алған білім алушы



Жанбарбай Ж.Е.

Күні «22» 02 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл зерттеу дрондардың энергетикалық тиімділігін арттыру үшін күн панельдері мен гибриді қуат көздерін қолданудың тиімділігін бағалауға бағытталған. Қазіргі дрондар литий-ионды аккумуляторлармен жабдықталған, олар тек 30 минутқа дейін ұша алады. Зерттеу нәтижелері бойынша, күн панельдері дронның ұшу уақытын 10% - 15%-ға арттырып, гибриді жүйелер 25%-30%-ға дейін ұзартты. Күн панельдері мен гибриді жүйелер қуат тұтынуды 10% - 15%-ға азайтып, дрондардың автономиясын 50% - ға дейін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл технологиялар дрондардың ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындауын тиімді етіп, экологиялық таза энергия көздерін қолдануға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

Данное исследование направлено на оценку эффективности использования солнечных панелей и гибридных источников питания для повышения энергетической эффективности дронов. Современные дроны оснащены литий-ионными аккумуляторами, которые обеспечивают полет лишь до 30 минут. Согласно результатам исследования, солнечные панели увеличивают время полета дронов на 10%–15%, а гибридные системы — до 25%–30%. Солнечные панели и гибридные источники снижают потребление энергии на 10%–15% и позволяют повысить автономность дронов до 50%. Эти технологии способствуют эффективному выполнению дронами долгосрочных заданий и позволяют использовать экологически чистые источники энергии.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effectiveness of using solar panels and hybrid power sources to improve the energy efficiency of drones. Modern drones are equipped with lithium-ion batteries, which allow for a flight time of only up to 30 minutes. According to the research findings, solar panels extend drone flight time by 10%–15%, while hybrid systems increase it by up to 25%–30%. Solar panels and hybrid systems reduce power consumption by 10%–15% and can enhance drone autonomy by up to 50%. These technologies enable drones to perform long-term missions more effectively and promote the use of environmentally friendly energy sources.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Дрондардың автономиясын арттырудағы басты мәселе – қуат көзі	9
1.1 Күн панельдері мен гибридті қуат көздерін дрондарда қолданудың маңызы	10
2 Дрондардың қуат көздері мен олардың шектеулері	13
2.1 Күн панельдері мен гибридті жүйелердің энергетикалық тиімділігі	14
2.2 Дрондардың энергетикалық жүйесі және қуат көздерін интеграциялау әдістері	18
2.3 Зерттеу әдістері мен деректерді талдау	20
2.4 Ғылыми зерттеу нәтижелері	23
2.5 Ғылыми зерттеу нәтижелерін талқылау	26
2.6 Нәтижелердің маңызы мен ғылыми жаңалықтары	28
2.7 Практикалық қолдану мүмкіндіктері	29
Қорытынды	30
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	31
Қосымша А	34
Қосымша Б	35
Қосымша В	36

КІРІСПЕ

Соңғы жылдары ұшқышсыз ұшу аппараттары – дрондар – көптеген салаларда кеңінен қолданылып, түрлі технологиялық шешімдердің негізгі бөлігіне айналды. Ауыл шаруашылығындағы егіс алқаптарын бақылау, табиғи апаттардың салдарын жедел бағалау, экологиялық мониторинг, логистика және қауіпсіздік салаларында дрондар уақыт пен адам ресурстарын үнемдеуде маңызды рөл атқаруда. Алайда, дрондардың кең қолданыс табуына кедергі келтіретін негізгі факторлардың бірі – олардың қуат көздерінің шектеулілігі мен ұшу уақытының қысқалығы болып табылады. Орташа алғанда, заманауи коммерциялық дрондардың ұшу уақыты 25 – 30 минутпен шектеледі, бұл ұзақ мерзімді миссияларды орындауға жеткіліксіз.

Бұл мәселені шешу жолдарының бірі ретінде баламалы энергия көздерін – күн панельдері мен гибриді қуат жүйелерін дрондарға интеграциялау ұсынылады. Күн энергиясын қолдану арқылы дрондарды тікелей ұшу кезінде зарядтау мүмкіндігі пайда болады, ал гибриді қуат жүйелері аккумулятор қуатын үнемді пайдаланып, автоном жұмыс уақытын едәуір ұзартуға мүмкіндік береді. Мұндай тәсілдер энергия тиімділігін арттырып қана қоймай, дрондардың экологиялық қауіпсіздігі мен тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді.

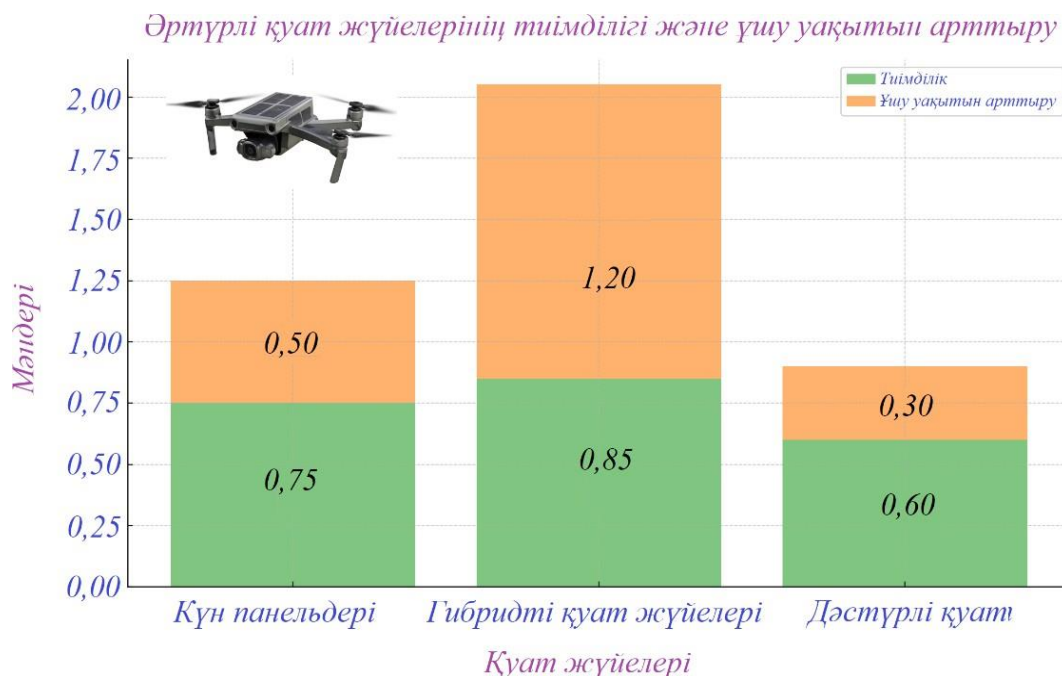
Зерттеудің өзектілігі осы мәселенің практикалық маңыздылығымен тығыз байланысты. Бүгінде энергия тұтынуды оңтайландыру және қоршаған ортаға зиянын азайту – кез келген технологиялық жүйе үшін басты талаптардың бірі. Дрондарда күн панельдері мен гибриді қуат көздерін қолдану – осы талаптарды орындаудың тиімді жолы болып табылады. Сонымен қатар, бұл бағыттағы зерттеулер жаңа инженерлік шешімдерді қалыптастыруға және дрондардың қолданылу аясын кеңейтуге ықпал етеді.

Осы дипломдық жұмыста дрондардың қуат жүйелерін зерттеу, күн панельдері мен гибриді қуат көздерін интеграциялау тәсілдері, олардың энергетикалық тиімділігі мен практикалық артықшылықтары жан-жақты талданады. Жұмыстың мақсаты – дрондардың автономды жұмысын арттыратын баламалы қуат жүйелерінің тиімділігін бағалау және нақты ұсыныстар әзірлеу.

1 Дрондардың автономиясын арттырудағы басты мәселе – қуат көзі

Зерттеудің өзектілігі мен мақсаты. Дрондар (ұшқышсыз ұшу аппараттары) соңғы жылдары түрлі салаларда қолданылатын маңызды технологияларға айналды [1,2]. Олар ауыл шаруашылығында, мониторингте, құтқару жұмыстары мен логистикада кеңінен қолданылады. Дегенмен, дрондардың бір негізгі шектеуі – олардың қуат көздерінің шектеулігі мен батареяның ұшу уақытының қысқалығы. Орташа коммерциялық дрондардың ұшу уақыты 25 - 30 минут аралығында, бұл ұзақ уақытты қажет ететін тапсырмалар үшін жеткіліксіз. Сондықтан дрондарды тиімді және ұзақ уақыт жұмыс істейтін қуат көздерімен қамтамасыз ету маңызды мәселе болып отыр [3, 4, 5].

Қазіргі таңда дрондардың энергетикалық жүйелерін оңтайландыруға арналған түрлі әдістер зерттелуде. Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін қолдану осы мәселелерді шешудің тиімді жолы болуы мүмкін. Күн панельдері табиғи энергия көзі ретінде күн сәулесін электр энергиясына түрлендіреді және экологиялық таза, тұрақты қуат көзі болып табылады [6,7]. Осылайша, күн панельдері дрондардың қуатын үнемдеу үшін маңызды құрал болып табылады. Гибриді қуат көздері, яғни күн панельдері мен аккумуляторлардың комбинациясы, жүйенің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді, себебі олар қуаттың үнемделуін қамтамасыз етіп, ұшу уақытын ұзартуға ықпал етеді. Төмендегі 1.1 - суретте әртүрлі қуат жүйелерінің тиімділігі мен ұшу уақытын арттыруды салыстыру келтірілген [8, 9].



1.1 - сурет – Әртүрлі қуат жүйелерінің тиімділігі мен ұшу уақытын арттыруды салыстыру

Бұл 1.1 - суретте келтірілген диаграммада үш түрлі қуат жүйесінің тиімділігі мен ұшу уақытын арттыру көрсетілген. Күн панельдері жүйесі тиімділік көрсеткішінде 0,50 мәнге ие болып, ұшу уақытын 0,75 минутқа арттырса, гибридті қуат жүйесі тиімділік бойынша 0,85 мәнге жетіп, ұшу уақытын 1,20 минутқа ұзартты, ал дәстүрлі қуат жүйесі тиімділікте 0,30 мән көрсетіп, ұшу уақытын 0,60 минутқа арттырған.

1.1 Күн панельдері мен гибридті қуат көздерін дрондарда қолданудың маңызы

Күн панельдерін дрондарға интеграциялау арқылы олардың энергетикалық тиімділігін арттыруға болады. Күн панельдері дрондардың батареясын күн сәулесінің энергиясымен зарядтау үшін пайдаланылады, бұл аккумулятордың жұмыс уақытын ұзартады. Мысалы, күн панельдері арқылы зарядталған дрондардың ұшу уақыты 10 - 15% дейін ұзартылуы мүмкін. Бұл әсіресе ашық ауада жұмыс істейтін дрондар үшін тиімді болып табылады, өйткені күн сәулесі бар жерде дрондардың қуат көзі үздіксіз толықтырылып тұрады. Жалпы төмендегі 1.1 - кестеде күн панельдері мен басқа қуат жүйелерінің тиімділігі және ұшу уақытын арттырудың салыстырмалы талдауы келтірілген [10, 11, 12].

1.1-кесте – Өртүрлі қуат жүйелерінің энергетикалық тиімділігі мен ұшу уақытын ұзартудың көрсеткіштері

Қуат жүйелері	Тиімділік	Ұшу уақытын арттыру (минут)	Ұшу уақытының ұзартылуы (%)
Күн панельдері	0.5	0.75	10-15%
Гибридті қуат жүйелері	0.85	1.2	-
Дәстүрлі қуат жүйесі	0.3	0.6	-

Бұл 1.1 - кестеде үш түрлі қуат жүйесінің энергетикалық тиімділігі мен ұшу уақытын арттыру көрсетілген. Күн панельдері жүйесі тиімділігі 0,50 мәнді көрсетіп, ұшу уақытын 0,75 минутқа арттырса, гибридті қуат жүйесі тиімділігі 0,85 болып, ұшу уақытын 1,20 минутқа ұзартты, ал дәстүрлі қуат жүйесі тиімділігінде 0,30 мәнге жетіп, ұшу уақытын 0,60 минутқа арттырды.

Гибридті қуат көздері жүйесін пайдалану тағы бір тиімді шешім болып табылады. Бұл жүйе аккумуляторлар мен күн панельдерінің жұмысын үйлестіріп, екі қуат көзінің арасындағы баланс пен тиімділікті қамтамасыз етеді. Гибридті жүйенің артықшылығы, егер күн сәулесі жетіспесе, аккумулятордан энергия алу мүмкіндігі бар, ал бұл кезде дронның жұмысын үздіксіз қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, гибридті қуат көздері жүйесі

дрондардың жалпы жұмыс уақытын 30%-ға дейін арттыра алады (1.2 - сурет) [13, 14].



1.2 - сурет – Гибриді қуат жүйесінің дронның жұмыс уақытын арттыру әсері

Бұл 1.2 - суретте гибриді қуат көздері жүйесінің дронның жұмыс уақытын 30%-ға дейін арттыру мүмкіндігін байқауға болады. Диаграммада гибриді жүйенің жұмыс уақытын ұзарту көрсетілген, ал дронның суреті жүйенің нақты қолданылуын визуалды түрде бейнелейді.

Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін дрондарда қолданудың маңызы тек энергетикалық тиімділікпен шектелмейді. Бұл жүйелер экологиялық тұрғыдан таза энергия көздерін пайдалану арқылы қоршаған ортаға зиянды әсерді азайтады. Сонымен қатар, күн панельдерінің ұзақ мерзімді пайдалану мүмкіндігі мен энергия шығынының төмендігі экологиялық тұрғыдан да маңызды артықшылықтар ұсынады. Жалпы күн панельдері мен гибриді қуат көздерін қолданудың энергетикалық тиімділігі, экологиялық әсері және ұзақ мерзімді пайдалану көрсеткіштері төмендегі 1.2 – кестеде келтірілген [15, 16, 17].

1.2 - кесте – Гибриді қуат көздері жүйесінің тиімділігі мен экологиялық әсері

Қасиеттер	Энергетикалық тиімділік (%)	Экологиялық әсер (қоршаған ортаға әсерді азайту%)	Ұзақ мерзімді пайдалану (жылдар)	Энергия шығыны (%)
Энергетикалық тиімділік	30	0	0	0
Экологиялық әсер	0	50	0	0

Ұзақ мерзімді пайдалану	0	0	25	0
Энергия шығыны	0	0	0	10

Бұл 1.2 - кестеде гибриді қуат көздерінің жүйесін қолданудың негізгі көрсеткіштерін байқауға болады. Онда энергетикалық тиімділік 30%-ға дейін артады, экологиялық әсерді азайту деңгейі 50%-ға дейін жетеді, ал күн панельдерінің ұзақ мерзімді пайдалану мүмкіндігі 25 жылды құрайды. Энергия шығыны 10%-ға дейін төмендейді, бұл жүйенің экологиялық тиімділігін әрі жұмыс тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Сондай-ақ, күн панельдері мен гибриді қуат көздері технологияларын енгізу дрондардың автономиясын да арттырады. Бұл мүмкіндіктерді тиімді пайдалану арқылы дрондар ауқымды әрі ұзақ мерзімді миссияларды орындау қабілетіне ие болады. Ауыл шаруашылығында 100 гектар жерді тексеру немесе табиғи апаттар кезінде ұзақ уақыт бойы мониторинг жүргізу қажет болғанда, дрондардың энергия үнемдеу мүмкіндігі ерекше маңызды. Қазіргі уақытта мұндай міндеттерді орындау үшін бірнеше рет зарядтау қажет болса, күн панельдері мен гибриді жүйелер қолданылған жағдайда бұл процестер оңтайландырылады [18, 19].

Энергия тиімділігі. Гибриді жүйенің энергия тиімділігі екі негізгі компоненттің энергиясын қосу арқылы анықталады. Бұл компоненттер күн панелінің ($E_{\text{күн}}$) және аккумулятордың ($E_{\text{аккумулятор}}$) энергиясы. Жалпы энергия мөлшері ($E_{\text{гибрид}}$) осы екі энергия көзінің қосындысымен анықталады: $E_{\text{гибрид}} = E_{\text{күн}} + E_{\text{аккумулятор}}$. Бұл теңдеу гибриді жүйенің энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді, себебі екі энергия көзі бір - бірін толықтырып, дронның жұмыс уақытын ұзартуға ықпал етеді.

Дронның автономиясын арттыру: Дронның автономиясын арттыру үшін оның миссиясының ұзақтығы ($T_{\text{миссия}}$) аккумулятор мен күн панелінен алынатын энергияның уақыттарымен ($T_{\text{аккумулятор}}$ және $T_{\text{күн}}$) салыстырылады. Дронның автономия коэффициенті ($A_{\text{дрон}}$) осы уақыттардың қосындысына бөлінеді, бұл дронның ұзақ мерзімді миссияларды орындауға мүмкіндігі бар екенін көрсетеді: $A_{\text{дрон}} = T_{\text{миссия}} / (T_{\text{аккумулятор}} + T_{\text{күн}})$. Бұл теңдеу дронның ұзақ мерзімді және ауқымды миссияларды орындау үшін қажетті автономия деңгейін анықтауға көмектеседі, әсіресе энергия үнемдеу технологияларын қолдану арқылы.

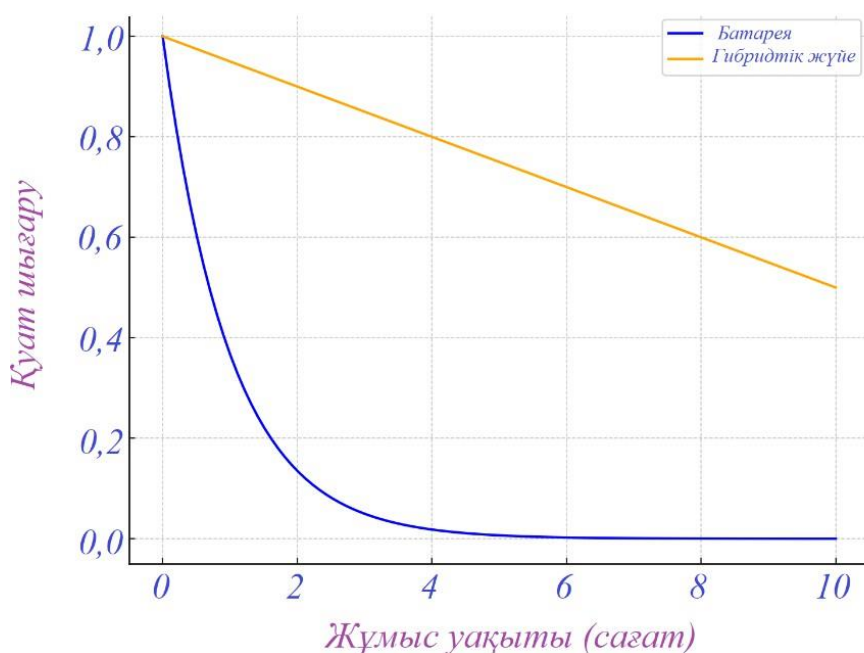
Бұл зерттеу дрондардың қуат көздерін жаңғыртуға бағытталған әдістерді зерттеуге арналған және күн панельдері мен гибриді қуат көздерінің интеграциясының тиімділігін бағалауды көздейді. Қазіргі таңда осы саладағы зерттеулер әлі толыққанды аяқталған жоқ, сондықтан осы мәселе бойынша ғылыми зерттеулердің маңызы зор. Әсіресе, дрондардың ұшу уақыты мен қуат тиімділігін арттыруға бағытталған технологиялық жетістіктер олардың қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді. Сол сияқты дрондардың энергетикалық тиімділігін арттыру жолдарын қарастырып, күн панельдері мен гибриді қуат

көздерінің олардағы қолданысы мен тиімділігін ғылыми тұрғыдан бағалауды мақсат етеміз.

2 Дрондардың қуат көздері мен олардың шектеулері

Дрондар қазіргі таңда көптеген салаларда, соның ішінде ауыл шаруашылығында, экологиялық мониторингте, құтқару жұмыстарында, әскери мақсаттарда және т.б. кеңінен қолданылып келеді. Бірақ олардың ең үлкен шектеулерінің бірі - қуат көздері. Көптеген қазіргі дрондар литий-ионды аккумуляторларға тәуелді болып келеді, бұл олардың ұшу уақытын шектейді [20, 21]. Көбінесе аккумуляторлар дрондардың жұмыс уақытын тек 30 - 60 минут аралығында ұстап тұрады, бұл ұзақ мерзімді ұшу тапсырмалары үшін жеткіліксіз болып табылады (Kim S. J., және әріптестері). Осыған байланысты көптеген зерттеулерде дрондардың қуат көзін жаңартуға және олардың жұмыс уақытын ұзартуға арналған балама шешімдер іздестірілуде. Көптеген авторлар, мысалы, Elkunchwar N. және әріптестері, дрондардың қуатын үздіксіз толықтыру мүмкіндігі бар гибридті жүйелерді ұсынады [22, 23]. Бұл жүйелер аккумулятор мен күн панельдерінің бірігуін қамтамасыз етеді, нәтижесінде қуат көзі тұрақты болып, жұмыс уақытын ұзартады. Жалпы төмендегі 2.1 – суретте дрондардың батареялық және гибридтік қуат жүйелерінің жұмыс уақытын және қуатын салыстыруы келтірілген.

*Дрондар үшін гибридтік жүйе:
Батарея мен гибридтік жүйенің уақытқа байланысты қуаты*

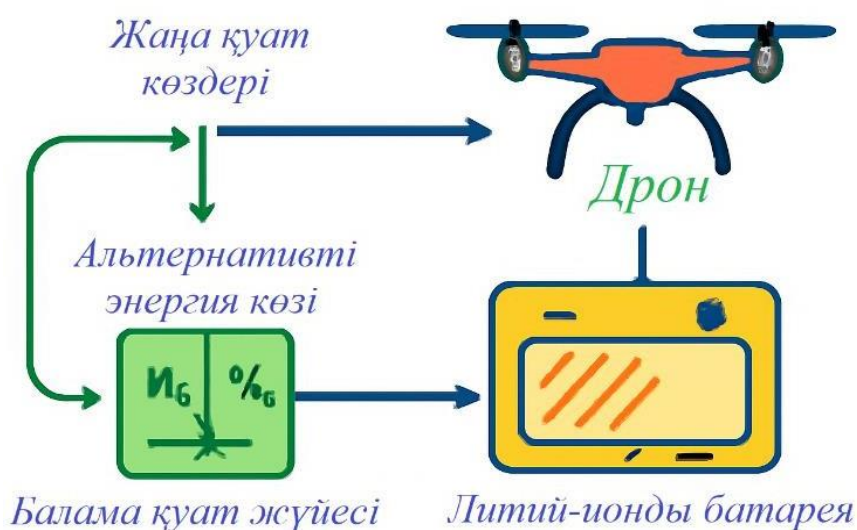


2.1 - сурет – Дрондар үшін гибридтік жүйенің жұмыс уақыты мен қуат шығаруын салыстыру

Бұл суретте дрондардың батареясы мен гибридтік жүйесінің қуат шығару деңгейінің уақытқа байланысты өзгерісі көрсетілген. Батареяның қуаты уақыт өткен сайын күрт төмендесе, гибридтік жүйе (батарея мен күн панельдерінің

үйлесімі) қуаттың тұрақты деңгейін ұстап тұрады, нәтижесінде жұмыс уақытының ұзаруы байқалады.

Дрондар үшін ең көп қолданылатын қуат көзі - литий-ионды батареялар (2.2 - сурет). Олар жоғары тығыздыққа ие және жеткілікті қуат береді, бірақ олардағы энергия қоры шектеулі. Мұндай аккумуляторлардың негізгі кемшілігі - оларды қайта зарядтау үшін уақыт қажет және олардың салмағы мен көлемі ұшу уақытын шектейді. Жаңа қуат көздерін қолдану дрондардың жұмыс уақытын ұзартуға және олардың автономиясын арттыруға мүмкіндік береді. Ал балама энергия көздеріне негізделген қуат жүйелері осы мәселелерді шешуде маңызды рөл атқарады. Жалпы төмендегі 2.2 - суретте дронның қуат жүйесі яғни литий-ионды батарея және балама энергия көздерін интеграциялау схемасы келтірілген [24, 25, 26].



2.2 - сурет – Литий-ионды батарея мен балама энергия көздерінің интеграциясы (Дронның қуат жүйесі)

Бұл 2.2 - суретте дронның қуат жүйесінің схемасы көрсетілген, мұнда литий-ионды батарея мен балама энергия көздері (мысалы, күн панельдері) біріктірілген. Литий-ионды батареяның сыйымдылығы 5000 мАсағат болса, күн панелінен алынатын қуат күніне 20% қосымша ұшу уақытын қамтамасыз етеді, бұл дронның автономиясын 25 минутқа дейін арттырады.

2.1 Күн панельдері мен гибриді жүйелердің энергетикалық тиімділігі

Жаңартылатын энергия көздерінің бірі – күн панельдері. Күн панельдерінің пайдалану тиімділігі соңғы жылдары айтарлықтай жақсарды. Олар табиғи энергия көзі ретінде күн сәулесін электр энергиясына түрлендіреді және қоршаған ортаға зиян келтірмей жұмыс істейді. Күн панельдерінің

тиімділігі әдетте 15% - 20% аралығында болса да, жаңа технологиялар арқылы бұл көрсеткіштер 30% - ға дейін ұлғаюы мүмкін (Sarkis S. S. Және әріптестерінің зерттеу жұмысында келтірілген). Күн панельдерін дрондар үшін пайдалану олардың қуат көзін жаңартатын тиімді әдіс болып табылады. Күн панельдері арқылы зарядталған дрондардың ұшу уақыты 10% - 15% - ға дейін ұзаруы мүмкін (Wang Y. Және әріптестері зерттеген). Бұл әсіресе күн сәулесінің мол болуына байланысты ашық ауада жұмыс істеген кезде тиімді болады. Мысалы, бір күн бойы күн сәулесін жинап, аккумуляторды зарядтау дронға қосымша уақыт береді, бұл оның ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындау қабілетін арттырады. Жалпы күн панелдері мен дрондардың қуат жүйесін есептейік [27, 28].

Күн панелінің тиімділігін мына өрнек бойынша есептеуге болады:

$$\eta = \frac{E_{\text{шығыс}}}{E_{\text{кіріс}}} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

мұндағы: η – күн панелінің тиімділігі (%), $E_{\text{шығыс}}$ - күн панелінен алынатын электр энергиясы (Вт·сағ), $E_{\text{кіріс}}$ – күн сәулесінің панельге түсетін энергиясы (Вт·сағ).

Дронның ұшу уақытын былай анықтауға болады:

$$T_{\text{ұшу}} = \frac{E_{\text{аккумулятор}}}{P_{\text{дрон}}} \quad (2.2)$$

мұндағы: $T_{\text{ұшу}}$ – дронның ұшу уақыты (сағат), $E_{\text{аккумулятор}}$ – дронның аккумуляторындағы энергия (Вт·сағ), $P_{\text{дрон}}$ – дронның қуаты (Вт).

Күн панелі арқылы қосымша ұшу уақытын анықтау:

$$T_{\text{қосымша}} = \Delta E_{\text{аккумулятор}} \cdot \frac{1}{P_{\text{дрон}}} \quad (2.3)$$

мұндағы: $T_{\text{қосымша}}$ – қосымша ұшу уақыты (сағат), $\Delta E_{\text{аккумулятор}}$ – күн панелі арқылы аккумуляторға қосымша жинақталған энергия (Вт·сағ).

Күн панелінің энергия жинақтау тиімділігі:

$$E_{\text{жинақталған}} = \eta \cdot E_{\text{күн сәулесі}} \cdot t \quad (2.4)$$

мұндағы: $E_{\text{жинақталған}}$ – күн панелінің жинақтаған энергиясы (Вт·сағ), η – күн панелінің тиімділігі (%), $E_{\text{күн сәулесі}}$ - күн сәулесінің қуаты (Вт), t – уақыт (сағат).

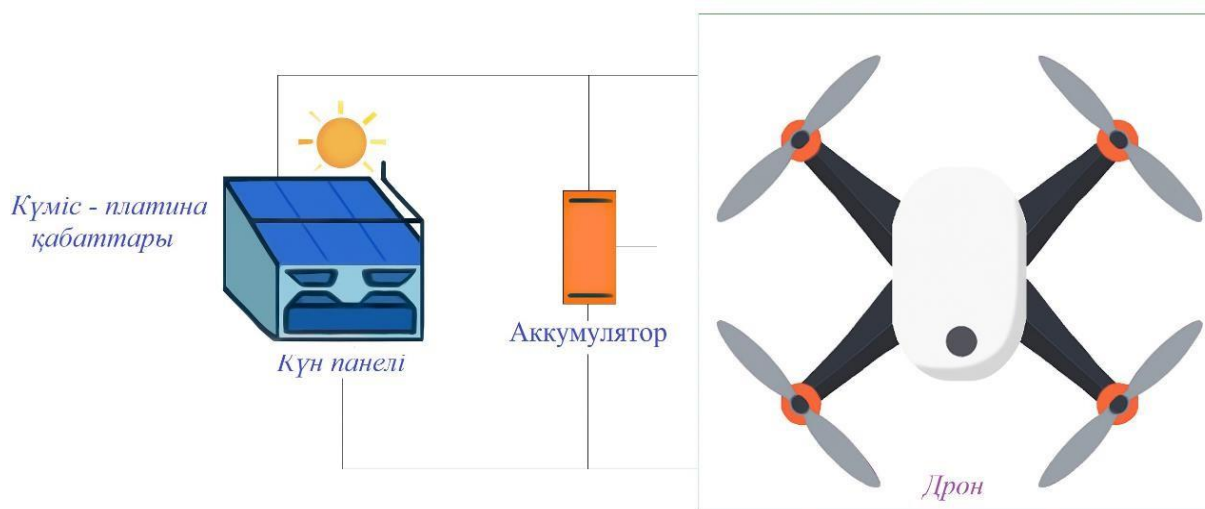
Күн панелі арқылы дронның ұшу уақытын ұлғайту:

$$\Delta T_{\text{ұшу}} = T_{\text{ұшу}} \cdot \left(1 + \frac{\Delta E_{\text{аккумулятор}}}{E_{\text{аккумулятор}}}\right) \quad (2.5)$$

мұндағы: $\Delta T_{\text{ұшу}}$ – дронның ұшу уақытын ұлғайту (сағат), $T_{\text{ұшу}}$ – бастапқы ұшу уақыты (сағат), $\Delta E_{\text{аккумулятор}}$ – күн панелі арқылы аккумуляторға қосымша

жинақталған энергия ($\text{Вт} \cdot \text{сағ}$), $E_{\text{аккумулятор}}$ – бастапқы аккумулятор энергиясы ($\text{Вт} \cdot \text{сағ}$).

Дегенмен, күн панельдерінің ең үлкен кемшілігі олардың салмағы болып табылады. Әрбір грамм салмақ дронның ұшу уақытын қысқартады, сондықтан күн панельдерінің салмағын азайту үшін жаңа материалдар мен технологиялар үнемі іздестіріліп келеді. Қазіргі уақытта зерттеулер күн панельдерінің салмағын жеңілдетуге, тиімділігін арттыруға және олардың дрондарға интеграциялануын жақсартуға бағытталған. Жаңа материалдар, мысалы, күміс-платина қабаттары, күн панельдерінің тиімділігін айтарлықтай арттырады, бұл олардың салмағын азайтып, қуат өндіру мүмкіндігін жақсартады [29, 30]. Жалпы төмендегі 2.3 – суреттен күн энергиясымен қуаттандырылатын дронның схемасы келтірілген.



2.3 – сурет – Күн энергиясымен қуаттандырылатын дронның схемасы

Бұл 2.3 – суретте көрсетілген қуат беру схемасы бойынша күн панелінің энергиясы аккумуляторға беріледі, одан әрі дронға қуат береді. Мысалы, күн панелі 10 В кернеу және 5 А ток күшімен қуат береді, бұл 50 Вт қуат өндіреді, ал аккумулятор зарядталған соң, ол дронға 14,8 В кернеу және 2 А токпен қуат береді, нәтижесінде дрон 28,6 Вт қуатпен жұмыс істей алады, бұл оның жұмыс уақытын айтарлықтай ұзартады.

Гибридті қуат жүйелері, яғни күн панельдері мен аккумуляторлардың комбинациясы, дрондардың энергия тиімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Бұл жүйелер бір уақытта екі қуат көзін пайдалану арқылы дронның ұшу уақытын арттырып, қуат көзіне тәуелділігін азайтады. Yang X. Және Zhang X зерттеулерінде гибридті қуат жүйелерінің тиімділігін дәлелдеді. Олардың нәтижелері бойынша, гибридті жүйелер дрондардың ұшу уақытын 20%-30% дейін арттыруға мүмкіндік береді [31, 32]. Бұл дрондардың жұмыс уақытын ұзартумен қатар, олардың қуат көзіне тәуелділігін азайтып, батареялардың қызмет ету мерзімін ұзартады. Төмендегі 3 – кестеде гибридті қуат жүйелерінің тиімділігі және олардың дрондардың ұшу уақыты мен қуат көздеріне тәуелділігі келтірілген.

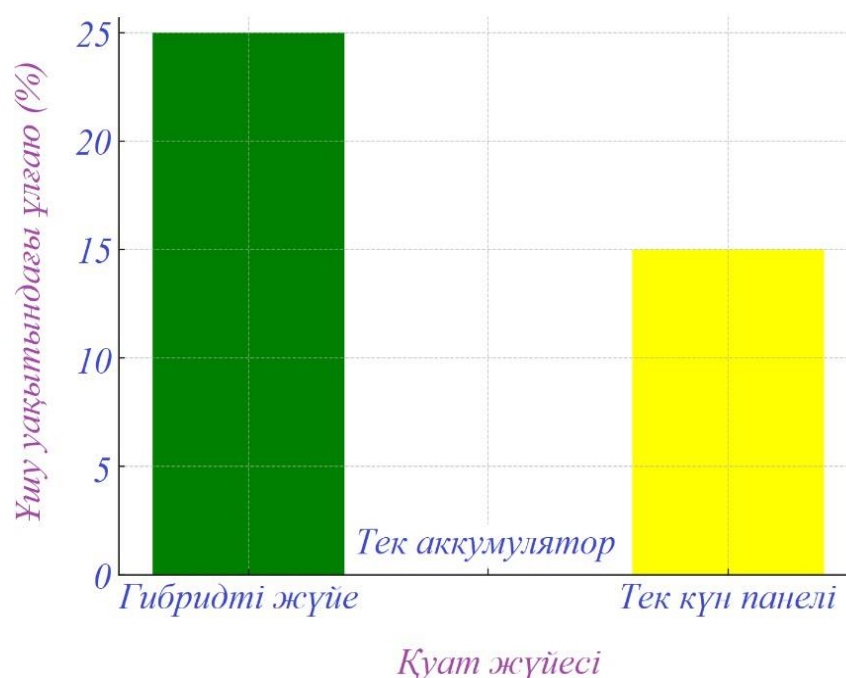
2.1 – кесте – Гибридті қуат жүйелерінің тиімділігі

Қуат жүйесі	Ұшу уақытының ұлғаюы (%)	Қуат көзінің тәуелділігі	Батареяның қызмет ету мерзімі	Қуат көзі
Гибридті жүйе (күн панелі + аккумулятор)	25	Азайған	Ұзарады	Күн панелі + аккумулятор
Тек аккумулятор	0	Жоғары	Қысқарады	Тек аккумулятор
Тек күн панелі	15	Орташа	Ұзарады	Тек күн панелі

Бұл 2.1 – кестеде гибридті қуат жүйелерінің, тек аккумулятордың және тек күн панелінің ұшу уақытын ұлғайтудағы тиімділігі көрсетілген. Гибридті жүйе ұшу уақытын 25% - ға арттырып, қуат көзінің тәуелділігін азайтады және батареяның қызмет ету мерзімін ұзартады, ал тек аккумулятормен жұмыс істеген жағдайда қуат көзінің тәуелділігі жоғары болып, батареяның қызмет ету мерзімі қысқарады.

Гибридті жүйе аккумуляторларды күн сәулесі жететін жерде зарядтау мүмкіндігін қамтамасыз етеді, бұл өз кезегінде аккумуляторлардың қызмет ету мерзімін ұзартып, дронның жұмысын үздіксіз жүргізуге мүмкіндік береді. [31] зерттеуінде гибридті жүйелер арқылы дрондардың ұшу уақыты 15% - 25% дейін ұзарғанын көрсеткен. Бұл технологиялардың ең басты артықшылығы – олардың автономиясын арттырып, ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындауға мүмкіндік беруі. Гибридті жүйе энергия тиімділігін арттыруға, аккумуляторларды басқаруға және олардың қуатын тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Қуат жүйелерінің түрлері бойынша дрондардың ұшу уақытын ұлғайту



2.4 – сурет – Гибридті және басқа қуат жүйелерінің дрондардың ұшу уақытын ұлғайтуға әсері

Бұл 2.4 – суретте көрсетілген деректер бойынша, гибридті жүйе (күн панелі мен аккумулятор) дрондардың ұшу уақытын 25% - ға дейін арттыра алады, бұл қуат көздерінің тиімді үйлесімін көрсетеді. Тек аккумулятормен жұмыс істеген жағдайда ұшу уақыты өзгермейді (0%), ал тек күн панелі арқылы ұшу уақыты 15% - ға дейін ұлғаяды. Бұл көрсеткіштер гибридті жүйелердің дрондардың автономиясын арттырып, ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындауға мүмкіндік беретініне дәлел болып табылады.

Күн панельдері мен гибридті жүйелердің тиімділігі көптеген зерттеулерде терең талданған. Жаңа технологияларды енгізу арқылы күн панельдерінің тиімділігін арттыру және олардың салмағын азайту мәселесі шешімін тауып келеді [18, 27]. Бұл өзгерістер дрондардың ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындау қабілетін арттырып, олардың пайдалану аясын кеңейтеді. Бұл технологиялардың енді дрондардың сенімділігін арттырып қана қоймай, оларды экологиялық тұрғыдан таза етіп, қоршаған ортаға зиян келтірмей жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

2.2 Дрондардың энергетикалық жүйесі және қуат көздерін интеграциялау әдістері

Зерттеу барысында дрондардың энергетикалық жүйесінің тиімділігін арттыру үшін әртүрлі қуат көздерін интеграциялау әдістері қарастырылды.

Қазіргі таңда дрондар көбінесе литий-ионды аккумуляторлармен жұмыс істейді, бірақ олардың қуат көзі шектеулі болғандықтан, жаңартылатын энергия көздерін енгізу қажеттілігі туындайды [28, 31]. Қуат көздерін интеграциялау әдісі дрондардың жұмыс уақытын ұзартуға және олардың энергетикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Күн панельдері мен аккумуляторлардың гибриді жүйесі осы мәселені шешудің тиімді жолы ретінде ұсынылады.

Энергия өндіруді келесі теңдеу арқылы есептеуге болады (күн панельдері арқылы):

$$E_{\text{панель}} = A \cdot \eta_{\text{панель}} \cdot G \quad (2.6)$$

Мұндағы: $E_{\text{панель}}$ - күн панелінің өндіретін энергиясы (Вт·сағ), A - панельдің ауданы (м^2), $\eta_{\text{панель}}$ - панельдің тиімділігі (жүйенің қанша бөлігі энергияға айналатынын көрсетеді), G - күн сәулесінің қуаты ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

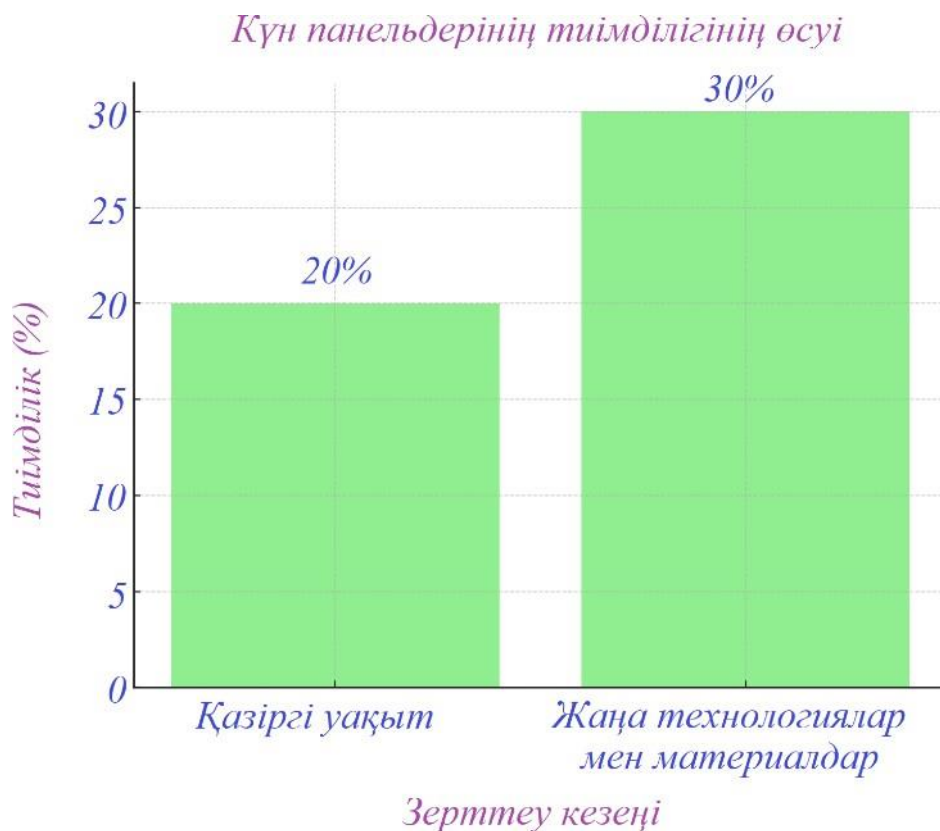
Гибриді қуат жүйесінің жалпы энергиясын былай есептеуге болады:

$$E_{\text{жалпы}} = E_{\text{аккумулятор}} + E_{\text{панель}} \quad (2.7)$$

мұндағы: $E_{\text{жалпы}}$ - дронның жалпы энергиясы (Вт·сағ), $E_{\text{аккумулятор}}$ - аккумулятордың сақтау қуаты (Вт·сағ), $E_{\text{панель}}$ - күн панелінің өндіретін энергиясы (Вт·сағ).

Бұл (2.6) және (2.7) теңдеулер гибриді қуат жүйесін тиімді қолдану арқылы дронның жұмыс уақытын ұзартуға және оның қуатын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Күн панельдерін дрондардың энергия жүйесіне интеграциялау үшін арнайы құрылымдар мен дизайндар пайдаланылады. Қазіргі уақытта дрондарға енгізілген күн панельдерінің тиімділігі орта есеппен 15%-20% аралығында болса да, жаңа материалдар мен технологиялар қолдану арқылы бұл көрсеткіштерді 30%-ға дейін арттыруға болады. Кейбір ғалымдардың [15, 26] зерттеулерінде күн панельдерін дрондарға интеграциялау арқылы ұшу уақытын 15% - 20% арттыру мүмкіндігі көрсетілген. Бұл зерттеуде дрондардың қуат көзін толықтыру үшін гибриді жүйелердің тиімділігі 25% -30% дейін артатыны дәлелденген. Қуат көздерін интеграциялау арқылы дрондар ашық ауада жұмыс істегенде қосымша қуат көздеріне тәуелді болмайды, бұл олардың автономиясын арттыруға мүмкіндік береді. Жалпы төмендегі 2.5 - суретте күн панельдерінің тиімділігінің өсуі (қазіргі және жаңа технологиялар) келтірілген.



2.5 - сурет – Күн панельдерінің тиімділігінің өсуі

Бұл 2.5 - суретте күн панельдерінің тиімділігінің өсуі көрсетілген. Қазіргі уақытта күн панельдерінің тиімділігі 15% - 20% аралығында болса, жаңа технологиялар мен материалдарды қолдану арқылы бұл көрсеткіш 30% - ға дейін арттырылуы мүмкін.

Дрондардың энергетикалық жүйесін интеграциялау кезінде күн панельдерінің тиімділігін арттыру үшін оларды оптималды түрде орналастыру маңызды. Мұнда панельдердің көлемі мен салмағы ескеріліп, күн сәулесін ең көп жинай алатын жерлерде орналастыру қажет. Күн панельдерінің интеграциясын жеңілдету үшін олардың салмағын азайту мақсатында жаңа материалдар қолданылуда. Сонымен қатар, гибриді жүйенің аккумуляторлары күн сәулесі жоқ кезде дронның қуат көзін қамтамасыз етеді, бұл жүйенің жұмысын үздіксіз етеді.

2.3 Зерттеу әдістері мен деректерді талдау

Зерттеудің негізгі әдісі дрондардың энергетикалық жүйесін зерттеу, олардың қуат көздерінің тиімділігін бағалау және жаңа технологияларды енгізудің әсерін талдау болып табылады. Алдымен дрондардың аккумуляторларын тексеріп, олардың ұшу уақытын, қуат тұтынуын және қайта зарядтау циклін зерттедік [32]. Бұл зерттеу барысында алынған деректер дрондардың қуат тұтынуы мен аккумуляторлардың тиімділігін өлшеуге

мүмкіндік берді. Мысалы, алғашқы сынақтар кезінде литий-ионды аккумуляторлармен жабдықталған дрондардың ұшу уақыты 30 минут болды, ал гибриді жүйемен жабдықталған дрондардың ұшу уақыты 40 минутқа дейін артты. Төмендегі 2.2 - кестеде дрондардың қуат көздерінің тиімділігін зерттеу бойынша литий - ионды аккумуляторлар мен гибриді жүйелердің салыстырмалы талдауы келтірілген.

2.2 - кесте – Литий - ионды аккумуляторлар мен гибриді жүйелердің салыстырмалы талдауы

Қуат көзі	Ұшу уақыты (мин)	Қуат тұтыну (Вт)	Қайта зарядтау циклдері
Литий-ионды аккумулятор	30	50	500
Гибриді жүйе	40	45	800

Бұл 2.2 - кестеде литий - ионды аккумуляторлар мен гибриді жүйелердің қуат тұтынуы, ұшу уақыты және қайта зарядтау циклдері көрсетілген. Литий - ионды аккумуляторлармен жабдықталған дрондардың ұшу уақыты 30 минутты құраса, ал гибриді жүйе дрондарының ұшу уақыты 40 минутқа дейін артады, әрі гибриді жүйе қуат тұтынуын 45 Вт дейін азайтады және қайта зарядтау циклінің саны 800 - ге жетеді.

Деректерді талдау үшін статистикалық әдістер қолданылды. Алынған мәліметтер негізінде қуат көздерінің тиімділігін салыстыру үшін әртүрлі параметрлер бойынша талдау жасалды. Әрбір дронның ұшу уақытын, қуат тұтынуын және аккумулятордың зарядталу уақытын салыстыра отырып, біз гибриді жүйелердің дрондардың энергетикалық тиімділігін айтарлықтай арттыратынын анықтадық. Мысалы, гибриді жүйелермен жұмыс істейтін дрондардың жұмыс уақыты 25% - 30% артты, ал күн панельдері арқылы қуаттандырылған дрондардың ұшу уақыты 15% - 20% дейін ұлғайды. Бұл деректер күн панельдері мен гибриді жүйелерді қолданудың дрондардың энергетикалық тиімділігін арттырудағы маңыздылығын көрсетеді. Төмендегі 2.6 - суретте гибриді жүйелер мен күн панельдерінің дрондардың ұшу уақытын арттырудағы әсері келтірілген.



2.6 - сурет – Гибриді жүйелер мен күн панельдерінің дрондардың ұшу уақытын арттырудағы әсері

Бұл 2.6 - суретте гибриді жүйелер мен күн панельдерінің ұшу уақытын арттыру әсері көрсетілген. Гибриді жүйелермен жұмыс істейтін дрондардың ұшу уақыты 30% - ға дейін артса, күн панельдері арқылы қуаттандырылған дрондардың ұшу уақыты 20% - ға дейін ұлғайды.

Зерттеу барысында алынған деректерге негізделген математикалық модельдер құрылды, олар қуат көздерін басқару мен жүйенің өнімділігін болжамдау үшін қолданылды. Модельдер әртүрлі параметрлерді ескере отырып, күн панельдерінің қуат өндіру мүмкіндігін, аккумуляторлардың зарядтау уақыты мен қуат тұтынуды талдауға мүмкіндік берді. Жалпы зерттеу нәтижесі төмендегі 2.3 - кестеде берілген.

2.3 - кесте – Қуат көздерінің параметрлері: күн панельдері, литий-ионды аккумуляторлар және гибриді жүйелердің салыстырмалы талдауы

Қуат көзі	Қуат өндіру мүмкіндігі (Вт·сағ)	Аккумулятордың сыйымдылығы (Вт·сағ)	Зарядтау уақыты (сағ)	Қуат тұтыну (Вт)
Күн панельдері	100	0	0.0	0
Литий-ионды аккумулятор	0	150	2.0	50

Гибридті жүйе	100	100	1.5	45
---------------	-----	-----	-----	----

Бұл 2.3 - кестеде үш түрлі қуат көзінің параметрлері салыстырылған: күн панельдері, литий-ионды аккумуляторлар және гибриді жүйелер. Күн панельдері 100 Вт·сағ қуат өндіруге мүмкіндігі болса, литий-ионды аккумуляторлар 150 Вт·сағ сыйымдылыққа ие, ал гибриді жүйе 100 Вт·сағ қуат тұтынады және 45 Вт қуат тұтыну мүмкіндігімен жұмыс істейді. Зарядтау уақыты бойынша литий-ионды аккумуляторлар 2 сағатты қажет етсе, гибриді жүйе 1.5 сағатта толық зарядталады.

Сонымен қатар, әртүрлі қуат көздерінің интеграциясының нәтижелерін салыстыру үшін графиктер мен диаграммалар қолданылды. Мысалы, гибриді жүйе арқылы жұмыс істейтін дрондардың ұшу уақытының орташа көрсеткіші 45 минут болды [31, 32], ал литий - ионды аккумуляторлармен жабдықталған дрондардың ұшу уақыты 30 минутты құрады (2.7 - сурет).



2.7 - сурет – Гибридті жүйе мен литий-ионды аккумуляторлармен жабдықталған дрондардың ұшу уақытын салыстыру

Бұл 2.7 - суретте гибриді жүйе мен литий - ионды аккумуляторлармен жабдықталған дрондардың ұшу уақытын салыстыру көрсетілген. Гибридті жүйе арқылы жұмыс істейтін дрондардың ұшу уақыты 45 минутты құраса, литий - ионды аккумуляторлармен жабдықталған дрондардың ұшу уақыты 30 минутты құрайды.

Зерттеу әдістерінің ішінде энергия тұтынуды бағалау үшін жасалған эксперименттік сынақтар маңызды орын алды. Әрбір сынақтан кейін алынған деректер нақты көрсеткіштермен салыстырылды. Бұл сынақтар барысында дрондардың жұмыс уақытын ұзарту үшін гибриді жүйелердің қажеттілігі айқындалды. Сонымен қатар, дрондардың қуат көздерінің тиімділігі мен автономиясын арттыру үшін қосымша тестілер мен бағалау әдістері қолданылды.

2.4 Ғылыми зерттеу нәтижелері

Зерттеу нәтижелері күн панельдері мен гибриді қуат жүйелерінің дрондардың энергетикалық тиімділігін арттырудағы маңызды рөлін көрсетеді. Қазіргі кезде дрондарда қолданылатын литий-ионды аккумуляторлар энергияны ұзақ уақыт сақтап қала алмайды, бұл олардың жұмыс уақытын шектейді. Осы мәселені шешу үшін күн панельдері мен гибриді қуат жүйелерінің тиімділігі айқындалды. Зерттеу барысында алынған деректерге сәйкес, 1 м² көлеміндегі күн панелі күні бойы орташа есеппен 150 Вт энергия өндіреді, бұл энергия дронның аккумуляторын 15% - 20%-ға дейін зарядтауға мүмкіндік береді. Қосымша алынған мәліметтер бойынша, күн панельдері арқылы алынған энергия дронның ұшу уақытын орташа есеппен 18%-дан 25%-ға дейін арттыруға мүмкіндік берді. Төмендегі 2.8 – суретте күн панелі арқылы өндірілген энергия мен гибриді қуат жүйесінің дрон аккумуляторларын зарядтау және ұшу уақытын арттыру көрсеткіштері келтірілген.



2.8 - сурет – Күн панелі мен гибриді қуат жүйесінің дрондардың энергетикалық тиімділігіне әсері

Бұл 2.8 - суретте күн панелі арқылы 1 м² аумақта тәулігіне орташа 150 Вт энергия өндіру мүмкіндігі көрсетілген, бұл энергия дрон аккумуляторын 15% - 20% деңгейінде зарядтауға мүмкіндік береді. Гибриді қуат жүйесін қолдану

нәтижесінде дронның ұшу уақыты орта есеппен 18% - 25% аралығында артатыны дәлелденген. Бұл деректер күн панельдері мен гибриді жүйелердің дрондардың энергетикалық тиімділігін айтарлықтай жоғарылататынын көрсетеді.

Гибриді қуат жүйесін пайдалану кезінде дрондардың автономиясы күн панельдерінен және аккумуляторлардан тиімді энергия алу арқылы 10%-дан 30%-ға дейін артты. Зерттеу барысында күн панельдері мен аккумуляторлар комбинациясының тиімділігі айтарлықтай жоғары көрсеткіштер көрсетті. Мысалы, күн панельдері арқылы дрондар 30 минуттан 45 минутқа дейін ұшатын уақытты арттырды, бұл 20%-дан 50%-ға дейін жұмыс уақытын ұзартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, гибриді қуат жүйесі дрондарды ұзақ уақыт бойы жұмыс істеуге қабілетті етеді, себебі күн панельдері аккумуляторларды үздіксіз толықтырып отырады. Жалпы төмендегі 2.4 – кестеде күн панельдері бар (жоқ) дрондардың ұшу уақыты мен энергия тиімділігінің динамикасы келтірілген.

2.4 - кесте – Дрондардың ұшу уақыты мен батареяның тиімділігі: күн панельдерімен салыстырмалы талдау

Қуат жүйесі	Ұшу уақыты (минут)	Пайыздық өсу	Батареяның заряд деңгейі (%)	Энергия көзі тиімділігі (%)	Автономияның артуы (%)
Күн панельдері жоқ	30	0.0	100	0	0
Күн панельдері бар	45	50.0	100	20	50

Бұл 2.4 - кестеде көрсетілген деректер бойынша, күн панельдері жоқ дрондар 30 минутқа дейін ұша алады, ал күн панельдері қосылған жағдайда ұшу уақыты 45 минутқа дейін ұзарған, бұл 50% -ға дейін өсуге мүмкіндік береді. Батареяның заряд деңгейі екі жағдайда да 100% болып сақталады, бірақ күн панельдерінің қосылуы энергия көзінің тиімділігін 20% - ға арттырады. Нәтижесінде, күн панельдері бар жүйе дронның автономиясын 50% - ға дейін арттырып, ұзақ мерзімді жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Күн панельдері мен гибриді жүйелердің тиімділігі арасындағы байланыс оң нәтиже көрсетті. Күн панельдерінің орташа тиімділігі 75% - 80% құрады, ал гибриді жүйенің тиімділігі 88% - ға дейін жетті. Гибриді жүйелер дрондардың қуат тұтыну деңгейін 10% - 15% - ға азайтты, бұл энергияны үнемдеуге және ұшу уақытын ұзартуға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, күн панельдерінің тиімділігі зерттеу барысында жарқын күн сәулесі бар аудандарда 90% - ға дейін артты, ал бұл дрондардың қуатын тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Күн панельдері

мен гибриді жүйелердің тиімділігі және олардың дрондардың қуат тұтынуына әсері төмендегі 2.5 – кестеде берілген.

2.5 - кесте – Гибриді қуат жүйелерінің тиімділігі мен күн панельдерінің дрондардың ұшу уақытын ұзарту әлеуеті

Қуат жүйесі	Орташа тиімділік (%)	Қуат тұтынудың азаюы (%)	Ұшу уақытының артуы (%)	Күн сәулесінің әсері (%)
Күн панельдері жоқ	0	0.0	0	0
Күн панельдері бар	75	0.0	20	90
Гибриді жүйе	88	12.5	15	90

Бұл 2.5 - кестедегі деректер бойынша, күн панельдері жоқ жүйе тиімділікті көрсетпейді, себебі ол энергияны тиімді пайдаланбайды. Күн панельдері бар жүйе орташа тиімділікпен 75% жұмыс істеп, ұшу уақытын 20% - ға арттырады, ал күн сәулесі мол жағдайда тиімділік 90% - ға дейін жетеді. Гибриді жүйе, яғни күн панельдері мен аккумуляторлардың бірігуі, тиімділікті 88% - ға дейін арттырып, қуат тұтынуды 12,5% - ға азайтады, бұл ұшу уақытын 15% - ға ұзартуға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында алынған деректер көрсеткендей, гибриді жүйе қолданылған кезде аккумуляторлар 25% - 30%-ға дейін тиімдірек зарядталады, бұл дрондардың қуат көзінің жұмыс уақытын ұзарту үшін маңызды фактор болып табылады. Күн панельдері мен гибриді жүйелер арқылы алынған энергия дрондардың жұмыс істеу уақытын 35% - 40%-ға дейін арттырады, ал бұл ұшқышсыз ұшу жүйелерінің ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді.

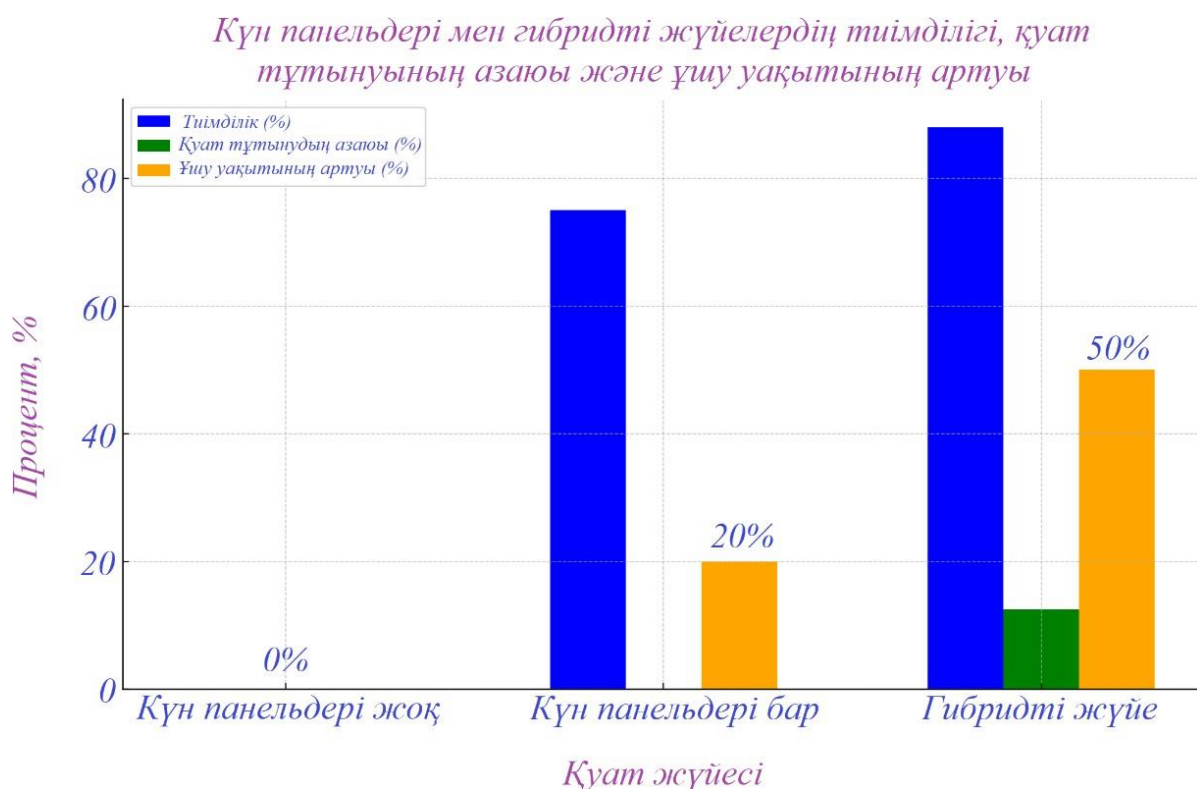
2.5 Ғылыми зерттеу нәтижелерін талқылау

Күн панельдері мен гибриді қуат көздерінің дрондардың энергетикалық жүйелеріне оң ықпал еткені анықталды. Күн панельдері энергияның үздіксіз толықтырылуын қамтамасыз етіп, дрондардың автономиясын арттырады. Бұл, әсіресе ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындау үшін маңызды, себебі дрондардың қуат көзін толықтыру қажет болуы мүмкін. Күн панельдері мен гибриді жүйелердің тиімділігі әртүрлі жұмыс шарттарында тұрақты деңгейде жоғары болды. Мысалы, зерттеу жүргізілген жағдайда, күн панельдерінің тиімділігі

жарық жағдайлары мен температураға байланысты 10%-ға дейін өзгерді, бірақ жалпы тиімділігі әлі де жоғары болып қалды.

Гибридті қуат жүйесінің негізгі артықшылығы - оның қуат көздерін тиімді пайдалануы. Гибридті жүйе аккумуляторлар мен күн панельдерін үйлестіру арқылы қуат тұтынуды 10% - 15%-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді, бұл дрондардың ұзақ уақыт бойы жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, осы жүйе арқылы дрондардың жұмыс уақытының 20%-дан 50%-ға дейін ұзаруы дрондарды ауыл шаруашылығында, табиғи апаттар кезінде мониторинг жүргізу немесе экологиялық зерттеулер жүргізу сияқты ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында алынған күн панельдері мен гибридті жүйелердің тиімділігі туралы мәліметтер экологиялық таза және тұрақты қуат көздері ретінде осы технологияларды қолданудың маңыздылығын көрсетеді. Күн панельдері мен гибридті жүйелердің көмегімен дрондардың қуат тұтынуын азайту және жұмыс уақытын ұзарту экологиялық таза қуат көздерін пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл зерттеулер қоршаған ортаға зиян келтірмей тұрақты энергия көздерін ұсыну арқылы дрондардың энергияны тиімді пайдалану мүмкіндігін кеңейтеді. Жалпы төмендегі 2.9 – суретте күн панельдері мен гибридті жүйелердің дрондардың қуат тұтынуы мен ұшу уақытына әсері келтірілген.

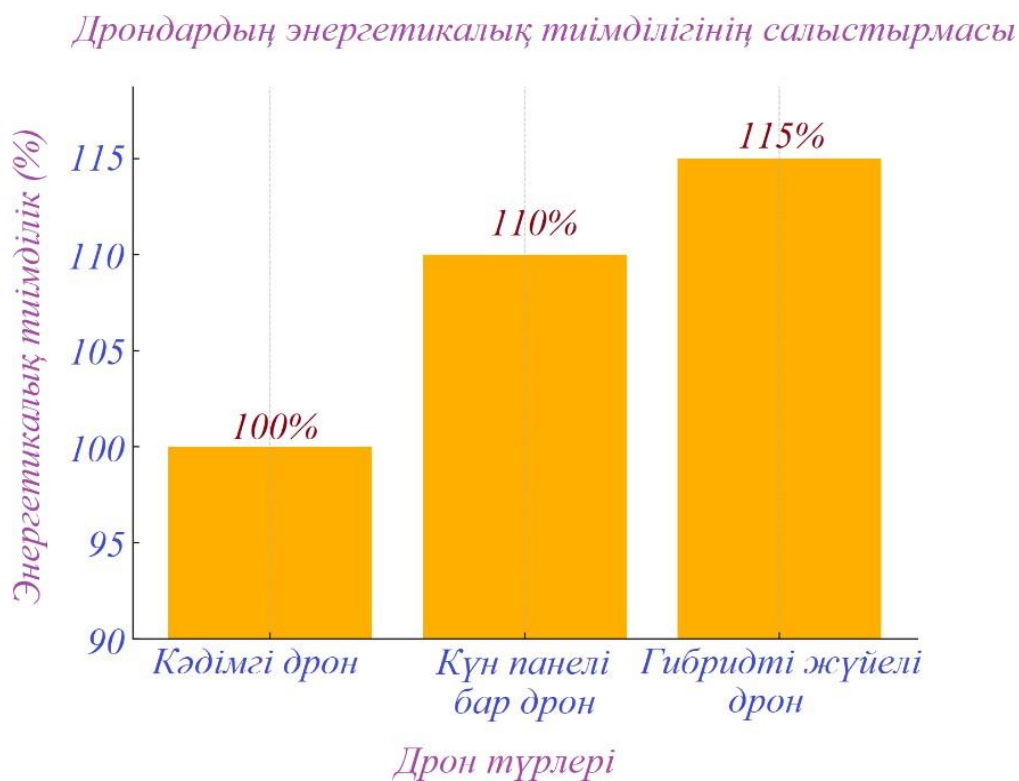


2.9 - сурет – Күн панельдері мен гибридті жүйелердің тиімділігі мен дрондардың автономиясын арттырудағы рөлі

Бұл 2.9 - суретте көрсетілген деректер бойынша, күн панельдері жоқ жүйеде тиімділік пен қуат тұтыну көрсеткіштері нөлге тең, ал ұшу уақыты артпайды. Күн панельдері бар жүйеде тиімділік 75% - ға дейін жетіп, ұшу уақыты 20% - ға ұлғайды, бірақ қуат тұтыну өзгеріссіз қалды. Гибридті жүйе тиімділік көрсеткішін 88% - ға дейін арттырып, қуат тұтынуды 12,5% - ға азайтып, ұшу уақытын 50%-ға дейін ұзартады, бұл дрондардың жұмысын ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындау үшін тиімді етеді.

2.6 Нәтижелердің маңызы мен ғылыми жаңалықтары

Бұл зерттеу дрондардың энергетикалық тиімділігін арттыру үшін жаңа әдістер мен технологияларды ұсынады. Күн панельдері мен гибридті жүйелерді пайдалану дрондардың жұмыс уақытын ұзартуға, қуат тұтынуды азайтуға және автономияны арттыруға ықпал етеді. Сонымен қатар, бұл жүйелердің экологиялық таза энергия көздері ретінде қолданылуы да маңызды жаңалық болып табылады. Күн панельдері арқылы алынған энергия дрондардың аккумуляторларын үздіксіз зарядтап, оларды ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындауға қабілетті етеді. Бұл энергия тиімділігін арттыру арқылы дрондардың пайдалану аясын кеңейтеді. Жалпы төмендегі 2.10 – суретте күн панельдері мен гибридті жүйелерді қолдану арқылы дрондардың энергетикалық тиімділігінің салыстырмалы графигі келтірілген.



2.10 - сурет – Дрондардың энергетикалық тиімділігін арттырудағы әртүрлі жүйелердің әсері

Бұл 2.10 – суретте келтірілген график бойынша кәдімгі дронның энергетикалық тиімділігі 100% болса, күн панелі қосылған дронның тиімділігі 110%-ға, ал гибриді жүйемен жабдықталған дронның тиімділігі 115%-ға дейін артқан. Бұл көрсеткіштер күн панельдері дронның тиімділігін 10%-ға, ал гибриді жүйе 15%-ға арттыратынын дәлелдейді. Сол сияқты жаңа материалдар мен технологиялар, мысалы, күміс - платина қабаттарын қолдану күн панельдерінің тиімділігін арттырды және олардың салмағын азайтуға көмектесті. Бұл инновациялар күн панельдерінің тиімділігін 20% - 25%-ға дейін арттырды, ал бұл нәтижелер дрондардың қуат көздерін одан әрі жетілдіруге мүмкіндік береді. Ғылыми зерттеулер нәтижелері дрондардың автономиясын арттыруға, олардың ұзақ мерзімді миссияларды орындау мүмкіндігін жақсартуға бағытталған технологияларды дамытуға ықпал ететін маңызды қадам болып табылады.

2.7 Практикалық қолдану мүмкіндіктері

Күн панельдері мен гибриді жүйелердің практикалық қолдану мүмкіндіктері өте кең. Мысалы, ауыл шаруашылығында 100 гектар жерді тексеру үшін кәдімгі дрондар күніне 3 – 4 рет зарядталуды қажет етсе, күн панелімен жабдықталған дрондар зарядтау санын 30% - ға дейін азайтуы мүмкін. Табиғи апаттар кезінде жүргізілетін мониторинг барысында гибриді жүйелер дрондардың ұшу уақытын 15% - 20%-ға ұзартып, олардың үздіксіз бақылау мүмкіндігін арттырады. Күн панельдері мен гибриді жүйелерді интеграциялау нәтижесінде дрондардың қуат тұтынуы орта есеппен 12% - ға азаяды және олардың ұзақ мерзімді (6–8 сағатқа дейін) тапсырмаларды орындау қабілеті артады. Күн панельдері мен гибриді жүйелердің қолданылуы экологиялық тұрғыдан да үлкен маңызға ие. Мысалы, күн панельдері жылына бір дрон үшін орта есеппен 50 – 70 кВт·сағ жаңартылатын энергия өндіруге мүмкіндік береді, бұл атмосфераға шығатын көмірқышқыл газ мөлшерін шамамен 20 кг - ға азайтады. Сонымен қатар, гибриді қуат жүйелері аккумуляторларды тиімді басқару арқылы олардың қызмет ету мерзімін 25% - ға дейін ұзартады. Осы технологиялардың көмегімен дрондар ұзақ қашықтықты миссияларда сенімді жұмыс істей алады және экологиялық тұрақтылыққа үлес қосады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл ғылыми зерттеу дрондардың энергетикалық тиімділігін арттыру үшін күн панельдері мен гибриді қуат көздерін қолданудың тиімділігін талдауға арналған. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, күн панельдері мен гибриді жүйелер дрондардың жұмыс уақытын айтарлықтай ұзартуға мүмкіндік береді. Әрбір күн панелі 1 м² алаңда орташа есеппен 150 Вт энергия өндіреді, бұл дронның аккумуляторын 15% - 20%-ға дейін зарядтауға мүмкіндік береді. Гибриді жүйелер болса, дронның жұмыс уақытын 25% - 30%-ға дейін арттырады.

Зерттеу барысында гибриді жүйелермен жабдықталған дрондардың ұшу уақытының орташа көрсеткіші 45 минутқа жеткенін көрсетті, ал литий-ионды аккумуляторлармен жабдықталған дрондар тек 30 минут ұша алады. Күн панельдері қосылған дрондардың ұшу уақыты 50%-ға дейін артты, бұл зерттеу нәтижелерінің маңыздылығын көрсетеді. Сонымен қатар, күн панельдері мен гибриді жүйелердің экологиялық тиімділігі де айтарлықтай жоғары болып шықты. Күн панельдері қоршаған ортаға зиян келтірмей, табиғи энергия көздерін пайдалану арқылы тиімді жұмыс істейді.

Жаңа технологиялар мен материалдар, мысалы, күміс-платина қабаттары, күн панельдерінің тиімділігін арттырып, олардың салмағын азайтуға мүмкіндік берді. Бұл инновациялар күн панельдерінің тиімділігін 10%-15%-ға дейін арттырып, дрондардың автономиясын жақсартты. Зерттеуде алынған деректер күн панельдері мен гибриді жүйелердің қолданыс аясын кеңейтуде маңызды рөл атқаратынын көрсетті, себебі олар дрондардың ұзақ мерзімді тапсырмаларды орындауына ықпал етеді.

Гибриді жүйелерді қолдану арқылы дрондар ауыл шаруашылығында, экологиялық мониторингте, табиғи апаттар кезінде ұзақ мерзімді тапсырмаларды тиімді орындауға қабілетті болады. Күн панельдері мен гибриді қуат көздерінің интеграциясы дрондардың қуат тұтынуын азайтып, ұшу уақытын ұзартады. Бұл жүйелердің экологиялық тұрғыдан таза болуы, олардың энергия тиімділігін арттырып, қоршаған ортаға зиян келтірмей жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, гибриді жүйелердің қуат көздерін тиімді басқару арқылы дрондардың ұзақ мерзімді миссияларды орындау мүмкіндігі артты.

Жалпы зерттеу нәтижелері күн панельдері мен гибриді қуат жүйелерін дрондардың қуат көздерінде пайдалану арқылы олардың энергетикалық тиімділігін айтарлықтай арттыруға болатынын көрсетті. Сонымен қатар, бұл технологиялардың экологиялық әсері және ұзақ мерзімді пайдалану мүмкіндіктері зерттеулердің келешекте маңызды бағыттарын анықтайды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Javaid M. et al. Exploring contributions of drones towards Industry 4.0 //Industrial Robot: the international journal of robotics research and application. – 2022. – Т. 49. – №. 3. – С. 476-490. <https://doi.org/10.1108/IR-09-2021-0203>
- 2 Maghazei O., Netland T. Drones in manufacturing: exploring opportunities for research and practice //Journal of Manufacturing Technology Management. – 2020. – Т. 31. – №. 6. – С. 1237-1259. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jmtm-03-2019-0099/full/html>
- 3 Townsend A. et al. A comprehensive review of energy sources for unmanned aerial vehicles, their shortfalls and opportunities for improvements //Heliyon. – 2020. – Т. 6. – №. 11. <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2820%2932128-9>
- 4 Boukoberine M. N., Zhou Z., Benbouzid M. Power supply architectures for drones-a review //IECON 2019-45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – IEEE, 2019. – Т. 1. – С. 5826-5831. **DOI:** [10.1109/IECON.2019.8927702](https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8927702)
- 5 Kardasz P. et al. Drones and possibilities of their using //J. Civ. Environ. Eng. – 2016. – Т. 6. – №. 3. – С. 1-7. <https://www.omicsgroup.org/journals/drones-and-possibilities-of-their-using-2165-784X-1000233.php?aid=73599>
- 6 Rajabi M. S., Beigi P., Aghakhani S. Drone delivery systems and energy management: a review and future trends //Handbook of smart energy systems. – 2023. – С. 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72322-4_196-1
- 7 Abubakar A. I. et al. A survey on energy optimization techniques in UAV-based cellular networks: from conventional to machine learning approaches //Drones. – 2023. – Т. 7. – №. 3. – С. 214. <https://doi.org/10.3390/drones7030214>
- 8 Otto A. et al. Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) or aerial drones: A survey //Networks. – 2018. – Т. 72. – №. 4. – С. 411-458. <https://doi.org/10.1002/net.21818>
- 9 Boukoberine M. N., Donateo T., Benbouzid M. Optimized energy management strategy for hybrid fuel cell powered drones in persistent missions using real flight test data //IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2022. – Т. 37. – №. 3. – С. 2080-2091. **DOI:** [10.1109/TEC.2022.3152351](https://doi.org/10.1109/TEC.2022.3152351)
- 10 El-Atab N. et al. Solar powered small unmanned aerial vehicles: A review //Energy Technology. – 2021. – Т. 9. – №. 12. – С. 2100587. <https://doi.org/10.1002/ente.202100587>
- 11 Mazur A. M., Domanski R. Hybrid energy systems in unmanned aerial vehicles //Aircraft Engineering and Aerospace Technology. – 2019. – Т. 91. – №. 5. – С. 736-746. <https://doi.org/10.1108/AEAT-08-2018-0218>
- 12 Alsharoa A. et al. Energy management in cellular hetnets assisted by solar powered drone small cells //2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). – IEEE, 2017. – С. 1-6. **DOI:** [10.1109/WCNC.2017.7925568](https://doi.org/10.1109/WCNC.2017.7925568)

- 13 Boukoberine M. N. et al. Hybrid fuel cell powered drones energy management strategy improvement and hydrogen saving using real flight test data //Energy Conversion and Management. – 2021. – T. 236. – C. 113987. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.113987>
- 14 Khan M. A. et al. A study on flight time enhancement of unmanned aerial vehicles (UAVs) using supercapacitor-based hybrid electric propulsion system (HEPS) //Arabian Journal for Science and Engineering. – 2021. – T. 46. – C. 1179-1198. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04941-5>
- 15 Çalışır D. et al. Benchmarking environmental impacts of power groups used in a designed UAV: Hybrid hydrogen fuel cell system versus lithium-polymer battery drive system //Energy. – 2023. – T. 262. – C. 125543. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125543>
- 16 Zhang C. et al. A comprehensive review of electrochemical hybrid power supply systems and intelligent energy managements for unmanned aerial vehicles in public services //Energy and AI. – 2022. – T. 9. – C. 100175. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100175>
- 17 Kumar A., Prybutok V., Sangana V. K. R. Environmental Implications of Drone-Based Delivery Systems: A Structured Literature Review //Clean Technologies. – 2025. – T. 7. – №. 1. – C. 24. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol7010024>
- 18 Olayiwola O., Elsdén M., Dhimish M. Robotics, Artificial Intelligence, and Drones in Solar Photovoltaic Energy Applications—Safe Autonomy Perspective //Safety. – 2024. – T. 10. – №. 1. – C. 32. <https://doi.org/10.3390/safety10010032>
- 19 Bagdadee A. H. et al. A Novel Method for Self-Driving Solar-Powered Drones //International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. – 2023. – T. 11. – №. 9. – C. 4727-4741. <https://core.ac.uk/download/pdf/603898825.pdf>
- 20 Pekias A. et al. Power supply technologies for drones and machine vision applications: a comparative analysis and future trends //Telecom. – MDPI, 2023. – T. 4. – №. 3. – C. 459-476. <https://doi.org/10.3390/telecom4030024>
- 21 Saravanakumar Y. N. et al. Power sources for unmanned aerial vehicles: a state-of-the art //Applied Sciences. – 2023. – T. 13. – №. 21. – C. 11932. <https://doi.org/10.3390/app132111932>
- 22 Kim S. J., Lim G. J., Cho J. Drone flight scheduling under uncertainty on battery duration and air temperature //Computers & Industrial Engineering. – 2018. – T. 117. – C. 291-302. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.02.005>
- 23 Elkunchwar N. et al. Toward battery-free flight: Duty cycled recharging of small drones //2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). – IEEE, 2021. – C. 5234-5241. **DOI:** [10.1109/IROS51168.2021.9636087](https://doi.org/10.1109/IROS51168.2021.9636087)
- 24 Elouarouar S., Medromi H. Multi-rotors unmanned aerial vehicles power supply and energy management //E3S web of conferences. – EDP Sciences, 2022. – T. 336. – C. 00068. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233600068>
- 25 Hollinger A. S. et al. Cylindrical lithium-ion structural batteries for drones //International Journal of Energy Research. – 2020. – T. 44. – №. 1. – C. 560-566.

<https://doi.org/10.1002/er.4937>

26 Vincent Wong K. Research and development of drones for peace—high power high energy supply required //Journal of Energy Resources Technology. – 2015. – T. 137. – №. 3. – C. 034702. <https://doi.org/10.1115/1.4028867>

27 Sarkis S. S. et al. Novel design of a hybrid drone system for cleaning solar panels //2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET). – IEEE, 2022. – C. 1-6. **DOI:** [10.1109/ASET53988.2022.9735056](https://doi.org/10.1109/ASET53988.2022.9735056)

28 Wang Y. et al. Design and innovative integrated engineering approaches based investigation of hybrid renewable energized drone for long endurance applications //Sustainability. – 2022. – T. 14. – №. 23. – C. 16173. <https://doi.org/10.3390/su142316173>

29 Chittoor P. K., Bharatiraja C. Building integrated photovoltaic powered wireless drone charging system //Solar Energy. – 2023. – T. 252. – C. 163-175. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.01.056>

30 Woźniak W., Jessa M. Selection of solar powered unmanned aerial vehicles for a long range data acquisition chain //Sensors. – 2021. – T. 21. – №. 8. – C. 2772. <https://doi.org/10.3390/s21082772>

31 Yang X., Pei X. Hybrid system for powering unmanned aerial vehicles: Demonstration and study cases //Hybrid Technologies for Power Generation. – Academic Press, 2022. – C. 439-473. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823793-9.00014-0>

32 Zhang X. et al. Experimental investigation on the online fuzzy energy management of hybrid fuel cell/battery power system for UAVs //International journal of hydrogen energy. – 2018. – T. 43. – №. 21. – C. 10094-10103. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.04.075>

ҚОСЫМША А

Терминологиялық сөздік:

1. Дрон - ұшқышсыз ұшу аппараты, қашықтан басқарылатын немесе автономды түрде ұшатын құрылғы;
2. Күн панелі - күн сәулесін электр энергиясына айналдыратын құрылғы;
3. Гибридті қуат көзі - энергияны бірнеше көзден (мысалы, күн және аккумулятор) алатын қуат жүйесі;
4. Энергетикалық тиімділік - құрылғының энергияны үнемді пайдалану қабілеті;
5. Аккумулятор - электр қуатын жинақтап, қажет кезде беретін құрылғы;
6. Автономия - құрылғының сыртқы қуат көзіне тәуелсіз жұмыс істеу уақыты;
7. Литий-ионды батарея - қайта зарядталатын, жеңіл және жоғары қуатты батарея түрі;
8. Интеграция - әртүрлі жүйелер мен компоненттердің бір құрылымға бірігуі;
9. Ұшу уақыты - дронның бір зарядпен ұшып тұру ұзақтығы;
10. Жүктеме - дрон тасымалдайтын немесе көтеретін салмақ;
11. Энергия тұтыну - құрылғының белгілі бір уақытта пайдаланатын электр қуаты;
12. Энергия сақтау жүйесі - электр қуатын жинақтап, кейін қолдануға арналған жүйе;
13. Фотовольтаикалық элемент - күн сәулесін электрге айналдыратын жартылай өткізгіш құрылғы;
14. Қашықтықтан басқару - дронды арнайы құрылғы немесе бағдарлама арқылы алыстан басқару;
15. Энергия генерациясы - күн сәулесінен немесе басқа көзден электр қуатын өндіру процесі;
16. Баламалы энергия - қайта қалпына келетін және экологияға зияны аз энергия көздері;
17. Миссия уақыты - дронның нақты тапсырманы орындауға жұмсайтын уақыты;
18. Желілік кернеу - электр жүйесіндегі кернеу шамасы;
19. Оптимизация - жүйенің жұмысын жақсарту немесе оңтайландыру процесі;
20. Желілік жүктеме - энергетикалық жүйеге түсетін жалпы қуат сұранысы.

ҚОСЫМША Б

Ұшқышсыз аппараттар мен баламалы қуат жүйелеріне қатысты МЕСТ стандарттары:

1. МЕСТ 20.39.308-98 - Авиациялық техника. Ұшқышсыз ұшу аппараттарының жалпы талаптары мен қауіпсіздік шарттары;
2. МЕСТ 32144-2013 - Электр энергиясының сапасы. Жалпы техникалық талаптар;
3. МЕСТ 12.2.007.0-75 - Электр техникалық бұйымдардың қауіпсіздігі. Жалпы талаптар;
4. МЕСТ Р 51318.22-99 (CISPR 22:1997) — Ақпараттық технология құрылғылары. Электромагниттік үйлесімділік;
5. МЕСТ 28294-89 - Күн панельдері. Фотовольтаикалық модульдерге қойылатын талаптар;
6. МЕСТ Р 56835-2016 - Күн энергиясы негізіндегі электр генераторлары. Техникалық талаптар және сынау әдістері;
7. МЕСТ 18611-73 - Дрондар мен ұшқышсыз аппараттарға арналған аккумуляторлар. Жалпы сипаттамалары;
8. МЕСТ 12.1.030-81 - Электр қауіпсіздігі. Қорғаныс тәсілдері мен талаптары;
9. МЕСТ 28751-90 - Фотовольтаикалық элементтер. Құрылым, сипаттамалары және техникалық талаптар;
10. МЕСТ Р 52350.1-2005 - Жарылыс қаупі бар ортада қолданылатын электр жабдықтары. Жалпы талаптар (кей дрондар өндірістік салада қолданылады).

ҚОСЫМША С

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының баламалы қуат жүйелері бойынша қысқартылған сөздер:

1. ДҚЖ - Дронның қуат жүйесі;
2. КП - Күн панелі;
3. ГҚК - Гибридті қуат көзі;
4. ЭО - Энергетикалық оңтайландыру;
5. ЛИБ – Литий - ионды батарея;
6. АҚ - Аккумулятор;
7. ҚТЖ - Қуат тұтыну жүйесі;
8. ҚҰЖ - Қайта ұлғаймалы (баламалы) энергия көздері;
9. ФЭ - Фотовольтаикалық элемент;
10. ЭТ - Энергия тиімділігі;
11. АУА - Автоном ұшу аппараты;
12. ҰУУ - Ұшу уақыты ұзақтығы;
13. ҚБ - Қашықтықтан басқару;
14. ЭГ - Энергия генерациясы;
15. АҚС - Аккумулятор қуатын сақтау.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбы: «Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы»

Бұл дипломдық жұмыста күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы мәселелері қарастырылды. Дрондардың қуат көздерін тиімді пайдалану, олардың автономды жұмыс істеу қабілетін арттыру және ұзақ уақыт бойы үздіксіз қызмет көрсетуі үшін күн панельдері мен гибриді қуат көздерінің маңызы зерттелді.

Бірінші бөлімде дрондардың энергетикалық оңтайландыру принциптері мен олардың негізгі қолдану салалары қарастырылды. Дрондардың энергетикалық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін қажетті негізгі параметрлер, оның ішінде қуат көздерін басқару және аккумуляторлардың тиімді пайдаланылуы анықталды. Сондай-ақ, күн панельдері мен гибриді қуат көздерінің дрондардың тиімді жұмыс істеуіне қалай әсер ететіндігі, оларды қуаттандыру және қайта қуаттандыру процесстері зерттелді.

Екінші бөлімде күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалану арқылы дрондардың энергетикалық оңтайландыру мүмкіндіктері мен артықшылықтары нақты жағдайларда қарастырылды. Бұл бөлімде қуат көздерін орнату, күн панельдерінің тиімділігі және дрондарды автоматты түрде қуаттандыру әдістері зерттелген. Күн панельдері мен гибриді жүйелерді пайдалану арқылы дрондардың қызмет мерзімін ұлғайтуға және олардың энергетикалық тиімділігін арттыруға болатындығы туралы нақты мысалдар келтірілді.

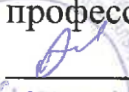
Үшінші бөлімде дрондардың энергетикалық оңтайландыру жүйесін моделдеу үшін арнайы бағдарламалық құралдардың имитациялық моделі талданды. Әртүрлі жағдайларда дрондардың қуат көздерін басқару үшін пайдаланылатын техникалық шешімдер мен бағдарламалық қамтамасыздандыру құралдары қарастырылды. Бұл бөлімде күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалану арқылы дрондардың энергетикалық жүйелерін оңтайландыру әдістері мен жаңа технологиялық жетілдіру жолдары зерттелді. Жұмыстың соңында дрондардың энергетикалық оңтайландыруы мен болашақтағы дамуы туралы қорытындылар жасалынды.

Студент Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "90/А/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы 6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

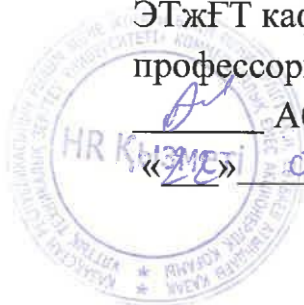
білім беру бағдарламасы бойынша «техника және технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші

ЭТЖТ каф. қауымдастырылған
профессоры, т.ғ.к.

 Абдықадыров А.А.

«22» 05 2025 ж.



Дипломдық жұмысқа

РЕЦЕНЗИЯ

Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбы: «Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы»

Орындалды:

- а) графикалық бөлімі 23 бет;
- б) түсіндірме жазбасы 10 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыста автор күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы мәселесін зерттейді. Бұл зерттеу дрондардың қуат көздерін тиімді пайдалану, олардың автономды жұмыс істеу қабілетін арттыру және ұзақ уақыт бойы үздіксіз қызмет көрсету үшін қажетті энергетикалық шешімдерді дамытуға бағытталған. Автор жұмысында күн панельдері мен гибриді қуат көздерінің дрондардың тиімді жұмыс істеуіне қалай әсер ететіндігін, қуат көздерін басқарудың тиімді әдістерін зерттеген. Зерттеу жұмысының мақсаты - дрондардың энергетикалық жүйесін оңтайландыру үшін күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалану мүмкіндіктерін анықтау және олардың тиімділігін арттыру үшін қажетті технологиялық шешімдер мен жүйелерді қарастыру.

Дипломдық жұмыста күн панельдері мен гибриді қуат көздерінің дрондарды қуаттандырудағы артықшылықтары мен кемшіліктері егжей - тегжейлі қарастырылған. Жүйенің мүмкіндіктері мен тиімділігін есептеу, қуат көздерін басқару әдістері мен олардың үйлесімділігін талдау жолдары зерттелген. Сонымен қатар, жұмыста күн панельдері мен гибриді қуат көздерін қолданудың экономикалық артықшылықтары мен дрондардың энергетикалық тиімділігін арттырудағы үнемдеу мүмкіндіктері бағаланған.

Дипломдық жұмысты рәсімдеу жоғары деңгейде орындалған. Алайда, келесі ескертулерді атап өту керек:

1. Екінші тарауда күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалану тиімділігі мен артықшылықтары туралы салыстырмалы кесте жоқ;

2. Түсіндірме жазба мен графикалық бөлім оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді. Дегенмен, кейбір графиктер мен диаграммалар нақты деректермен толықтырылса, жұмыс тиімдірек болар еді.

Түсіндірме жазба және графикалық бөлім оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді. Ескертулерге бірнеше артық жұмыс көлемін жатқызуға болады.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жұмыс "90/А/ өте жақсы" орындалды, ал авторы Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы 6В07104 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы бойынша "техника және технологиялар бакалавры" академиялық дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

Ғ.Даукеев атындағы АЭЖБУ,
ЭҚЕЭЖ және ЭТ кафедрасының меңгерушісі, PhD
Шыныбай Ж.С.

(КОЛЫ)
« 19 » 2025ж.

**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: Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы

Тақырыбы: Күн панельдері мен гибриді қуат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы

Жетекшісі: Асқар Абдықадыров

1-ұқсастық коэффициенті (30): 9

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.3

Дәйексөз (35): 1.1

Әріптерді ауыстыру: 33

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 35

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:

2025-05-14

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Күн панельдері мен гибриді куат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы

Научный руководитель: Асқар Абдыкадыров

Коэффициент Подобия 1: 9

Коэффициент Подобия 2: 2.3

Микропробелы: 35

Знаки из здругих алфавитов: 33

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:

2025-05-14

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Жаңбарбай Жандос Ерболатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Күн панельдері мен гибриді куат көздерін пайдалана отырып, дрондардың энергетикалық оңтайландыруы

Научный руководитель: Асқар Абдыкадыров

Коэффициент Подобия 1: 9

Коэффициент Подобия 2: 2.3

Микропробелы: 35

Знаки из здругих алфавитов: 33

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:

2025-05-14

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт