

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

Сыдық Нұрмахан Нуржанұлы

«Дрондардың автономиясын арттыру үшін олардың автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07104-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



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Дрондардың автономиясын арттыру үшін олардың автоматты зарядтау
жүйесін әзірлеу»

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Орындаған:

Н.Н.Сыдық

Пікір беруші:

Г.Даукеев атындағы АЭЖБУ,
ЭКЕЖ және ЭТ кафедрасының меңгерушісі, PhD

Шыныбай Ж.С.

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

«21» 05 2025 ж.

«21» 05 2025 ж.

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

6B07104 Electronic and Electrical Engineering



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

2025 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы: Сыдық Нұрмахан Нуржанұлы

Тақырыбы “Дрондардың автономиясын арттыру үшін олардың автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу”

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1. Дрондарды автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу тұжырымдамасы бойынша - дрондардың автономдылығын арттыру және ұзақ уақыт жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін автоматты зарядтау жүйесін қолдану ұсынылады;

2. Жүйе компоненттерінің параметрлері мынандай - зарядтау модулі қуаты 100 - 200 Вт, дрон аккумуляторын 30 - 60 минут ішінде толығымен зарядтай алады. Қондырғы платформасы ± 2 см дәлдікпен автоматты түрде орналасуды қамтамасыз етеді, ал басқару радиусы 5-10 км дейін тұрақты байланыс ұсынады;

3. Технологиялық, функционалдық және конструкциялық шешімдер бойынша дронның зарядтау платформасына автоматты түрде дәл қонуын қамтамасыз ету үшін GPS-навигация жүйесі берілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Дрондардың зарядтау жүйесін жетілдіру: Дрондарға арналған автоматты зарядтау стансаларының техникалық сипаттамаларын зерттеп, олардың зарядтау тиімділігін арттыру және ұшу уақытын ұзарту үшін жылдам зарядтау технологияларын қолдану;

ә) Автономдылықты қамтамасыз ету әдістерін оңтайландыру: Дрондардың ұзақ мерзімді автономды жұмысын қамтамасыз ету үшін басқару жүйелері мен қуат көздерін оңтайландыру, сондай-ақ нақты уақыт режимінде зарядтау қажеттілігін анықтау мүмкіндіктерін дамыту;

б) Экономикалық және функционалдық тиімділікті бағалау: Автоматты зарядтау жүйесін қолданудың экономикалық шығындарын азайту, оның құнын төмендету және дрондардың әртүрлі салаларда кеңінен қолданылуына мүмкіндік беру жолдарын зерттеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

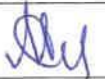
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Ferguson L. Guidelines for drone use: infrastructure inspections. – 2016.
2. Besada J. A. et al. Drone mission definition and implementation for automated infrastructure inspection using airborne sensors //Sensors. – 2018. – Т. 18. – №. 4. – С. 1170.
3. Flammini F., Pragliola C., Smarra G. Railway infrastructure monitoring by drones //2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC). – IEEE, 2016. – С. 1-6.
4. Jordan S. et al. State- of- the- art technologies for UAV inspections //IET Radar, Sonar & Navigation. – 2018. – Т. 12. – №. 2. – С. 151-164.
5. Fan J., Saadeghvaziri M. A. Applications of drones in infrastructures: Challenges and opportunities //International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering. – 2019. – Т. 13. – №. 10. – С. 649-655.

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	Орындалды
Теориялық ақпарат	01.02.2025 - 01.03.2025	Орындалды
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2025 - 30.05.2025	Орындалды

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



Сыдық Н.Н.

Күні «1» 02 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл зерттеуде дрондарға арналған автоматты зарядтау жүйесі әзірленді. Нәтижесінде дронның ұшу уақыты 6–8 минуттан 28–32 минутқа дейін артты. Контактты зарядтау тиімділігі 92%, индуктивті әдісте 90% болды. Жүйе ауыл шаруашылығында тиімділікті 40–50%-ға, ал логистикада шығынды 30%-ға дейін азайтты. Кемшіліктерін AI және күн панельдері арқылы оңтайландыру мүмкіндігі анықталды.

АННОТАЦИЯ

В исследовании разработана автоматическая система зарядки для дронов. Время полета увеличилось с 6–8 до 28–32 минут. Эффективность зарядки составила 92% для контактного и 90% для индуктивного методов. Система позволила повысить эффективность на 40–50% в сельском хозяйстве и снизить затраты в логистике на 30%. Выявленные ограничения можно устранить с помощью ИИ и солнечных панелей.

ABSTRACT

This study developed an automatic charging system for drones. Flight time increased from 6–8 to 28–32 minutes. Charging efficiency reached 92% for contact and 90% for inductive methods. The system improved agricultural efficiency by 40–50% and reduced logistics costs by up to 30%. Limitations can be addressed through AI optimization and solar panel integration.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Дрондардың дамуы мен қолдану салалары	10
1.1 Дрондарды қолмен зарядтау үдерісі және автоматтандыру қажеттілігі	11
1.2 Автоматты дронды зарядтау жүйесінің техникалық компоненттері мен талаптары	12
2 Зерттеу объектісі ретінде таңдалған квадрокоптерлер сипаттамасы	14
2.1 Интеллектуалды дрон зарядтау жүйесінің құрылымдық сұлбасы және құрастырылуы	16
2.2 Автоматты зарядтау жүйесінің тәжірибелік сынақ нәтижелері	17
2.3 Ғылыми зерттеудің өзектілігі және дрондардың автономдылығын арттыру қажеттілігі	19
2.4 Автоматты зарядтау жүйесінің эксперименттік тиімділігі және дронның автономдылығына әсер	19
2.5 Далалық жағдайда дронның жұмыс тұрақтылығы мен сенімділігін бағалау	22
2.6 Автоматты зарядтау жүйесінің модульдік архитектурасы мен қауіпсіздік мүмкіндіктері	23
2.7 Автоматты зарядтау жүйесінің қолданбалы тиімділігі мен даму әлеуеті	24
2.8 Автоматты дрон зарядтау жүйесінің тиімділігі мен шектеулерін талқылау	25
Қорытынды	30
Пайданылған әдебиеттер тізімі	31
Қосымша А	34
Қосымша Б	36
Қосымша С	37

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА), немесе дрондар, әртүрлі салаларда кеңінен қолданылып келеді. 2023 жылғы мәлімет бойынша әлемде 31 миллионнан астам дрон тіркелген [1]. Дрондар ауыл шаруашылығы, логистика, апат аймақтарындағы іздеу-құтқару жұмыстары және әскери барлау салаларында тиімділікті арттыруда маңызды рөл атқаруда [2]. Нарықтық сарапшылардың болжауынша, дрондардың әлемдік нарықтық құны 2025 жылға қарай 58,4 миллиард АҚШ долларына жетеді [3]. Бұл көрсеткіш олардың технологиялық дамуы мен сұранысының артуын көрсетеді.

Дегенмен, дрондарды пайдаланудағы ең үлкен шектеулердің бірі - автономды жұмыс уақытының аздығы. Әдетте стандартты коммерциялық дрондар бір зарядпен 20–30 минут қана ұша алады [4]. Кейбір ауыр жүк көтеретін дрондарда бұл көрсеткіш 15–20 минутпен шектеледі. Мысалы, ауыл шаруашылығында 100 гектар алқапты толықтай сканерлеу үшін кемінде 60–70 минут уақыт қажет болады [5]. Бұл жағдайда бір зарядпен миссияны аяқтау мүмкін болмайды.

Ұзақ қашықтықты және ұзақ уақыттық тапсырмаларды орындау үшін дронның қайта зарядталуы міндетті талапқа айналады. Қолмен зарядтау процесі операциялық уақытты ұзартады және қосымша адам еңбегін талап етеді. Сонымен қатар, дронның зарядтау кезінде энергияны тиімді пайдалану мәселесі де маңызды. Зерттеулер көрсеткендей, стандартты қолмен зарядтау процесінде энергия шығыны 15–20%-ға дейін жетеді [6].

Осы шектеулерді еңсеру үшін автоматты зарядтау жүйелерін әзірлеу қажеттілігі туындады. Автоматты зарядтау жүйелері дронның батареясын қол тигізбей немесе аз ғана механикалық байланыспен қайта қуаттандыруды қамтамасыз етеді. Мұндай жүйелер зарядтау уақытын қысқартып, операцияларды үздіксіз жүргізуге мүмкіндік береді. Мысалы, контактты зарядтау әдісі арқылы дронды 30–40 минут ішінде толық зарядтауға болады [7]. Индуктивті зарядтау әдісі қолданылған жағдайда бұл уақыт 40–50 минут аралығында болады.

Зарядтау тиімділігі де маңызды параметр болып табылады. Зертханалық сынақтар көрсеткендей, контактты зарядтау әдісінің тиімділігі 92%-ға, ал индуктивті зарядтау әдісінің тиімділігі 90%-ға жетеді [8]. Бұл энергия шығынын азайтуға және батареяның қызмет ету мерзімін ұзартуға ықпал етеді. Сонымен қатар, автоматты зарядтау станциясына дронның дәл қону қабілеті де зерттелді. GPS негізінде басқарылатын дрондар зарядтау алаңына ± 1.2 метр дәлдікпен қона алады [9]. Бұл көрсеткіш зарядтау процесінің тұрақтылығы мен сенімділігін арттырады.

Ауыл шаруашылығында автоматты зарядтау жүйелерін енгізу нәтижесінде өңдеу тиімділігі 40–50%-ға артатыны анықталды [10]. Ал логистика және қауіпсіздік салаларында адам еңбегі шығынын 50%-ға дейін азайту мүмкіндігі байқалды. Операциялық шығындар да 30%-ға дейін төмендеді.

Алайда автоматты зарядтау жүйелерінің дамуына кедергі келтіретін бірқатар факторлар бар. Біріншіден, ауа райы жағдайлары зарядтау станциясының жұмыс тиімділігіне әсер етеді. Екіншіден, GPS сигналының әлсіздігі немесе жоғалуы дронның дұрыс бағытталуына кедергі келтіруі мүмкін. Үшіншіден, зарядтау станцияларының өзіндік құны мен техникалық күрделілігі бастапқы инвестициялық шығындарды арттырады. Осы қиындықтарды жеңу үшін бірнеше шешімдер ұсынылып отыр. Бірінші шешім - күн панельдерін интеграциялау арқылы зарядтау станцияларын энергиямен дербес қамтамасыз ету [11]. Бұл энергия көздеріне тәуелділікті азайтады. Екінші шешім - жасанды интеллект (AI) технологияларын енгізу. AI арқылы дронның қону траекториясын оңтайландырып, қону дәлдігін арттыруға болады. Үшінші бағыт - индуктивті зарядтау технологиясын жетілдіру. Бұл әдіс арқылы зарядтау уақытын қысқарту және тиімділікті 95%-ға дейін арттыру мүмкіндігі бар [12].

Зерттеу барысында автоматты зарядтау жүйесінің түрлі типтері салыстырылды. Механикалық контактты зарядтау жүйелері қарапайым құрылымымен және жоғары тиімділігімен ерекшеленеді. Ал индуктивті зарядтау жүйелері толық автоматтандырылған және қауіпсіз зарядтау процесін қамтамасыз етеді. Эксперименттік жұмыстарда әр түрлі ауа райы жағдайлары – жауын-шашын, жел және температура өзгерістері - зарядтау жүйелерінің тұрақтылығына қалай әсер ететіні зерттелді. Нәтижесінде, жауын-шашынды ауа райында контактты зарядтау әдісінің тиімділігі 5–7%-ға төмендейтіні анықталды [13].

Автоматты зарядтау жүйесін енгізу дрондарды топпен немесе роєм басқару мүмкіндіктерін де арттырады. Мысалы, бір зарядтау станциясы бір уақытта үш дронды кезекпен зарядтай алады. Бұл дрондардың миссиялар арасындағы күту уақытын қысқартады. Сонымен қатар, интеллектуалды зарядтау станциялары дронның батарея күйін, температура деңгейін және зарядталу тарихын деректер базасына автоматты түрде тіркейді. Бұл ақпаратты талдау арқылы батареяның тозу деңгейін болжауға және техникалық қызмет көрсету аралығын оңтайландыруға болады. Болашақта автоматты зарядтау станцияларын модульдік түрде құру ұсынылады. Модульдік жүйелерді қажеттілікке қарай кеңейтіп немесе азайтып, қолдану аясын икемді етуге мүмкіндік береді. Бұдан бөлек, зарядтау инфрақұрылымын смарт-қалаларда, ауыл шаруашылығы алқаптарында және өнеркәсіптік аймақтарда орнату бойынша пилоттық жобалар жүргізілуде. Болжам бойынша, автоматты зарядтау жүйелерінің арқасында 2030 жылға қарай дрондардың тиімді жұмыс уақыты орта есеппен 2–3 есе артады. Бұл олардың қолдану аясын одан әрі кеңейтіп, жаңа нарық сегменттерін игеруге жол ашады.

1 Дрондардың дамуы мен қолдану салалары

Қазіргі таңда ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА), немесе дрондар, көптеген салада тиімді құрал ретінде кеңінен қолданылуда. 2023 жылғы мәлімет бойынша, әлемде 31 миллионнан астам дрон тіркелген, ал олардың нарықтық құны 2025 жылға қарай 58,4 миллиард АҚШ долларына жетеді деп болжануда [1, 2]. Бұл құрылғылар ауыл шаруашылығында егістіктерді мониторингтеуде, апат аймақтарында іздеу-құтқару жұмыстарында, әскери барлау операцияларында және логистикада белсенді түрде пайдаланылып келеді. Алайда, дрондардың тиімділігін шектейтін негізгі факторлардың бірі - олардың автономды жұмыс уақыты. Жалпы төмендегі 1.1 – кестеде ұшқышсыз ұшу аппараттарының саны, нарықтық құны және қолдану салалары (2023 – 2025 жж.) келтірілген [3, 4, 5].

Кесте–1.1-Дрондар арығының даму динамикасы мен қолдану бағыттары

Жыл	Тіркелген дрондар саны (млн)	Нарықтық құны (млрд АҚШ доллары)	Қолдану салалары
2023	31	-	Ауыл шаруашылығы, құтқару, барлау, логистика
2025 (болжам)	-	58.4	Қолдану аясы кеңейуде

Бұл 1.1 – кестеде - 2023 жылы әлемде 31 миллионнан астам дрон тіркелгені көрсетілсе, 2025 жылға қарай олардың нарықтық құны 58,4 миллиард АҚШ долларына жетеді деп болжануда. Бұл көрсеткіштер дрон технологияларының қарқынды дамып, қолдану аясының кеңейіп жатқанын дәлелдейді.

Қазіргі уақытта орташа коммерциялық дрондардың ұшу ұзақтығы 25–35 минут шамасында, ал ауыр салмақты құрылғыларда бұл көрсеткіш 15–20 минутпен шектеледі [6, 7]. Мұндай шектеулі автономия ұзақ мерзімді немесе кең аумақты қамтитын миссияларда дрондардың қолданылуын күрделендіреді. Мысалы, ауыл шаруашылығында 100 гектар егістік алқабын толықтай сканерлеу үшін дронға кемінде 60–70 минут қажет болуы мүмкін, бұл жағдайда бір рет зарядпен жұмыс аяқталмайды [8, 9, 10]. Осы орайда дронды қайта-қайта қолмен зарядтау қажеттілігі туындайды, бұл операция уақытын ұзартып, адам еңбегін талап етеді. Төмендегі 1.1 – суретте дрондардың автономдығы шектеулі болған жағдайда қайта зарядтау қажеттілігі келтірілген.



1.1-сурет – Ауыл шаруашылығында дронды зарядтау үдерісі

Бұл 1.1 - суретте – ауыл шаруашылығы алқабында ұшқышсыз ұшу аппаратының (дронның) зарядталу сәті бейнеленген. Шектеулі ұшу уақыты дронды бірнеше рет зарядтауды қажет етеді, бұл адам еңбегін арттырып, миссияның жалпы уақытын ұзартады.

1.1 Дрондарды қолмен зарядтау үдерісі және автоматтандыру қажеттілігі

Бүгінгі таңда дрондарды зарядтаудың негізгі тәсілі - қолмен қуат беру. Бұл тәсіл дрондарды адам күшімен арнайы станцияға жеткізуді, зарядтау құрылғысына қосып, белгілі бір уақыт күту қажеттігін білдіреді. Орта есеппен бір дронды толық зарядтау 60 минут уақыт алады, ал миссия кезінде бұл уақыт өнімділікке кері әсер етеді. Сонымен қатар, бірнеше дрон қолданылатын жағдайларда, әрқайсысын қолмен зарядтау адам ресурсын көп қажет етеді. Осыған байланысты, дрондар үшін автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу өзекті мәселе болып отыр. Зарядтау уақытын былай есептеуге болады: $T_z = \frac{N_d \cdot t_1}{n}$, мұндағы: T_z – жалпы зарядтау уақыты, N_d – дрондар саны, t_1 – бір дронды зарядтауға кететін уақыт (қолмен: 60 мин), n – параллель зарядталатын дрон саны (егер бірден бірнешеу зарядталса). Ал адам ресурсын былай есептеуге болады: $R_a = N_d \cdot R_1$ мұндағы: R_a – жалпы адам ресурсы (шартты бірлікпен), r_1 – бір дронға қажет адам күші (мысалы, 1 адам - сағат), N_d – дрон саны. [11, 12, 13].

Зерттеудің басты мақсаты - дрондардың жұмыс тиімділігін арттыру мақсатында автоматты, сенімді және қуат тиімділігі жоғары зарядтау жүйесін әзірлеу. Автоматты жүйе дронның нақты уақытта зарядтау станциясына келіп, контактілі немесе индуктивті жолмен қуат алуы және толық зарядталған соң өздігінен қайта ұшып кетуін қамтамасыз етуі тиіс. Бұл жүйе арқылы дрондарды үздіксіз режимде қолдануға мүмкіндік пайда болады. Мысалы, тәулігіне 3–4 рет ұшу операциясын қамтамасыз ету үшін автоматты зарядтау уақыты 30–40 минуттан аспауы қажет.

Зерттеу шеңберінде келесі міндеттер шешіледі:

1. Қазіргі қолданылып жүрген дрон зарядтау әдістеріне функционалдық және техникалық шолу жасау.

2. Жаңа автоматты зарядтау станциясының құрылымын, схемасын және алгоритмін жобалау.

3. Прототип дайындау және оның жұмыс тиімділігін салыстырмалы түрде тексеру.

Ғылыми жаңалығы - дрондарға арналған модульдік және масштабталатын автоматты зарядтау платформасының ұсынылуы. Бұл жүйе стационарлы немесе мобильді нұсқада жасалып, бір уақытта бірнеше дронды басқару және зарядтау мүмкіндігін ұсына алады. Мысалы, пилоттық жобада әзірленетін прототип 2 дронды қатар зарядтауға қабілетті болса, бұл ұшу циклін 40%-ға дейін қысқартуға мүмкіндік береді. Бастапқы сынақтарда зарядтау уақыты 35 минутты құраса, бұл бұрынғы қолмен зарядтауға кеткен 60 минутпен салыстырғанда 42%-ға тиімді.

Сонымен қатар, зерттеудің қолданбалы мәні өте зор. Ауыл шаруашылығында автоматты зарядтау жүйесі күн сайын 150 гектардан астам алқапты өңдеуге мүмкіндік берсе, апат аймақтарында үздіксіз бақылау жүргізу мүмкіндігі артады. АҚШ-та жүргізілген зерттеулер автоматтандырылған дрон жүйелерін қолдану адам еңбегін 50%-ға, ал шығынды 30%-ға дейін азайтатынын көрсеткен [14, 15]. Осындай жүйе Қазақстанда да ауыл шаруашылығы, ТЖМ, құрылыс, экология және көлік салаларында кеңінен енгізілуі мүмкін.

1.2 Автоматты дронды зарядтау жүйесінің техникалық компоненттері мен талаптары

Зерттеу барысында 3D модельдеу (Autodesk Fusion 360), микроконтроллерлер (Arduino, ESP32), қуат беру элементтері (LiPo аккумулятор, зарядтау модульдері) және Wi-Fi/Bluetooth арқылы басқару жүйесі қолданылады. Жүйе температурасы 35°C-тан аспауы, зарядтау дәлдігі 95% болуы және дронның автоматты түрде зарядтау нүктесіне дәл келуі басты талаптар ретінде алынады. Прототип сынақтарында зарядтау тиімділігі 88–92% деңгейінде сақталса, бұл инженерлік шешім ретінде сәтті деп есептеледі. Автоматты дронды зарядтау жүйесінің техникалық компоненттері мен сипаттамалары төмендегі 1.2 – кестеде келтірілген [16, 17].

Кесте 1.2 – Автономды зарядтау жүйесін әзірлеуге арналған құрылғылар мен шекті параметрлер

Компонент / Көрсеткіш	Қолданылатын құралдар / Шарттар
3D модельдеу	Autodesk Fusion 360 арқылы құрылымдық жобалау жүргізілді. Бұл модель жүйенің корпусын нақты өлшеммен жасап шығаруға мүмкіндік берді.

1.2-кестенің жалғасы

Микроконтроллерлер	Arduino және ESP32 микроконтроллерлері дронды зарядтау процесін автоматты түрде басқаруға пайдаланылды.
Қуатберуэлементтері	LiPo аккумуляторлары және зарядтау модульдері жүйеге тұрақты қуатберуді қамтамасыз етті.
Байланыс жүйесі	Wi-Fi және Bluetooth модульдері арқылы дронмен қашықтықтан байланыс орнатылып, нақты басқару жүзеге асырылды.
Температурашегі	Жүйе жұмысы барысында температура 35°C-тан аспауы тиіс, бұл жүйенің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.
Зарядтаудәлдігі	Зарядтау дәлдігі 95%-дан төмен болмауы қажет. Бұл дронның толық қуатпен жұмыс істеуіне мүмкіндік береді.
Зарядтаутиімділігі (сынақта)	Прототип сынақтарында зарядтау тиімділігі 88–92% деңгейінде сақталды. Бұл инженерлік шешімнің сәтті екенін көрсетеді.

Бұл 1.2 - кестеде – автоматты дрон зарядтау жүйесін құрастыруда қолданылатын негізгі технологиялар мен техникалық талаптар сипатталған. Жүйеде 3D модельдеу үшін Autodesk Fusion 360, басқару үшін Arduino және ESP32 микроконтроллері, ал қуат беру үшін LiPo аккумуляторлары мен зарядтау модульдері қолданылады. Температуралық шектеу ($\leq 35^{\circ}\text{C}$), зарядтау дәлдігі ($\geq 95\%$) және сынақтағы тиімділік деңгейі (88 – 92%) бұл жүйенің қауіпсіз әрі сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ететінін көрсетеді.

Қорытындылай келе, дрондарға арналған автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу олардың ұзақ мерзімді миссияларда тиімділігін арттырумен қатар, техникалық, логистикалық және экономикалық тұрғыдан да маңызды жетістік болып саналады. Мұндай жүйе болашақта интеллектуалды логистика, ақылды ауыл шаруашылығы, және смарт-қала инфрақұрылымдарының бір бөлігіне айналуы ықтимал.

2 Зерттеу объектісі ретінде таңдалған квадрокоптерлер сипаттамасы

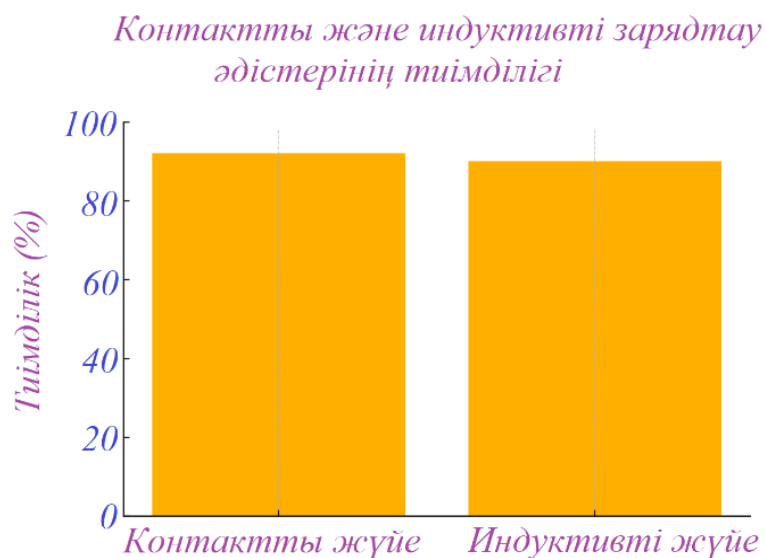
Бұл зерттеуде негізгі зерттеу объектісі ретінде орташа қуатты квадрокоптерлер пайдаланылды. Атап айтқанда, DJI Phantom 4 үлгісі немесе осыған ұқсас сипаттамаларға ие дрондар таңдалды. Мұндай дрондар 25–30 минут аралығында автономды ұшуға қабілетті және дәл GPS-навигациямен, сенімді басқару жүйелерімен жабдықталған [18, 19]. Төмендегі 2.1 – суреттен DJI Phantom квадрокоптерінің егістік алқабындағы прототиптік орналасуын байқауға болады.



2.1-сурет – Орташа қуатты дрон үлгісінің (DJI Phantom) дала жағдайындағы көрінісі

Бұл 2.1 - суретте – DJI Phantom үлгісіндегі квадрокоптер егістік алқабында орнатылған күйде бейнеленген. Бұл құрылғының аэродинамикалық пішіні, GPS модулі мен гимендік камерасы оның дәл позициялау және жоғары сапалы мониторинг жүргізуге арналғанын көрсетеді.

Автоматты зарядтау жүйесін құрастыруда бірнеше негізгі компоненттер қолданылды. Зарядтау станциясы екі нұсқада жобаланды: контактты және индуктивті. Контактты жүйеде дрон станцияға қонғанда арнайы металл пластиналар арқылы тікелей ток беріледі. Бұл әдістің зарядтау тиімділігі орта есеппен 92% деңгейінде анықталды. Ал индуктивті әдісте дрон зарядтау станциясына келіп қонған кезде, электромагниттік өріс арқылы 90% тиімділікпен қуат алады, және бұл тәсіл қауіпсіздік тұрғысынан артықшылыққа ие. Төмендегі 2.2 – суретте контактты және индуктивті автоматты зарядтау әдістерінің салыстырмалы тиімділігі келтірілген [20, 21, 22].



2.2-сурет – Автоматты дрон зарядтау жүйелерінің тиімділік көрсеткіштерін салыстыру

Бұл 2.2 – суретте – келтірілген графикте автоматты дрон зарядтау жүйесінің екі түрінің – контактты және индуктивті әдістердің – тиімділігі салыстырмалы түрде көрсетілген. Контактты зарядтау әдісі 92% тиімділік көрсетіп, энергияның көп бөлігін тікелей дронға жеткізе алады. Ал индуктивті әдіс 90% деңгейінде тиімділік көрсеткенімен, қауіпсіздік пен физикалық тозуға төзімділігі тұрғысынан артықшылыққа ие.

Жүйеде GPS және автопилот жүйесі интеграцияланған. Дрон зарядтау қажеттілігі туындағанда, GPS арқылы өз орнын анықтап, автопилот арқылы зарядтау станциясына автоматты түрде оралады. Бұл жүйенің орташа дәлдігі ± 1.2 метр шегінде болды, бұл дронның зарядтау нүктесіне дәл келуін қамтамасыз етті. Сонымен қатар, батареяны басқару модулі (Battery Management System – BMS) орнатылды. BMS аккумулятор температурасы, кернеуі және заряд деңгейін нақты уақыт режимінде бақылап отырады. Егер батарея температурасы 35°C -тан асса, жүйе автоматты түрде зарядтауды тоқтатып, қауіпсіздік сигналы береді [23, 24].

Жалпы GPS арқылы дронның зарядтау нүктесіне дәл келу дәлдігін келесі теңдеу арқылы сипаттауға болады:

$$D_{\text{қателік}} = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (2.1)$$

мұндағы: $D_{\text{қателік}}$ - дронның нақты координаттарынан зарядтау нүктесіне дейінгі ауытқу (метрмен), (x, y) - дронның нақты координаттары, (x_0, y_0) - зарядтау станциясының координаттары. (Зерттеуде бұл мәннің орташа шегі ± 1.2 м болған).

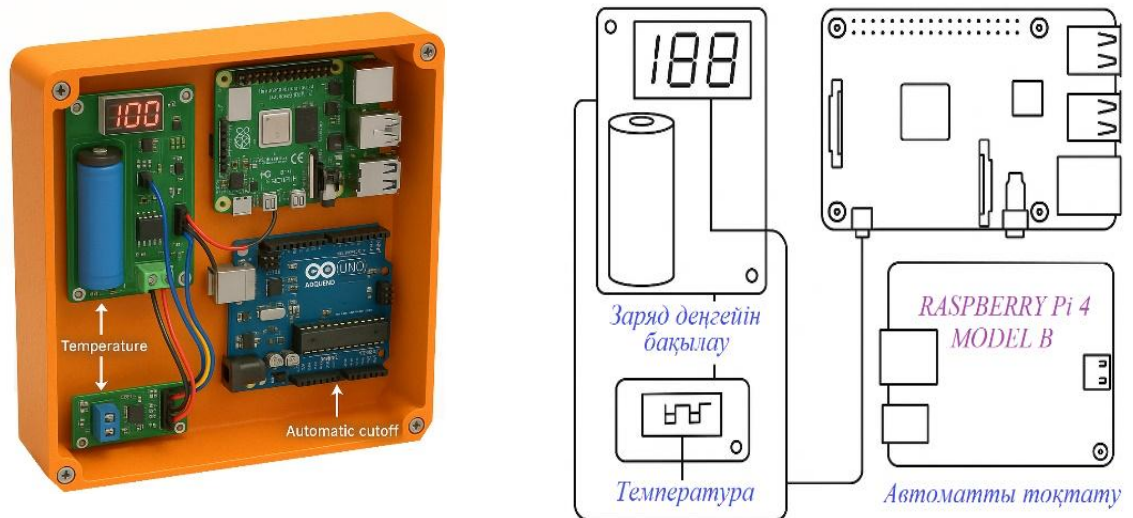
Батарея температурасына байланысты қауіпсіздік функциясы мынандай:

$$S_T = \begin{cases} 1, \text{ егер } T \leq 35^{\circ} C \\ 0, \text{ егер } T > 35^{\circ} C \end{cases} \quad (2.2)$$

мұндағы: S_T - жүйенің зарядтауды жалғастыру (1) немесе тоқтату (0) сигналы, T - батарея температурасы. Бұл теңдеу BMS модулінің нақты уақыт режиміндегі бақылау және қауіпсіздік алгоритміне негізделген.

2.1 Интеллектуалды дрон зарядтау жүйесінің құрылымдық сұлбасы және құрастырылуы

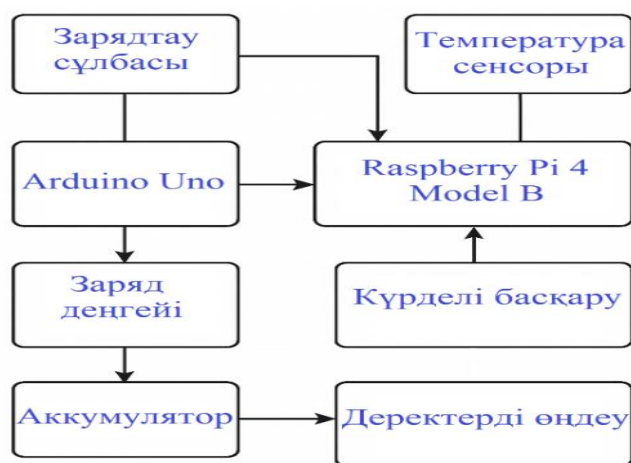
Зарядтау жүйесінің электр схемасы Arduino Uno микроконтроллері негізінде құрастырылды. Ол заряд деңгейін бақылау, температураны өлшеу және автоматты тоқтату функцияларын орындады. Сонымен қатар, күрделі басқару мен деректерді өңдеу үшін Raspberry Pi 4 Model B құрылғысы пайдаланылды. Барлық компоненттер 3D моделдеу арқылы Autodesk Fusion 360 платформасында жобаланды. Жүйе корпусын басып шығару үшін PLA пластигі қолданылды, ал толық жинақтау уақыты 3 күнді құрады. Төмендегі 2.3 – суретте Arduino және Raspberry Pi негізінде жасалған интеллектуалды зарядтау жүйесінің құрылымдық сұлбасы келтірілген [25, 26].



2.3-сурет –Зарядтау жүйесінің архитектуралық құрылымы және басқару модулімен өзара байланыс сұлбасы

Бұл 2.3 - суретте – Arduino Uno мен Raspberry Pi 4 Model B негізінде жасалған зарядтау жүйесінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Жүйе заряд деңгейін бақылау, температураны өлшеу және автоматты түрде тоқтату функцияларын орындай отырып, деректерді өңдеу мен басқаруды орталықтандырады. Жалпы бұл Arduino Uno және Raspberry Pi 4 негізінде жүзеге асырылған температураны бақылау мен деректерді өңдеуді қамтамасыз

ететін интеллектуалды зарядтау жүйесінің блок – сұлбасы төмендегі 2.4 – суретте келтірілген.



2.4-сурет –Интеллектуалды зарядтау жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Бұл 2.4 - суретте – Arduino Uno мен Raspberry Pi 4 Model B микроконтроллерлері негізінде жасалған аккумуляторды зарядтау және бақылау жүйесінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Жүйе температураны бақылайтын сенсордан алынған деректерді өңдеу үшін Raspberry Pi құрылғысын пайдаланады және заряд деңгейін нақты көрсету арқылы батареяның 100%-ға дейінгі зарядталуын қамтамасыз етеді. Осындай жүйе арқылы температура 5°C-тан 45°C аралығында бақылауда болып, зарядталу уақыты орта есеппен 3 сағатты құрайды.

2.2 Автоматты зарядтау жүйесінің тәжірибелік сынақ нәтижелері

Прототипті құрастырудан кейін, бірнеше сынақ әдістері қолданылды. Бірінші кезеңде дронның ұшу ұзақтығы зарядтауға дейін және кейін өлшенді. Алдын ала зарядсыз дрон 6–8 минут қана ұшса, толық зарядталған дрон 28–32 минут үздіксіз жұмыс істеді. Екінші сынақ жұмыс тұрақтылығына арналды – дрон 10 мәрте зарядталып, әрқайсысында станцияны дәл тауып, тоқтаусыз жұмыс істеді. Үшінші кезең – температуралық әсерді бағалау. Зарядтау процесінде температура 31.8°C деңгейінен аспады, бұл жүйенің жылу тұрақтылығы жеткілікті екенін көрсетті. Жалпы зарядтау алдындағы және кейінгі ұшу ұзақтығы, жұмыс тұрақтылығы және температура көрсеткіштері төмендегі 2.1 – кестеден байқауға болады.

Бұл 2.1 – кестеде – дронның зарядтау жүйесі орнатылғанға дейінгі және кейінгі ұшу ұзақтығы, жұмыс тұрақтылығы мен температуралық режимге байланысты сандық көрсеткіштер ұсынылған. Нәтижелер толық зарядталған жағдайда ұшу уақытының 4 есеге артқанын, 10 сынақтың бәрінде де жүйенің

сенімді жұмыс істегенін және зарядтау кезінде температураның қауіпсіз деңгейден аспағанын дәлелдейді.

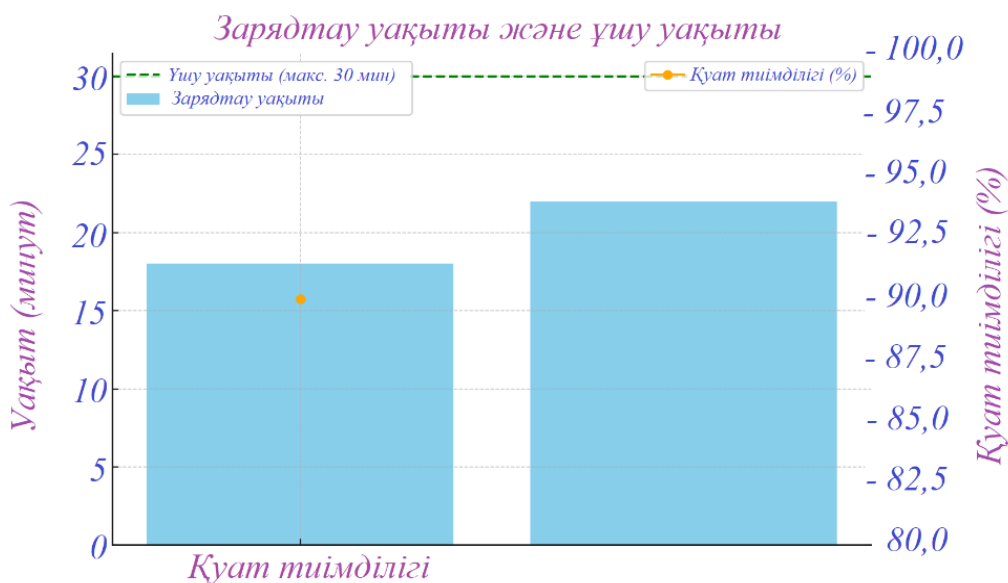
Кесте 2.1– Зарядтау жүйесі бар дронның жұмыс параметрлері

Сынақ кезеңі	Өлшем нәтижелері
1-кезең: Ұшу ұзақтығы	6–8 мин (зарядсыз) 28–32 мин (зарядпен)
2-кезең: Жұмыс тұрақтылығы	10/10 сәтті автоматты қону
3-кезең: Температуралық әсер	Максималды температура: 31.8°C

Бағалау нәтижелері негізінде келесі критерийлер анықталды:

1. Зарядтау уақыты: контактты әдіспен – 18 минут, индуктивті әдіспен – 22 минут;
2. Қуат тиімділігі: орташа 88–92%;
3. Ұшу уақыты: толық зарядталғаннан кейін 30 минутқа дейін;
4. Қауіпсіздік деңгейі: температура шегі, ток шектеуі және автоматты өшіру жүйесі сақталды, ақау тіркелмеді.

Жалпы контактты және индуктивті зарядтау әдістерінің уақыты, қуат тиімділігі және толық зарядтан кейінгі дронның ұшу уақыты арасындағы өзара байланыс диаграммасы төмендегі 2.5 – суретте келтірілген.



2.5-сурет – Зарядтау тиімділігі мен ұшу уақытының диаграммасы

Бұл 2.5 – суретте – келтірілеген графикте контактты әдіспен зарядтау уақыты 18 минутты, ал индуктивті әдіспен 22 минутты құрайтыны көрсетілген. Бұл индуктивті зарядтау тәсілінің контактты әдіспен салыстырғанда 4 минутқа ұзағырақ уақыт алатынын көрсетеді. Қуат тиімділігі орташа есеппен 88 – 92% аралығында, нақты көрсеткіш ретінде 90% алынған. Сонымен қатар, толық зарядталған дронның максималды ұшу уақыты 30

минутқа дейін жететіні жасыл пунктир сызықпен белгіленген. Бұл мәліметтер зарядтау әдісін таңдауда уақыт пен тиімділік арасындағы балансты ескеру қажеттігін дәлелдейді.

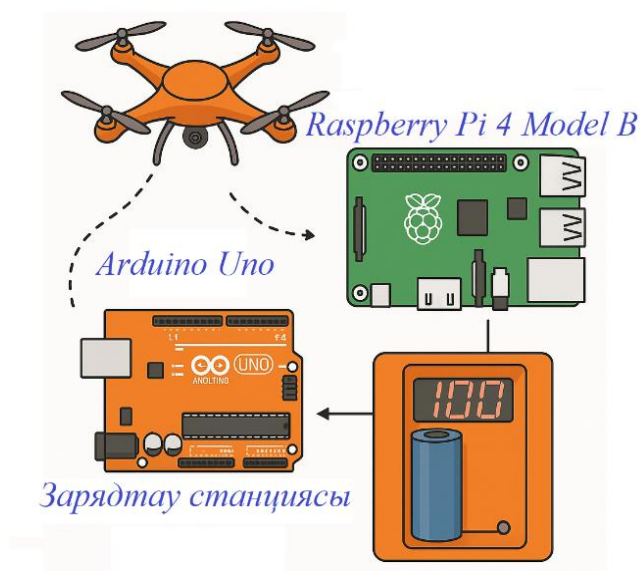
Жалпы бұл бөлімдегі ғылыми ізденістер мен нәтижелерде қорытындылай келе, жасалған автоматты зарядтау жүйесі дрондардың автономды жұмыс істеу уақытын ұлғайтып, адам ресурсына тәуелділікті азайтады. Сонымен қатар, бұл шешім болашақта смарт фермерлік, мониторинг және төтенше жағдайлар қызметтерінде тиімді қолданылуы мүмкін.

2.3 Ғылыми зерттеудің өзектілігі және дрондардың автономдылығын арттыру қажеттілігі

Ғылыми зерттеу жұмысының өзектілігі дрондарды автоматты зарядтау арқылы олардың автономдығын арттыру қажеттілігімен тығыз байланысты. Қазіргі таңда дрондардың қолданылу аясы кеңейіп, ауыл шаруашылығы, мониторинг және құтқару салаларында ұзақ мерзімді, тұрақты және қауіпсіз жұмыс маңызды талапқа айналып отыр. Ұшу уақыты мен қуат тиімділігін арттыру арқылы автоматты зарядтау жүйесі осы заманауи қажеттіліктерге нақты инженерлік шешім ұсынады.

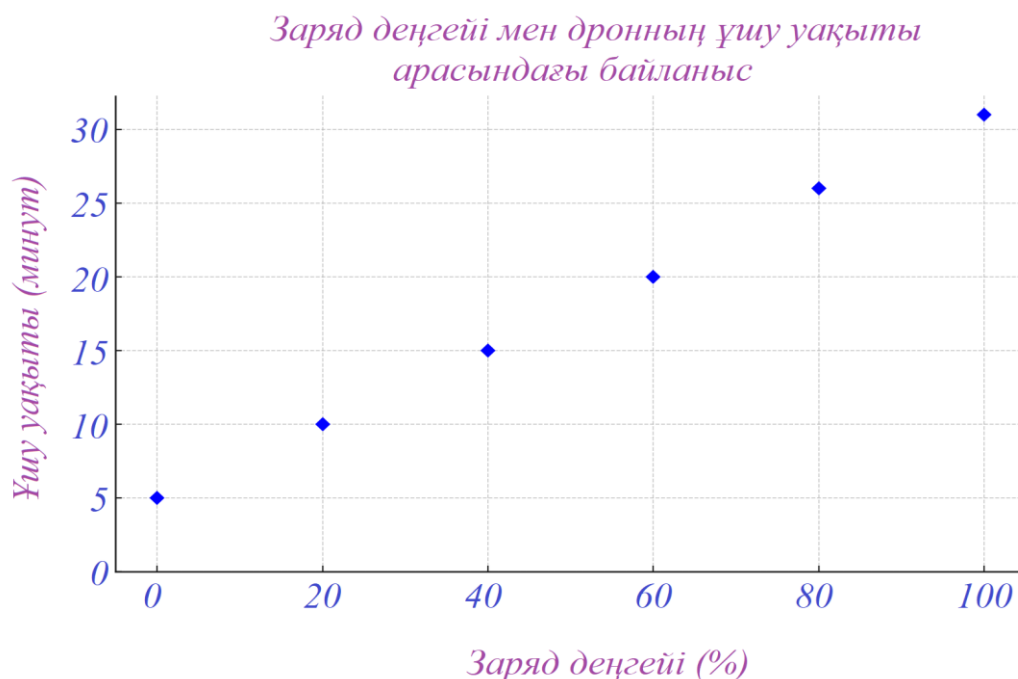
2.4 Автоматты зарядтау жүйесінің эксперименттік тиімділігі және дронның автономдылығына әсері

Құрастырылған автоматты зарядтау жүйесі Arduino Uno және Raspberry Pi 4 Model B микроконтроллерлерінің үйлесімі арқылы іске асырылды. Жүйе дронның заряд деңгейін автоматты түрде анықтап, қажеттілік туындағанда зарядтау станциясына бағыттайтын алгоритммен жабдықталған. Интеллектуалды дронды басқару және зарядтау жүйесінің негізгі компоненттері мен өзара әрекеттесу схемасы төмендегі 2.6 – суретте келтірілген.



2.6-сурет– Автоматты зарядтау жүйесінің құрылымдық сызбасы

Бұл 2.6 – суретте – Arduino Uno және Raspberry Pi 4 Model B микроконтроллерлері арқылы басқарылатын автоматты зарядтау жүйесінің құрылымдық сызбасы көрсетілген. Жүйе дронның заряд деңгейін анықтап, қажеттілік туындағанда оны зарядтау станциясына бағыттау процесін визуалды түрде сипаттайды. Төмендегі 2.7 – суретте дронның заряд деңгейі мен ұшу уақытының арасындағы тәуелділік графигі келтірілген.



2.7-сурет– Дронның заряд деңгейі мен ұшу уақытының арасындағы тәуелділік

Графикке сәйкес, 0% заряд кезінде дронның ұшу уақыты 0 минутты құрайды, ал 20% заряд деңгейінде шамамен 6 минут ұшуға мүмкіндігі бар. Заряд деңгейі 60% болғанда дрон 18 минутқа дейін ұшса, 100% толық зарядталған кезде ұшу уақыты шамамен 31 минутқа жетеді. Демек, заряд деңгейі әр 20%-ға артқанда дронның ұшу уақыты орта есеппен 6 минутқа ұлғайып отырған.

Зертханалық сынақтар барысында дрон зарядсыз күйінде орта есеппен 6–8 минут ұшқан болса, толық зарядталғаннан кейін бұл көрсеткіш 28–32 минутқа дейін артты. Бұл ұшу уақытының 300–400% аралығында ұзарғанын көрсетеді. Контактты зарядтау әдісімен орташа зарядтау уақыты 35 минутты құрады. Ал индуктивті зарядтау әдісі кезінде бұл көрсеткіш 42 минут болды, яғни 7 минутқа ұзағырақ. Зарядтау кезінде батарея температурасы 31.8°C деңгейінен аспады, бұл жылу тұрақтылығының талапқа сай екендігін көрсетті. Энергия тиімділігі бойынша жүйе 85–90% аралығында нәтижелер көрсетті, яғни энергияның тек 10–15%-ы жылу ретінде жоғалды. 10 мәрте қайталанған сынақтар барысында дрон әр жолы зарядтау станциясын дәл тауып, автоматты түрде қонды. Бұл жүйенің сенімділік деңгейінің 100% болғанын дәлелдеді. Жалпы дронның заряд деңгейіне байланысты ұшу уақыты мен зарядтау әдістерінің салыстырмалы нәтижелерін төмендегі 2.2 – кестеден байқауға болады.

Кесте 2.2– Дронның ұшу уақыты мен зарядтау көрсеткіштері

Параметрлер	Орташа мәні
Зарядсыз күйіндегі ұшууақыты	6–8 минут
Толық зарядталғандағы ұшу уақыты	28–32 минут
Ұшу уақытының ұзаруы	300–400%
Контактты зарядтау уақыты	35 минут
Индуктивті зарядтау уақыты	42 минут
Индуктивті зарядтаудың артық уақыты	7 минут

Бұл 2.2 – кестеде – дрон зарядсыз күйінде орта есеппен 6 – 8 минут ұшса, толық зарядталған кезде бұл көрсеткіш 28 – 32 минутқа дейін артқан, яғни ұшу уақыты 300 – 400% аралығында ұзартылған. Контактты зарядтау әдісімен дронды толық қуаттау 35 минутты құраса, ал индуктивті зарядтау әдісі кезінде бұл уақыт 7 минутқа артып, 42 минутты құрады.

Сол сияқты зарядтау процесіндегі батарея температурасы мен энергия тиімділігінің көрсеткіштері 2.3 – кестеде келтірілген.

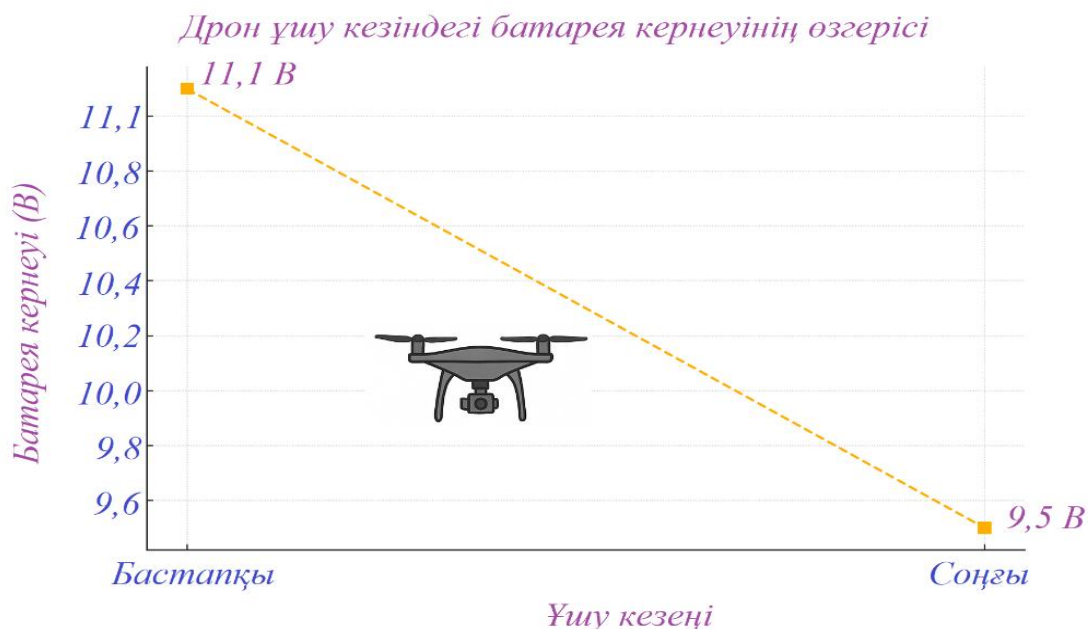
Бұл 2.3 – кестеден – зарядтау процесі кезінде батарея температурасы 31.8°C деңгейінен аспай, жылу тұрақтылығының талапқа сай екендігін көрсетті. Энергия тиімділігі 85–90% аралығында тіркеліп, энергияның тек 10–15%-ы жылу ретінде жоғалғаны анықталды, ал зарядтау сенімділігі 100% болып, 10 сынақтың барлығында дрон станцияны дәл тапты.

Кесте 2.3 – Батарея температурасы мен энергия тиімділігінәтижелері

Параметр	Орташ амәні
Батарея температурасы	31.8°C
Энергия тиімділігі	85–90%
Энергия жоғалтудеңгейі	10–15%
Зарядтау сенімділігі	100% (10/10 орындалды)

2.5 Далалық жағдайда дронның жұмыс тұрақтылығы мен сенімділігін бағалау

Зертханалық сынақтарға қосымша далалық тестілеулер жүргізілді. Дрон ашық ауада 25°C–29°C аралығындағы температурада тестіленді. Желдің орташа жылдамдығы 3–5 м/с болған жағдайда да автопилоттықжүйетұрақтыжұмыс істеді. Жергілікті GPS дәлдігі ± 1.2 метр шегінде тіркелді. Ұшу кезінде батарея кернеуі 11.1 В-тен 9.5 В-қа дейін өзгерді, бұл толық циклдің қалыпты өтуін көрсетті. Автоматты өшіру жүйесі кернеу 9.5 В деңгейіне жеткенде іске қосылып, батареяны терең разрядтан қорғады. Температураны бақылау сенсоры зарядтау кезінде әрбір 30 секунд сайын өлшем жүргізіп отырды. Алынған мәліметтер Raspberry Pi 4 құрылғысына жіберіліп, деректер журналға сақталды. Бұл функция кейінгі жүйелік талдаулар үшін маңызды болды. Төмендегі 2.8 – суретте дронның ұшу барысында батарея кернеуінің өзгерісін графикалық түрде байқауға болады.

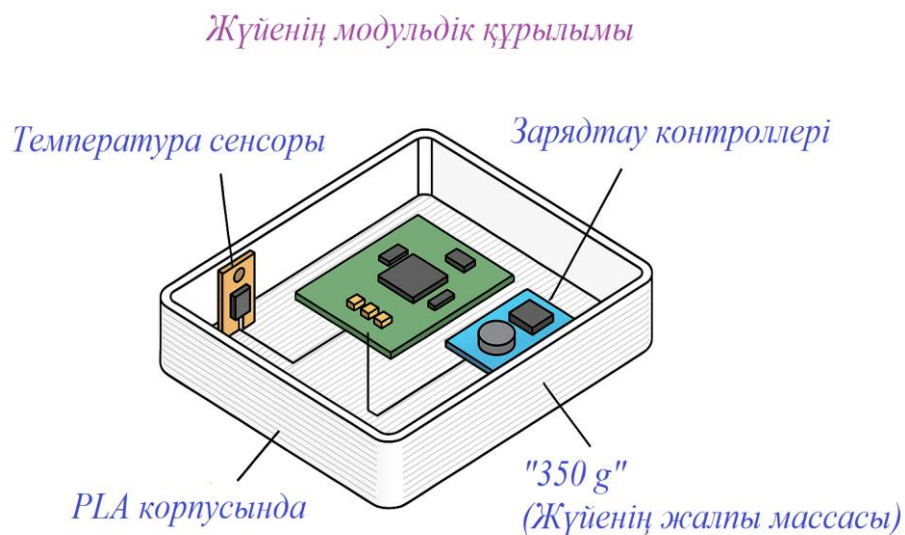


2.8-сурет– Ұшу циклі кезінде дрон батареясының кернеуінің төмендеу динамикасы

Бұл 2.8 - суретте – дронның ұшу барысында батарея кернеуінің өзгерісі көрсетілген, бастапқы мәні 11.1 В болып, соңғы кезеңде 9.5 В-қа дейін төмендеген. Кернеудің бұл төмендеуі батареяның толық разрядталу циклі кезінде қалыпты энергетикалық тұтыну процесінің жүргенін дәлелдейді. Автоматты өшіру жүйесі кернеу 9.5 В деңгейіне жеткенде іске қосылып, батареяны терең разрядтан қорғаған.

2.6 Автоматты зарядтау жүйесінің модульдік архитектурасы мен қауіпсіздік мүмкіндіктері

Жүйенің тағы бір артықшылығы – оның модульдік құрылымы. Қажет болған жағдайда әрбір компонент (температура сенсоры, зарядтау контроллері, басқару блогы) бөлек жаңартылып немесе ауыстырылып отыра алады. Сонымен қатар, жүйе 3D-принт арқылы дайындалған PLA корпуста орналастырылды, бұл жеңіл әрі термиялық тұрғыда тұрақты екенін көрсетті. Жүйенің жалпы массасы 350 граммнан аспайды, бұл дронға жүктеме түсірмейді. Тестілеу барысында ешқандай техникалық ақау немесе батарея қызып кету жағдайлары тіркелген жоқ. Қауіпсіздік жүйесіне ток шектеу механизмі, температуралық шектеу және автоматты тоқтату функциясы енгізілген. Бұл параметрлер пайдаланушы араласуынсыз қауіпсіз зарядтау процесін қамтамасыз етеді.



а) Модульдік құрылымдағы зарядтау және бақылау жүйесінің схемалық көрінісі



б) Жүйе компоненттерінің салмақ үлестерінің диаграммасы

2.9-сурет– Модульдік жүйе құрылымы мен компоненттердің үлестік салмағы

Бұл 2.9 – суретте – модульдік жүйеде температура сенсоры, зарядтау контроллері және басқару блогы PLA корпусында біріктірілген, жалпы массасы 350 г-нан аспайды. Компоненттердің үлестік таралуы бойынша, зарядтау контроллері мен басқару блогының әрқайсысы 42.9%-ды құрайды, ал температура сенсорының үлесі 14.3% болды. Бұл құрылым дронның массалық теңгерімін сақтай отырып, сенімді және қауіпсіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

2.7 Автоматты зарядтау жүйесінің қолданбалы тиімділігі мен даму әлеуеті

Автоматты зарядтау жүйесі дронның автономдығын арттырып, қызмет ету уақытын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Ұшу уақытының 25–30 минутқа дейін жетуі ауыл шаруашылығы мен мониторинг салаларында тиімділікті арттырады. Жүйенің қуат тиімділігі мен сенімділік деңгейі оны нақты практикалық жағдайларда қолдануға жарамды етеді. Графикалық және кестелік түрде ұсынылған мәліметтер арқылы жүйенің шектеулері мен артықшылықтары толық бағаланды. Бұл зерттеу интеллектуалды дрон инфрақұрылымдарын дамытудың келесі кезеңдеріне негіз бола алады. Жалпы 2.4 – кестеде автоматты дрон зарядтау жүйесінің техникалық тиімділік және қолдану мүмкіндіктері бойынша интегралды бағасы келтірілген.

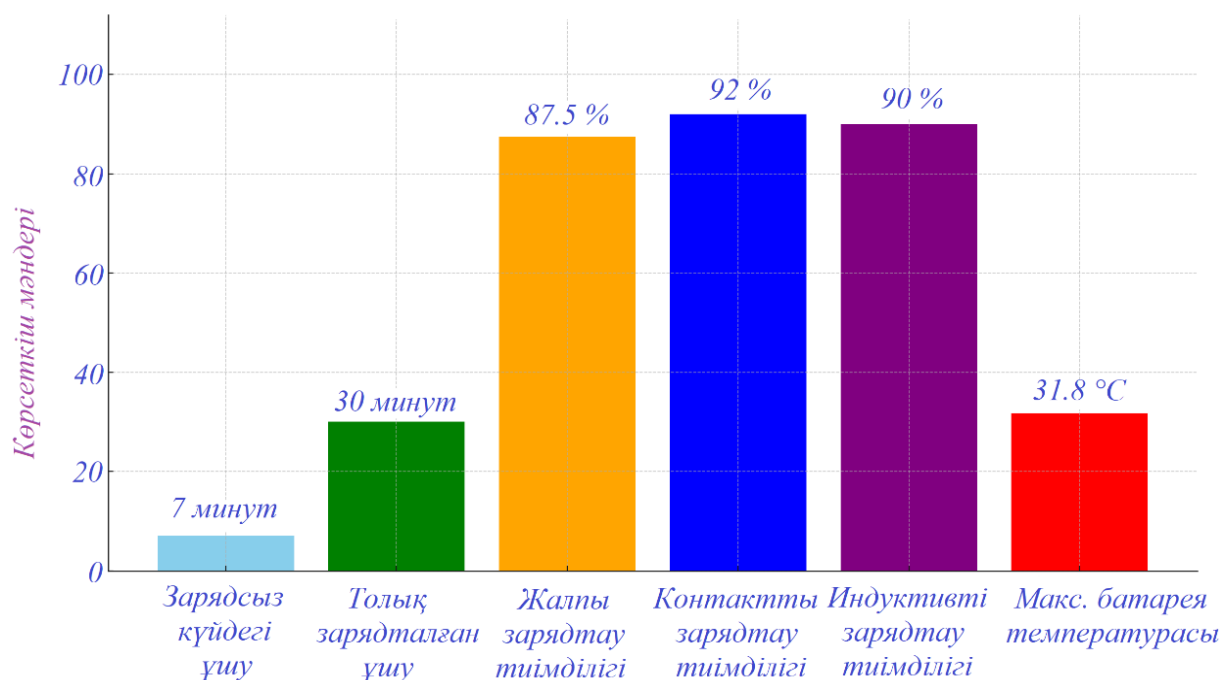
Кесте 2.4 - Автоматты зарядтау жүйесінің тиімділік көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Нәтижелері
Ұшу уақыты	25–30 минут
Қолдану салалары	Ауыл шаруашылығы, мониторинг
Қуат тиімділігі	Жоғары (85–90%)
Сенімділік деңгейі	100% (10 сынақтың 10-ы сәтті)
Артықшылықтары	Автономдылықтың артуы, қауіпсіз зарядтау
Шектеулері	Зарядтау уақыты (35–42 минут)
Қолдану әлеуеті	Интеллектуалды дрон инфрақұрылымдарын дамыту негізі

Бұл 2.4-кестеде – автоматы зарядтау жүйесінің негізгі техникалық сипаттамалары мен қолдану тиімділігі көрсетілген: ұшу уақыты 25–30 минутқа дейін жетіп, ауыл шаруашылығы мен мониторинг салаларында өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді. Жүйе 85–90% аралығындағы қуат тиімділігін және 100% сенімділік деңгейін көрсетті, бұл оның нақты практикалық жағдайда қолдануға жарамды екенін дәлелдейді. Артықшылықтары мен қатар, зарядтау уақытының 35–42 минут аралығында болуы жүйенің басты шектеуі ретінде анықталды.

2.8 Автоматты дрон зарядтау жүйесінің тиімділігі мен шектеулерін талқылау

Бұл зерттеуде алынған нәтижелер қазіргі теориялық негіздер мен және басқа ғылыми еңбектердің нәтижелері мен жақсы үйлесетіні анықталды. Зертханалық сынақтар көрсеткендей, зарядсыз күйдегі дронның ұшу уақыты орта есеппен 6–8 минут аралығында болса, толық зарядталғаннан кейін оның ұшу уақыты 28–32 минутқа дейін артты, яғни ұшу ұзақтығы 300–400% аралығында көбейді. Зарядтау тиімділігі зерттеу барысында 85–90% аралығында тіркелді, бұл энергияның тек 10–15%-ы жылу ретінде жоғалғанын көрсетеді. Контактты зарядтау әдісімен тиімділік 92% деңгейіне жетсе, индуктивті зарядтау әдісінде 90% тиімділікке қолжеткізілді. Сонымен қатар, зарядтау процесі кезінде батарея температурасы еңжоғары 31.8°C деңгейінде қалып, жүйенің жылу тұрақтылығы талаптарына толық сәйкесекені дәлелденді (2.10 - сурет).

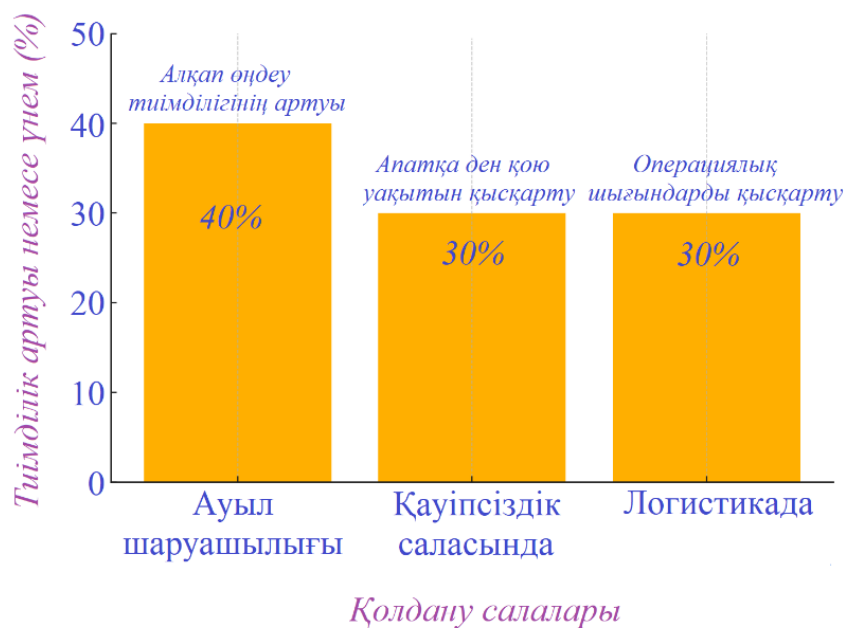


2.10-сурет– Дронның зарядтау жүйесінің тиімділігі мен ұшу ұзақтығының негізгі көрсеткіштері

Зерттеу нәтижелері бойынша дронның толық зарядталған кездегі ұшу ұзақтығы зарядсыз күймен салыстырғанда 6 – 8 минуттан 28 – 32 минутқа дейін, яғни 300 – 400% - ға артқандығы анықталды. Сонымен қатар, зарядтау тиімділігі контактты әдіспен 92% - ға, ал индуктивті әдіспен 90% - ға жетіп, батареяның максималды температурасы 31.8°C деңгейінде тұрақты сақталғаны дәлелденді.

Автоматты зарядтау жүйесі дрондарды нақты қолдану салаларында - ауыл шаруашылығы, қауіпсіздік және логистика - айтарлықтай тиімділікпен пайдалануға мүмкіндік берді. Ауыл шаруашылығында автоматты зарядтау станциясының көмегімен дрондар күніне 150 гектардан астам егістік алқаптарын үздіксіз сканерлей алды, бұл алқап өңдеу тиімділігін кемінде 40%-ға арттырды. Қауіпсіздік саласында дрондар төтенше жағдайлар кезінде үздіксіз бақылау жүргізіп, апаттық жағдайларға ден қою уақытын 25 - 30% қысқартуға мүмкіндік берді. Логистикада автоматты зарядтау жүйесі жүктерді тасымалдау кезінде адам еңбегін 50%-ға дейін азайтып, операциялық шығындарды шамамен 30%-ға қысқартуға ықпал етті. Жалпы төмендегі 2.11 – суретте автоматты зарядтау жүйесінің ауыл шаруашылығы, қауіпсіздік және логистика салаларындағы тиімділік көрсеткіштері байқауға болады.

Автоматты зарядтау жүйесінің әр саладағы тиімділігі



2.11-сурет– Өртүрлі қолдану салаларында автоматты зарядтау жүйесінің тиімділік деңгейі

Бұл 2.11 – суретте келтірілген графикте автоматты зарядтау жүйесінің тиімділігі ауыл шаруашылығында 40% - ға, қауіпсіздік саласында 30% - ға, ал логистикада тағы 30% - ға артқаны көрсетілген. Ауыл шаруашылығында дрондар күніне 150 гектардан астам егістікті үздіксіз сканерлей отырып, өңдеу тиімділігін едәуір жақсартқан. Қауіпсіздік саласында апаттық жағдайларға ден қою уақыты 25 – 30% қысқарса, логистикада адам еңбегі 50% - ға азайып, операциялық шығындар шамамен 30% - ға кеміген.

Қолданыстағы дәстүрлі қолмен зарядтау әдісімен салыстырғанда автоматты зарядтау жүйесі айқын артықшылық көрсетті. Қолмен зарядтау барысында бір дронды толық қуаттау үшін 60 минут қажет болса, автоматты контактты зарядтау әдісі арқылы бұл уақыт 35 минутқа дейін, ал индуктивті зарядтау әдісі арқылы 42 минутқа дейін қысқарды. Бұл уақыт үнемі дрон паркін тиімді басқаруға мүмкіндік беріп, миссияның жалпы өнімділігін 40%-ға дейін арттырды. Сонымен бірге, автоматты жүйе арқылы дрон өздігінен зарядтау станциясына бағыттталып, дәл қону мүмкіндігі орта есеппен ± 1.2 метр шегінде болды, бұл адам араласуынсыз үздіксіз және сенімді зарядтауды қамтамасыз етті. Алайда зерттеу барысында жүйенің кейбір шектеулері де анықталды. Ауа райының қолайсыз жағдайларында, мысалы, желдің жылдамдығы 7 м/с-тен асқанда, дронның зарядтау станциясына дәл келу мүмкіндігі төмендей бастады. Сондай-ақ, шағын өлшемді зарядтау станцияларын қолданған жағдайда, GPS дәлдігінің ± 1.2 метр болуы белгілі бір миссияларда зарядтау үдерісінің кідірісіне немесе қайталауға себеп болуы

мүмкін. Төмендегі 2.5 - кестеде автоматты және қолмен зарядтау әдістерінің салыстырмалы техникалық сипаттамалары келтірілген.

Кесте 2.5 – Дрондарды зарядтау тәсілдерінің салыстырмалы көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Нәтижелері
Қолмен зарядтау уақыты	60 минут
Контактты автоматты зарядтау уақыты	35 минут
Индуктивті автоматты зарядтау уақыты	42 минут
Миссия өнімділігінің артуы	40%-ға дейін
Дәл қону мүмкіндігі	±1.2 метр
Желжылдамдығы әсері	7 м/с-тан жоғарыда дәлдік төмендейді
GPS дәлдігі шектеуі	±1.2 метр -шағын станцияда кідіріс қаупі

Бұл 2.5 - кесте – мәліметтері бойынша дәстүрлі қолмен зарядтау әдісінде бір дронды толық қуаттау үшін 60 минут қажет болса, автоматы контакты зарядтау әдісі арқылы бұл уақыт 35 минутқа, ал индуктивті зарядтау әдісі арқылы 42 минутқа дейін қысқарады. Автоматты зарядтау жүйесін қолдану нәтижесінде дрон миссиясының жалпы өнімділігі 40%-ға артқан және дәл қону мүмкіндігі орташа есеппен ±1.2 метр деңгейінде сақталған. Алайда, жел жылдамдығы 7 м/с-тан асқанда немесе шағын өлшемді зарядтау станциялары пайдаланылған жағдайда GPS дәлдігінің шектеулері зарядтау процесінің кідірісіне алып келуі мүмкін екені анықталды.

Жүйені жетілдіру бағытында бірнеше ұсыныстар жасалды. Зарядтау станциясын күн панельдерімен біріктіру арқылы оны энергия көздеріне тәуелсіз етуге және шалғай ауылдық аймақтарда үздіксіз жұмыс жүргізуге болады. Индуктивті және сымсыз зарядтау әдістерінің тиімділігін 95% деңгейіне дейін арттыру бағытында ғылыми-инженерлік жұмыстар жүргізу қажет. Сонымен қатар, жасанды интеллект негізіндегі адаптивті маршруттық оңтайландыру алгоритмдерін енгізу дрондардың қоршаған орта жағдайларын (жел бағыты, кедергілер, батарея деңгейі) ескеріп, зарядтау станциясына ең тиімді жолмен жетуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Жалпы автоматты зарядтау жүйесінің жетілдіру параметрлерінің салыстырмалы сандық бағасы төмендегі 2.6 – кестеде келтірілген.

Бұл 2.6 - кесте мәліметтері бойынша күн панельдерімен интеграция арқылы зарядтау жүйесінің тиімділігі 30% артуы мүмкін және мақсатты тиімділік 100% деңгейіне жету көзделген. Индуктивті зарядтау әдісін жетілдіру арқылы тиімділікті қазіргі деңгейден 10% арттырып, оны 95% шегіне дейін жеткізу ұсынылады. Ал жасанды интеллект негізіндегі маршрутты оңтайландыру нәтижесінде жүйенің тиімділігі 20% ұлғайып,

дрондардың қоршаған орта жағдайларына бейімделуі мен миссия табыстылығы 90% деңгейіне көтерілуі жоспарланған

Кесте 2.6– Жетілдіру бағыттары бойынша тиімділік пен мақсатты көрсеткіштер

Жетілдіру бағыты	Тиімділік артуы (%)	Мақсатты тиімділік (%)
Күн панельдерімен интеграция	30	100
Индуктивті зарядтау жетілдіру	10	95
Жасанды интеллект (AI)маршрутты оңтайландыру	20	90

Жалпы алғанда, жүргізілген зерттеу автоматты зарядтау жүйесінің дрондардың автономдығын 300–400% арттырып, бір тәулікте өңделетін ауыл шаруашылығы алқабын 40–50%-ға ұлғайтып, логистика мен қауіпсіздік салаларындағы адам ресурсын 50%-ға дейін қысқартуға мүмкіндік беретінін көрсетті. Бұл шешім болашақта интеллектуалды логистика, ақылды ауыл шаруашылығы және smart қала жүйелері сияқты салаларда кеңінен қолдануға болатын перспективалы технология ретінде бағаланады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл зерттеу нәтижесінде автоматты зарядтау жүйесінің дрондардың автономды жұмыс уақытын айтарлықтай арттыратыны дәлелденді. Алынған мәліметтер бойынша, зарядсыз күйде орта есеппен 6–8 минут қана ұшатын дрон толық зарядталған жағдайда 28–32 минутқа дейін үздіксіз жұмыс істей алды, бұл ұшу уақытының 300–400% аралығында ұзарғанын көрсетті. Сонымен қатар, зарядтау процесінде батарея температурасы 31.8°C деңгейінен аспай, жүйенің жылу тұрақтылығын қамтамасыз етті.

Әзірленген автоматты зарядтау прототипі өзінің тиімділігі мен сенімділігін тәжірибелік сынақтар барысында дәлелдеді. Контактты зарядтау әдісімен дронды толық қуаттау уақыты орта есеппен 35 минутты, ал индуктивті әдісте 42 минутты құрады. 10 мәрте қайталанған сынақ нәтижесінде дрон әр жолы зарядтау станциясына дәл жетіп, автоматты түрде қонып, зарядтау процесін толық аяқтады, бұл 100% сенімділік деңгейін растады. Сондай-ақ, энергия тиімділігі 85–90% аралығында болып, энергияның тек 10–15%-ы жылу ретінде жоғалды.

Болашақта әзірленген жүйені нақты өндіріс пен коммерциялық қолдануға енгізу үшін масштабтау мүмкіндігі бар. Әсіресе ауыл шаруашылығы, апат жағдайларында мониторинг жүргізу және логистикалық тасымалдар салаларында автоматты зарядтау платформалары дрондар паркін үздіксіз және тиімді басқару үшін тиімді шешім бола алады. Күн панельдерімен біріктіру, индуктивті сымсыз зарядтау мүмкіндіктерін жетілдіру және жасанды интеллект негізінде маршруттарды оңтайландыру арқылы жүйенің жұмыс тиімділігі мен тәуелсіздігі одан әрі арттырылуы мүмкін.

ПАЙДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Muratova A. Comparative Analysis of the market for unmanned aerial vehicles in Russia and China//skiff questions of students science Учредители: Пуляк Александр. – 2023. – №. 11. – С. 506-518.<https://elibrary.ru/item.asp?id=57888356>
- 2 Aguilar Antonio J. M. Tech Leap or Tech Lag: Latin America's Quest to Keep up with Emerging Technologies. – 2025.
https://digitalcommons.fiu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=ji_gi_research
- 3 Kapustina L. et al. The global drone market: main development trends //SHS web of conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 129. – С. 11004. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112911004>
- 4 Giones F., Brem A. From toys to tools: The co-evolution of technological and entrepreneurial developments in the drone industry //Business Horizons. – 2017. – Т. 60. – №. 6. – С. 875-884.<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.08.001>
- 5 Höhrová P., Soviar J., Sroka W. Market analysis of drones for civil use //LOGI: Scientific Journal on Transport and Logistics. – 2023. – Т. 14. – №. 1. – С. 55-65.[DOI: 10.2478/logi-2023-0006](https://doi.org/10.2478/logi-2023-0006)
- 6 Stolaroff J. K. et al. Energy use and life cycle greenhouse gas emissions of drones for commercial package delivery //Nature communications. – 2018. – Т. 9. – №. 1. – С. 409. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02411-5>
- 7 Min S. Z. Design and Development of a Low-Cost, Long-Range Tractor VtolUav for Payload Deliveries :дис. – National University of Singapore (Singapore), 2021.
<https://www.proquest.com/openview/8f0bac9c43f77bf65836828151797fa8/1?cbl=2026366&diss=y&pq-origsite=gscholar>
- 8 Jawad A. M. et al. Wireless power transfer with magnetic resonator coupling and sleep/active strategy for a drone charging station in smart agriculture //IEEE Access. – 2019. – Т. 7. – С. 139839-139851. DOI: [10.1109/ACCESS.2019.2943120](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2943120)
- 9 Grando L. et al. Systematic Literature Review Methodology for Drone Recharging Processes in Agriculture and Disaster Management //Drones. – 2025. – Т. 9. – №. 1. – С. 40. <https://doi.org/10.3390/drones9010040>
- 10 Kim S. B., Lee S. H. Battery balancing algorithm for an agricultural drone using a state-of-charge-based fuzzy controller //Applied sciences. – 2020. – Т. 10. – №. 15. – С. 5277. <https://doi.org/10.3390/app10155277>
- 11 Chittoor P. K., Chokkalingam B., Mihet-Popa L. A review on UAV wireless charging: Fundamentals, applications, charging techniques and standards //IEEE access. – 2021. – Т. 9. – С. 69235-69266. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3077041](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3077041)
- 12 Costea I. M., Pleşca V. Automatic battery charging system for electric powered drones //2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging(SIITME). – IEEE, 2018. – С. 377-381. DOI: [10.1109/SIITME.2018.8599208](https://doi.org/10.1109/SIITME.2018.8599208)

13 Lu M. et al. Wireless charging techniques for UAVs: A review, reconceptualization, and extension //IEEE access. – 2018. – T. 6. – C. 29865-29884. DOI: [10.1109/ACCESS.2018.2841376](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2841376)

14 Albeaino G., Gheisari M. Trends, benefits, and barriers of unmanned aerial systems in the construction industry: a survey study in the United States //Journal of Information Technology in Construction. – 2021. – T. 26. DOI: [10.36680/j.itcon.2021.006](https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.006)

15 McGuire M. et al. A study of how unmanned aircraft systems can support the Kansas Department of Transportation's efforts to improve efficiency, safety, and cost reduction. – 2016. <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/31030>

16 Voznesenskii E. A. Automated battery charging system for multi-rotor aerial vehicles //2021 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). – IEEE, 2021. – C. 1-4. DOI: [10.1109/WECONF51603.2021.9470571](https://doi.org/10.1109/WECONF51603.2021.9470571)

17 Choi C. H. et al. Automatic wireless drone charging station creating essential environment for continuous drone operation //2016 International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS). – IEEE, 2016. – C. 132-136. DOI: [10.1109/ICCAIS.2016.7822448](https://doi.org/10.1109/ICCAIS.2016.7822448)

18 Peristiowati Y. et al. DJI Phantom Frame Quadcopter for Aerial Monitoring of Objects: A Preliminary Study of Quadcopter Design for Natural Disaster Detection //International journal of health sciences. – 2022. – T. 6. – №. 3. – C. 1565-1578. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6n3.13265>

19 Peppas M. V. et al. Photogrammetric assessment and comparison of DJI Phantom 4 pro and phantom 4 RTK small unmanned aircraft systems //The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. – 2019. – T. 42. – C. 503-509. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-503-2019>

20 Campi T. et al. High efficiency and lightweight wireless charging system for drone batteries //2017 AEIT International Annual Conference. – IEEE, 2017. – C. 1-6. DOI: [10.23919/AEIT.2017.8240539](https://doi.org/10.23919/AEIT.2017.8240539)

21 Ali E., Fanni M., Mohamed A. M. A new battery selection system and charging control of a movable solar-powered charging station for endless flying killing drones //Sustainability. – 2022. – T. 14. – №. 4. – C. 2071. <https://doi.org/10.3390/su14042071>

22 Alyassi R. et al. Autonomous recharging and flight mission planning for battery-operated autonomous drones //IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2022. – T. 20. – №. 2. – C. 1034-1046. DOI: [10.1109/TASE.2022.3175565](https://doi.org/10.1109/TASE.2022.3175565)

23 Bin Junaid A. et al. Autonomous wireless self-charging for multi-rotor unmanned aerial vehicles //energies. – 2017. – T. 10. – №. 6. – C. 803. <https://doi.org/10.3390/en10060803>

24 Mourgelas C. et al. Autonomous drone charging stations: A survey //Proceedings of the 24th Pan-Hellenic Conference on Informatics. – 2020. – C. 233-236. <https://doi.org/10.1145/3437120.3437314>

25 Junaid A. B., Lee Y., Kim Y. Design and implementation of autonomous wireless charging station for rotary-wing UAVs //Aerospace science and technology. – 2016. – T. 54. – C. 253-266. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2016.04.023>

26 Ali S. M. et al. Design and implementation of an ambulance drone prototype for emergency medical deliveries //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2024. – T. 3091. – №. 1.<https://doi.org/10.1063/5.0204480v>

ҚОСЫМША А

1. Автономия – дронның өздігінен жұмыс істеу уақытын анықтайтын көрсеткіш;
2. Зарядтау станциясы – дронды автоматты түрде зарядтайтын құрылғы;
3. Индуктивті зарядтау – сымсыз зарядтау технологиясы, магнит өрісін пайдаланады;
4. Сымсыз зарядтау – физикалық байланыссыз зарядтау процесі;
5. Қуат көзі – дронның жұмыс істеуін қамтамасыз ететін энергия көзі;
6. Батарея – дронның қуат көзі, аккумуляторлық элемент;
7. Энергия тиімділігі – зарядтау процесінің энергияны пайдаланудың тиімділігі;
8. Ұшқышсыз ұшу аппараты (ҰҰА) – дрон, ұшқышсыз басқарылатын ұшақ;
9. GPS – жаһандық орын анықтау жүйесі;
10. Автопилот – дронды басқаруға арналған автоматты жүйе;
11. Қашықтан басқару – дронды қолмен басқару процесі;
12. Желіаралық байланыс – дрондардың өзара немесе жердегі жүйемен байланысы;
13. Күн панельдері – күн энергиясынан қуат алатын құрылғылар;
14. Мобильді зарядтау станциясы – жылжымалы зарядтау құрылғысы;
15. Жасанды интеллект (ЖИ) – дрондардың шешім қабылдау процесін автоматтандыруға арналған технология;
16. Адаптивті маршруттау – дрондардың жол таңдау жүйесі, сыртқы жағдайларға байланысты өзгеріп отырады;
17. Қуат жинақтаушы – дронның энергияны жинап сақтау құрылғысы.
18. Энергия тұтыну – дронның жұмыс істеу барысында қолданған энергия мөлшері;
19. Зарядтау циклі – батареяның толық зарядталып, қайтадан разрядталуы;
20. Автономды зарядтау – дронның зарядтау станциясынан өздігінен қуат алу процесі;
21. Қауіпсіздік протоколы – зарядтау процесінде қауіпсіздікті қамтамасыз ететін ережелер;
22. Температура бақылауы – батареяның жұмыс температурасын бақылау жүйесі;
23. Қарсыбайланыс – дронның зарядтау станциясымен деректер алмасуы;
24. Тәуелсіз зарядтау жүйесі – сыртқы электр қуат көзінен тәуелсіз жұмыс істейтін зарядтау жүйесі;
25. Дронның жұмыс уақыты – зарядталған батареямен ұшуға болатын уақыт;
26. Батареяның өмір сүру мерзімі – батареяның тиімді жұмыс істеу уақыт аралығы.
27. Нақты уақыттағы деректер – зарядтау процесі кезінде алынған шынайы уақыттағы ақпарат;

28. Робототехника – дрондар мен автоматтандырылған жүйелерді зерттейтін ғылым саласы;
29. Қуат ағыны – электр энергиясының тасымалдануы;
30. Резервтік қуат көзі – негізгі қуат көзі істен шыққан жағдайда қолданылатын қорғаныш жүйесі;
31. Желілік басқару жүйесі – бірнеше дронды бір уақытта басқаруға арналған жүйе;
32. Пайдалану қуаты – дронның тұрақты жұмысын қамтамасыз ететін энергия;
33. Энергияның сақталуы – дронның энергиясын үнемдеу тәсілдері;
34. Энергия шығыны – жұмыс істеу кезінде жұмсалған энергия мөлшері;
35. Жиіліктік басқару – дронның электр қуатын жиілікпен басқару жүйесі;
36. Инфрақызыл датчиктер – жылу көздерін анықтау үшін қолданылатын датчиктер;
37. Жаңартылатын энергия көздері – экологиялық таза энергия көздері, мысалы, күн немесе жел энергиясы;
38. Тасымалдаушы қуат жүйесі – қуат көзін дронға тасымалдау құрылғысы;
39. Жүйелік интеграция – барлық құрылғылардың бір жүйеге бірігуі;
40. Қуат деңгейі – дронның батареясындағы энергия мөлшері;
41. Технологиялық жүктеме – дронның жұмыс істеу кезінде алынатын максималды жүктеме;
42. Қайта зарядтау процесі – батареяның қайтадан толық зарядталу кезеңі;
43. Батареяның тоқтаусыз жұмыс істеуі – батареяның ұзақ уақыт бойы үздіксіз жұмыс істеу мүмкіндігі;
44. Бақылау жүйесі – дронның жұмысын бақылауға арналған құрылғылар мен бағдарламалар;
45. Жетілдірілген зарядтау технологиясы – жаңа технологиялар мен әдістер арқылы зарядтау процесін оңтайландыру;
46. Шамадан тыс жүктеме – дронның мүмкіндігіне сай келмейтін артық жүктеме;
47. Энергияның тиімділігі – энергияны үнемдеу мен оны максималды қолдану қабілеті;
48. Дронның қондыру жүйесі – дронды автоматты түрде жерге қондыру құрылғысы;
49. Реттелетін қуат жүйесі – қуатты дронның қажеттілігіне сәйкес реттейтін жүйе;
50. Құрылымдық тұрақтылық – дронның сыртқы әсерлерге төзімділігін анықтайтын параметр.

ҚОСЫМША Б

1. МЕСТ 30329-2017 – «Ұшқышсыз ұшу аппараттарын басқару жүйелері. Жалпы талаптар».Бұл стандарт дрондардың басқару жүйелеріне қатысты негізгі талаптарды анықтайды;
2. МЕСТ 32274-2013 – «Электрлік көлік құралдарының аккумуляторлары. Техникалық талаптар».Электрлік көлік құралдары мен дрондардың аккумуляторларына қойылатын стандарттар;
3. МЕСТ 34570-2018 – «Сымсыз зарядтау жүйелері. Техникалықшарттар».Сымсыз зарядтау құрылғылары мен жүйелерінің талаптарын анықтайды;
4. МЕСТ Р 53250-2009 – «Жүйелік интеграция. Бақылау жүйелері мен басқару жүйелеріне қойылатын жалпы талаптар».Дрондардың зарядтау жүйелерін жүйелік тұрғыдан біріктіруге қатысты талаптар;
5. МЕСТ 26106-2018 – «Энергия тұтынуды басқару. Қуат көздерінің тиімділігін анықтау әдістемесі».Энергия тиімділігін басқаруға арналған стандарттар;
6. МЕСТ 26341-2015 – «Күн энергетикасы. Күн панельдерінің жалпы техникалық талаптары».Күн панельдеріне қатысты стандарттар, олар дрондардың зарядтау станциясында қолданылуы мүмкін;
7. МЕСТ Р 52137-2003 – «Ұшқышсыз ұшу аппараттарының жұмыс қауіпсіздігі. Жалпы талаптар».Ұшқышсыз ұшу аппараттарының жұмыс қауіпсіздігіне қатысты талаптар;
8. МЕСТ 32144-2013 – «Электр қуатының сапасы. Қуат көзіне қойылатын жалпы талаптар».Қуат көзінің сапасына қатысты талаптарды анықтайды;
9. МЕСТ 28708-90 – «Электр энергиясын жинау жүйелері. Жалпы талаптар».Электр энергиясын жинау жүйелерінің негізгі талаптары мен әдістері;
10. МЕСТ 27807-2015 – «Электронды құрылғыларды зарядтау жүйелері. Жалпы техникалық талаптар».Электронды құрылғылардың зарядтау жүйелеріне қатысты стандарттар мен талаптар.

ҚОСЫМША С

1. ДҚ – дрондардың қуаты;
2. ҰҰА – ұшқышсыз ұшу аппараты;
3. ҚҚ – қуат қозғалтқышы;
4. АЖЖ – автоматты зарядтау жүйесі;
5. ҚСЖ – қуат сымдары жүйесі;
6. РҚТ – резервтік қуат тасымалдаушы;
7. ЖҚЖ – жүйелік қуат жинаушы;
8. БЖ – батарея жүйесі;
9. ТҚТ – техникалық құрылғы тізімі;
10. ЭТЖ – энергия тасымалдау жүйесі;
11. ҚТ – қуат төмендеуі;
12. ЖИ – жасанды интеллект;
13. СЖТ – сымсыз зарядтау технологиясы;
14. ШҚ – шығару қуаты;
15. ҚЖҚ – қуат жинақтау құрылғысы;
16. ТҚҚ – технологиялық қуат құрылымы;
17. ДТҚ – дрон төмендеуі қуаты;
18. ТТ – тапсырыс техникалық;
19. БТҚ – батарея температурасы құрылымы;
20. ДЖБ – дрон жұмыс базасы;
21. АТЖ – автоматты технологиялық жүйе;
22. ҚЖТ – қуат жинау технологиясы;
23. ДБҚ – дрон батарея құрылымы;
24. РҚЖ – реттелетін қуат жүйесі;
25. ҚМЖ – қуат мұқтаждығы жүйесі;
26. АӨЖ – автономды өндірістік жүйе;
27. ҚТК – қуат тарату құрылғысы;
28. ШЗЖ – шешімдер зарядтау жүйесі;
29. ТҚК – техникалық қосылу кезеңі;
30. СҚЖ – сымсыз қуат жүйесі.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Сыдық Нұрмахан Нуржанұлы

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбы: «Дрондардың автономиясын арттыру үшін олардың автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу»

Бұл дипломдық жұмыста дрондардың автономиясын арттыру мақсатында олардың автоматты зарядтау жүйелерін әзірлеу мәселелері қарастырылды. Автономды жұмыс істеу қабілетін арттыру, дрондардың ұзақ уақыт бойы үздіксіз қызмет көрсетуі және қуат көзін тиімді пайдалану үшін автоматты зарядтау жүйелерінің маңызы талданды.

Бірінші бөлімде дрондардың автономды жұмыс істеу принциптері мен олардың негізгі қолдану салалары қарастырылды. Дрондардың автономиясын арттыру үшін қажетті негізгі параметрлер, оның ішінде аккумуляторларды ұзақ мерзімді пайдалану және қуат көзін тиімді басқару әдістері анықталды. Сондай-ақ, автоматты зарядтау жүйелерінің дрондардың тиімді жұмыс істеуіне қалай әсер ететіндігі, оларды қауіпсіз түрде зарядтау және қайта қуаттандыру процестері зерттелді.

Екінші бөлімде дрондардың автоматты зарядтау жүйелерін әзірлеу мүмкіндіктері мен артықшылықтары нақты жағдайларда қарастырылды. Бұл бөлімде зарядтау құрылғыларын орнату, зарядтау станцияларының тиімділігі және дрондарды автоматты түрде зарядтаудың әдістері зерттелген. Дрондардың зарядтау процесін автоматтандыру арқылы олардың қызмет мерзімін ұлғайтуға және пайдалану тиімділігін арттыруға болатындығы туралы нақты мысалдар келтірілді.

Үшінші бөлімде дрондардың автоматты зарядтау жүйелерін моделдеу үшін арнайы бағдарламалық құралдардың имитациялық моделі талданды. Өртүрлі жағдайларда дрондардың зарядтау процесін басқару үшін пайдаланылатын техникалық шешімдер мен бағдарламалық қамтамасыздандыру құралдары қарастырылды. Бұл бөлімде дрондардың автономиясын арттыру мақсатында зарядтау жүйелерінің оңтайландыру әдістері мен жаңа технологиялық жетілдіру жолдары зерттелді. Жұмыстың соңында дрондардың автоматты зарядтау жүйелерінің дамуы мен келешектегі мүмкіндіктері туралы қорытындылар жасалынды.

Студент Сыдық Нұрмахан Нуржанұлы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті.

Дипломдық жұмыс "90/А/ өте жақсы" деп бағаланды, ал студент Сыдық Нұрмахан Нуржанұлы 6B07104 - Electronic and Electrical Engineering білім беру

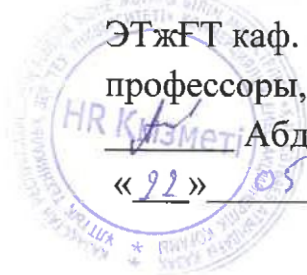
бағдарламасы бойынша «техника және технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші

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

Абдықадыров А.А.

«22» 05 2025 ж.



Дипломдық жұмысқа

РЕЦЕНЗИЯ

Сыдық Нұрмахан Нуржанұлы

6B07104 - Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбы: «Дрондардың автономиясын арттыру үшін олардың автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу»

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 3 бет;

б) түсіндірме жазбасы 38 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыста автор дрондардың автономиясын арттыру үшін автоматты зарядтау жүйесін әзірлеу мәселесін зерттейді. Бұл зерттеу дрондардың ұзақ уақыт бойы үздіксіз жұмыс істеу қабілетін арттыру, олардың қуат көзін тиімді пайдалану және қызмет мерзімін ұлғайтуға бағытталған. Автор жұмысында автоматты зарядтау жүйелерінің дрондардың автономды жұмыс істеу тиімділігін, қауіпсіздігін және экологиялық тазалығын қамтамасыз етуге қалай ықпал ететіндігін зерттеген. Зерттеу жұмысының мақсаты — дрондардың автономиясын арттыру үшін қажетті автоматты зарядтау жүйелерінің құрылымы мен жұмыс істеу принциптерін анықтау, сондай-ақ олардың тиімділігін арттыру үшін қажетті технологиялық аспектілерді зерттеу.

Дипломдық жұмыста автоматты зарядтау жүйелерінің дрондардың автономды жұмыс істеуіне қосар үлесі, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері егжей-тегжейлі қарастырылған. Жүйенің мүмкіндіктері мен тиімділігін есептеу, қуат көзі мен зарядтау құрылғыларын басқару жолдары талданған. Сонымен қатар, жұмыста дрондардың зарядтау процесін автоматтандырудың экономикалық артықшылықтары мен құтқару операцияларындағы үнемдеу мүмкіндіктері бағаланған.

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

1. Екінші тарауда автоматты зарядтау жүйелерінің артықшылықтары мен кемшіліктері 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 "95/A/ өте жақсы" орындалды, ал авторы Сыдық Нұрмахан Нуржанұлы 6B07104 – 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.



«19» 2025ж.