

Азаматтық авиация академиясы

ӘОК 629.7; 621.391.63.

Қолжазба ретінде

**КЕРИБАЕВА ТАЛШЫН БАҚЫТЖАНҚЫЗЫ**

**SMART - технологиясы негізінде ұшқышсыз ұшатын аппаратты басқару  
жүйесін әзірлеу**

6D071400 «Авиациялық техника және технологиялар»

Философия ғылымдарының докторы  
ғылыми дәрежесін алуға арналған  
диссертация (PhD)

Отандық ғылыми кеңесші:  
физика-математика ғылымдарының кандидаты,  
қауымдастырылған профессор  
Ю.Г. Литвинов  
PhD докторы,  
С.Ж. Карипбаев

Шетелдік ғылыми кеңесші:  
Профессор Dr.sc.ing.  
А.Н. Медведев

Қазақстан Республикасы  
Алматы, 2022

## МАЗМҰНЫ

	<b>НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР</b> .....	4
	<b>БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР</b> .....	5
	<b>КІРІСПЕ</b> .....	6
1	<b>МУЛЬТИПАРАМЕТРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІ БАСҚАРУ ҮШІН ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕН ЖАҢА ПАРАДИГМАЛАРЫ</b> .....	10
1.1	Күрделі жасанды процестерді басқару мәселелерін шешу жолының жүйеленген алғышарттары .....	10
1.2	Ұшқышсыз ұшу аппараттарының техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне шолу .....	17
1.3	Экономикалық даму үшін инновациялық ортада SMART технологияларын пайдалану .....	27
	Вывод по первому разделу.....	33
2	<b>SMART ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНДАҒЫ БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ БАҒАЛАУ ҮЛГІСІН ӘЗІРЛЕУ</b> .....	37
2.1	Теориялық зерттеудің әдіснамалық алғы шарттары және жалпы әдістемесі .....	37
2.2	Шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалысын басқарудың математикалық моделі.....	38
2.3	Фазалық айналу принциптеріне негізделген ұшқышсыз ұшатын аппараттардың және басқару датчиктерінің электромагниттік ұшыру жүйесінің конструктивтік параметрлерінің есептік үлгілері.....	43
2.4	Жүйелік параметрлік бұлыңғырлық жағдайында ұшқышсыз көліктерді өндіру мен пайдалануды ұйымдастыру сапасын кешенді бағалаудың нейрондық Smart моделі .....	56
2.5	Кері байланыс байланысының параметрлік және функционалдық белгісіздігін ескере отырып, ұшқышсыз объектіні басқару сапасын модельдеу .....	63
	Екінші бөлім бойынша қорытынды.....	68
3	<b>ЭКСПЕРИМЕНТТІК-СТАТИСТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР</b> .....	69
3.1	Ұшқышсыз жүйелерді басқару кезінде ақпаратты қабылдау және тарату үшін VLC арнасының құрылымдық-функционалдық диаграммасы .....	69
3.2	DHTxx температура мен ылғалдылық датчик мультикоптерлерінде пайдалану үшін Arduino тақтасына негізделген АРМ контроллеріне қосу.....	78
3.3	Ұшқышсыз ұшақ қозғалтқышының диагностикалық блогы.....	89
	Үшінші бөлім бойынша қорытынды.....	94
4	<b>ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫНА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҰЙЫМДАСТЫРУ ҮЛГІСІ</b> .....	95

4.1	Ұшқышсыз көліктерге техникалық қызмет көрсетудің эксплуатациялық көрсеткіштерін эксперименттік бағалау.....	97
4.2	Ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу стратегиясын оңтайландыру үлгісі.....	100
	Төртінші бөлім бойынша қорытынды.....	106
	<b>ҚОРЫТЫНДЫ.....</b>	<b>108</b>
	<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....</b>	<b>111</b>
	<b>А ҚОСЫМШАСЫ.....</b>	<b>118</b>
	<b>В ҚОСЫМШАСЫ.....</b>	<b>119</b>

## НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер пайдаланылды:

1. ИСО 9001:2015 «Халықаралық сапа стандарты»
2. ГОСТ Р ИСО 5725-2002 «Өлшеу әдістері мен нәтижелерінің дәлдігі (дұрыстығы және дәлдігі)" 6 бөліктен тұрады. ИПК стандарттар баспасы, 2002;
- 3 МЕМСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000 «Сынау және калибрлеу зертханаларының құзыретіне қойылатын жалпы талаптар». ИПК стандарттар баспасы, 2001. 24 с.
- 4 МИ 2336-2002. «Сандық химиялық талдау әдістерінің дәлдігі, дұрыстығы, дәлдігі көрсеткіштері. Бағалау әдістері».
- 5 «Энергия үнемдеу туралы» Қазақстан Республикасының Заңы 25.12.1997 №210-1-ЗРК

## БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Бұл диссертацияда келесі белгілер мен аббревиатуралар қолданылады.:

ҰҰА- ұшқышсыз ұшатын аппарат;

VLC-«көрінетін жарықпен байланыс»;

LED – жарықдиодты технология;

ХЭА – Халықаралық Энергетика Агенттігі;

ПӘК - пайдалы әсер коэффициенті;

АЖ- Ақпараттық жүйелер;

Wi-Fi – сымсыз жергілікті желі технологиясы;

UMTS - телекоммуникациялық технология;

CDMA - телекоммуникациялық технология;

WiMAX- телекоммуникациялық технология;

ДӘСҚ - деструктивті әсер ету құралдары;

КП – күн панелі;

АРЖ – автоматты реттеу жүйесі;

АЖЖ – автоматтандырылған жобалау жүйесі;

ЕҚК – екінші қуат көзі;

ҚБЖ – қашықтан басқару жүйесі.

## КІРІСПЕ

**Жұмыстың өзектілігі.** Проблемалар оның жеткіліксіз теориялық дамуымен және күрделі мультипараметрлік жүйелердегі басқару процестерінің сапасына қойылатын жаңа талаптармен және басқару агенттерінің белгісіздігі мен мәліметтердің анық еместігі жағдайында шешім қабылдаумен анықталады, бұл ғылыми зерттеулердің осы саласын жандандыру қажеттілігін білдіреді.

Көптеген мемлекеттердің «цифрландыру» және цифрлық трансформация бағдарламаларының ішіне енетін негізгі бағыттарына: роботтандыру, SMART басқару жүйелеріне технологияларды енгізу, нейрондық технологиялар, ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) айқындалды.

Ұшқышсыз көліктерді дамыту үш негізгі бағытқа бөлінеді: тұтынушылық, өндірістік және әскери. ҰҰА -ны басқаруда барлық бағдарламаланатын ұшу траекториясы бойынша ұшқышсыз ұшу аппаратының позициясын сыртқы бақылауды және ұшқышсыз ұшу аппаратының техникалық жағдайын сыртқы диагностикалауды құру қажет болды.

Дәстүрлі түрде ұшу траекториясында ұшқышсыз көліктермен байланыс радиоарна арқылы жүзеге асырылады, бұл қазіргі уақытта ұшқышсыз ұшу аппаратын басқару процесінде сыртқы бақыланбайтын қауіпті кедергілер міндетін жеңілдетеді.

Осы жағдайларда «кедергіге бейімділік» ұғымы пайда болды.

Техникалық құралдардың сыртқы электромагниттік кедергілердің әсерінен басқару процесінің бұзылуына, сондай-ақ микроэлектрондық құралдардың физикалық бұзылуына қарсы тұру қабілеті әлі түпкілікті шешілген жоқ. Жүйе ішіндегі кедергілерге және сыртқы әдейі электромагниттік әсерлерге төзімді ұшқышсыз ұшу аппараттарының ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін VLC технологиясы өте перспективалы болып келеді. Жүйе ішіндегі кедергілерге және сыртқы әдейі электромагниттік әсерлерге төзімді ұшқышсыз ұшу аппараттарының ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін VLC технологиясы өте перспективалы болып келеді.

Жоғарыда айтылғандардың негізінде анықталған тақырыптың өзектілігі туралы қорытынды жасалады.

**Зерттеудің мақсаты** – SMART технологиялары негізінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын басқару процесінің сапасын арттыру.

**Зерттеу объектісі** ұшқышсыз ұшатын аппаратты басқару сапасын бақылау процесі болып табылады.

**Зерттеу пәні** ұшқышсыз ұшу аппаратын басқару сапасын бағалаудың ресми құралдары болып табылады.

**Зерттеу әдістері.** Зерттеудің әдіснамалық негізі жүйелік әдіс болып табылады. Жұмыста теориялық зерттеулер, эксперименттік және статистикалық зерттеулер, бақылау және басқару алгоритмдерін жасау, зерттеудің тиімділігін бағалау кезеңдері қарастырылған. Диссертациялық жұмыстың негізгі

нәтижелері формальды тәсілдер арқылы алынды: сараптамалық бағалау, жүйелік талдау, математикалық статистика, имитациялық модельдеу, анық емес жиындар теориясы және агент негізіндегі тәсіл.

#### **Зерттеудің негізгі міндеттері:**

- шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалысын басқарудың математикалық моделі;
- ұшқышсыз ұшатын аппараттарды электромагниттік ұшыру жүйесіндегі фазалық ауыстырғыштың параметрлерін есептеу моделі;
- жүйелік параметрлік бұлыңғырлық жағдайында ұшқышсыз көліктерді өндіру мен пайдалануды ұйымдастыру сапасын кешенді бағалау үшін нейрондық Smart моделін әзірлеу;
- кері байланыс байланысының параметрлік және функционалдық белгісіздігін ескере отырып, ұшқышсыз объектіні басқару сапасын модельдеу;
- мультикооптерлерде пайдалану үшін ARDUINO тақтасы негізіндегі DHTxx температура мен ылғалдылық датчиктарын АРМ контроллеріне қосудың ғылыми-әдістемелік тәсілін әзірлеу;
- ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсету мен жөндеу сапасын оңтайландыру мен жақсартудың тұжырымдамалық моделін әзірлеу.

#### **Ғылыми жаңалығы:**

- шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалысын басқарудың математикалық моделі мен алгоритмі;
- ұшқышсыз ұшу аппараттарына арналған электромагниттік ұшыру жүйесіндегі фазалық ауыстырғыштың параметрлерін есептеу үлгісі;
- сарапшылық шешімдерді қабылдаумен жүйелік параметрлік бұлыңғырлық жағдайында ұшқышсыз көліктерді өндіру мен пайдалануды ұйымдастыру сапасын кешенді бағалаудың нейрондық SMART моделі;
- кері байланыс байланысының параметрлік және функционалдық белгісіздігін ескере отырып, имитациялық модель және пилотсыз объектіні басқару сапасын бағалау алгоритмі;
- ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсету мен жөндеу сапасын оңтайландыру мен жақсартудың тұжырымдамалық моделі

**Тәжірибелік құндылығы** параметрлік және функционалдық белгісіздікті ескере отырып, SMART технологияларды пайдалана отырып, ұшқышсыз ұшу аппараттарын басқару саласындағы басқару нәтижелілігін арттыру болып табылады. Практикалық маңыздылығы іске асыру актілерімен расталады.

#### **Қорғауға ұсынылған негізгі ғылыми ережелер:**

- шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының математикалық моделі мен басқару алгоритмі;
- ұшқышсыз ұшу аппараттарына арналған электромагниттік ұшыру жүйесіндегі фазалық ауыстырғыштың параметрлерін есептеу үлгісі;

- сарапшылық шешімдерді қабылдаумен жүйелік параметрлік бұлыңғырлық жағдайында ұшқышсыз көліктерді өндіру мен пайдалануды ұйымдастыру сапасын кешенді бағалаудың нейрондық SMART моделі;

- кері байланыс байланысының параметрлік және функционалдық белгісіздігін ескере отырып, ұшқышсыз объектіні басқару сапасының имитациялық моделі;

- ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсету мен жөндеу сапасын оңтайландыру мен жақсартудың тұжырымдамалық үлгісі.

**Жұмысты апробациялау.** Диссертацияның негізгі ережелері, оның жеке шешімдері мен нәтижелері кафедра мәжілістерінде баяндалды.

**Автордың жеке үлесі.** Диссертация авторының жеке өзі алған зерттеу нәтижелері бойынша проблеманы қою, зерттеудің мақсаты мен міндеттерін тұжырымдалды, SMART технологиялар негізінде ұшқышсыз ұшатын аппаратты басқарудың сапасы мен тиімділігін бағалаудың ресми құралдарын қолданылды, эксперименттік және статистикалық зерттеулер жүргізу, енгізу бойынша ұсыныстары әзірленді.

**Жарияланымдар.** Диссертация тақырыбы бойынша 15 баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде: 2 мақала Scopus деректер қорына кіретін шетелдік журналда, 5 мақала халықаралық ғылыми конференциялар материалдары жинақтарында, 3 мақала журналдарда жарияланған. ҚР Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитетімен ұсынылған.

**Жұмыстың құрылымы мен көлемі.** Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады, компьютерлік мәтіннің 119 бетінде ұсынылған.

**Бірінші бөлімде** басқару жүйелерінің сапасын арттыру теориясы мен практикасы зерттеледі, әсіресе ұшқышсыз ұшу аппараттарын басқару саласында проблемалық мәселелер мен Smart технологияларды дамытудың қазіргі деңгейінде оларды шешудің перспективалары, қолданыстағы шешімдерді қабылдау әдістері және олардың тиімділігін бағалау. Диссертацияның тиісті бөлімдерінде нақтырақ теориялық және әдістемелік мәселелер қарастырылады.

Бірінші бөлімдегі аналитикалық зерттеу нәтижелері екінші, үшінші және төртінші бөлімдерде ұсынылған диссертацияның ғылыми-практикалық бөлімінің мазмұны мен құрылымын анықтады. Оның үстіне қарастырылып отырған көп қырлы мәселеге қатысты мәселелердің жалпы шеңберінен теориялық зерттеуден кейін.

**Екінші бөлімде** мен төртінші бөлімде эмпирикалық түрде зерттелетін ең маңызды және маңызды мәселелер бөлінеді. Компьютерлік эксперименттің нәтижелері жазық және кеңістіктік үш өлшемді модельдермен суреттелген, бұл модельдеудің көрінуін арттырады.



**Үшінші бөлімде** эксперименттік және статистикалық зерттеулер ұсынылады, ұшқышсыз жүйелердегі VLC деректерді беру арнасының функционалдық құрылғыларының элементтік базасы қарастырылады.

**Төртінші бөлімде** ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсету жүйесінің ұйымдық моделі әзірленіп, ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсетудің эксплуатациялық көрсеткіштеріне тәжірибелік баға берілген. ҰАО техникалық қызмет көрсету жабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу стратегиясын оңтайландыру моделі әзірленді.

Тақырыпты игеруге отандық және шетелдік ғалымдардың еңбектеріне жүгіндік. Зерттелетін мәселелер бойынша жұмыстардың ішінде келесі еңбектерді атап өткен жөн: Вентцель Е.С., Китаев Н.Н., Надлер Д., Трахтенгерц Е.А., Нейлор К. және басқа авторлар. Басқару және экономикалық қызмет теориясын қарастыратын еңбектердің ішінде авторлар Бақанов М.И., Шеремет А.Д. кітабын және басқару қызметін оңтайландыру әдістерін жасау саласында Моисеев Н.Н.Т.О. кітабын ерекше атап өту қажет көрдік.

**Қорытындылай келгенде**, диссертациялық жұмыс аясында атқарылған жұмыстардың қорытындысы шығарылды.

**Қосымша ақпарат.** Іске асыру актісі және авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік мәліметтерді енгізу туралы куәлік.

# 1 МУЛЬТИПАРАМЕТРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІ БАСҚАРУ ҮШІН ЦИФРЛЫҚ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕН ЖАҢА ПАРАДИГМАЛАРЫ

## 1.1 Күрделі жасанды процестерді басқару мәселелерін шешу жолының жүйеленген алғышарттары

Қазіргі уақытта, сондай-ақ соңғы ретроспективада, басқарудың барлық салаларында және ұйымдық қызметтің әртүрлі деңгейлерінде басқарушылық нәтижелерді төмендету мәселесі айтарлықтай көрінеді. Бұл барлық жерде кездесетін құбылыстың тудырушы жүйелік факторлары басқарушылық және технологиялық құрылымдық күрделілік болып саналады, сондай-ақ объектілілік және объектілілік байланыстардан туындаған функционалдық шиеленіс болып табылады.

Бұл жағдайлар кибернетика, жүйелілік, содан кейін синергетика сияқты пәнаралық туындылардың қарқынды дамуына түрткі болды, бұл әсіресе осы құбылысқа үлкен үмітпен үйлескен электронды компьютерлердің қарқынды дамуына ықпал етті.

Негізгі мәселе кәсіпорындардың өндірістік қызметінің тиімділігін бағалау критерийлері болды. Жобаның саласына, мазмұны мен сипатына қарамастан кез келген жаңа жобаның тиімділігінің критерийлерін таңдау мәселесі әрқашан өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Көптеген жағдайларда экономикалық критерий тиімділік критерийі ретінде қолданылды (белгілі бір уақытқа дейін басқа критерийлер мүлдем болмаған), әсіресе оңтайландыру модельдерінде, оқу әдебиетінде сызықтық бағдарламалау мысалдары бойынша формальды құралдар бөлімінде кеңінен ұсынылған, жалпы атауы «операциялық зерттеулер» болып аталады.

Басқару іс-әрекетінде компьютерді пайдалану нәтижелеріне қысқаша және тарихи контекстке талдауды С.Янг ұсынды, мұнда зерттелетін кезеңдер шартты түрде бірқатар кезеңдерге бөлінеді.

Бірінші кезең (1954-1960 жж.) есептелінеді – бұл есептік есеп пен статистикалық есептерді бастамашылық шешу. Екінші кезең (1956–1964 жж.) – басқару іс-әрекетіне математикалық әдістерді, атап айтқанда оңтайландыру әдістерін тарта отырып, есептеу ресурстарын жүйелі құрылымдау және мақсатты біріктіру кезеңі. Үшінші кезеңде (1965 және одан кейінгі) кәсіпорынның ұйымдастырушылық-өндірістік қызметінің барлық салаларын қамтитын біртұтас интеграцияланған есептеу жүйесін құру идеясы пайда болды. Бұл жүйелер «жалпы жүйе» - толық, жүйелер деп атала бастады. Дегенмен, мұндай тұжырымдамаға сын басталды және дәстүрлі экономикалық талдауға негізделген есептелген әсері бар салаларда компьютерлерді пайдалану бағыты жеңіске жетті. Осы кезеңде АҚШ-та, Англияда, Германияда, КСРО-да және басқа елдерде ұйымдардың тиімділігін арттырудың бірқатар жолдары пайда болды, оларды АҚШ-та Дж.Форрестер, Р.Джонсон, Ф.Каст және Д.Розенцвейг ұсынған. , A. S. Optner, G. Simon, R. Caert және J. March, C. Bonini, M. Mesarovich; Англияда –

С.Беер; КСРО-да Глушков, Д., Моисеев Н.Н., Гвишиани және т.б.. Үлкен компьютерлер негізінде «толық» жүйелерді құруға бағытталған батыстық концепциялардан айырмашылығы, академик Глушков желілік көп деңгейлі модельдерді ұсынды, мұнда төменгі деңгейде «кіші» қолдану керек. машиналар, мысалы, «Промин - М», «Мир-2», олар сол кезде «жеке» компьютердің идеологиясын білдірді.

Дж.Форрестер жалпы кәсіпорынның машиналық сипаттамалық моделін жасады. Ұқсас модельдің тағы бір нұсқасын, бірақ ұйымның әлеуметтік-психологиялық саласын ескере отырып, Р.Кэрт пен Дж.Марч әзірледі. Бұл модель К.Бонинидің еңбектерінде әзірленді, онда ұйым екі жүзге жуық жүйелік айнаымалылар жиынтығымен сипатталатыны көрсетілді, ал Г.Триандис ұйымның толық моделін құру әрекетін жасады, оның ішінде барлық қажетті психологиялық және әлеуметтік-экономикалық айнаымалылар болып табылады. Содан кейін, С.Оптнер өз жұмыстарында «мәселелерді» шешу идеясын «жүйелер» ұғымымен біріктіріп, нәтижесінде пайда болған концептуалды модельді ұйымдардағы мәселелерді шешуге бейімдеді.

Дегенмен, тәжірибе көрсеткендей, «компьютерде жасалған» деген сиқырлы сөз және өнеркәсіп пен саудада қолданылатын әдістер, сондай-ақ сол кезде жасалған операцияларды зерттеу үлгілері шектеулер мен басқа да алғышарттарға байланысты күткен нәтиже бермеді. Күрделі мәселелерді тұтастай, бірақ динамика тұрғысынан талдауға мүмкіндік беретін әдістер қажет болды. Бұл жалпы әдістемені авторлары «жүйелік талдау» деп атады.

Егер осы саладағы жұмыстың басым көпшілігі оң нәтижелер алынған әскери салаға бағытталса және С.Янгтың кітабында жүйелік талдау ұйымды жетілдіру әдістемесі ретінде сипатталған, Оптнер кітабында оны проблемаларды шешудің әдістемесі ретінде ұсынған. Қолданудың бір немесе басқа саласына назар аударатын отырып, С. Оптнердің жаңа әдістемесі қандай да бір нақты салаға назар аудармайды, бірақ «Бизнес көшбасшыларына арналған жүйелік талдау» сияқты әмбебап сипатқа ие болады.

Автор талдаудың нәтижелерін практикада қолданбай-ақ талдау мәселелерін шешу «мақсатсыз жаттығу және ресурстарды ысырап ету» болатынын дәлелдеді, яғни синтез қажеттілігі көрсетілген. Ал екі құрамдас бөліктен – талдау мен синтезден тұратын жүйені қарастыру керектігі белгілі болды. Сонда біз «сондықтан, мәселені шешетін жүйе» деп есептей аламыз.

Автордың тағы бір аса маңызды тұжырымы «жүйелік талдаудың орталық түсінігі» «процесс» болып табылады. Объектінің қазіргі кездегі жағдайын бағалау және объектінің даму тенденциясын да, олардың өзара қарым-қатынасындағы ішкі және сыртқы ортаның динамикасын ескермей-ақ, ағымдағы деректер бойынша модель құру өрескел қателігі болып табылады, әрине бұл нәтижені құнсыздандыруға әкеледі. Және – «процесті нақты түсінбейінше ойлау жүйесі болуы мүмкін емес». Жұмыста негізгі жүйе объектілері анықталды - бұл енгізу, процесс, шығыс, кері байланыс және шектеулер, сондай-ақ жүйелік

көзқарастағы негізгі постулат «жүйелік талдау - бұл» нормативтік «әдіснама» болып табылатыны, ол «не болуы керек» дегенді талап етеді. Бұл жағдайда әдістеменің барлық шарттары мен болжамдары орындалса, берілген нәтижені алу үшін жасалады.

Жүйелік әдістемені енгізу айқын оң нәтижелер бергені соншалық, бұл әдістемеге оның қолдану аясын қолдайтын және кеңейтетін нормативтік нысанды беру кезек күттірмейтін қажеттілікке айналды. Бұл әдістеменің ұйымдық-құқықтық нысаны 1987 жылы ISO 9000 атауын алған халықаралық стандарт болды, ол халықаралық стандарттау ұйымы (ISO) дайындаған құру және сапаны қамтамасыз ету бойынша құжаттар пакеті болып табылады. 1994 жылы ISO 9000/94 стандартының жаңартылған нұсқасы шығарылды. 2001 жылдан бастап сапа жүйесін басқарудың сегіз негізгі қағидасын қамтитын толық ауқымды сапа жүйесі ғана ISO 9000 стандартына сәйкес сертификатталуы мүмкін. Бірқатар өзгерістер мен толықтырулардан кейін ИСО техникалық комитеті 9001-2015 «Сапа менеджменті жүйесі» (СМЖ) әмбебап стандартын құруға қол жеткізді. Стандарт процесс құрылымының постуляциясымен сегіз принципке негізделген.

СМЖ жобалау және пайдалану айтарлықтай еңбекті қажет ететін және шығынды жобалар болып табылады, сондықтан бұл қызметті автоматтандыру қажеттілігі туындайды, бұл өз кезегінде зерттелетін объектіде ақпарат пен материалдық ағындарды қамтитын жүйелік процестерді сипаттауды ресімдеу талаптарын тудырады және сайып келгенде, бұл процедураларды стандарттау деп аталады. Бұл мәселе 1973 жылы IDEF0 (Integration Definition Function Modeling) әдістемесін әзірлеу және енгізу арқылы шешілді. Ол құрылатын жүйелердің жоғары сапасы мен сенімділігін қамтамасыз ету өте маңызды болып табылатын күрделі жүйелерді жобалаудың бастапқы кезеңдерінде де, қолданыстағы жүйелерді, процестер мен құрылымдарды жетілдіру кезеңдерінде де сәтті қолданылады.

IDEF0 модельдерінің артықшылығы мен мақсаты, олар модельденетін жүйенің ортасындағы негізгі қатынастарды – функционалдық қатынастарды, объектілер ағындарын, ақпараттарды және ресурстардың динамикалық өзара әрекетін графикалық түрде бейнелейді. Сонымен қатар, IDEF0 модель мазмұнын диаграммалар түрінде көрнекі түрде көрсететін әдістеме болып табылады және дизайн өнімділігін айтарлықтай арттыруды қамтамасыз етеді. IDEF0 сипаттамасы - модель иерархиялық пирамида түрінде құрастырылған, оның жоғарғы жағында жүйенің ең жалпы сипаттамасы - контекст, ал негізі - егжей-тегжейлі сипаттамалар жиынтығы.

IDEF0 әдістемесі келесі принциптерге негізделген:

Күрделі объектілерді әзірлеу кезінде математикалық сипаттауға болмайтын үлкен жасанды жүйенің графикалық моделі түрінде динамикалық процестерді визуализациялау мәселесі үнемі туындайды. Дизайн технологиясында графиканы пайдалану, өздеріңіз білетіндей, дизайн кескінінің

көрнекілігі мен ақпараттық мазмұнын арттырады, бұл жүйенің үлкен құрылымдық және функционалды фрагменттерін шағын визуалды өрісте көрсетуге, олардың жүйелік байланыстарын көрсетуге және элементтер арасында да, сыртқы ортамен де біріктіру болып табылады. Дегенмен, басым «жалпақ графика» ақпаратты қысу және оны көлемді түрде ұсыну сияқты визуализацияның барлық мәселелерін визуалды түрде шеше алмайды. Бұл мәселе тігінен де, көлденеңінен де нәтижелерді талдауды айтарлықтай жеңілдететін қарапайым және түсінікті сипаттау тілін жасайтын 3D пішіні деп аталады. Көріну көптеген өзекті мәселелерді шешуді жеңілдетеді. Бұған бизнес-процестерді бір орындаушы ұйым деңгейіне дейін дәйекті декомпозициялау арқылы қол жеткізіледі.

Жобада имитацияланған жүйе материалдық ақпарат ағындарының (үдерістерінің) көп деңгейлі жүйесі ретінде ұсынылған. ISO 9000:2000:2008:2015 стандартындағы «үдеріс» термині «кірістерді шығысқа айналдыратын өзара байланысты және өзара әрекеттесетін әрекеттер жиынтығы» ретінде анықталады. Жоғарғы деңгейден (контекстен) басталатын графикалық кескін ақпарат ағынын өңдеудің нақты динамикасын қайталайтын өзара байланысқан блоктар түріндегі диаграммамен ұсынылған. Әрбір блок процесс немесе қосалқы процесс ретінде түсіндіріледі. Ұқсас әдістеме Integration Definition Function Modeling (IDEF0) деп аталады және бір кездері АҚШ әуе күштері аэроғарыш өнеркәсібі үшін ұсынған болатын. Бұл тәсіл IDEF0 – әдістеме деп аталады. Функционалдық модель кәсіпорынды автоматтандыру жобасын жүзеге асыруда елеулі көмек көрсете алады, өйткені ол модельде барлық негізгі материалдық және ақпараттық объектілерді, олардың байланыстары мен оларды пайдалану жолдарын көрсетуге мүмкіндік береді. Бұл ретте жеке жұмыс орындары емес, тұтастай алғанда бизнес-процестер автоматтандырылады.

Көптеген салаларда басқару міндеттерін күрделілеу ғылым мен техниканың жаңа жетістіктерінсіз мүмкін емес. Цифрлық қағидаттарға негізделген ақпараттық технологиялар адам қызметінің барлық салаларына қарқынды еніп қана қоймай, сонымен бірге экономиканы, білім беруді, денсаулық сақтауды, өндірісті, құқықты, саясатты жүйелі түрде біріктіретін, бәсекеге қабілеттілік пен қауіпсіздікті арттыруда шешуші рөл атқаратын олардың интеграциялық факторы болып табылады.

Ақпараттық технология – бұл «адам білімінің шоғырлануының» бір түрі, әсіресе Интернеттің пайда болуымен «желілік ақылға» айналады. Осы уақытқа дейін көптеген құжаттарда «цифрландыру» ұғымы пайда болды. Соңғы уақытта «цифрлық түрлендіру» деген неғұрлым кеңірек ұғым қолданылуда [1-6]. «Цифрлық трансформация» (цифрлық түрлендіру) ұғымының өзі, сонымен қатар кейбір байланысты ұғымдар, мысалы, «цифрлық жетілу» (цифрлық жетілу) және цифрландыру (цифрландыру) кәсіби ортада салыстырмалы түрде жақында қолданыла бастады. Оның жалпы қабылданған анықтамасы ғылыми әдебиеттерде де, халықаралық нұсқауларда да әлі дамымаған. Алайда Қазақстан

Республикасы алғашқылардың бірі болып бұл ұғымға мемлекеттік құжаттарда құқықтық нысан берді («Цифрлық Қазақстан» Мемлекеттік бағдарламасы / Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2017 жылғы 12 желтоқсандағы №827 қаулысы) [1]. Әдебиеттерде бар мәліметтерден «цифрлық түрлендіру» түсінігі өте көп қырлы және оны өте кең түрде түсіндіруге болатыны шығады.

Кез келген жобаның бірінші қадамы - мақсатты таңдау. Дұрыс таңдалған мақсат жүйенің одан әрі өміршеңдігі мен тиімділігінде шешуші рөл атқарады. Д.Надлер мен С.Хибино [7], әдетте, мақсаттың соңғы нұсқасын әзірлеу және тұжырымдау көп уақытты қажет ететінін, кейде тіпті бір жылдан астам уақытты қажет ететінін атап өтеді. Бұл ретте негізгі қиындық уақыттың немесе нәтиженің болжамды бақылау нүктесін таңдауда жатыр, оған сәйкес өнімділік векторы және оның мақсатқа жақындау дәрежесі тексеріледі. Егер нүкте жеткілікті түрде таңдалған болса, онда нысананың техникалық, экономикалық және пайдалы әлеуеті төмен болады, математикалық - мақсатты вектордың жоғары энтропиясы (бұлыңғырлығы) болады. Жақын мақсатты перспектива жағдайында мәселені шешу ықтималдығы артады және тіпті шешілуі мүмкін, бірақ содан кейін мақсат мақсатты жиі түзету қажеттілігіне әкелетін міндетке айналады және нәтижесінде жоғалтады.

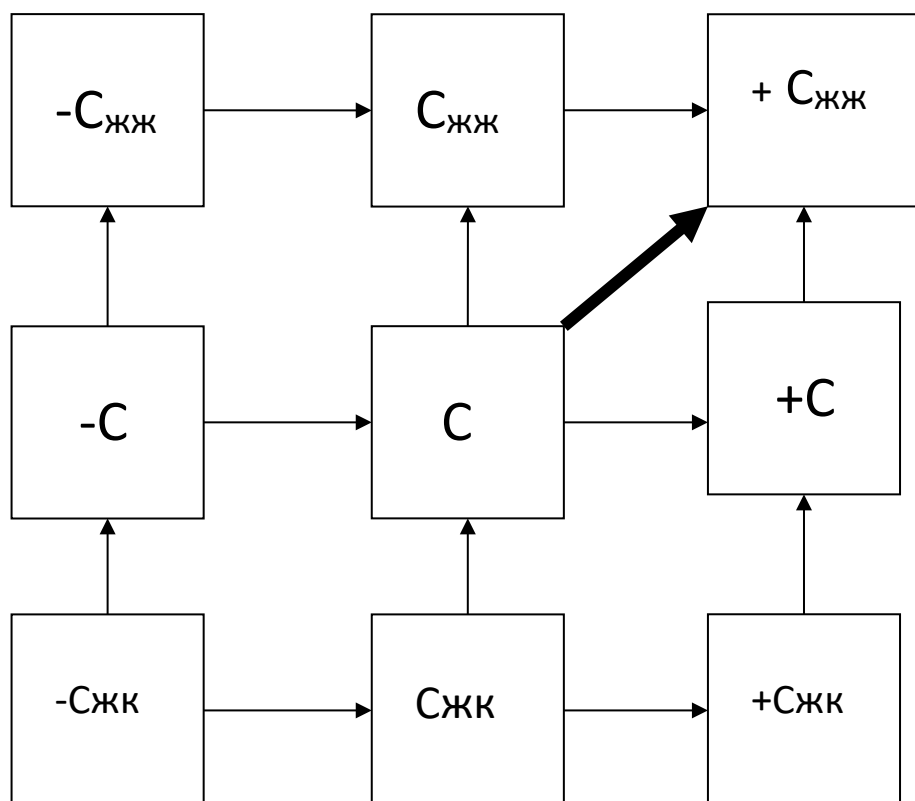
Әдебиеттерде ұсынылған математикалық әдістер (регрессиялық талдау, имитациялық модельдеу, анық емес алгоритмдер) қазіргі уақытта мақсат қою есептері үшін жеткілікті тиімді емес, сондықтан белгісіздік жағдайында олар сараптамалық бағалау әдістерімен ауыстырылады.

Шешім қабылдаудың тиімділігі мен дәлдігін арттыру үшін 9 экранды Altshuller моделі деп аталатын тәсілді ұсынуға болады. Бұл модель 1.1-суретте графикалық түрде берілген, мұнда жүйенің жай-күйі мен дамуының үш құрылымдық-уақыттық деңгейі ажыратылады және оларда қарастырылады: «ретроспективті», «ағымдағы күй» және «перспективалық».

Орта деңгей эволюциялық дамуды қарастырады, мұндағы (-С) – объективті белгілі алдыңғы күй, (С) – объективті белгілі ағымдағы күй, (+С) – болашақ жобалық күй. Әрбір ұяшық қандай да бір көрсеткіштің (көрсеткіштің, критерийдің) сандық немесе сапалық бағасын білдіреді.

Төменгі деңгей жүйені жобалау процесінде қарастырылған және үш ішкі жүйе күйлерін қамтитын жүйені дамытудың тұжырымдамалық нұсқаларының бірі бола отырып, «ішкі жүйе» деп аталады: (-Сжк) - алдыңғы мүмкін жобалық күй; (Сжк) - ағымдағы сәтте мүмкін болатын жобалық күй; (+ Сжк) – болжанған уақыттағы мүмкін жобалық күй.

Жоғарғы деңгей жүйені жобалау процесінде қарастырылған және үш супержүйелік күйді қамтитын жүйені дамытудың тұжырымдамалық нұсқаларының бірі бола отырып, «жоғары жүйе» деп аталады: (-Сжж) - алдыңғы жобалық күй; (Сжж) - ағымдағы сәтте мүмкін болатын жобалық күй; (+ Сжж) – болжанған уақыттағы мүмкін жобалық күй.



Сурет 1.1 – Жүйе динамикасының тоғыз экранды моделі

Ескерту - Дереккөз [6] негізінде құрастырылған

Болжамдық кезең үшін қажетті жобалау күйі (+ Сжж). Бұл жүйе күйіне көшу үш траектория бойынша мүмкін: (С) → (Сжж) → (+Сжж) ;

1. (С) → (+С) → (+Сжж) ;
2. (С) → (+Сжж) «вектор» бойынша.

Траекторияны таңдау оңтайландыру есептеулерін қоса алғанда келесі кезеңге өтудің әрбір фазасының техникалық-экономикалық талдауы нәтижесінде жүзеге асырылады.

«Вектор» бойымен өту сапалы «бифуркация» арқасында мүмкін болады. Осы кезеңде синергетикалық талдау жасауға тырысқан жөн. Соңғы уақытта синергетика саласындағы терминдерді қолдану жиі естілді. Бұл бағыттың (мета-пәннің) негізгі кемшілігі практикалық қолдану бойынша ұсыныстардың жоқтығы болып табылады. Бұл тақырыптың авторы - Герман Хакен. Синергетика жаңа ғылыми парадигма ретінде үш іргелі принципке негізделген: сызықтық еместік, ашықтық және диссипативтілік. Диссипативтілік келесідей анықталады: «егер жүйенің бір күйіне жол берілмесе, жүйеге жүктелген сақталу заңдары мен қатынастарына сәйкес келетін күйлердің тұтас жиынтығы болса,

онда энергияның минималды диссипациясына сәйкес келетін күйі энтропияның ең аз өсуі» жүзеге асады.

Цифрлық түрлендіру жүйелеріндегі процестер мен шешімдер қабылдау әдістері көп жағдайда дәстүрлі бағдарламаланған басқару әдістеріне сәйкес келмейді, өйткені оларда стохастикалық динамика, сызықтық еместік басым бола бастайды және адам-машина жүйелері үшін ерекше маңызды және тән нәрсе. «Адам факторы». Егер өнеркәсіптің ұйымдық-техникалық жүйелерінде және қызметтің басқа салаларында «адам факторы» басқарушы деңгейінде шешім қабылдау процесінде көрінсе және көбінесе шешім қабылдаушы адамның психотипіне байланысты болса, онда әлеуметтік Жүйелер екі психотиптік модельден тұрады.

Егер әлеуметтік-экономикалық объектілерге тоқталсақ, онда жұмыс процестерінің ішінде өздігінен пайда болған көптеген құбылыстар пайда болады, бұл мұндай құбылыстардың салдарын модельдеу және болжау мүмкіндігін шектейді. Осылайша, кездейсоқ фактор сыртқы реттеу әрекеттерінің нәтижелерін жоққа шығарады және бұл үлгі ретінде қабылдануы керек. Пайда болған динамикалық түсініксіз нәрселерді түсіндіру кезінде мұндай жағдайларда жүйе эволюциясының құрамдас бөлігі болып табылатын белгілі бір механизмдер жұмыс істейді деген гипотеза бар. Осыдан «жүйенің бар қасиеттері мен классикалық анықтамалары жүріп жатқан процестердің мәнін тым жеңілдететіні» шығады.

Кездейсоқ фактор тәуекелдерді тудырады. ХХІ ғасырдың негізгі мәселелерін талқылаған ғалымдардың көзқарасы әдебиетте жарияланды. Екі проблема анықталды, олардың бірі «тәуекелді басқаруды үйрену». Түрлі салалардағы көптеген зерттеулер тәуекелдерді басқару адамзаттың прогресін қамтамасыз ететін өркениетіміздің маңызды технологияларының бірі екенін растайды. Денсаулық сақтау жүйесінің қызметі тәуекелдерге толы, бұл осы саладағы тәуекелдерді бағалау, болжау және басқару мәселесін ең күрделі және кезек күттірмейтін міндеттердің біріне айналдырады.

Мақсатты ғылыми негіздеу кезеңінен кейін оған жету жолдарын іздестіруге және шешуді қажет ететін міндеттерді белгілеуге кіріседі. Күрделі жүйелерде әрбір тапсырма ондаған немесе жүздеген параметрлермен жұмыс істейді - функционалдылық пен сапа көрсеткіштері болып табылады. Сондықтан бар параметрлер жиынтығын талдау және диагностикалау үшін объективті және субъективті әдістерді және ақпараттылық, функционалдық және экономикалық маңыздылық, оларды бақылаудың болуы және т.б. критерийлері бойынша салмақты бағалауды қолдану керек. Негізсіз үлкен мөлшердің болуы бастапқы (диагностикалық) ақпарат, ол өзінің табиғаты бойынша соған әкеледі. Сонымен қатар, ол анық емес, тіпті қазіргі заманғы компьютерлік технологияларды қолданудың өзінде ақпаратты өңдеу өте ауыр жұмыс болып қана қоймайды, кейде шешімдердің сапасын қамтамасыз етуде кері әсерге әкеледі. жасалған. Сондықтан басқару жүйелерінің сапасы мен өндірістігін арттыру үшін олар



шешім қабылдау процесін формализациялау құралдарына – математикалық модельдеуге жүгінеді.

Жоғарыда келтірілген талдаулардың барлығынан бұл зерттеулердің әдіснамалық негізін жүйелік тәсіл құрайтыны шығады. Зерттеудің түпкі мақсаты – басқару сапасын арттыру болып көзделген.

## **1.2 Ұшқышсыз ұшу аппараттарының техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне шолу**

Ұшқышсыз ұшу аппараттары салыстырмалы түрде алыс тарихқа карамастан, салыстырмалы түрде жақында экономикалық қызметте кеңінен қолданыла бастады. Жағдайдың мұндай дамуына түрткі тек радиоэлектроникадағы, есептеуіш техникадағы, робототехникадағы, жасанды интеллекттегі революциялық технологиялық жаңалықтар ғана емес, сонымен қатар дәстүрлі авиациямен және жаңа ғарышпен салыстырғанда шешуші рөл атқаратын мұндай ұшақтардың құнының айтарлықтай төмендеуі болды. технологиялар. Ұшқышсыз ұшақ пен қолданыстағы авиация арасындағы ең маңызды айырмашылық - бұл құрылғының бортында адамның болмауы, бірақ сонымен бірге ұшақты басқару жүйесінде жаңа мәселелер пайда болады. Инновациялық технологияларды одан әрі дамыту мен енгізуде шешуші рөлді Қазақстан Республикасында әзірленген соңғы мемлекеттік бағдарламалар атқаруы тиіс [1,3,2,4].

Ұшқышсыз ұшақтарды жіктейтін көптеген принциптер мен техникалық-экономикалық көрсеткіштер бар. Біріктірілген сипаттағы көрсеткіштер: әскери қолдану, төтенше жағдайлардың мониторингі, ауыл шаруашылығы, экология, геодезия, ғылыми зерттеулер және т.б. Келесі жіктеу принципі техникалық және функционалдық көрсеткіштерге негізделген, мысалы, салмақ, ауада болған уақыт, пайдалы жүк, қозғалтқыш түрі, пайдалану жиілігі және басқа да бірқатар арнайы талаптар мен мақсаттар.

Осылайша, 1998 жылы американдық RQ-4 Global Hawk стратегиялық ұшқышсыз барлау ұшағы бірінші ұшуы жүзеге асырылды. Қазіргі уақытта бұл ұшу салмағы 14 тоннадан асатын, жүк көтергіштігі 1,3 тонна болатын ең үлкен ұшқышсыз ұшақ. Әуе кеңістігінде тұру уақыты 36 сағат, ұшу қашықтығы 22 мың км. [5,6,7,8]. Көптеген штаттарда ұшқышсыз ұшақтар террористік мақсатта да пайдаланылуы мүмкін болғандықтан, бұл бағыт құқықтық нормалар мен ережелермен реттелді. Мысалы, Ресей Федерациясында салмағы 250 грамнан асатын ұшақ міндетті түрде тіркелуге жататын квадрокоптерді тіркеудің арнайы ережелері күшіне енді, сонымен қатар радиомен басқарылатын модельдер мен ұшақтар орналасқан учаскелерді шектеу шаралары қарастырылған.

Жұмыс [5] сарапшы рейтингін тағайындау арқылы әлемдегі ең көп таралған және ең жақсы 10 дронға техникалық-экономикалық талдау жасайды. Сараптамалық критерийлер ретінде мыналар пайдаланылды: қолданылатын материалдар мен бөлшектердің сапасы, батарея қуаты, ұшу ұзақтығы,

аэродинамикалық өнімділік, пайдаланудағы тұрақтылық, зақымдануға төзімділік. Салмағы 250 грамға дейінгі ең жақсы дрондардың ТОП-ына мыналар кіреді.

10-шы орынға салмағы мен практикалық жағынан жоғары бағаланған Raze Trello-ға бәсекелес болып табылатын Xiaomi MiTU Minidrone 720p алды. Басқару жүйесі 5 датчиктардан ақпаратты параллельді өңдейтін 4 ядролы чипті пайдаланады, бұл жоғары позициялау дәлдігін қамтамасыз етеді. Орташа бағасы 42000 теңге болатын датчик келесі сипаттамаларға ие: жоғары ұшу өнімділігі және жақсы сапалы бейне ақпарат. Бірақ, сонымен бірге, мұндай кемшіліктер бар: кескінді тұрақтандыру жоқ; қысқа ұшу қашықтығы; қысқа ұшу уақыты.

Тоғызыншы орын 24 000 теңге тұратын Syma X5HW компаниясына тиесілі. Бұл модель биіктікті тұрақтандыру, 0,3 МП Wi-Fi камерасы және FPV сияқты бірқатар негізгі артықшылықтарға ие. Артықшылықтары мыналарды қамтиды: конструктивті және технологиялық құрастыру сенімділігі; төзімділік; биіктікті тұрақтандыру; 6 осьті гироскоп; бассыз режим. Бірақ бұл модельдің кемшіліктері де бар: барограф құрылғының функцияларын шектейді; төмен сапалы бейнелер; бекітілген тұрақты камераның көлбеу бұрышы.

Сегізінші рейтингте құны 12000 теңге тұратын SYMA X15 тұр. Бұл UAV бағасына сәйкес келетін ойын өнімдеріне жатқызылуы керек.

Келесі 7-орында құны 24 000 теңге тұратын WLTOYS Q626 моделі тұр. Бұл UAV моделі балаларды оқыту құралы деп аталады. Модель 720p (HD) жіберетін Wi-Fi FPV, бейнені телефонға нақты уақытта жіберетін фотографиялық модулімен жабдықталған. Барлық деректер смартфонда қайталаанады. Бұл модельдің артықшылықтары: Wi-Fi FPV таратуы бар жоғары сапалы 720p HD камерасы; шағын өлшем; ауада аударылады; бумеранг әсері; жарқын артқы жарық. Ешқандай кемшіліктер табылмады.

Сарапшылар Ryze Tech Tello моделіне 59 000 теңге тұратын алтыншы рейтингті берді. Бұл модель бастапқы нүктеге оралумен бумеранг қасиетіне ие. Квадрокоптер өте әмбебап, салмағы 80 г. және 720p форматында жұмыс істейтін 5 МП камерамен жабдықталған. Барлық ақпарат пайдаланушының телефонында сақталады. Артықшылықтары мыналарды қамтиды: құрастыру сенімділігі; дизайн; бақылау мүмкіндігі; бейне сапасы; ұшу ұзақтығы. Кемшіліктері: коллекторлық қозғалтқыштар; төмен негізгі жабдық; бағдарламаларды қайта орнату.

Бесінші орынды Zerotech Dobby иеленді, ол үздік квадрокоптерлерге жатады. Бағасы 232000 теңге болатын бұл құрылғы келесі сипаттамаларға ие: жиналмалы құрылғы; 4К камера; оптикалық және ультрадыбыстық типтегі датчиктердің болуы, дәл позициялауды қамтамасыз етеді, оның ішінде GPS және GLONASS арқасында ашық жерлерде; дауыспен басқару; сенімді қозғалтқыштар; «Менімен бірге жүр» ұшу режимі. Негізінен 14+ жас тобына арналған. Кемшіліктерге мыналар жатады: өте жоғары құны; резервтік пропеллер және олардың қорғанысы жоқ.

Төртінші орын құны 10 000 теңге тұратын Hubsan Nano Q4 H111 көлігіне бұйырды. Бұл модель барлық қажетті негізгі функционалдық опциялары бар әмбебап наноқұрылғыларға жатады. Drone Hubsan H111D коллекторлық қозғалтқыштармен жабдықталған және келесі техникалық сипаттамаларға ие: жел жүктемелеріне тиімді төтеп береді; шағын өлшемдер, ашық жердің факторларына жақсы қарсы тұрады. Оның мынадай кемшіліктері бар: жақтау; антенна жоқ.

Үшінші орын құны 10 000 теңге тұратын CXHOBBY CX-10W көлігіне бұйырды. Модельде 720x576 px пішімінде түсіруге мүмкіндік беретін CX-10W түріндегі кірістірілген камера бар. Жазбалар телефонның флешкасында «Wi-Fi UFO» деп аталатын бөлімде сақталады. Модель келесі сипаттамаларға ие: шағын өлшем; 3 жеделдету режимі (30, 60 және 100 пайыз); гироскоп немесе VR таяқшалары арқылы басқару; қолжетімділігі. Кемшіліктері келесідей: қысқа ұшу ұзақтығы; біріктірілген батарея; ашық Wi-Fi.

Екінші орында құны 24 000 теңге тұратын Syma X5HC. Бұл модель жалпы жақсы өнімділікке ие және оны әртүрлі орталарда, соның ішінде үй және ашық аумақтарда пайдалануға болады. Бұл дизайн щеткалы қозғалтқыштарды пайдаланады. Олардың күші қажетті тарту мен жылдамдыққа жетеді. Бірінші орынға мамандар құны 12 000 теңге тұратын WL Toys V686 қойды. Дронның батареясы 5-7 минутқа кепілдік береді. ұшу. Ұшу уақытына ауа-райы және ыңғайлы технологиялық қондырғысы бар борттық камераның жұмысы әсер етеді. Дронның артықшылықтарына мыналар жатады: энергияны тұтынудың 4 нұсқасы; 1-адам форматында жазбаларды қабылдауға арналған бөлек дисплей бар; жоғары сапалы бейне; VR көзілдірігімен үйлесімді. Кемшіліктері бар: нұсқаулық ағылшын және қытай тілдерінде; дисплей көрінбейді.

Дрондарды пайдаланудың жинақталған тәжірибесі келесі тізімде конфигурацияланатын таңдау бойынша практикалық талаптар мен ұсыныстарды анықтауға мүмкіндік береді:

1. Қашықтық және ұшу уақыты. Салмағы 250 граммға дейінгі квадрокоптердің ең жақсы үлгілері 10 минутқа дейін және 300 метрге дейінгі қашықтыққа жетеді.

2. Автопилотты іске қосу режимін қамтамасыз ететін автоматты ұшу режимі.

3. Кіріктірілген немесе қосылуға арналған қосқышы бар камералардың болуы.

Іздестіру-құтқару, дәрі-дәрмек жеткізу, т.б жұмыстардың көптеген түрлерін қазіргі таңда үлкен квадрокоптерлер атқаруы керек. Үлкен квадрокоптер дегеніміз не деген сұрақ туындайды. Қолданыстағы классификацияға сәйкес мұндай құрылғыларға көтергіштігі 5 кг-нан асатын құрылғылар жатады. Мысалы, бұған жүк көтергіштігі 15 кг болатын DJI Matrice 600 кіреді. Кейбір мәліметтерге қарағанда, норвегиялық Griff Aviation компаниясы 400 келі жүк көтеретін ұшқышсыз ұшақты көрсетті.

Дүниежүзілік тәжірибеде осы кластағы ҰАО арасында келесі үлгілер танымал болды.

Нарықтағы ең жоғары көтергіш дрондардың бірі - AZ 4K UHD Camera Drone Green Bee 1200. Бұл квадрокоптер коаксиалды принцип бойынша жасалған және шамамен 20 кг жүкті көтере алады және ауада шамамен 20 минут қалады. Дронның дизайн ерекшеліктерінің арасында мыналарды атап өткен жөн:

- 4К камерасын орнатуға арналған үлкен жақтау;
- масса центрінің оңтайлы реттелуіне байланысты дронның жоғары тұрақтылығы;

- ұшу кезінде аппарат пен камераның жинақылығы мен орнықтылығы;

- максималды ұшу салмағы 20 кг.

- құрылғының құны 8 990 АҚШ доллары.

Аэрофототүсірілімге, маркшейдерлік жұмыстарға және инфрақұрылым нысандарын тексеруге арналған өте жоғары бағаланған квадрокоптерлердің арасында Vulcan UAV Black Widow ұсынылады. Бұл құрылғының маңызды конструктивті артықшылығы оның модульділігі болып табылады. Дронның 16 винті бар және дірілге қарсы жүйемен жабдықталған. Бұл дронның келесі сипаттамалары бар:

- жақтаудың диаметрі 900 мм;

- силиконды дірілге қарсы жүйе;

- сегіз қозғалтқыш 4014 380Кв;

- 250А қуат тарату тақтасы;

- 178 мм немесе 304 мм биіктіктегі шасси камераның кәсіби қондырғыларымен пайдалануға арналған;

- реттелетін артқы батарея бөлімі

Ауыр октокоптер Versadrones нарықта танымал, оның бағасы 14 900 еуродан басталады және конфигурацияға байланысты. Бұл октокоптер Versadrones компаниясының ең үлкен ұшқышсыз ұшқышы болып табылады, максималды жүк көтергіштігі 12 кг, 4К камераларын жасауға мүмкіндік беретін үлкейту қоры бар. Дронды GPS ұшу диспетчері орнатуға болады, ол жол нүктелері бойынша ұшу, бастапқы нүктеге оралу және т.б. сияқты артықшылықтарды пайдалануға мүмкіндік береді. Дрон Canon 5D, Canon 1DC, Sony FS700 немесе RED Epic камераларымен үйлесімді болуы мүмкін.

- Бұл құрылғының техникалық сипаттамалары келесідей:

- Дрон мен камераны бөлек басқару мүмкіндігі;

- ұшу уақытын ұлғайту үшін сыйымдылығы жоғары Li-Po батареяларын пайдалану;

- Рамка көміртекті талшықтан құрастырылған, бұл оны жеңіл және бір мезгілде берік етеді;

- тасымалдауға ыңғайлы болу үшін алынбалы арқалықтар;

- RED Scarlet, Canon EOS-1D C және Sony FS700R сияқты камераларды қосқанда 12 кг пайдалы жүк;

- 15 дюймдік көміртекті винттері бар 8 щеткасыз қозғалтқыш;
- HD форматында бейнежазбаны онлайн трансляциялау мүмкіндігі;
- позицияны ұстап тұру, бастапқы нүктеге оралу және жол нүктелері бойынша ұшу мүмкіндігі бар GPS бар ұшу диспетчері;

Дронның техникалық сипаттамалары:

- Өлшемдері (мм): 1200 x 1200 x 400;
- Салмағы: 4 кг (RTF, камерасыз және гимбалсыз);
- Жүк көтергіштігі: 12 кг - RED Epic, RED Scarlet, Blackmagic 4k, Canon 1DC;
- круиздік жылдамдық: 70 км/сағ;
- Максималды биіктігі: 2000 м;
- Ең жоғары көтерілу жылдамдығы: 6 м/с.

Жоғарыда талқыланған дрондар көбінесе ойын мақсаттары үшін және дрон операторларын оқыту үшін қолданылады. Бірақ соңғы уақытта әскери саланы алып тастасақ, ең алдымен ауыл шаруашылығын атап өту керек. Агроөнеркәсіпте «дәл егіншілік» деп аталатын жаңа бағыт пайда болды, мұнда анықтаушы фактор ғылым мен техниканың соңғы жетістіктерін пайдалану болып табылады [9,10,11,12,13]. Әдебиеттерде фитосанитариялық мониторинг үшін мультиспектрлік жабдықпен жабдықталған «SupercamS 350» (моноқанатты) және «ФитоСан-1А» (гексоптер) ұшқышсыз ұшатын аппараттарды пайдалану нәтижелері берілген. Толқыны ТМД елдеріне жеткен ауыл шаруашылығындағы жаңа ақпараттық технологиялар соңғы кезде «дәл егіншілік» деп аталды. Дәл егіншілікті топо-бағдарлы егіншілік, рецепт бойынша егіншілік, дәл егіншілік, жинақы егіншілік деп те атайды. Дәл ауыл шаруашылығын бір технология ретінде емес, технологиялар жиынтығы ретінде қарастырған дұрыс. Бүкіл технологияның өзегі – егістіктерді немесе егістік жерлерді сипаттайтын ақпаратты түсіруге, жинақтауға және өңдеуге мүмкіндік беретін географиялық ақпараттық жүйелер [14,15,16]. Дәстүрлі шаруашылық пен дәлме-дәл егіншіліктің басты айырмашылығы – шешім қабылдау және ауылшаруашылық операциялары үшін жоғары кеңістіктік және уақыттық рұқсаты бар әртүрлі деректерді жинау, өңдеу және талдау үшін заманауи ұшқышсыз ұшу аппараттары мен ақпараттық технологияларды пайдалануда. Бүгінгі күні қажетті ақпаратты жинау үшін спутниктік суреттер мен аэрофототүсірілімдер қолданылады. Дүниежүзілік тәжірибе ауылшаруашылық өндірісінде ғарыштан және ұшқышсыз ұшу аппараттарынан түсіру көптеген мүмкіндіктер беретінін растайды. Бірақ ғарыш аппараттарынан түсірулер жердің жай-күйінің сипаттамасын алу үшін әлемдік және аймақтық деңгейде жүргізіледі. Қажетті мөлшерде және сапада спутниктік суреттерді сатып алу, мысалы, кірісті болжау үшін, көбінесе қарапайым ауылшаруашылық өндірушілеріне ғана емес, сонымен қатар ірі ауылшаруашылық холдингтеріне де қол жетімді емес болып табылады. Сонымен қатар, ғарыштық зерттеулер күннің уақыты мен ауа райы жағдайларына көбірек байланысты. Қызығушылықты тудыратын ақпаратты алудың баламалы әдісі, әсіресе шағын аумақтарда

(бірнеше шаршы метрден бүкіл үй шаруашылығына дейін) әртүрлі бейнелеу жабдықтары бар ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану болып табылады. Осы мақсатта 2014 жылдан бастап көптеген биологиялық өсімдіктерді қорғау ұйымдары ауыл шаруашылығы дақылдарын қашықтан фитосанитарлық бақылаудың көп мақсатты технологиясын әзірлеу үшін ұшқышсыз ұшатын аппараттарды сынақтан өткізуді бастады.

Фитосанитарлық мониторинг, бақылау-өлшеу және техникалық қамтамасыз ету зертханасы «Unmanned Systems» компаниясы ұсынған Tetracam мультиспектрлі камерасымен жабдықталған Supercam S 350 дронының сынақтарын ұйымдастырды. Ұшу нәтижесінде GPS координаттарымен белгіленген маршрут бойынша 50 км радиуста сынақ алаңдары мен жақын маңдағы ауылшаруашылық алқаптарына көпспектрлі зерттеу жүргізілді. Зиянкестермен, аурулармен және арамшөптермен қоныстанған әртүрлі дәрежедегі 10-нан астам ауыл шаруашылығы дақылдарының спектрлері алынды. 2014 жылы аурулар мен зиянкестердің ошақтарын қашықтан анықтауға арналған тікұшақ үлгісіндегі ұшқышсыз ұшқыштың прототипі (бұдан әрі - ФитоСан-1А гексоптер) құрастырылып, сынақтан өткізілді. Гексакоптер маркшейдерлік-өлшеу жабдықтарының кешенімен және агроэкожүйелердің әуе зондтауынан алынған деректерді түзететін жерүсті өлшеу құралдарының қосымша жиынтығымен жабдықталған.

«ФитоСАН-1А» гексоптері – ұшатын платформаның бұрыштарында орналасқан алты негізгі роторы бар тікұшақ үлгісіндегі ұшқышсыз ұшатын аппарат. Бұрандалардың айналуы борттық батареялармен жұмыс істейтін электр қозғалтқыштарымен қамтамасыз етіледі. Гексакоптер GPS және ГЛОНАСС сигналдарын қабылдауға қабілетті автопилотпен жабдықталған, ол ғарышта навигациялауға және белгіленген маршруттар бойынша жоғары дәлдікпен ұшуларды орындауға мүмкіндік береді.

Дроннан алынған деректер мүмкіндік береді:

- агроэкожүйелердің фитосанитарлық мониторингін жүргізу;
- ауыл шаруашылығы жұмыстарының көлемін бағалау және олардың орындалуын бақылау;
- ауыл шаруашылығы дақылдарының агротехникалық жағдайын қадағалау;
- ауыл шаруашылығы дақылдарының агрохимиялық сипаттамаларын бағалау;
- ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжау.

ФитоСан-1А гексакоптерін арнайы техниканы тасымалдаушы ретінде пайдалану қысқа мерзімде ауыл шаруашылығы алқаптарының үлкен аумақтарына аэробейнефитосанитарлық мониторинг жүргізуге және алынған ақпаратты нақты уақыт режимінде одан әрі өңдеу және шешім қабылдау үшін беруге мүмкіндік береді. «ФитоСан-1А» гексоптері 20-40 тіркеу орны бар 100 гектар алқаптағы күздік бидай алқабын түсіруге 30-40 минут жұмсайтыны анықталды. Дәл осындай есептеулерді жүргізу үшін 2 маманға кемінде 3 сағат

кажет. Ауыл шаруашылығы жерлерін бақылау мәселесінің өзектілігі күмән тудырмайды. Фитосанитарлық бақылау, егіс қателері, құрғақшылықтан, аяздан, су басуынан және басқа да факторлардан кейін егіннің өлуі жедел бақылауды қажет етеді. Егістік алқаптары мұны дер кезінде орындауға мүмкіндік бермейді.

Мұндай жағдайларда жүргізілетін бағалау жер-жерде далаға шығу арқылы жүргізіледі, бұл оқиғаның толық ауқымын бағалау мүмкін емес. Сондықтан бұл процесті жылдамдату үшін В дронын пайдалану қажет. Бүгінгі күні барлық ауылшаруашылық тауар өндірушілері егіншіліктің нақты технологиялары шынымен жұмыс істейтініне және айтарлықтай пайда әкелетініне өз тәжірибесінен сенімді. Ауыл шаруашылығында квадрокоптер келесі жұмыстарды орындау үшін қолданылады [17,18,19]:

- химиялық құрамын бағалау мақсатында топырақ талдауын жүргізу;
- тұқымдарды орналасу жеріне апару және қоректік капсулалардағы топыраққа терең себу арқылы тұқым себу.
- ультрадыбыстық эхолокация арқылы дақылдарды бүрку және агрохимиялық және пестицидтердің қажетті мөлшерін біркелкі шашу;
- көптеген датчиктар инсектицидтік өңдеуді қажет ететін құрғақ жерлерді анықтаған кезде топырақты суару;
- дрондармен егінді бақылау;
- дақылдың жағдайын бағалау.

Кейбір технологиялық кезеңдерде ауыл шаруашылығында ұшқышсыз ұшақты қолдану олардың құнын 85%-ға төмендетеді.

Соңғы уақытта объектіні анықтау дәлдігі жеткіліксіз (мысалы, 1-ге дейінгі тірек ауытқуын ұстау мүмкін емес) қателер сияқты белгілі кемшіліктерге қарамастан, фотограмметрия арқылы әуе электр беру желілерінің геометриялық параметрлерін анықтауда дрондар кеңінен қолданылды. см). Дегенмен, салыстырмалы өлшеу дәлдігі төмен болатын бірқатар параметрлерді қажетті дәлдікпен дрон деректерін пайдалану арқылы өлшеуге болады - мысалы, өсімдіктерге дейінгі қашықтық, белгілі бір объектілердің немесе құбылыстардың болуы немесе болмауы және т.б. Осылайша, компания «Джи Пи Эс Ком.» электр желілерінің компанияларының мүдделері үшін жұмыстарды орындау үшін негізінен канадалық Teledyne-Optech компаниясы шығарған электр желілерінің геометриялық параметрлерін анықтау үшін әуедегі лазерлік сканерлеу жүйелерін, сондай-ақ швейцариялық компания шығарған eBee Plus RTK/PPK ұшқышсыз карталау жүйелерін пайдаланады.

eBee Plus RTK/PPK деректеріне негізделген фотограмметриялық нүкте бұлты 1:1000 масштабында топографиялық негіз жасауға, өсімдіктерге дейінгі қашықтықты және басқа параметрлерді өзгертуге мүмкіндік береді. Бірақ сымдардың геометриялық параметрлерімен жұмыс істеуге мүмкіндік бермейді және жерге қосу сымдары, сондай-ақ өсімдіктер астындағы рельефтік үлгіні алу, қауіп төндіретін құбылыстарды табу және т.б.. Электр желілері кешенінде дронды пайдалану eBee Plus келесі артықшылықтарына ие:

- геодезиялық класстың борттық қабылдағышы нақты уақытта немесе кейінгі өңдеу кезінде 3-5 см дәлдікті қамтамасыз етеді;

- қолмен ұшыру, өте шектеулі кеңістікте фюзеляжға қону, т.б. катапульттар мен парашюттер қажет емес;

- тасымалдауды, ұшыруды, басқаруды және қонуды бір адам жүзеге асырады;

- ауыстырылатын пайдалы жүктеме (фотограмметриялық камера, тепловизор, инфрақызыл жақын камера және т.б.);

- толық автономия және төтенше жағдайлардан қорғау;

- кепілдік пен ұшыру саны арасында байланыс жоқ;

- программалық интерфейснің, симулятордың қарапайымдылығы мен қолжетімділігі;

- кез келген ноутбукта немесе планшеттік компьютерде жұмыс істеу мүмкіндігі; Windows операциялық жүйесіндегі құрылғылардың кез келген санына шектеусіз орнату: ноутбуктер, планшеттер; сенсорлық экранды оңтайландыру режимі;

- ауа райы жағдайын ескере отырып;

- жер бедері мен рельеф үлгілерін ескере отырып, 3D форматында ұшу жоспарын қарау және өңдеу;

- бір терминалдан бір уақытта бірнеше дрондарды басқару: тапсырманы автоматты түрде тағайындау және соқтығысуды болдырмау;

- барлығы бір – бақылау, траекторияны кейінгі өңдеу;

- толық автоматтандырылған өңдеу;

- бірнеше серифтер көмегімен кескіндерден қолмен векторлау мүмкіндігі;

- алынған материалдарды кез келген географиялық ақпараттық жүйелерге және компьютерлік жобалау жүйелеріне (DXF, shapfile ...) тікелей экспорттау;

- термобейнелеу және мультиспектрлік мәліметтерді өңдеу.

Әуе желілерін түсірудің нақты мәселелерін шешу үшін ұсынылған деректер нұсқаулар мен ережелердің талаптарына сәйкес келетіндей сәйкес технологияны қолдану керек [20-24].

Қашықтықтан басқарылатын ұшқышсыз ұшатын аппараттар аумақты кәсіби аэрофототүсірілімге түсіру, көркем және деректі фильмдер жасау, әуе барлау мен бақылау, жүктерді жеткізу үшін қолданылады. Мысалы, Amazon сияқты ірі компаниялар, сондай-ақ пиццерия сияқты кішігірім фирмалар біртіндеп мультикоптерге көшуде.

Ұшқышсыз ұшақтарды қолдануды күшейтуге байланысты нақты мақсаттар үшін ең жақсы нұсқаны таңдау бойынша нұсқаулық ұсынылады. Дронды таңдаудың негізгі критерийлері мыналар:

1. Қанат саны. Нарықтағы ең танымал төрт жүзі бар квадрокоптер, бірақ сіз екі, үш, алты және сегіз қозғалтқышы бар дрондарды да таба аласыз. Ұшақтың қуаты қанаттар санына, сондай-ақ оның ұшу тұрақтылығына байланысты.



2. Өлшемдері. Көлемі бойынша мультикоптер үш негізгі класқа бөлінеді. Біріншісі - үлкен дрондар. Орташа өлшемді мультикоптер пайдаланушылар арасында ең танымал. Шағын және ультра кішкентай мультикоптер - қашықтан басқарылатын ұшуларды жақсы көретін жаңадан бастаушыларға арналған ұсыныс.

3. Камераның болуы. Бұл жағдайда ең жақсы нұсқа - жақсы ажыратымдылығы бар (10-14 мегапиксель) орнатылған камералары бар орташа өлшемді дрондардың кейбір үлгілері.

4. Басқару принциптері. Квадрокоптерлердің ең танымал үлгілерінің көпшілігін смартфон немесе планшетті компьютер арқылы басқаруға болады, оларға сымсыз Wi-Fi қосылым интерфейсі арқылы қосылуға болады.

5. Батареялар. Қазіргі уақытта бір толық батарея зарядындағы негізгі дронның орташа жұмысы 8-15 минутты құрайды.

Дүние жүзінің көптеген елдерінде дрондарды жетілдіру жұмыстары жүргізілуде. Бұл салада мыңдаған компаниялар айналысады.

Қазақстан Республикасында ұшқышсыз ұшу аппараттарын дамыту, дрондар ретінде белгілі, қашықтан басқарылатын және бортында экипажы жоқ ұшатын құрылғылар ретінде қарастырылады.

Бұл машиналардың автономия дәрежесі конструктордың толтырылуына және қолдану аясына байланысты өзгереді: кейбіреулері қашықтан басқарылады, басқалары арнайы бағдарламалық жасақтамамен дербес басқарылады.

Жобалау мен пайдаланудың өзіндік ерекшеліктері бар:

- "толық" құрастыру өндірістік кәсіпорындары жоқ, тек "бұрағыш" құрастыру желілері бар;

- әр түрлі өндірушілердің ұшқышсыз ұшақтары қолданылады;

- жетілмеген заңнама;

Қазіргі заманғы ұшқышсыз ұшу аппараттары топтарға жіктеледі:

1) ұшақ үлгісіндегі;

2) көпроторлы;

3) аэростатикалық үлгідегі;

4) ұшқышсыз конвертопландар және гибридті модельдер.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының негізгі қолданылуы олардың мақсатына, тәртібіне, орындау технологиясындағы ерекшеліктеріне қарай ұшулармен авиациялық жұмыстарды орындаумен анықталады және келесі негізгі түрлерге бөлінеді:

1) әуе түсірілімдері мен бақылаулар;

2) авиациялық-химиялық жұмыстар;

3) орман қорын қорғау және қорғау жөніндегі авиациялық жұмыстар;

4) теңіз кемелерінен және теңіз бұрғылау қондырғыларынан ұшулар;

5) эксперименттік және ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін ұшулар;

6) іздестіру және авариялық-құтқару жұмыстары

Әдеби дереккөздерді талдау негізінде ҰҰА келешекте келесі міндеттерді шеше алады:

- 1) әуе барлау (бүгінгі таңда бұл олардың негізгі мақсаты);
- 2) құрлықтағы және теңіздегі нысандарға соққы беру (ҰҰА соққы беру);
- 3) әуе мақсаттарын ұстап қалу;
- 4) отты басқару және мақсат қою;
- 5) хабарламалар мен деректерді қайта жіберу;
- 6) бөлімшелерге жүктерді жеткізу.

Қазақстан Республикасында "бұрағыш" құрастыру технологиялары бар өндірушілер мыналар болып табылады.

Геоскан-Қазақстан Магниторбарлау (Астана қ.). Қолданылуы: тау-кен дело, гоодезия, гоопорталдар құру, ауыл шаруашылығы, ТЖ кезінде қолдау, ЭБЖ тексеру, жылу желілерінің мониторингі, жол шаруашылығы, қала құрылысы және жерге орналастыру, аэрофотосурет. Қызметтер: дрондардың жарық шоуы-отшашуларға технологиялық балама, қалалық және табиғи ортаның 3D модельдері, жылу түсірілімі, ауыл шаруашылығы, аэрофототүсірілім.

"KAZUAV" ЖШС (Астана қ.). Қолданылуы: ұзақ объектілердің мониторингі, ұзақ объектілердің мониторингі, құрылыстың мониторингі, автономды пилотсыз ұшу аппараттарының көмегімен тау-кен қазбаларын жерасты сканерлеу

"DigiComKz" ЖШС (Астана қ.). Қызметтер: Радиобайланыс жүйелерін жөндеу және техникалық қызмет көрсету, кепілдік қызмет көрсету, мотаж және іске қосу-реттеу жұмыстары, радиоарнаны жалға алу, радиобайланыс жүйесін құру.

Көрсетілген қолдану салалары шектеулі. Болашақта ҰҰА-ның өзектілігі мен маңыздылығы келесі салаларда байқалатын болады.

Әртүлі мерекелік іс-шараларды айтпағанда яғни азаматтық мақсатта қолдануды есептемегенде. ҰҰА қазіргі қоғам өміріне әсері мен алып келер пайдасы өте зор.

Ақпараттық даму заманында өмір сүріп жатқандықтан ҰҰА ғылыми зерттеулерде пайдалану қаржылық тұрғыдан шығындарды азайтады.

Орман, шекара қызметтерін бақылауда сондай-ақ төтенше жағдайды дер кезінде бақылауға алу мүмкіндігін увқыт жағын унемдеуге сонымен қатар жылдам шешім қабылдауға септігі үлкен.

Қандайда бір қиын ситуацияларда адам өміріне қауіпті сәтте. ҰҰА жібері адам шығының болмауына септігі мол.

Цифрлық ақпараттар мен суық соғыс заманында әр мемлекеттің өзінің отандық өнімі болу бүгінгі заман талабы.

Спутник жүйелері өшірлген немесе байланысын тоқтатқан жағдайда, елімізде байланыс жүйесінің болмауы

Соғыс жағдайында ҰҰА-ң басқару жүйесі блоктанған кезде

Қазіргі уақыттағы салыынып жатқан санкциялардың әсері бізге тиген жағдайда

Мемлекетіміздің шекарасын және азамттарын (халқын) қорғау мақсатында

### **1.3 Экономикалық даму үшін инновациялық ортада SMART технологияларын қолдану**

SMART технология ретінде 1954 жылы Питер Друкер ұсынған [25].

Содан кейін бұл технология S.M.A.R.T аббревиатурасына «оралған». Сонымен қатар, егер бұл технология жеке мақсаттарға жетуге бағытталған болса, онда әрбір әріптің келесі декодтауы болады:

S – мақсат нақты болуы керек;

M – өлшенетін;

A- қол жеткізуге болады;

R- басқа тапсырмалармен сәйкес келеді, маңызды болу;

T - уақыт шеңбері бар.

Егер басшы кәсіпкерлік қызметтің басқа субъектілеріне міндет қойса, онда ол үшін уақыт, қаржылық, материалдық, кадрлық және заңдылықтардың нәтижесі мен ресурстары маңызды болады. Мұның бәрі нақты және қысқаша түрде бизнес-жоспар түрінде жасалады.

Ірі жобаларды басқару кезінде SMART технологиясы «мақсат қою» ретінде қарастырылады және оны алғаш рет 1965 жылы мотивация бойынша маман Пол Дж. Мейер жариялады [26,27]. Бұл тәсілдің айырмашылығы мақсатты нақтылауда, содан кейін автор нәтижеге «толық» қол жеткізуге кепілдік береді, бұл керемет, яғни. ықтимал тәуекелдер алынып тасталады. Детализацияны тапсырмаларды әзірлеу деп түсіну керек. Мақсат – түпкілікті нәтиже, ал міндет – мақсатқа жету үшін не істеу керек [20].

SMART аббревиатурасы қазіргі уақытта көптеген зерттеулерде, басылымдарда және мемлекеттік бағдарламаларда кездеседі, онда ол «ақылды» немесе «ойлау» деп түсіндіріледі [28,29,30]. Кейбір еңбектерде бұл технологияларға келесідей атаулар берілген: конвергентті технологиялар, NBIC (NBICS) технологиялары, ақпараттық технологиялар, ақпараттық-коммуникациялық, цифрлық технологиялар және т.б.). Бұл әртүрлілікте тіпті маманға қоса берілген тізімдегі ерекшеліктер мен технологиялық айырмашылықтарды анықтау қиын. Бірқатар авторлар бұл айырмашылықтарды философиялық деңгейде іздейді [31,32]. Бұл тәсіл пәнаралық және полидисциплинарлықпен қамтамасыз етіледі. «Қарастырылып отырған тақырыптың даму дәрежесі әлдеқайда жоғары болатын батыс әдебиетінде олар әрқашан Smart технологияларды қолданудың әлеуметтік, білім беру, философиялық құрамдастарына назар аударуға ұмтылады».

SMART технологиялары көбінесе мыналарды қамтитын сандық технологиялар ретінде түсініледі: үлкен деректер; нейротехнологиялар және жасанды интеллект; үлестірілген бухгалтерлік есеп жүйелері; кванттық

технологиялар; жаңа өндіріс технологиялары; өнеркәсіптік интернет; робототехника және сенсор компоненттері; сымсыз байланыс технологиялары; виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары» [33]. Бірақ көп өлшемді ұғым мен «цифрландыру» өрнек қазіргі уақытта «цифрлық түрлендірумен» ауыстырылуда. Әдебиетте олар [32] SMART-киім, SMART -тамақ және SMART -тамақтану, SMART -медицина және SMART -дәрі-дәрмектер, SMART -Тұрмыстық техника, SMART -басқару, SMART -мінез-құлық, SMART -білім беру, SMART -демалыс (демалыс) және тіпті SMART -адам туралы жазылған.

Сонымен қатар, бірқатар авторлар «Smart технологияларына біржақты оң баға беру ерте, өйткені адамның (қоғамның) оларды пайдалануға дайындығы жеткіліксіз болған жағдайда оларды пайдаланудың көптеген қауіптері бар» деп санайды.

Бірқатар елдерде, мысалы, Ұлыбританияда, АҚШ-та, Канадада, Жапонияда, Корея Республикасында және т.б. цифрлық технологиялардың жаңа буынын енгізудің түбегейлі нәтижелері «цифрлық трансформация», бұл көп факторлы жүйелі әлеуметтік-экономикалық құбылыс болып табылады.

Цифрлық трансформацияның көптеген анықтамаларынан мыналарды бөліп көрсетуге болады: Дүниежүзілік банк тобы, 2018а – «сандық ресурстарды және түпкілікті цифрлық процестерді құру саласындағы қосымша құндылық»; ЮНКТАД, 2019 – «цифрлық өнімдер мен қызметтердің экономиканың дәстүрлі секторларына түбегейлі әсер ету бағыттары»; Еуропалық Комиссия, 2019а – «адам өмірінің барлық аспектілеріне цифрлық технологияларды енгізу нәтижесінде экономика мен қоғамның барлық секторларындағы өзгерістер көрсетілген. Цифрлық трансформация қалыпты жағдай, ол өнімнің өмірлік циклінің инновациялық трансформациясы. Цифрлық трансформацияның қоректік ортасы: AI, робототехника, ұшқышсыз көліктер, блокчейн, виртуалды және толықтырылған шындық технологиялары және басқалар.

ТМД елдеріндегі алдыңғы қатарлы цифрлық технологияларға сұраныстың статистикалық зерттеулері келесі салаларда жүргізілді: ауыл шаруашылығы, ұшқышсыз көлік және логистика, отын-энергетика кешені, өнеркәсіп, құрылыс, қаржы секторы, денсаулық сақтау. Зерттеу нәтижесінде келесі цифрлық технологиялар ең көп сұранысқа ие екені анықталды: жасанды интеллект; кванттық технологиялар; жаңа өндіріс технологиялары; робототехника; үлестірілген бухгалтерлік есеп жүйелері; сымсыз байланыс технологиялары; виртуалды және кеңейтілген шындық.

Табиғи және техногенді тәуекелдерді басқару жүйесінде Smart-технологиялар үшін үлкен перспективалар ашылуда. Қазіргі уақытта әлемде адамның қоршаған ортаға табиғи және техногендік қауіп-қатер жаһандық пропорцияға ие болып, терең әлеуметтік, экономикалық және саяси күйзелістердің көзі болып табылатыны туралы түсінік бар. Бұл құбылыстар қоғамның тұрақты дамуын анықтайтын ең маңызды факторлар болып табылады.

Әлеуметтік-экономикалық қауіптердің себептері көп жағдайда табиғи және антропогендік болып табылады. Егер антропогендік факторларды белгілі бір дәрежеде бақылауға болады, мысалы ластаудың өнеркәсіптік көздерін орналастыру жүйесін қайта құру, адамдарды қауіпсіз аймақтарға көшіру, экологиялық мониторингті ұйымдастыру, мемлекеттік бақылауды күшейту және табиғатты қорғау заңнамасын бұзғаны үшін құқықтық жауапкершілікті күшейту, сол кезде табиғи келеңсіз құбылыстарды тиімді басқару мүмкін емес.

Басқарудың барлық функцияларының ішінде басқаруды шешуші деп санау керек, өйткені «бақылау жоқ – бақылау жоқ» [25]. Басқару – бұл объектілер мен процедуралардың жиынтығын қамтитын технология, мұнда олардың әрқайсысы басқалардан тәуелсіз және күрделі жүйенің агенті ретінде қарастырылуы мүмкін. Нақты жағдайларда бұл агенттер кездейсоқ сипатта болады, олар бақылау және шешім қабылдау процесінде тәуекелдер ретінде түсіндірілуі мүмкін бақылау қателеріне әкеледі, ал бизнес жүйесінің тұрақтылығын арттыру мақсатында тәуекелдерді басқаруды сенімді деп атаған жөн. бақылау [34,35,36].

Төтенше жағдайлар министрлігінің қызметінде ұшқышсыз ұшақты қолдану сияқты заманауи техникалық салада бақылау ерекше маңызды болады, бұл жағдайда мүлде жаңа перспективалар ашылады [37]. Бұл құрылғыларды Төтенше жағдайлар министрлігінің қызметінде олардың ғарышта орналасуын бақылау тұрғысынан бірнеше режимде қолдануға болады. Ұшқышсыз басқару режимі осы жағдайда шешілетін мақсат пен міндеттерге байланысты таңдалады. Ұшқышсыз ұшу аппаратын басқару деп «басқару жүйесінің жұмыс істеуінің және ұшудың басынан аяғына дейінгі жалпы процесі, сондай-ақ оның құрамдас бөліктері - қарастырылуы және орналасуы мүмкін композициялық кезеңдері, фазалары, кезеңдері, сәттері түсініледі. тәуелсіз жеке процестер ретінде» [38]. Дронды басқаруда GPS жүйесі кеңінен қолданылады, ол радионавигацияның жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді. Берілген ақпаратқа сәйкес, құрылғылардың кеңістікте орналасуындағы ауытқулар 10 метрден аспайды. Дегенмен, қиын жерлерде, әсіресе тауларда, табиғи кедергілер мен кедергілер GPS сигналдарына кедергі жасайды. Бұл жағдайларда спутниктік басқару жүйелерінен бас тартылады және навигациялық құралдар спутниктік жүйелерге сілтемесіз пайдаланылады.

Қазіргі уақытта толық автономды әуе роботтарын, әртүрлі мақсаттағы және кластағы, әсіресе әскери және азаматтық авиацияда «ақылды» (SMART) ұшқышсыз ұшақтарды жасау бойынша үлкен жұмыстар жүргізілуде. Автономды бағдарлау жүйелері ұшқышсыз көліктің ұшу параметрлерін және 3D форматындағы объектілердің кескіндерін анықтауға, түрлендіруге және ұсынуға арналған аспаптарды, құрылғыларды, аппараттық және бағдарламалық құралдарды және байланыс арналарын қамтиды. Көптеген өндірушілер жасанды интеллекті бар бағдарламалық жасақтамамен басқарылатын көліктерді жасауға тырысуда. Мұндай құралдарға лазерлік аспаптар мен құрылғылары бар оптоэлектрондық жүйелер жатады [38].

Ұшқышсыз ұшқышты қолданудың бірі - фотосуреттер, мұнда фотосуреттер әртүрлі мөлшердегі аумақтарды түсіреді. Жұмыс биіктігі бірнеше жүз метр. Бұл жағдайда бір пиксельдің ажыратымдылығы 5 см-ге дейін болуы мүмкін [37]. Борттық көп жиілікті L1/L2 қабылдағыштары бар геодезиялық дрондар анықтамалық нүктелерсіз 3 см XYZ дәлдігін алуға мүмкіндік береді. Бұл жүйелердегі негізгі бөлім камераның кеңістіктегі орнын анықтау болып табылады. Осы мақсаттар үшін сіз Ublox сияқты антеннасы бар шағын өлшемді GPS қабылдағышын пайдалана аласыз. Қазіргі уақытта дроннан кешендерді өндіруде олар GPS/Glonass аралас типті спутниктік позициялау жүйелерінің сигнал қабылдағыштарына ауысуда. Мұндай жүйелердің үлкен кемшілігі төмен дәлдік болып табылады. Сондықтан дәлірек құрылғыларда 5-10 см дәлдікпен кескін центрінің координаталарын анықтауға мүмкіндік беретін жоғары дәлдіктегі GPS қабылдағышы орнатылған. GPS/GLONASS навигациясының дәлдігі және ҰАО автоматты басқару жүйелерінің мүмкіндіктері аэрофототүсірілімнің келесі параметрлеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді:

- трассаның осінен көлденең жылжу -  $\pm 10$  м;
- дронды берілген биіктікте ұстау -  $\pm 15$  м;
- жобаланатын суретке түсіру орталығынан камера ысырмасының іске қосу нүктесіне дейінгі қашықтық -  $\pm 5$  м;
- суреттер арасындағы трассада дронның айналу бұрышының өзгеруі -  $10^\circ$ ;
- түсірілімдер арасындағы маршрутта дронның қадамдық бұрышын өзгерту.

Нәтижесінде әртүрлі мақсаттағы ұшқышсыз ұшатын аппараттан жүйелердің метрологиялық көрсеткіштерін бағалау кезінде, әсіресе басқару агенттерінің мақсатты параметрлерін өлшеу қателеріне қатысты көптеген түсініксіздіктер бар. Қазіргі уақытта әрбір нақты операциялық жағдайда қателер құрылымын белгісіздіктің барлық мүмкін көздері үшін дифференциалды түрде зерттеуді, көздер арасындағы корреляцияны анықтауды және өлшенген сома түріндегі соңғы қатені есептеуді ұсынатын әдістер мен стандарттар бар. Бұл әдіс нейрондық технологияларда қолданылады.

SMART технологиялары нейрондық технологиялар, нейрондық желілер деп аталатын жасанды интеллекттің жаңа бағытын қамтиды. Қазіргі уақытта бұл ғылыми бағытта теорияда да, тәжірибеде де айтарлықтай ілгерілеушілік байқалады [39]. Нейрондық желі функционалды түрде биологиялық ақыл-ойдың жасанды моделі ретінде ұсынылған және зияткерлік қызметтің кейбір салаларында ол адамды, әсіресе шешім қабылдау кезеңдерінде алмастыра алады.

Жоғары жылдамдықты қазіргі заманғы цифрлық компьютерлер адам алгоритмдейтін және бағдарламалаған (формальды) операцияларды орындайды. Дегенмен, мәселені ресімдеу мүмкін емес және кіріс деректері толық емес, шулы немесе сәйкес келмейтін жағдайларда дәстүрлі компьютерлерді пайдалану тиімсіз болады. Мұндай жағдайларда дәстүрлі емес нейрондық желі технологияларын жүзеге асыратын арнайы компьютерлер тартылады. Бұл компьютерлік жүйелердің айрықша ерекшелігі ақпаратты өңдеудің стандартты

емес сипаты болып табылады. Бұл жағдайларда ақпарат бөлек жад ұяшықтарында сақталмайды, бірақ нейрондар деп аталатындар арасындағы байланыстар арқылы көрсетіледі, сондықтан жеке нейронның күйі онымен байланысты көптеген басқа нейрондардың күйімен анықталады. Сонымен қатар, кейбір байланыстардың жоғалуы қалғандарымен толығымен ауыстырылады және жалпы құрылымның жұмысын төмендетпейді.

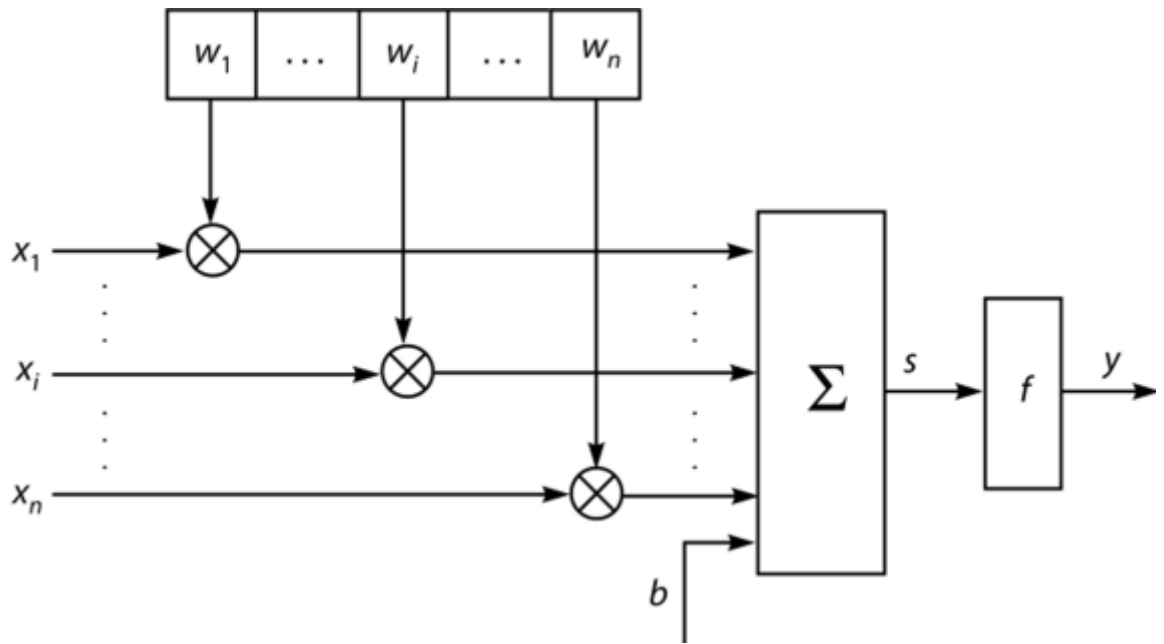
Жоғары «табиғи» шуға төзімділік және функционалдық сенімділік бұрмаланған (шулы) ақпарат ағындарына да, жеке процессор элементтерінің істен шығуы мағынасында да қолданылады. Нейронның тағы бір маңызды қасиеті оның үйрену және қайта оқу қабілеті болып табылады, бұл басқа мәселелерді шешуге қайта бағдарлауға мүмкіндік береді.

Нейрондық желі құрылымдарының берілген сапалары мен қабілеттері оларды келесі мәселелерді шешу үшін пайдалануға мүмкіндік береді:

- кескіндерді өңдеу және талдау;
- сөйлеушіге қарамастан сөйлеуді тану, аударма;
- жоғары жылдамдықты цифрлық ағындарды өңдеу;
- ақпаратты жылдам іздеудің автоматтандырылған жүйесі;
- нақты уақыт режимінде ақпаратты классификациялау;
- күштер мен құралдарды кең көлемде қолдануды жоспарлау;
- уақытты қажет ететін оңтайландыру есептерін шешу;
- адаптивті бақылау және болжау.

Нейронның функционалдығы жүйенің қосылыстармен анықталатын қасиеттерін сақтайды. Ең маңызды нәтижелер өздігінен білім алуға және шешім қабылдауға қолдау көрсетуге қабілетті динамикалық сараптамалық жүйелердің нейрондық желілерін пайдалану арқылы алынды.

1.2-суретте нейронның құрылымдық моделі көрсетілген. Ол үш типті элементтерден тұрады: кірістер ( $x_1 \dots x_n$  векторы), салмақ коэффициенттері ( $w_1 \dots w_n$ ), салмақты кірістердің конволюциялық блогы (қосқыш), активтендіру функциясы  $f$  және  $S$  қосылымы. Байланыс синапс деп аталатындар арқылы жүзеге асырылады. Синапс кіріс  $x_i$  (вектор) қосылым күшін бағалайтын сандық салмаққа көбейтеді. Қосқыш басқа нейрондардан және сыртқы кіріс сигналдарынан синаптикалық байланыстар арқылы келетін сигналдарды қосуды орындайды. Бұл функция нейронның белсендіру функциясы немесе тасымалдау функциясы деп аталады.

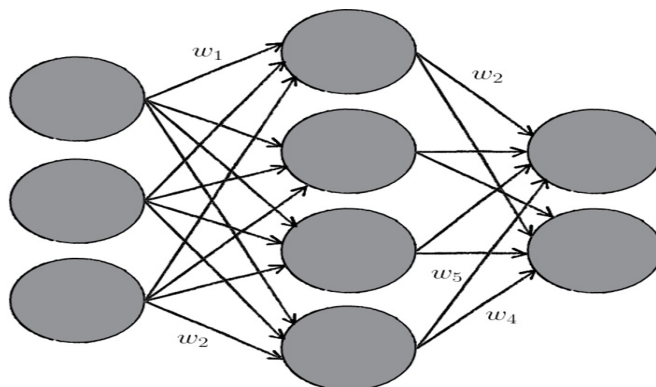


Сурет 1.2 – Нейронның құрылымдық моделі

Ескерту - Дереккөз [40] негізінде құрастырылған

Қосындыда өлшенген қосынды шекті мәнмен салыстырылады, ал егер қосынды шекті мәннен асып кетсе, нейрон оттайды және бұл күй 1, әйтпесе 0 болып тағайындалады.

Жүйе құрылымы бойынша нейрондық желілер толық қосылған, әлсіз байланысқан болып бөлінеді. Толық қосылған желілерде әрбір нейрон өзінің шығыс сигналын 1.3-суретте көрсетілгендей басқа нейрондарға және өзіне жібереді.



Сурет 1.3 – Толық қосылған нейрондық желінің құрылымдық моделі

Ескерту - Дереккөз [41] негізінде құрастырылған

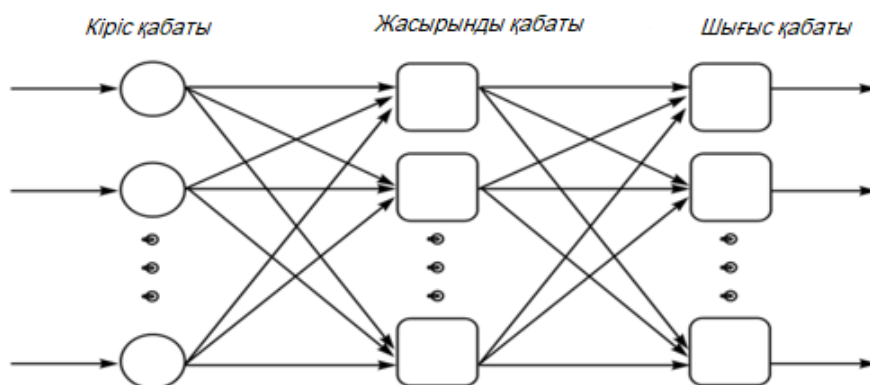


Желінің шығыстары нейрондардың барлық немесе кейбір шығыстары болуы мүмкін. Бос байланысқан желілерде нейрондар тікбұрышты немесе алтыбұрышты тордың түйіндерінде орналасады.

Көп қабатты желілерде нейрондар қабаттарға біріктіріледі. Қабатта жалпы кіріс сигналдары бар көптеген нейрондар бар. Сыртқы сигналдар кіріс қабатының нейрондарының кірістеріне беріледі, ал желінің шығыстары соңғы қабаттың шығыс сигналдары болып табылады. Кіріс және шығыс қабаттарынан басқа бір немесе бірнеше жасырын қабаттар бар.

1.4-суретте екіқабатты желінің архитектуралық үлгісі көрсетілген.

Нейрондық желілердің негізгі артықшылықтарының бірі - қол жетімді алгоритмдерге сәйкес желіні барлық айнымалы салмақ коэффициенттерінің оңтайлы мәндерін автоматты түрде табуға үйретуге болады (кейбір синаптикалық байланыстар тұрақты болуы мүмкін). Бұл кезең нейрондық желіні оқыту деп аталады және желінің оған жүктелген міндеттерді шешу қабілеті оның қаншалықты жақсы орындалатынына байланысты.



Сурет 1.4 – Екі қабатты нейрондық желі

Ескерту – Дереккөз [41] негізінде құрастырылған

Нейрондық желінің құрылымын таңдау тапсырманың сипаттамалары мен күрделілігіне сәйкес жүзеге асырылады. Есептердің көптеген түрлерін шешу үшін нейрондық желілердің оңтайлы конфигурациялары әзірленді. Олардың кейбіреулері әдебиеттерде және арнайы құжаттарда сипатталған. Сәулелену спектрінің әртүрлі аймақтарындағы кескіндерді фотографиялық жазу саласындағы микроэлектроника прогресінің нәтижесінде оларды қолданудың қолданбалы мәселелерінің ауқымы кеңейді [41]. Бұл арнайы бейне қабылдағыштарды өндіру технологиясының жетістіктерінің арқасында мүмкін болды. Ажыратымдылығы 4000x4000 элементтер және одан да көп матрицалар мен оптикалық қабылдағыштар кеңінен қолданылады, соңғы уақытта жоғары ажыратымдылықты (1000x1000 элементтерден астам) және тіпті жеке

фотондарды тіркейтін телевизиялық түтіктерге және матрицаларға қарағанда үлкен дәрежедегі түсіру жылдамдығын біріктіретін матрицалар пайда болды. .

Оптикалық ақпаратты жазудың техникалық құралдарымен қатар SMART технологияларындағы «көру жүйелерін» әзірлеу мен пайдаланудың алғышарттарын анықтайтын математикалық және кескінді өңдеу бағдарламалық қамтамасыз ету құрылуда. Тәжірибе көрсеткендей, мұндай жүйелер визуализация сатысында да, әсіресе тану сатысында да, алдын ала «ақылды» қорытындылар жасау кезінде де адам көзінің мүмкіндіктерінен әлдеқайда асып түседі және келесі ғылыми және практикалық салаларда таңғажайып нәтижелерге қол жеткізеді [42]:

- өнеркәсіптік өндірісте көру жүйесін қолдану (медициналық өнеркәсіп мысалында)

- термобейнелеу және термиялық өлшеу технологияларындағы көру жүйелері;

- рентгендік ақауларды анықтау;

- гамма-бейне жазу құрылғысы;

- гидроаэродинамикалық ағындарды визуализациялау;

- геологиялық микро- және макрообъектілерді талдау;

- өнеркәсіптік кәсіпорындардың түтін және желдету құбырларының ішкі беттерін бақылауға арналған снаряд-дефектоскоп;

- штрих-кодтарды автоматты түрде таңдау және оқу;

- іздік бөлшектерді автоматты түрде таңдау және сүзу;

- дөңгелек ағаштың көлемін контактсыз өлшеу;

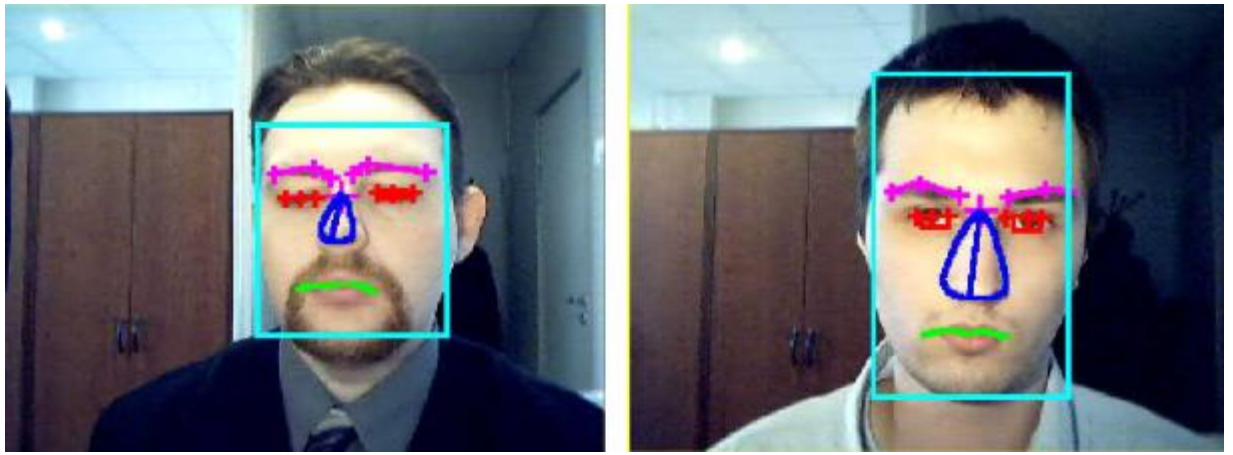
- адам бетін автоматты түрде таңдау және оның ерекшеліктерін қадағалау;

- қозғалыстағы көліктің алдындағы жолдағы кедергілерді анықтау;

- GENETICS-02 үстелдік сот сараптамалық кешені;

- ультражылдам процестерді көпарналы тіркеу.

Енгізілген кескіндердің өлшемі: 320x240 пиксель. Бетті 10 градусқа бұруға және еңкейтуге рұқсат етіледі. Жарықтандыру қалыпты кеңсе. Қастардың, мұрынның және ауыздың шекараларын таңдау нәтижелері бірнеше тән нүктелер бойынша сплайндармен жуықталады. Көзді анықтау нәтижелері «көз ашық/жабық» жалауымен, сондай-ақ сәйкес шеңберлердің орталықтары мен радиустарымен сипатталады (1.5-сурет).



Сурет 1.5 – Техникалық көру қабілеті бар SMART жүйесіне негізделген жеке сәйкестендіру жүйесіндегі адам бетінің пиксельдік моделі [43].

Ескерту – Дереккөз [43] негізінде құрастырылған

Бұл жүйе көптеген басқару құрылымдарында өте кең практикалық қолдануды алды.

### **Бірінші бөлім бойынша қорытынды**

1. Талдау көрсеткендей, басқарушылық және технологиялық күрделілік пен функционалдық күрделілік басқару тиімділігін төмендету мәселесін жүйелі түрде тудырады. Қолданыстағы басқару жүйелеріндегі жалпы кемшіліктер мен проблемаларды, салалық бағыныштылығына және меншік нысанына карамастан, келесіге дейін қысқартуға болады:

- ғылым мен тәжірибеде бақыланатын параметрлер, көрсеткіштер, факторлар мен процестер үшін нормативтік (шектік, төзімділік) мәндерді негіздеудің объективті әдістері жоқ кезде;

- барлық қазіргі тәжірибелерде азды-көпті дәрежеде субъективтілік бар кезде;

- бақылау, бағалау және шешім қабылдау жеке параметрлер бойынша, әртүрлі міндеттер үшін және әртүрлі жағдайларда сараланған және фрагменттелген түрде жүзеге асырылады, өйткені ғылыми және практикалық деңгейде тапсырманы туындататын интеграцияланған тиімділік критерийі жоқ кезде;

- «үлкен деректермен» жұмыс істеу жағдайында, әсіресе мониторинг жүйесінде ұзақ уақыт аралықтарында деректердің біркелкі еместігі мәселесі туындайды, бұл бүкіл басқару жүйесінің сапасын күрт төмендетеді.

2. Жүйе агенттері мен анық емес деректердің параметрлік белгісіздігі жағдайында басқару жүйелерінің сапасын арттыру және шешім қабылдау тәуекелдерін азайту формальды әдіснамаларға, күрделі интеграцияланған мультипликацияларды талдау мен синтезде конвергентті тәсілдерге кең сенім

арту қажеттілігіне әкеледі. -параметрлік жүйелер, SMART және нейрондық технологияларды енгізу, қашықтан басқару әдістерін қолдану және технологиялық кезеңдерде байланыссыз технологиялық операцияларды орындау, әртүрлі қуаттылықтағы ұшқышсыз ұшатын аппараттарды енгізу.

3. Өндірістік-технологиялық мақсатта ұшқышсыз ұшу аппаратын пайдалану кезінде негізгі басқару функцияларының бірі 3 өлшемді позициялауды басқару, деректерді қабылдау және беру жүйесін SMART басқару, ҰАО техникалық жағдайын бақылау және диагностикалау болып табылады. Басқару процесі нақты уақыт режимінде бақылануы және борттық нейрондық жүйе арқылы өтелуі тиіс бақылау тәуекелдерін тудырады.

## **2 SMART ТЕХНОЛОГИЯЛАРДАҒЫ БАСҚАРУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ ПРОЦЕСТЕРІНІҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ ҮЛГІЛЕРІН ӘЗІРЛЕУ**

### **2.1 Теориялық зерттеудің әдіснамалық алғы шарттары және жалпы әдістемесі**

Бұл зерттеулердің әдіснамалық негізі жүйелік көзқарас болып табылады. Қазіргі заманғы ұйымдардың қызметі ISO 9001:2015 халықаралық стандартының талаптарына негізделген. Осы стандартта қамтылған негізгі принциптердің бірі - жүйелілік, процесс, тәуекелдерді басқару. Осы негізде ұсынылып отырған жұмыстың зерттеу объектісі ұшқышсыз технологиялардағы басқару процестерінің сапасын қамтамасыз ету болып табылады. Осы пәндік саладағы менеджмент түсінігі екі үдеріске сараланады, жүйелік деңгейде – ұшқышсыз технологияларды пайдалана отырып, ұйымдық құрылымды басқару процесі және операциялық деңгейде – қолмен басқару режимінде ұшқышсыз ұшу аппаратын басқару.

Жұмыстың бірінші бөлімінде келтірілген талдау нәтижелерінен шығатындай, сапа ұйымның өндірістік қызметінің нәтижелерін дифференциалды түрде көрсететін «салмақталған» функционалдык көрсеткіштердің жүйелік құрамы болып табылады. Әрбір процесс немесе қосалқы процесс үшін сапа көрсеткіштері анықталуы керек. Анықтама бойынша «Көрсеткіш – құрылыммен, процесспен немесе нәтижемен байланысты жарамды, өлшенетін айнымалы болады. Көрсеткіштер объективті және өлшенетін болуы және өнімділікті арттырудағы ықтимал проблемаларға назар аударуы керек». Процесске тән көрсеткіштер арнайы әдебиеттер мен ережелер сияқты беделді дереккөздерге негізделген объективті деректерді де, сараптамалық әдістермен дәлелденген көрсеткіштерді де біріктіруі керек. Көрсеткіштер процестерді және жеке объектілерді сараланған бағалау жиынтығы ретінде қарастырылады. Нормалау процедурасы мен салмақтық коэффициенттерді пайдалана отырып, белгілі бір көрсеткіштер жиынтығының жинақталған көрінісі процесс сапасының интеграцияланған көрсеткішін жасауға мүмкіндік береді. Көрсеткіштердің тізімі мен саны сараптамалық әдістермен анықталады. Жұмыста басқару құрылымындағы төменгі деңгейдегі ақпараттық қамтамасыз ету ретінде жүйелік концепциялардан барлық көрсеткіштер жиынтығы қарастырылады.

Табиғаты анық емес бастапқы диагностикалық ақпараттың үлкен көлемі қазіргі компьютерлік технологияларды қолданудың өзінде ұйымның жоғарғы деңгейінде кепілдендірілген тиімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік бермейді. Басқару жүйесінің сапасы мен өндіріс қабілеттілігін арттыру үшін шешім қабылдау процесін рәсімдеу және жасанды интеллект элементтерін пайдалану қажет болды. Бұлыңғыр деректер жағдайында бұл мәселе анық емес білім базалары, SMART технологиялар және нейрондық технологиялар арқылы шешіледі.

Ресми қолдау құралдары ретінде жұмыста сарапшылық бағалауды, анық емес жиындар теориясын, математикалық статистиканы, агентті және имитациялық модельдеуді тарта отырып, көп жақты әдіс қолданылады. Формальды аппарат бөлімдерінің кең ауқымы бұл тапсырманың жартылай құрылымдық және көп факторлы түріне жататындығымен негізделеді және модельдеу әдетте статистикалық белгісіздік пен анық еместік жағдайларына жатқызылатын жағдайларда жүзеге асырылады. Статистикалық белгісіздік деп кездейсоқ шаманың таралу заңы белгілі болған жағдайларды айтады. Зерттелетін ортаны модельдеу процесінде субъективті құрамдас бөліктің айтарлықтай үлесі бар, оны басқарушы персонал да, шешімдерді қабылдайтын тұлғалар да енгізеді, олар процестер мен операциялардың сапасын әртүрлі тәсілдермен қамтамасыз ету процестерінде басымдықтарды қалыптастырады, бұл да белгісіздік дәрежесін арттырады.

Өзірленген үлгілер мен эксперименттік және статистикалық зерттеулердің деректері негізінде бұл жұмыста теориялық болжамдар мен компьютерлік модельдеу нәтижелерінің эксперименттік материалға сәйкестігін бағалау мақсатында компьютерлік экспериментті жүзеге асыру қарастырылған. Теориялық зерттеулер мынадай міндеттерден тұрады: шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалысын бақылау, ұшқышсыз ұшу аппараттарын электромагниттік лақтыру жүйесіндегі фазалық параметрлерді модельдеу және есептеу, кешенді бағалауды нейрондық модельдеу. Ұшқышсыз жүйелерді басқару сапасын, белсенді ұшуды басқару режимінде ұшқышсыз ұшу аппаратымен кері байланыс аппаратының сапасын модельдеу, психологиялық факторларды ескере отырып, ұшқышсыз ұшу аппаратын басқаруда шешім қабылдау сапасын модельдеу.

Статистикалық материалды өңдеу үшін STATISTICA кәсіби бағдарламалық пакеті пайдаланылды.

## **2.2 Шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалысын басқарудың математикалық моделі**

ҰҰА-ң орындайтын көптеген тапсырмалардың сапасы басқарудың дәлдігіне байланысты [43].

Сондықтан ұшудың төмен жылдамдығы, шикі навигациялық жүйелерді пайдалану және борттағы жетілмеген басқару желдің бұзылыстары болған кезде ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалануды айтарлықтай шектейді.

Әуе жылдамдығы векторының координаттарын дәл анықтау мүмкін болмаса, сондай-ақ ауыстырылатын пайдалы жүктемені пайдалану кезінде параметрлік бұзылулар да пайда болады.

Оңтайлы сапа негізінде белгісіздік жағдайында ұшуды автоматты басқару мәселесін табиғи шешу басқару қателіктеріне қатаң талаптар қойылған жағдайда

қолайсыз болып табылады. Мұндай есептерді бейімделу алгоритмдерін қолдану арқылы шешуге болады [44, 48].

Белгісіздік жағдайында басқарудың жоғары дәлдігін қамтамасыз ету үшін жеңіл ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалыс параметрлерінің адаптивті реттегішін синтездеу міндетін қарастырыңыз.

Тік сызықты көлденең ұшу үшін күй векторын және сызықтық ұшу аппараттарының қозғалыс теңдеулерінің коэффициенттерін бір уақытта бағалау алгоритмін қарастырамыз.

Біз күй кеңістігіндегі бойлық қозғалыс моделін жазамыз желдің бұзылуын ескере отырып кеңістіктегі материалдық объектінің қозғалысының классикалық Заңы негізінде толқулар жағдайында қарастырамыз.

$$\dot{X} = \frac{dX}{dt} = AY + BU + \xi \quad (2.1)$$

мұндағы  $X = [\Delta V \ \Delta \theta \ \Delta \vartheta \ \Delta \omega_z \ \Delta H]^T$  – векторлық күй;

$\Delta V \ \Delta \theta \ \Delta \vartheta \ \Delta \omega_z, \ \Delta H$  – жылдамдықты тұрақтандыру қателері (берілген мәндер үшін ауытқулар) бұрыштар траекториясы мен тангаждың еңісі, тангаждың бұрыштық жылдамдығы мен биіктігі;

$U$  – векторлы басқару;

$\xi = [\xi_1 \ \xi_2 \ 0 \ \xi_4 \ 0]^T$  – кездейсоқ жел соққыларының векторы;

$A$  – өлшемділігі тұрақтандыру қателіктерінің санымен анықталатын көп өлшемді күй матрицасы;

$B$  – өлшемділігі тұрақтандыру қателерінің санымен анықталатын көп өлшемді басқару матрицасы.

Бұл жағдайда  $A$  және  $B$  матрицалары элементтерінің сандық мәндері ауа жылдамдығына және инерциялық-массалық сипаттамаларға байланысты болады.

Дифференциалды математиканың классикалық заңдарына сәйкес күй векторын және оның ішінара туындыларын өлшеу арқылы  $A$  және  $B$  бағалауға болады [43]. Содан кейін бізде өлшеу теңдеулер жүйесі бар:

$$\begin{cases} Y_1 = AX + BU + \xi + \xi_{y1} \\ Y_2 = X + \xi_{y2} \end{cases} \quad (2.2)$$

мұндағы  $Y_1$  және  $Y_2$ -өлшеу векторлары, сәйкесінше күй векторының құрамдас бөлігі және олардың туындылары;

$\xi_{y2} = [\xi_V \ \xi_\theta \ \xi_\vartheta \ \xi_{\omega z} \ \xi_H]^T$  өлшеу Шу векторы, күй векторының құрамдас бөлігі

$\xi_{y2} = [\xi_V \ \xi_\theta \ \xi_\vartheta \ \xi_{\omega z} \ \xi_H]^T$

$\xi_{y1} = [\xi_{\dot{V}} \ \xi_{\dot{\theta}} \ \xi_{\dot{\vartheta}} \ \xi_{\dot{z}} \ \xi_{\dot{H}}]^T$  күй векторының туындыларын өлшеу Шу векторы.

X векторы бақылау құрылғысының алгоритміндегі векторлардың екі құрамдас бөлігінен тұрады:  $U^*$  басқару элементтері және X және  $\dot{X}$  жиынтығы ретінде өлшеу, Шу компоненттері тәуелсіз болып саналады.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, бақылау кезінде ұшқышсыз ұшу аппараттарының қозғалысын реттеу процесі теңдеулердің жүйелік тәуелділігімен анықталады:

$$\begin{cases} \dot{X} = U^* + \xi \\ \dot{A} = 0 \\ \dot{B} = 0 \end{cases}$$

кеңейтілген күй векторы

$$X^* = [X^T \ a^T]^T$$

мұндағы  $a^T$ -теңдеулердің коэффициенттері (2.1) ретімен жазылған баған, яғни A және B матрицаларының жолдары, мұнда a- ретімен жазылған вектор-коэффициенттерінің баған теңдеулері (2.1), яғни A және B матрицалардың жолдары,

$$\dot{X}^* = U^{**} + \xi^* \quad (2.3)$$

Бақылау процесінің теңдеуіне (2.3) кеңейтілген векторды басқару  $U^{**} = \overrightarrow{[U^{*T} \ 0]^T}$ , және кеңейтілген бұзылу векторы  $\xi^* = \overrightarrow{[\xi^T \ 0]^T}$

Сондықтан өлшеу теңдеуі келесідей:

$$Y = F + \xi_y y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AX+BU \\ X \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi_y + \xi_{y1} \\ \xi_{y2} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Көріп тұрғандадпрыңыздай [44], сызықтық емес Калман сүзгісін қолдану басқару және сәйкестендіру алгоритмдері тиімсіз деген қорытындыға келеді, өйткені өтпелі кезең өте ұзақ. Сондықтан қолдану кезінде айтарлықтай шектеулер бар.

Бірақ ең тиімдісі-Калман сүзгісіне негізделген [45,46], бірақ басқару объектісінің теңдеулерін (2.5) ақырлы айырмашылық түрінде қолдана отырып, математикалық тәуелділік түрінде белгісіз модель параметрлерінің векторын бөліп көрсетеді

$$x(k+1) = \Phi(x(k), u(k))a(k) + f(x(k), u(k)) + G(k)W(k) \quad (2.5)$$

мұндағы  $a$  және вектор өлшенетін қозғалыс параметрлеріне белгілі модель параметрлерінің көбейтінділерінің қосындыларын қамтитын  $f$  бағаны:

$W(k)$  – желдің бұзылу векторы;



$G(k)$  - дискретті модель үшін бұзылулардың кіру коэффициенттерінің матрицасы;

$\Phi(x(k), u(k))$  – күй матрицаларында орналасқан жерде  $x_i$  қозғалыс және  $u_i$  басқару параметрлері бар матрица және белгісіз параметрлерді басқару.

Содан кейін параметрлердің бақылаушы құрылғысының теңдеуі  $a$  болады.

$$a(k+1) = a(k) + K_{H2}(k) \begin{bmatrix} y(k+1) - C\Phi(x(k), u(k))a(k) \\ Cf(x(k), u(k)) \end{bmatrix}, \quad (2.6)$$

мұнда оңтайлы еселену коэффициенті осы формула бойынша есептеледі:

$$K_{H2}(k) = P_a(k)\Phi^T(x(k), u(k))C^T(C\Phi(x(k), u(k))P_a(k)\Phi^T(x(k), u(k))C^T + CGS_WG^TC^T + S_y)^{-1} \quad (2.7)$$

$a$  бағалау қателіктерінің ковариациялық матрицасы

$$P_a(k+1) = [I_n - K_{H2}(k)C\Phi(x(k), u(k))]P_a(k) \quad (2.8)$$

Теңдеулерде (2.7) – (2.8)  $C$  – өлшеу матрицасы;

$S_y$  - Шу қарқындылығының матрицасын өлшеу;

$I_n$  - өлшемі бағаланатын модель параметрлерінің санына сәйкес келетін

бірлік матрицасы;

$k$ -алгоритмнің қадам нөмірі;

$S_W$  - бұзылу қарқындылығының матрицасы  $W$ .

$x(k+1)$  күй векторын бағалауды тікелей өлшеу арқылы да, параллель жұмыс істейтін сызықтық оңтайлы күй бақылаушысының көмегімен де алуға болады

Нәтижесінде, желдің және онымен байланысты шулардың, ішкі өлшеу шуларының әсері түріндегі белгісіздік жағдайында ұшқышсыз ұшуды басқару теңдеуі, ұшқышсыз ұшуды басқару және бақылау заңы келесі тәуелділікке ие болады.

$$x(k+1) = x(k+1/k) + K_{H1}(k)[y(k+1) - Hx(k+1/k)]. \quad (2.9)$$

(2.9) өрнегінде бірінші алгебралық компонент өрнекпен анықталады

$$x(k+1/k) = A(k, a(k))x(k) + B(k, a(k))u(k) + GW(k). \quad (2.10)$$

Өрнектегі екінші алгебраның негізгі элементі (2.10) сызықтық коэффициент болып табылады.

$$K_{H1}(k) = P_x(k+1/k)C^T[CP_x(k+1/k)C^T + R]^{-1}. \quad (2.11)$$

(2.11) мән өрнегіндегі коэффициентті елестетіп көрейік

$$P_x(k + 1/k) = A(k, a(k))P_x(k)A^T(k, a(k)) + G(k)S_wG^T(k), \quad (2.12)$$

Ал (2.12) өрнекте

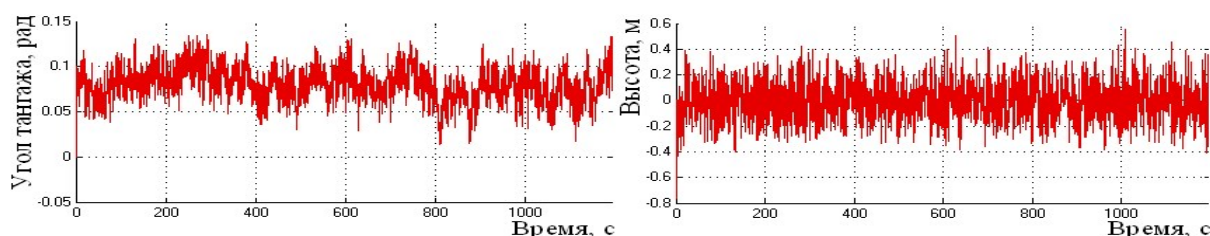
$$P_x(k + 1) = [I_n - K_{H1}(k)C]P_x\left(k + \frac{1}{k}\right). \quad (2.13)$$

Матрицалық кірісі(2.11) формулалары бойынша немесе дискретті объектілер үшін олардың аналогтары бойынша есептелетін  $x(k+1)$  күй векторын бағалау арқылы кері байланыс алуға болады. Мұндай бейімделу алгоритмін пайдалану кезіндегі басқару дәлдігі бұзылу деңгейіне, өлшеу дәлдігіне және модель параметрлері туралы априорлық ақпараттың мөлшері мен дәлдігіне байланысты.

Осы реттегіштің жұмысын имитациялық модельдеу нәтижелері (сурет. 2.1), ақырлы айырмашылық теңдеулеріне негізделген, басқару мен өлшеудің басқа заңдарына, соның ішінде сызықтық емес Қалман сүзгісін қолдануға негізделген реттеушілермен салыстырғанда оның айтарлықтай артықшылықтарын растайды. Сондай-ақ, белгісіздік жағдайында бағаланған параметрлер бойынша басқармаларды қалыптастыру үшін жеткілікті жоғары сапалы сәйкестендіруді қамтамасыз ету маңызды артықшылық болып табылады.

Бұзушылықтар болмаған кезде (2.6) – (2.8) алгоритмі осы жұп метр туралы априорлық ақпаратсыз ұшақтың бойлық қозғалысының сызықтық моделінің күй матрицасының барлық параметрлерін бағалай алады. Ұшқышсыз ұшу аппараттарында бағдарлау жүйесін дәл орнатқан жағдайда, мұндай параметрлер 8, ал егер массасы белгілі болса – 6. Мұндай сынақ ұшуында алынған ақпаратты инерциялық массалық және аэродинамикалық сипаттамаларды анықтау үшін, сондай-ақ бұзылу жағдайында сәйкестендіру алгоритмінің жұмысының бастапқы шарттары ретінде пайдалануға болады. Осылайша белгісіздікті азайту немесе әуе жылдамдығының векторы туралы ақпарат алу нәтижесінде алгоритм айтарлықтай желдің бұзылуымен жұмыс істей алады.

Ұқсас жағдайларда бұл реттегіш тұрақтандырудың жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді



Сурет 2.1 – Оңтайлы бақылаушыға негізделген ҰҰА адаптивті басқару қателері

Осылайша, оңтайлы күй бақылаушысынан, сондай-ақ сызықтық дискретті бақылаушы бағалаған үлгі параметрлері үшін есептелетін күй векторы үшін оңтайлы айнымалы матрицалық кері байланыс коэффициентінен тұратын ұшқышсыз ұшақтың қозғалыс параметрлерінің адаптивті контроллері әзірленді. Бұл алгоритм күй матрицасының мәні туралы ақпарат болмаған жағдайда да жұмыс істей алады. Модель параметрлері мен ұшақ қозғалысының параметрлерін дәйекті бағалау модель параметрлері мен қозғалыс параметрлерін бір мезгілде бағалауды пайдаланғанға қарағанда априорлық ақпараты азырақ қажетті бақылау сапасын алуға мүмкіндік беретіні анықталды.

Әуе жылдамдығының векторы туралы ақпаратпен, сондай-ақ күй векторының туындысы үшін есептегіштердің жеке жиынтығымен сызықты емес бақылаушы алгоритмін пайдаланып адаптивті басқару мүмкін. Әйтпесе, сәйкестендіру алгоритмі де жұмыс істейді. Дегенмен, оның конвергенция уақыты нақты уақыттағы сәйкестендіру нәтижелерімен бақылау үшін тым ұзақ. Бұл номиналды модель үшін алынған тұрақты коэффициенттері бар пропорционалды контроллермен [46] салыстырғанда да басқарудың тым төмен дәлдігін анықтайды.

Сызықтық оңтайлы бақылаушы негізінде құрастырылған контроллер жоғары дәрежелі белгісіздік жағдайында жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді [47].

### **2.3 Фазалық айналу принциптеріне негізделген ұшқышсыз ұшатын аппараттардың және басқару датчиктерінің электромагниттік ұшыру жүйесінің конструктивтік параметрлерінің есептік үлгілері**

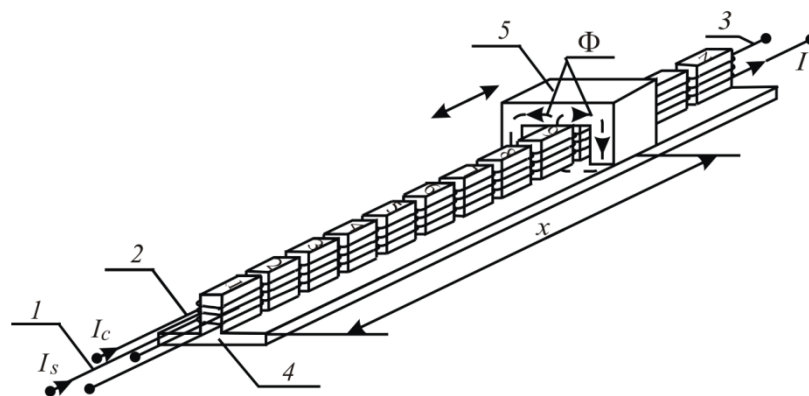
EMALS жүйесінде жеңіл ұшқышсыз ұшу аппараттарынан бастап барлық қолданыстағы және болашақта тасымалдаушыға негізделген және жерүсті ұшақтарға дейін қазіргі заманғы авиацияда және ұшқышсыз жүйелерде ұшақтарды электромагниттік ұшыру кеңінен қолданылады. Бұл жүйе фазалық параметрлерді басқару принциптеріне негізделген механикалық шамалардың электромагниттік датчиктерінің барлық түрлерін пайдаланады, олар пайдаланудағы сенімділік, өндіріс технологиясының қарапайымдылығы және көптеген датчиктардың арасында құны бойынша жетекші орынды сенімді ұстайды. Механикалық шамаларды электрлік сигналға айналдырудың негізгі элементтері болып табылатын датчиктер ғылыми зерттеулердің жеткілікті көлеміне арналған [48]. Бұл мұндай құрылғыларға деген қызығушылықтың төмендемейтінін көрсетеді.

Осы саладағы белгілі әзірлемелердің ішінде ерекше орынды жоғары рұқсаты бар фазалық ығыстырғыштарды өлшеу алады [49]. Электрлік микромашиналардың электромагниттік жүйесі негізінде жасалған олар аса маңызды құрылғыларды автоматты басқару және реттеу жүйелерінде берік орын алды [50].

Фазалық ауыстырғыштардың шығыс сигналының негізгі ақпараттық параметрі шығыс кернеуінің фазасының өзгеруі болып табылады. Сондықтан

өлшеу жүйесінің маңызды сипаттамасы шығыс кернеуінің фазасы мен амплитудасын көрсету дәлдігі болып табылады [51,52]. Қағаз қозғалатын магнит өрісі бар фазалық ығыстырғыштарды қарастырады. Бұл бұрыштық ығысуды өлшеудің конструкциясын жеңілдетуге ғана емес, сонымен қатар сенімді сызықтық орын ауыстыру датчиктерін жасауға мүмкіндік береді. Іс жүзінде біз сызықтық және бұрыштық механикалық шамаларды өлшеу әдістерін унификациялау туралы айтып отырмыз. Датчиктерді құрудың ұсынылған принципі ақпараттық желінің жалпы өлшемдерін айтарлықтай азайтуға және оны сызықтық орын ауыстыру датчиктерінде пайдалану коэффициентін арттыруға мүмкіндік береді, бұл жүк көтергіштігі жоғары ұшқышсыз ұшу аппараттары үшін лақтыру жүйелерін әзірлеуде өте маңызды.

Жылжымалы магнит өрісі бар фазалық ауыстырғыштардың жұмыс істеу принципі конструкциясы 2.2-суретте көрсетілген фазалық сызықтық орын ауыстыру датчигі мысалында түсіндіріледі.



Сурет 2.2– Сызықтық орын ауыстырулардың фазалық датчиктің конструкциясы

Көлденең магнит өрісі бар фазалық сызықтық орын ауыстыру датчигі ақпараттық сызық пен магниттік шунттан тұрады. Ақпараттық жолға мыналар кіреді:

- 1 - синус орамасы;
- 2 - косинус орамасы;
- 3 - шығыс орамасы;
- 4 - ақпараттық желінің магниттік тізбегі;
- 5 – магниттік шунт.

Конструкциядан датчиктің барлық үш орамы ақпараттық сызық деп аталатын қозғалмайтын бөлікте орналасқаны шығады. Ақпараттық желінің

магниттік тізбегі орамдары салынған тістердің ұзындығына  $l$  мен  $n$  ие. Көрші тістердің ортаңғы нүктелерінің арасындағы қашықтығы  $a = l/n$  тең.

Әрбір тістің синус орамының бұрылыстарының саны оның сериялық нөміріне байланысты және формуламен анықталады:

$$W_{sk} = W_m \sin\left(\frac{2\pi}{n}(k - 0,5)\right),$$

Мұндағы  $W_{sk}$  –  $k$ -ші тістегі синус орамының бұрылыстарының саны;

$W_m$  – айналымдардың максималды саны;

$n$  – ақпарат жолағы тістерінің саны;

$k - 1$  ден  $n$  деин ауысатын тістің реттік саны

Косинус орамының айналым саны тістің реттік санына байланысты косинус заңы бойынша өзгереді және формуламен анықталады.

$$W_{ck} = W_m \cos\left(\frac{2\pi}{n}(k - 0,5)\right),$$

мұндағы  $k = 1; 2; \dots, n$ ;

$W_{ck}$  –  $k$ -ші тістегі косинус орамының бұрылыстарының саны.

Шығыс орамасы 3 ақпараттық желінің магниттік тізбегінің барлық тістеріндегі белсенді өткізгіштердің бірдей санына тең  $W_r$ .

Датчиктің синус пен косинус орамдары екі фазалы синусоидалы кернеу көзінен қуат алады. Косинус орамының 2 қысқыштарына синусоидалы кернеу беріледі, сондықтан орам тогы уақытқа байланысты келесі заңға сәйкес өзгереді:

$$i_c = I_m \sin \omega t ,$$

мұндағы  $i_c$  – косинус орамының ток күшінің лездік мәні;

$I_m$  – ток амплитудасы;

$\omega$  – қоректендіру кернеуінің бұрыштық жиілігі.

Синусоид орамасы 1 синусоидалы кернеу көзінен қоректенеді, фаза косинус орамының кернеуіне қатысты периодтың төрттен біріне ауысады, сондықтан синусоидалы орамның тогы уақытқа байланысты келесі заңға сәйкес өзгереді:

$$i_s = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right),$$

Мұндағы  $i_s$  – синусты орама тогының лездік мәні.

Ақпараттық сызықтың  $k$ -ші тісінің магниттелу күші орамалардың магниттеу күштерінің қосындысымен анықталады:

$$F_k = I_m \sin \omega t W_m \cos\left(\frac{2\pi}{n}(k - 0,5)\right) + \\ + I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right) W_m \sin\left(\frac{2\pi}{n}(k - 0,5)\right).$$

к-ші тістің пайда болған магниттеу күшінің тиімді мәні тең болады:

$$F_{rk} = \sqrt{I^2 W_m^2 \cos^2 \left( \frac{2\pi}{n} (k - 0,5) \right) + I^2 W_m^2 \sin^2 \left( \frac{2\pi}{n} (k - 0,5) \right)} = I W_m.$$

к-ші тістің магниттеу күшінің бастапқы фазасы теңдеу арқылы анықталады:

$$\varphi_{Fk} = \operatorname{arctg} \frac{\sin \left( \frac{2\pi}{n} (k - 0,5) \right)}{\cos \left( \frac{2\pi}{n} (k - 0,5) \right)};$$

сонымен,  $\varphi_{Fk} = \frac{2\pi}{n} (k - 0,5)$ .

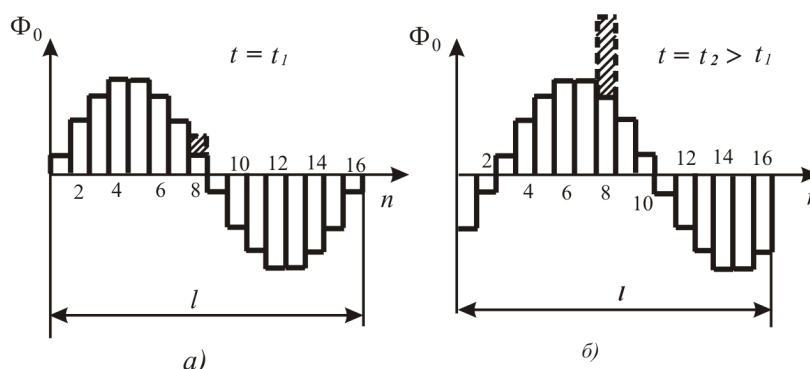
Тістердің магниттік кедергілері тең болса, олардың магнит ағындары амплитудалары бірдей уақытқа байланысты синусоидалы заңға сәйкес өзгереді, бірақ бір-біріне қатысты бұрышпен фазалық ығысумен  $\alpha = 2\pi/n$  тең.

Ұзындық бірлігіне  $\Phi_0$  магнит ағынымен анықталатын меншікті магнит ағыны тіс ішінде тұрақты болады ( $\Phi_0 = d\Phi/dx$ ), ақпараттық жолдың ішінде кез келген уақытта ол қадамдық функция заңына сәйкес таратылады. Уақыт моментіндегі магнит ағынының лездік мәні тістің реттік нөміріне байланысты синусоидалы заң бойынша  $t = t_1$  ақпараттық сызықтың осі бойымен таралады.

$$\Phi_0(t_1, k) = \Phi_{0m} \sin \left( \omega t_1 + \frac{2\pi}{n} (k - 0,5) \right).$$

Ұзындығы бар  $l$  ақпарат сызығының кез келген тісінің шегінде  $t$  уақытқа байланысты меншікті магнит ағыны синусоидалы заңға сәйкес өзгереді.

2.3-суретте меншікті магнит ағынының сызғыш бойымен сол  $t = t_1$  уақыттағы (2.3, а-сурет) және уақыттағы  $t = t_2 \geq t_1$  (2.5, б-сурет) таралуы көрсетілген.



Сурет 2.3 - Меншікті магнит ағынының сызғыш бойымен таралуы

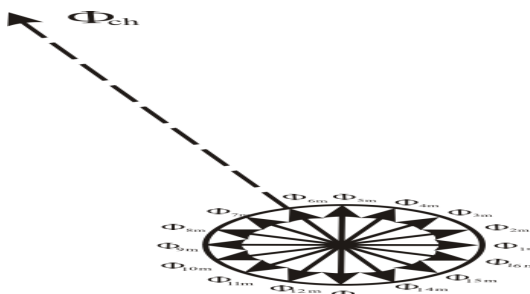
Уақыт  $t$  функциясындағы және функциядағы  $x$  аргумент тұрғысынан Фурье қатарына кеңейтілген кездегі меншікті магнит ағынының сатылы таралу  $x$  функциясының негізгі гармоникалық компоненті формуламен сипатталады.

$$\Phi_0(t, x) = \Phi_{0m} \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{l} x\right).$$

Осылайша, екі фазалы кернеуден қоректенетін синус және косинус орамдары қозғалатын магнит өрісін жасайды, оның күш сызықтары ақпараттық сызықтың осіне перпендикуляр жазықтықта тұйықталған.

Ақпараттық сызықтың магниттік тізбегі біртекті болса, яғни оның меншікті магниттік кедергісі сызықтың бүкіл ұзындығы бойынша тұрақты болса, онда кез келген уақытта біркелкі орамның бетіндегі индукция векторының ағыны нөлге тең болады. Басқаша айтқанда, біркелкі орамға қосылған магнит ағыны нөлге тең болады, ал біркелкі орамның шығысындағы кернеу де нөлге тең болады. Ақпараттық сызыққа магниттік шунт түсіргенде ось бойымен магнит тізбегінің  $x$  біртектілігі бұзылады. Магнит тізбегінің  $l_{ch} = l/n$  8-ші секциясына ось бойымен ұзындығы тістің еніне тең магнитті шунт қойылады.

Бұл секцияның магниттік кедергісі төмендейді, бұл осы секцияның магнит ағынының ұлғаюына әкеледі. Осы қиманың магниттік кедергісінің өзгеруінен туындаған 8-ші секцияның магнит ағынының өсімі 2.3 а-суреттегі көлеңкеленген аймаққа пропорционал. 2.4-суретте шунт болмаған кездегі секциялардың магнит ағындарының векторлық диаграммасы көрсетілген. Бұл жағдайда біркелкі орамның пайда болатын магнит ағыны нөлге тең болмайды және жылжымалы магниттік шунт орналасқан аймақтағы магнит ағынының ұлғаюымен анықталады. Шығу кернеуінің бастапқы фазасы алынған магнит ағынының бастапқы фазасымен анықталады, ол өз кезегінде осы секцияның магниттеу күшінің бастапқы фазасымен анықталады. Біртекті орамға қосылған магнит ағыны секцияның магниттеу күшінің бастапқы фазасымен анықталған бастапқы фазамен уақыт бойынша синусоидалы түрде өзгереді.  $\alpha = \left(\frac{2\pi}{16}(8 - 0,5)\right) = 0,469\pi$  радиан біздің жағдайда бұл бұрыш тең болады



Сурет 2.4 – Магниттік ағынның векторлық диаграммасы

Магниттік шунтты жылжытқанда шығыс кернеуінің бастапқы фазасы ақпарат сызығының басынан магниттік шунттың ортасына дейінгі қашықтыққа пропорционалды өзгереді.

Датчиктің жұмысын тістердің магниттік ағындарының векторлық диаграммасы арқылы түсіндіруге болады. Бұрын көрсетілгендей, қималардың магниттеу күштері шамасы бойынша тең және  $\alpha$  фаза бойынша бұрышқа ығысады. Егер қималардың магниттік кедергілері бір-біріне тең болса, онда олардың магнит ағындары да шамасы бойынша тең болады және  $\alpha$  фаза бойынша бұрышқа ығысады. Барлық 16 секцияның магнит ағындары шығыс орамасына қосылғандықтан, жалпы магнит ағыны нөлге тең болады. Датчиктің шығыс кернеуі де нөлге тең болады. 6-шы секцияның  $\Phi_{ch}$  магниттік кедергісінің төмендеуі, мысалы, осы секция ағынының ұлғаюына әкеледі. Суретте бұл ағын нүктелі сызықпен көрсетілген. Біркелкі орамның магниттік ағыны  $\Phi_{ch}$  магнит ағынына тең болады. Кіріс кернеуінің амплитудасы мен бастапқы фазасы осы магнит ағынымен анықталады. Ақпараттық сызыққа қатысты шунттың орнын өзгерту нәтижесінде өзгермейтін дерлік амплитудасы бар магнит ағынының бастапқы фазасының өзгеруіне әкеледі.

Датчиктердің орамдарын төсеу әдісін нақтылау керек. Орамдардың белсенді жақтары ақпарат сызығының осінің бойында орналасқан өткізгіштер болып табылады. Бұл өткізгіштердің саны формулалар арқылы анықталатыны бұрын көрсетілген:

$$W_{ks} = W_m \sin\left(\frac{2\pi}{n}(k - 0,5)\right),$$

$$W_{kc} = W_m \cos\left(\frac{2\pi}{n}(k - 0,5)\right),$$

$$W_r = W = \text{const},$$

мұндағы  $W_{ks}$  – синус орамының белсенді өткізгіштерінің саны  $k$ -ші бөлім бойынша;

$W_{kc}$  –  $k$ -ші секциядағы косинус орамының белсенді өткізгіштерінің саны;

$W_r$  – ақпараттық желінің барлық  $n$  тістерін қамтитын біркелкі орамның белсенді өткізгіштерінің саны;

$k$  – тістің реттік саны, 1-ден  $n$  - ге дейін.

Қарастырылып отырған электромагниттік жүйенің фазалық ауыстырғыштардың қолданыстағы магниттік жүйелерінен айырмашылығы орамдардың өзара әсерлесуінің механикалық күші магнит өрісінің бағытына перпендикуляр бағытталған. Бұл күштің қозғалыс бағыты бойынша алынған мәні нөлге тең, өйткені екі орам да статорда орналасқан.

Екінші айырмашылық құрылғының қалыпты жұмыс істеуі үшін ақпарат желісінің магниттік тізбегінің біркелкілігін бұзатын денені енгізу жеткілікті. Шығу кернеуінің бастапқы фазасы біртектіліктің орнын көрсетеді. Датчиктің

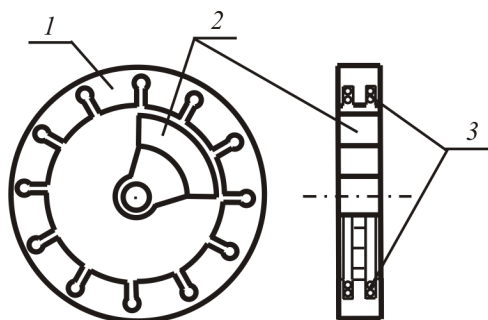


магнит өрісі орамның белсенді жақтарының айналасында шоғырланған. Магнит өрісінің сызықтарының ұзындығы классикалық фазалық ауыстырғыштардың магнит өрісі сызықтарының ұзындығынан әлдеқайда аз. Және соңғы, бірақ маңызды айырмашылық - барлық орамдар құрылғының бекітілген бөлігінде орналасқан және фазалық ауыстырғыштың қозғалатын бөлігімен электрлік байланыс жоқ.

Сондай-ақ, қозғалатын магнит өрісі бар магниттік жүйе ақпарат желісінің магниттік тізбегінің магнит өрісінде өткізгіш магниттік емес ортаның болуына әрекет ететінін атап өткен жөн. Енгізілген дененің өткізгіш материалының магниттік өткізгіштігі вакуумдық өткізгіштікке іс жүзінде тең болатынына қарамастан, өткізгіш дене оның орналасқан аймағындағы магнит өрісіне айтарлықтай әсер етеді. Бұл статордың уақыт бойынша өзгеретін магнит өрісінен туындаған құйынды токтардың магнитсіздендіру әсеріне байланысты. Бұл аймақтағы өрістің жалпы магнит ағыны аз болады және біркелкі орамның жалпы ЭҚК нөлге тең болмайды және оның эталондық кернеуге қатысты фазалық ығысуы өткізгіш дененің орналасуына байланысты болады.

Бұрыштық орын ауыстыру датчигі ретінде классикалық электр машинасының фазалық ауыстырғышын пайдалануға болады. Ротор бұрылған кезде ротор орамаларының ЭҚК олардың бастапқы фазасын өзгертеді. Датчиктің бұл түрінің айтарлықтай кемшілігі бар, себебі шығыс орамасы роторда орналасқан. Ротор датчигінің қозғалатын бөлігі болып табылады. Датчиктің қалыпты жұмыс істеуі үшін оның бекітілген бөлігімен, яғни статормен электрлік немесе магниттік байланысы болуы керек. Бұл датчиктің дизайны мен сенімділігін айтарлықтай қиындатады.

Бұрыштық орын ауыстыру датчигі көлденең қозғалатын өрісі бар магниттік жүйе негізінде өте қарапайым түрде жүзеге асырылады. Датчиктің конструкциясы схемалық түрде 2.5-суретте көрсетілген. Датчик статор 1, ротор 2, датчик орамаларынан 3 тұрады. Мұндай датчикті алу үшін сызықтық орын ауыстыру датчигінің өлшеуіш сызғышын сақинаға «домалақтау» жеткілікті. Бұл жағдайда синус пен косинус орамдары дәл бірдей болады, тек кеңістікте  $90^0$  ығысады.



Сурет 2.5 – Фазалық датчиктің бұрыштық орналасуы

Датчиктің тез жұмыс жасау орамдары статордың ішкі бетінде орналасқан ойықтарға сәйкес келеді. Синус орамының және косинус орамының бұрылыстарының саны дәстүрлі түрде анықталады.

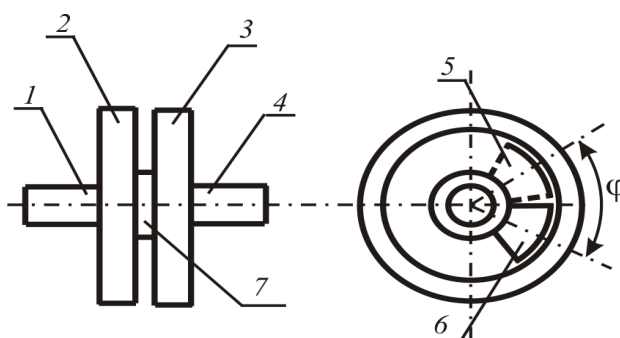
Косинус орамасы синустық орамға ұқсас, бірақ бұл орамның бөлімдері синус орамасына қатысты екі тіспен, яғни кеңістікте  $90^0$  ығысады. Біркелкі орама шығыңқы жерлер бойынша салынады.

Бұрыштық орын ауыстырулардың фазалық кодтаушысының конструкциясы әртүрлі болуы мүмкін. Датчиктің бір нұсқасы - ішкі статоры бар магниттік жүйе. Бұл дизайн орамдарды төсеу үшін өте ыңғайлы, өйткені ол орамдарды қолмен ғана емес, сонымен қатар автоматты машиналармен де төсеуге мүмкіндік береді.

Механикалық моменттердің ұсынылған фазалық датчиктің тұрақты және айналмалы біліктердің моменттерін өлшеу үшін бірдей жақсы пайдаланылуы мүмкін.

Белгілі бір уақыт аралығындағы моменттің орташа мәнін өлшеуден басқа, датчик айналмалы моменттің лездік мәнін анықтауға немесе жақсы ажыратымдылықпен уақыт бойынша механикалық моменттің өзгеруін бақылауға мүмкіндік береді.

Датчиктің конструкциясы 2.6-суретте көрсетілген.



Сурет 2.6 – Айналмалы моменттің механикалық датчигі

Датчик екі бұрыштық орын ауыстыруы 2 датчиктан тұрады және 3 бір осьте орналасқан. Датчиктердің 1 және 4 роторларының біліктері датчиктердің 5 және 6 магниттік шунттарының бір-біріне қатысты қозғалуына мүмкіндік беретін серпімді элементпен қосылған. Бір датчиктің осі жетекті білікке 4, ал екінші датчик жетек білігіне 1 жалғанған. Серпімді элемент 7 максималды өлшенетін моментте бұралудың максималды бұрышын қамтамасыз ететіндей етіп есептеледі.

Датчиктердің қозу орамалары екі фазалы кернеу жиілігімен  $\omega$  қоректенгенде және магниттік шунттармен байланысты датчиктердің осьтері

айналғанда, датчиктердің шығыс кернеулерінің лездік  $\Omega$  мәндерін теңдеулермен сипаттауға болады:

$$u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \Omega t + \alpha_1),$$
$$u_2 = U_{2m} \sin(\omega t + \Omega t + \alpha_2).$$

Білікке жүктеме болмаған жағдайда, датчиктер роторларының бір-біріне қатысты орнын таңдауға болады,  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ . Дәл осындай әсерге электронды фаза сатысының көмегімен қол жеткізуге болады. Берілген формулаларда  $\alpha_1$  мен  $\alpha_2$  шығыс кернеулерінің бастапқы фазалары  $u_1$  мен  $u_2$  болады.

Білік көмегімен нөлдік емес механикалық моментті беру кезінде серпімді элемент біліктердің және датчиктердің магниттік шунттарының салыстырмалы орын ауыстыруының белгілі бір бұрышын қамтамасыз етеді. Біліктердің орын ауыстыру бұрышы моментке пропорционал болады. Бұрау бұрышымен  $\beta$  және жетекті біліктің бастапқы күйінің бұрышымен  $\alpha_1$  шығыс кернеулері келесі заңдарға сәйкес уақытқа байланысты өзгереді:

$$u_1 = U_{1m} \sin[\omega t + p(\Omega t)],$$
$$u_2 = U_{2m} \sin[\omega t + p(\Omega t + \beta)].$$

Екі кернеу арасындағы фазалық ығысу серіппенің бұралу бұрышына пропорционал болатыны анық

$$\varphi = p\beta,$$

мұндағы  $\varphi$  – кернеулер арасындағы фазалық ығысу;

$p$  – азайту коэффициенті, оның мәндері 8-ден 32-ге дейін өзгереді.

Кернеуден кернеудің  $u_1(t)$  «фазалық артта қалуы»  $u(t)$  жетек білігінің жылдамдықпен  $\Omega$  айналуымен қамтамасыз етіледі. Осциллографпен кернеулерді оның кіріс кернеуімен  $u_1$  мен  $u_2$  синхрондау кезінде бақылау кезінде шығыс кернеулері және салыстырмалы түрде «қалқымалы» жылдамдық үлкен болса, айналу жылдамдығы  $\Omega$  соғұрлым жоғары болады.

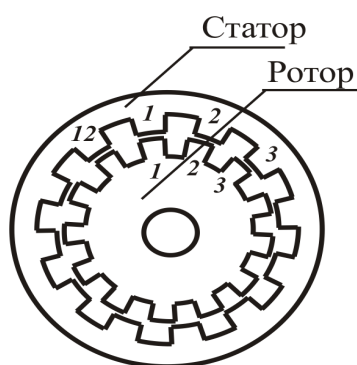
Әлбетте, кернеу фазасының  $u_2$  ығысуы моментке  $u_1$  салыстырмалы түрде пропорционал және серпімді элементтің қасиеттеріне байланысты. Бұрау бұрышының үлкен мәні қозғаушы және жетекті біліктердің механикалық қосылысының динамикалық қасиеттерінің нашарлауына әкелетіндіктен жағымсыз.

Механикалық моменттерді қозғаушы және қозғалатын біліктердің өзара орын ауыстыру бұрышына түрлендіру үшін біліктердің салыстырмалы жылжуының шағын бұрышын қамтамасыз ететін қаттылығы жоғары серпімді элементті пайдалану керек. Бұл бұрышты өлшеу үшін редуциялық түрдегі бұрыштық орын ауыстырулардың фазалық кодерлерін пайдалану керек.

Бұрыштық және сызықтық орын ауыстыру датчиктерінің сезімталдығын арттыруға ұмтылу бұрыштық орын ауыстыру датчиктерінде орама кезеңдерінің

санын көбейтуді және сызықтық орын ауыстыру датчиктеріндегі ақпарат сызығының ұзындығын азайтуды қажет етеді. Дегенмен, сезімталдықты арттырудың ыңғайлы және тиімді әдісі бар. Бұрыштық орын ауыстыруды азайту датчигінің магниттік ядросының конструкциясы 2.9-суретте көрсетілген. Бұрын ферромагниттік шунт біртекті статордың магниттік тізбегіне біртекті еместікті енгізетін элемент ретінде қарастырылды.

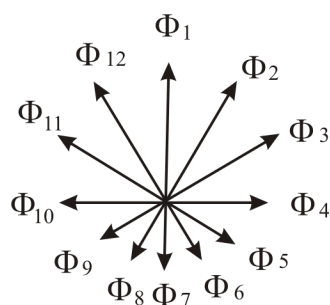
Сезімталдығы жоғары датчиктерде гетерогенділік магниттік тізбектің бір жеріндегі магниттік кедергінің елеулі өзгерісі емес, магниттік контурдың меншікті магниттік кедергісінің ақпараттық сызық бойымен немесе бұрыштық орын ауыстыру датчигінің ауа саңылауы бойымен өзгеруі болып табылады.



Сурет 2.7– Электромагниттік редукциясы бар фазалық датчигі

Бұл жылжымалы толқын мен құрылысты бірлесіп пайдалануы болп табылады. Сызықтық орын ауыстыру датчикта статор магниттік материалдан жасалған магнит тізбегі бар дәстүрлі өлшеуіш сызғыш болып табылады. Статордың тістері мен ойықтары бірдей ені болуы мүмкін. Бұл қатынас электромагниттік азаюы бар датчиктің жұмыс принципін жақсырақ түсіну үшін ғана таңдалады. Датчиктің қозғалатын бөлігі немесе магниттік шунт ерікті ұзындықта болуы мүмкін. Шунттың статорға қараған бетінде статорға ұқсас тістер болады. Шунттық тістердің саны толқын ұзындығы ішіндегі статор тістерінің санынан бір артық немесе бір кем. Тістердің саны арасындағы күрделі қарым-қатынастар да мүмкін.

Бұрыштық кодтауышта сызықтық өлшемдер бұрыштық өлшемдермен ауыстырылады. Жеке тістің магнит ағыны датчиктің қозғалатын бөлігінің тістерімен статор тісінің қабаттасу ауданына пропорционал болады. Магнит ағынының саңылауда біркелкі таралмағаны анық. Тіс ағындарының бастапқы фазалары магниттеу күштерінің бастапқы фазаларына тең, ал олардың амплитудасы магниттік кедергіге кері пропорционал немесе статор мен ротор тістері арасындағы қабаттасу дәрежесіне пропорционал. Тістердің магниттік ағындарының векторлық диаграммасы 2.8-суретте көрсетілгендей болады. Жалпы ағын жеткілікті үлкен болады және бұл өте маңызды, бірінші тістің магнит ағынымен фазада болады.



Сурет 2.8 – Магниттік ағындардың векторлық диаграммасы

Магниттік шунт тістің бөлінуінің  $1/12$  бөлігіне ығысқанда, максималды магнит ағыны бірінші тісте емес, екінші тісте орын алады, өйткені бірінші тіске қарама-қарсы орналасқан қозғалатын бөліктің шығыңқы бөлігі келесі тіске жылжиды да оң жақ он екінші бөлікке, ал бірінші тістің қабаттасу дәрежесі төмендейді. Екінші статор тісі толығымен жабылады. Енді магнит ағындарының векторлық диаграммасын құрастырып, алынған векторды есептейтін болсақ, онда оның амплитудалық мәні өзгеріссіз қалады, бірақ бастапқы фаза  $\pi/6$  рад бойынша алдыңғы мәнге қатысты артта қалу бағытында өзгереді деп қорытынды жасауға болады.

Ротор айналымның  $1/12$  бөлігіне айналғанда шығыс кернеуінің бастапқы фазасы  $2\pi$  радқа өзгереді. Бұл жағдайда азайту коэффициенті 12-ге тең болады. Датчиктің сезімталдығы 12 есе артады.

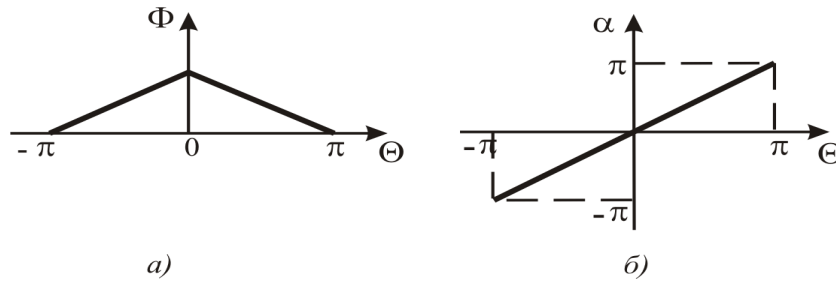
Датчиктің сезімталдығын арттырудың бұл әдісі сызықтық орын ауыстыру датчиктерін жасауда да, бұрыштық орын ауыстыру датчиктерін жобалауда да қолданылады.

Бұл әдісті пайдаланған кезде бұрыштық ығысу датчиктеріндегі сезімталдықты арттыру роторды  $2\pi$  рад арқылы айналдыру кезінде, шығыс кернеуінің бастапқы фазасы  $2\pi$  рад бойынша өзгереді.

Датчиктің дизайнын сипаттау кезінде магниттік редуциясы бар датчиктің магниттік жүйесінің ерекшелігі қазірдің өзінде қарастырылды, ол ойықтың ені статордың магниттік тізбегінің тісінің еніне тең болу фактісінен тұрады. Мұндай фазалық ауыстырғыштың роторы жалпы жағдайда статордың қалыңдығына тең қалыңдығы бар ферромагниттік материалдың шеңбері болып табылады. Ойықтар мен тістер роторда бүкіл шеңбер бойымен орналасқан. Ротор тістерінің саны статор тістерінің санынан бір артық немесе кем болады.

Жоғарыда статор мен ротор  $m$  тістерінің ұзындықтарының қатынасының әртүрлі мәндері үшін тек меншікті магнит ағынының статорға таралуы қарастырылды. Шығу кезінде максималды кернеуді алу үшін магнит ағынының абсолютті мәнін ғана емес, сонымен бірге осы магнит ағынының бастапқы фазасын да ескеру қажет. 2.9-суретте меншікті магнит ағынының амплитудасының және оның бастапқы фазасының кеңістіктік бұрышқа

тәуелділігінің графигі көрсетілген, мұнда максималды магнит ағынының бастапқы фазасы нөлге тең деп қабылданады.



Сурет 2.9 – Меншікті магнит ағынының амплитудасына тәуелділік графигі

Фазалық ығысудың уақытша бұрыштары тігінен, ал кеңістіктік бұрыштар көлденеңінен кескінделеді. Меншікті ағындар  $\Phi_0$  осінің оң жағында орналасқан  $m = 0,5$  түзу теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$\Phi_0 = \Phi_{0m} \left( 1 - \frac{1}{\pi} \Theta \right).$$

Осының сол жағындағы түзудің теңдеуі келесідей болады:

$$\Phi_0 = \Phi_{0m} \left( 1 + \frac{1}{\pi} \Theta \right).$$

Меншікті магнит ағынының бастапқы фазаларының кеңістіктік бұрышқа тікелей тәуелділік теңдеуі теңдеу арқылы анықталады. Мәндерді ескере отырып, тік осының оң және сол жағындағы магнит ағындарының теңдеулерін аламыз:

Меншікті магнит ағынының бастапқы фазаларының кеңістіктік бұрышқа тікелей тәуелділік теңдеуі  $\alpha = \Theta$  теңдеу арқылы анықталады. Мәндерді ескере отырып  $m$ , тік осының оң және сол жағындағы магнит ағындарының теңдеулерін аламыз:

$$\Phi_0 = m\Phi_{0m} \left( 1 - \frac{1}{2m\pi} \Theta \right) \text{ и } \Phi_0 = m\Phi_{0m} \left( 1 + \frac{1}{2m\pi} \Theta \right).$$

Теңдеулер  $\Theta = \pm 2m\pi$  үшін жарамды. Басқа мәндер үшін  $\Theta \Phi_0 = 0$ . Шығу кернеуі шығыс орамының жалпы магнит ағынына пропорционал, ол меншікті магнит ағынының кеңістіктік бұрыш бойынша таралу заңының интегралы арқылы анықталады.

$$\begin{aligned}
& \int_{-2\pi m}^0 m\Phi_{0m} \left(1 + \frac{1}{2\pi m} \Theta\right) \cos \Theta d\Theta + \int_0^{2\pi m} m\Phi_{0m} \left(1 - \frac{1}{2\pi m} \Theta\right) \cos \Theta d\Theta = \\
& = m\Phi_{0m} \left[ \int_{-2\pi m}^0 \cos \Theta d\Theta + \int_{-2\pi m}^0 \frac{1}{2\pi m} \Theta \cos \Theta d\Theta - \int_0^{2\pi m} \frac{1}{2\pi m} \Theta \cos \Theta d\Theta \right] = \\
& = m\Phi_{0m} \left[ 2 \sin(2\pi m) + \frac{1}{\pi m} - \frac{1}{\pi m} \cos(2\pi m) - 2 \sin(2\pi m) \right] = \\
& = \frac{1}{\pi} \Phi_{0m} [1 - \cos(2\pi m)].
\end{aligned}$$

Осылайша, шығыс кернеуін қамтамасыз ететін жалпы магнит ағыны  $m$  келесі заң бойынша өзгеріспен өзгереді:

$$\Phi_r = \frac{1}{\pi} \Phi_{0m} [1 - \cos(2\pi m)].$$

Алынған теңдеуден ең тиімді мән, өйткені  $m = 0,5$ , және бұл жағдайда  $\cos \pi = -1$  осылай шығады

$$\Phi_r = \frac{2}{\pi} \Phi_{0m}.$$

Уақыт бойынша синусоидалы заңға сәйкес өзгертін магнит ағынының бастапқы фазасы максималды магнит ағыны бар тістің магниттеу күшінің бастапқы фазасымен анықталады.

Жылжымалы магнит өрісі бар өлшеуіш фазалық ығыстырғыштарды жобалағанда датчиктердің сапасының маңызды көрсеткіші шунт болмаған кезде  $U_{r0}$  және магниттік шунт болған кездегі датчик шығысындағы  $U_r$  кернеулердің қатынасы екенін ескеру қажет. Пропорция неғұрлым үлкен болса  $U_r/U_{r0}$ , датчикте қате соғұрлым аз болады. Бұл қатынасты жақсарту үшін көбейту  $U_r$  және азайту  $U_{r0}$  қажет. Оны  $U_{r0}$  синус пен косинус орамдарын теңестіру арқылы азайтуға болады. Қосымша әсер шунт болмаған кезде орамдар арасындағы магниттік муфтаның әлсіреуі болып табылады.

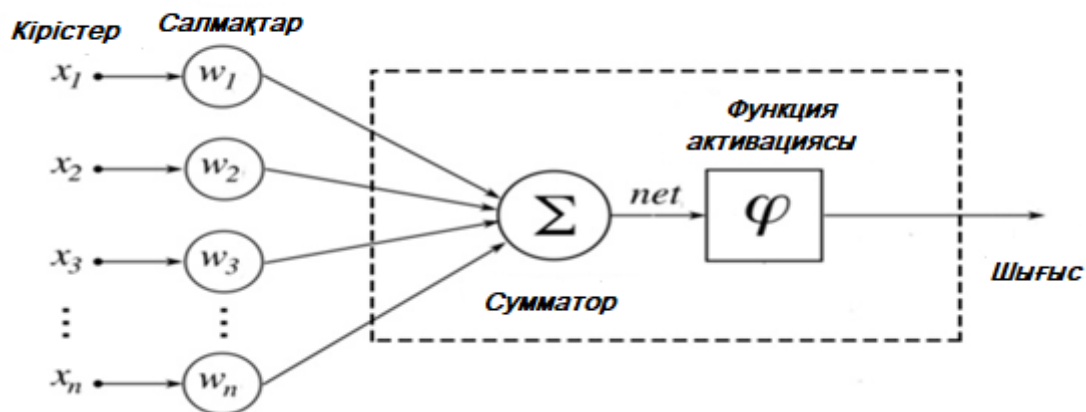
Қорытындылай келе, бір жағында қозғалатын магнит өрісі бар фазалық датчиктердің конструкциясының қарапайымдылығын атап өту керек. Екінші жағынан, айналмалы магнит өрісі бар классикалық фазалық ауыстырғыштардың жұмысын жоғарыда келтірілген фазалық ауыстырғыштармен салыстыра отырып, біз олардың жұмысын қамтамасыз ететін негізгі және қайталама жабдық мүлдем бірдей деген қорытындыға келеміз. Бұл бір жағынан ұсынылған техникалық шешімдердің әмбебаптығын атап өтуге құқық береді. Екінші жағынан, сызықтық орын ауыстырулардың параметрлерін өлшеу үшін фазалық ауыстырғыштарды қолдану арқылы фазалық ауыстырғыштардың қолдану аясы кеңейтілді.

## 2.4 Жүйелік параметрлік бұлыңғырлық жағдайында ұшқышсыз көліктерді өндіру мен пайдалануды ұйымдастыру сапасын кешенді бағалаудың нейрондық Smart моделі

Ұшқышсыз көліктер, жоғарыда дәлелденгендей, қазірдің өзінде өндіріс технологияларының ажырамас бөлігі болып табылады. Қазіргі шаруашылық субъектілері күрделі мультиагенттік жүйелер [53,56]. Жүйе функционалды және тірек бөліктерден тұрады [57]. Ұшқышсыз көліктер мен оларды пайдалану технологиялары жүйелік қамтамасыз етумен байланысты және ұйымдастырушылық-технологиялық жағынан жүйелік агенттер болып табылады [58].

Бұл жүйенің тиімділігі менеджмент сапасымен немесе ИСО стандарттарының, сапа менеджменті жүйесінің (СМЖ) талаптарына сәйкес анықталады [59]. Белгісіздік және анық емес деректер жағдайында күрделі жүйелерді басқару сапасын жақсартудың заманауи қарқынды дамып келе жатқан тәсілдерінің бірі нейрондық технологиялар негізіндегі SMART жүйелерін енгізу болып табылады.

Жүйелік параметрлік бұлыңғырлық жағдайында ұшқышсыз көліктерді өндіру мен пайдалануды ұйымдастыру үшін сапаны біріктірілген басқарудың нейрондық SMART моделі сарапшылық шешімдерінің қабылдауы 2.10 [41] суретте көрсетілген.



Сурет 2.10 – Ұшқышсыз технологиялар сапасын басқарудың нейрондық моделі

Ескерту – Дереккөз [41] негізінде құрастырылған

Осы алғышарттардың негізінде және осындай тәжірибелерді талдау нәтижесінде SMART жүйелерінде нейрондық технологияларды пайдаланатын субъектілік ұйымдарда басқару сапасы келесі агенттермен анықталатыны анықталды:

- $W_1$  техникалық қолдау;



- $W_2$  бағдарламалық қамтамасыз ету;
- $W_3$  бағдарламалық қамтамасыз ету;
- $W_4$  ақпараттық қолдау;
- $W_5$  метрологиялық қамтамасыз ету;
- $W_6$  әдістемелік қамтамасыз ету;
- $W_7$  инвестициялық деңгейі;
- $W_8$  басқару жүйесі;
- $W_9$  инновациялары;
- $W_{10}$  персоналдың біліктілігі.

Нейрондық технологияның жүйелік қолдауын сәтті бағалау үшін сараптамалық талдау арқылы әрбір агенттің «салмағы» бағалануы қажет. Сарапшылар тобы құрылғаннан кейін (топқа техникалық мәселелерді шешетін және басқару жұмысын орындайтын мамандар, сондай-ақ ON-LINE режимінде шақырылған жоғары білікті мамандар кірді, бұл оларға қойылған сұрақтардың көпшілігіне жүгінбестен өз бетінше жауап беруге мүмкіндік берді қосымша сараптамаға), жоғарыда аталған агенттердің маңыздылығына сауалнама жүргізілді. Ұпайлар 10 балдық жүйемен қойылды. Математикалық өндеуден кейін емтиханның соңғы нәтижелері 2.1-кестеде келтірілген.

Кесте 2.1 – Шаруашылық жүргізуші субъектінің бизнес-процестерінде ұшқышсыз технологияның сапа агенттерінің рейтингтік салмағын сараптау нәтижелері

		Агенттер									
№		$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_4$	$W_5$	$W_6$	$W_7$	$W_8$	$W_9$	$W_{10}$
$B_{ip}$		3	4	5	8	9	10	1	7	6	2

Осылайша, агенттер векторының элементтерінің нүктелік сараптамалық маңызы анықталады. Бұл векторда кәсіпорындардың есеп беру құжаттамасын талдау нәтижесінде одан әрі өңдеу үшін ең ақпараттандыратын бес көрсеткіш-критерийлер анықталды, атап айтқанда:

- $W_1$  техникалық қолдау;
- $W_2$  бағдарламалық қамтамасыз ету;
- $W_3$  бағдарламалық қамтамасыз ету;
- $W_7$  инвестициялық деңгейі;
- $W_{10}$  персоналдың біліктілігі.

Вектор өзінің табиғаты бойынша анық емес деректерге қатысты ақпаратты білдіретіндіктен,  $\varphi$  математикалық активтендіру аппараты ретінде анық емес жиындарды таңдау ұсынылады [60,61].

Анық емес жиындар аппаратын қолдану модельдеудің бірінші сатысында анықсыздандыруды, яғни  $\{W_i\}$  жиынын лингвистикалық айнымалылар

жиынына айналдыруды және әрбір мүше үшін мүшелік функциялар мен терминдер жиынын қалыптастыруды қарастырады.

1. Бірінші лингвистикалық айнымалының атауы «Техникалық қолдау».

Берілген лингвистикалық айнымалы үшін базалық Т термині келесідей:

T<sub>11</sub> - «өте төмен»;

T<sub>12</sub> - «төмен»;

T<sub>13</sub> – «орташа»;

T<sub>14</sub> - «жоғары»;

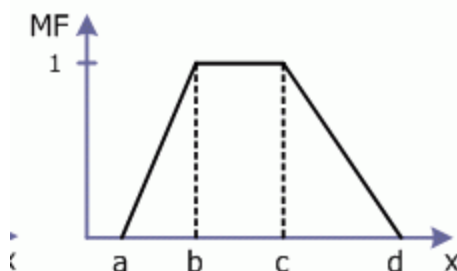
T<sub>15</sub> - «өте жоғары».

Әмбебап жиынтық пайызы: [0%,100%].

Т базалық мүше жиынынан әрбір мүшелік функциялар жиыны келесі трапециялық функциямен ұсынылатын болады:

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Мүшелік функцияның трапеция тәрізді түрі 2.11-суретте көрсетілген.



Сурет 2.11 – Мүшелік функциялардың трапециялық түрі

Ұсыныстарға сәйкес объект жұмысының сапасын сандық бағалау формуласын жасау кезінде сараптамалық бағалау әдісі бойынша терминдерге де салмақтар берілуі керек. Терминдерді сарапшы бағалау нәтижелері 2.2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2.2 – «Техникалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалы терминдерінің «салмағы» бойынша салыстырмалы сараптамалық бағалаулар

	Термдер				
№	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>13</sub>	T <sub>14</sub>	T <sub>15</sub>
Э1	0,15	0,2	0,22	0,25	0,17
Э2	0,13	0,24	0,27	0,18	0,16
Э3	0,11	0,14	0,2	0,25	0,28

Э4	0,2	0,15	0,22	0,17	0,25
Э5	0,15	0,17	0,2	0,25	0,22

«Техникалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалы терминдерінің мүшелік функцияларының жиынтығы графикалық түрде 2.12-суретте берілген.



Сурет 2.12 – «Аппараттық құрал» лингвистикалық айнымалысының терминдер жиынының графикалық моделі

2. «Бағдарламалық қамтамасыз ету» айнымалысы ұқсас алгоритм бойынша өңделеді.

Берілген лингвистикалық айнымалы үшін T жиынының негізгі термині келесідей:

T<sub>21</sub> - «төмен»;

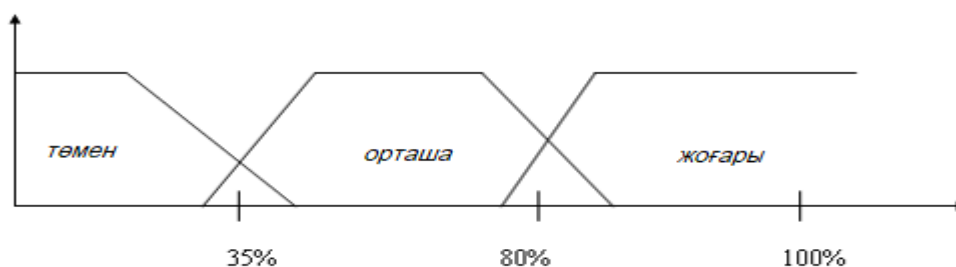
T<sub>22</sub> – «орташа»;

T<sub>23</sub> - «жоғары».

Кесте 2.3 – «Бағдарламалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалы терминдерінің «салмағы» бойынша салыстырмалы сараптамалық бағалаулар.

№	T <sub>21</sub>	T <sub>22</sub>	T <sub>23</sub>
Э1	0,31	0,272	0,409
Э2	0,333	0,296	0,370
Э3	0,32	0,28	0,4
Э4	0,227	0,409	0,363
Э5	0,24	0,36	0,4

«Бағдарламалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалысының терминдерінің мүшелік функцияларының жиыны 2.13-суретте графикалық түрде берілген.



Сурет 2.13 – «Бағдарламалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалысының терминдер жиынының графикалық моделі

### 3. «Бағдарламалық қамтамасыз ету» айнымалысы.

«Бағдарламалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалысы үшін  $T$  негізгі терминдер жинағы;

$T_{31}$  - «өте төмен»;

$T_{32}$  - «төмен»;

$T_{33}$  - «орташа»;

$T_{34}$  - «жоғары»;

$T_{35}$  - «өте жоғары».

Кесте 2.4 – «Бағдарламалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалы терминдерінің «салмағы» бойынша салыстырмалы сараптамалық бағалаулар

№	$T_{31}$	$T_{32}$	$T_{33}$	$T_{34}$	$T_{35}$
Э1	0,135	0,189	0,162	0,243	0,270
Э2	0,15	0,2	0,175	0,25	0,225
Э3	0,114	0,142	0,2	0,257	0,285
Э4	0,179	0,128	0,230	0,205	0,256
Э5	0,131	0,157	0,210	0,263	0,236

«Бағдарламалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалысының терминдері үшін мүшелік функциялар жиыны 2.14-суретте графикалық түрде берілген.



2.14 сурет - «Бағдарламалық қамтамасыз ету» лингвистикалық айнымалы терминдер жиынының графикалық моделі

### 4. «Инвестиция деңгейі» лингвистикалық айнымалы.

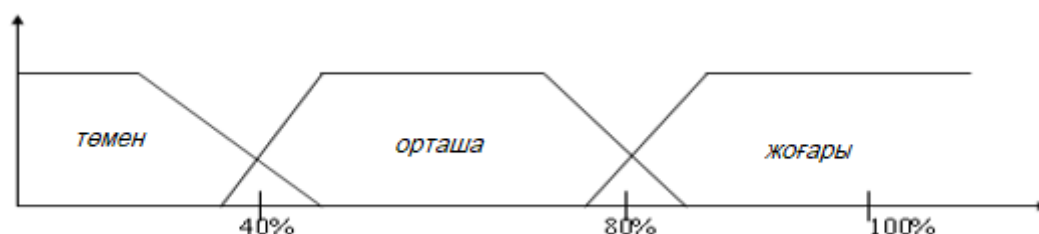
«Инвестиция деңгейі» лингвистикалық айнымалысы үшін T негізгі термині келесідей:

- T<sub>41</sub> - «төмен»;
- T<sub>42</sub> - «орташа»;
- T<sub>43</sub> - «жоғары».

2.5-кесте – «Инвестиция деңгейі» лингвистикалық айнымалы терминдерінің «салмағы» бойынша салыстырмалы сараптамалық бағалаулар

№	T <sub>41</sub>	T <sub>42</sub>	T <sub>43</sub>
Э1	0,25	0,3	0,45
Э2	0,375	0,333	0,291
Э3	0,227	0,318	0,454
Э4	0,227	0,363	0,409
Э5	0,24	0,36	0,4

«Инвестициялық деңгей» лингвистикалық айнымалының терминдері үшін мүшелік функциялар жиынтығы графикалық түрде 2.15-суретте көрсетілген.



2.15 сурет - «Инвестиция деңгейі» лингвистикалық айнымалы терминдер жиынтығының графикалық моделі

5. «Персонал біліктілігі» айнымалысы.

«Банктің бәсекеге қабілеттілігі» лингвистикалық айнымалысы үшін T негізгі термині келесідей:

- T<sub>51</sub> - «өте төмен»;
- T<sub>52</sub> - «төмен»;
- T<sub>53</sub> - «орташа»;
- T<sub>54</sub> - «жоғары».
- T<sub>55</sub> - «өте жоғары».

2.6-кесте – «Персонал біліктілігі» лингвистикалық ауыспалы терминдердің «салмағы» салыстырмалы сараптамалық бағалары

№	T <sub>51</sub>	T <sub>52</sub>	T <sub>53</sub>	T <sub>54</sub>	T <sub>55</sub>
Э1	0,15	0,2	0,1	0,22	0,25
Э2	0,12	0,17	0,20	0,25	0,23
Э3	0,12	0,15	0,21	0,24	0,27
Э4	0,2	0,17	0,14	0,25	0,22
Э5	0,15	0,13	0,21	0,23	0,26

«Персонал біліктілігі» лингвистикалық айнымалының терминдері үшін мүшелік функциялар жиынтығы графикалық түрде 2.16-суретте көрсетілген.



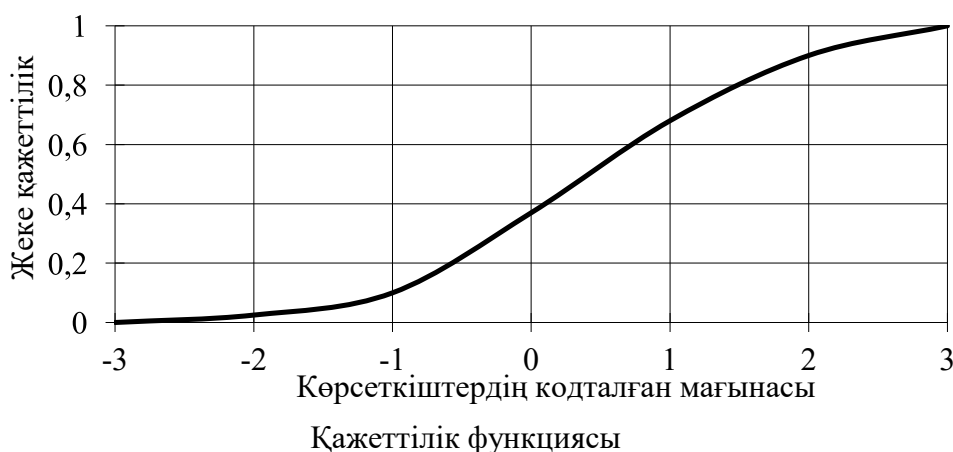
2.16 сурет - «Персонал біліктілігі» лингвистикалық ауыспалы терминдер жиынтығының графикалық моделі

Интегралды бағалау жергілікті өлшемдердің конвульсиясы болып табылады және бір уақытта анық емес жиындар теориясында аталатын функцияны орындайды – дефунзация аталады. Жергілікті  $B_i$ -бағалары бойынша интегралдық көрсеткіштің нәтижелік мәні [62] өрнектен анықталады.

$$Q = \sum Y_i, \text{ где } Y_i [62] \quad (2.13)$$

$$Y_i = \omega_i [X_{ij} (\alpha_{ij} \times \omega_{ij} + \alpha_{i+1} \times \omega_{i+1})] \quad (2.14)$$

Интегралды бағалаудың нәтижелік мәні  $Q$  салыстырмалы сандық бағалау болып табылады, оны жалпы қабылданған сапалық түрге келтіру керек. Сандық бағалауды сапалық көрсеткішке түрлендіру үшін 2.19 [63] суретте көрсетілген Харрингтонның қалаулылық функциясы жиі қолданылады.



2.17 сурет – Жалпыланған қалау функциясының графикалық моделі

Ескерту - Дереккөз [63] негізінде құрастырылған

2.7 кестеде 2.17-суретте көрсетілген графиктің сандық түсіндірмесі берілген.

2.7 кесте – Қажеттілік шкаласы бойынша стандартты белгілер [63]

№	Қажеттілік	Қажеттілік шкаласы бойынша сандық белгілер
1	Өте жақсы	0,80 - 1,00
2	Жақсы	0,63 - 0,80
3	Қанағаттанарлық	0,37 - 0,63
4	Нашар	0,20 - 0,37
5	Өте нашар	0,00 - 0,20

Автоматтандырылған жүйеде практикалық іске асыру үшін нейрондық белсендіру функциясының математикалық алгоритмі бағдарламалық қосымшаға түрлендірілді.

### **2.5 Кері байланыс байланысының параметрлік және функционалдық белгісіздігін ескере отырып, ұшқышсыз объектіні басқару сапасын модельдеу**

Шешім қабылдау процестерін зерттеу саласындағы жарияланымдарды талдау көрсеткендей, олардың басым көпшілігі оңтайлы шешімдерді табуға және негіздеуге бағытталған және бұл сала шешімдердің тиімділігінің негізгі мәселесі болып табылады деп саналады. Тәжірибе, алайда, мүлдем басқа нәрсені көрсетеді, ең қиын және уақытты қажет ететін және тәуекелді кезең - шешімді жүзеге асыру [63]. Шешім қабылдау жүйесіндегі кезең, буын немесе басқа нәрсе (басқару жүйесі) кері байланыс болып табылады, онсыз күрделі әлеуметтік-экономикалық, ұйымдық-техникалық, экологиялық және басқа жүйелер жұмыс жасай алмайды (тұрақты болады). Осылайша, тұтастай алғанда басқару жүйесінің сапасы, атап айтқанда, шешім қабылдау тұйық басқару циклінің барлық буындары мен кезеңдерінің сипаттамаларының оңтайлы үйлесуі көбірек дәрежеде байланысты болады [64].

Осыған байланысты объектінің жұмыс істеу сапасын басқарудың тұйық циклінде кері байланыс байланысының қалпына келтіру функцияларының тиімділігін бағалау мәселесі туындайды.

Басқару циклі (мәселені шешу)  $S_i$  функционалды басқару параметрінің өлшенетін мәнді стандартты  $S_T$  және  $S_J$  салыстыру, егер бақыланатын стандарттардан тыс объективті немесе жалған тіркелген болса, параметрін өлшеу кезеңін қамтиды, онда белсенді араласу қажеттілігі туындайды. Техникалық жүйелерде, мысалы, авиацияда, автомобильдерде жұмыс қабілеттілігін қалпына келтіру белгілі бір реттеу жұмыстарын жүргізу арқылы шешіледі. Әлеуметтік-экономикалық жүйелерде бұйрықтар, бұйрықтар, т.б.

Басқару объектісінің түріне қарамастан, туындаған мәселені жою мүмкіндігі, әсіресе әлеуметтік-экономикалық жүйелерде айтарлықтай

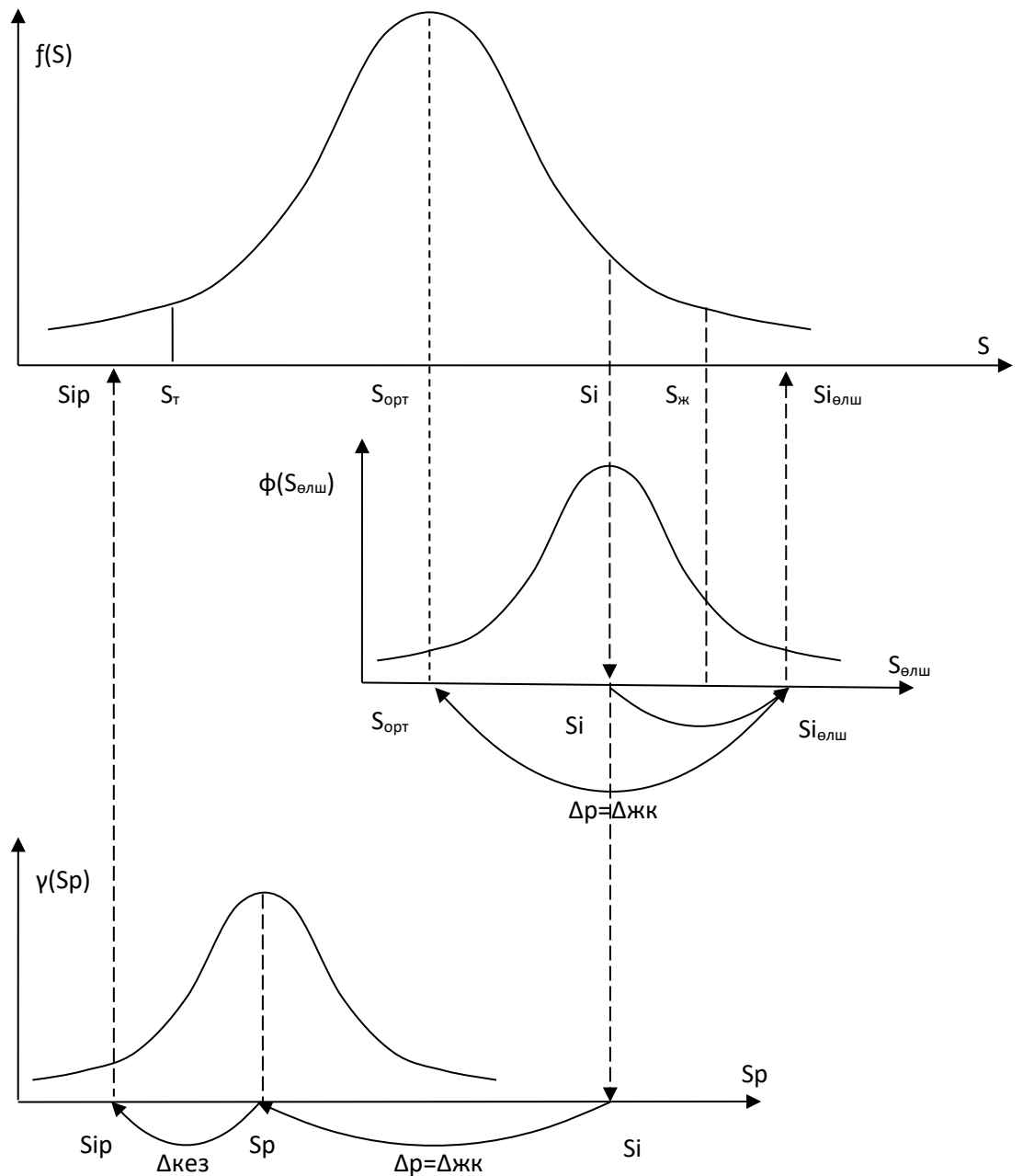
шектеулерге ие. Біріншіден, жоғарыда көрсетілгендей, жүйенің күйін қай деңгейде қалпына келтіру керек екені белгісіз, екіншіден, бұл процедуралар үшін нақты және тиімді әмбебап әдістеме жоқ, және әрбір нақты жағдайда бұл міндет бірегей болады және оның шешімін талап етеді.

Сондықтан барлық сыртқы және ішкі факторларды ескере отырып, жүйенің сапасын қалпына келтіру процесінің кездейсоқ сипаты туралы гипотезаны алға қою заңды. Жүйенің нормативтік тұрақты күйін қалпына келтіру функциясы (реттеу) белгілі бір таралу заңы  $Z(S)$  бар кездейсоқ шама болып табылады.

Басқару блогы мен жүйелік «қалпына келтіру» блогы бар үлгіні әзірлеу қажет. Зерттелетін процестің жоғары күрделілігі мен белгісіздігіне байланысты ұтымды шешім модельдеу модельдеу тәсілін таңдау болуы керек [65,66,67]. Басқарылатын параметрдің  $\Delta = S_{ж} - S_{т}$  төменгі және жоғарғы төзімділік стандарттары бар екеніне келісейік. Модельдеудің бірінші нұсқасында шаманың нормалары детерминирленген деп есептейміз.

2.18-суретте модельдеу процесінің графикалық диаграммасы көрсетілген.





2.18 сурет - Модельдеу процесінің графикалық схемасы нормативтік функцияларды қалпына келтіру

Диаграмма таралу тығыздығының үш функциясын көрсетеді:  $f(S)$  - басқарылатын параметрдің таралу тығыздығының функциясы;  $\phi(S_{өлш})$  – өлшеу қателігінің таралу тығыздығының функциясы;  $\gamma(Sp)$  – объектінің нормативтік күйін қалпына келтірудің таралу тығыздығы функциясы болып табылады.

Объектінің күйін бақылау сәтінде шартты параметрі  $S$  нақты ток мәніне ие болады деп болжанады, ол модельдеу моделінде белгілі бір мәнге сәйкес арнайы генераторлық бағдарламамен құрылатын («ойналатын») болады. бөлу заңы. Бұл мысалдағы барлық үлестіру заңдары қалыпты деп келісеміз.

Тәжірибеде модельдің әрбір параметрі үшін таралу заңының түрін белгілеу қажет, ал әрбір заң үшін кездейсоқ сандар генераторының сәйкес бағдарламасын жасау қажет.

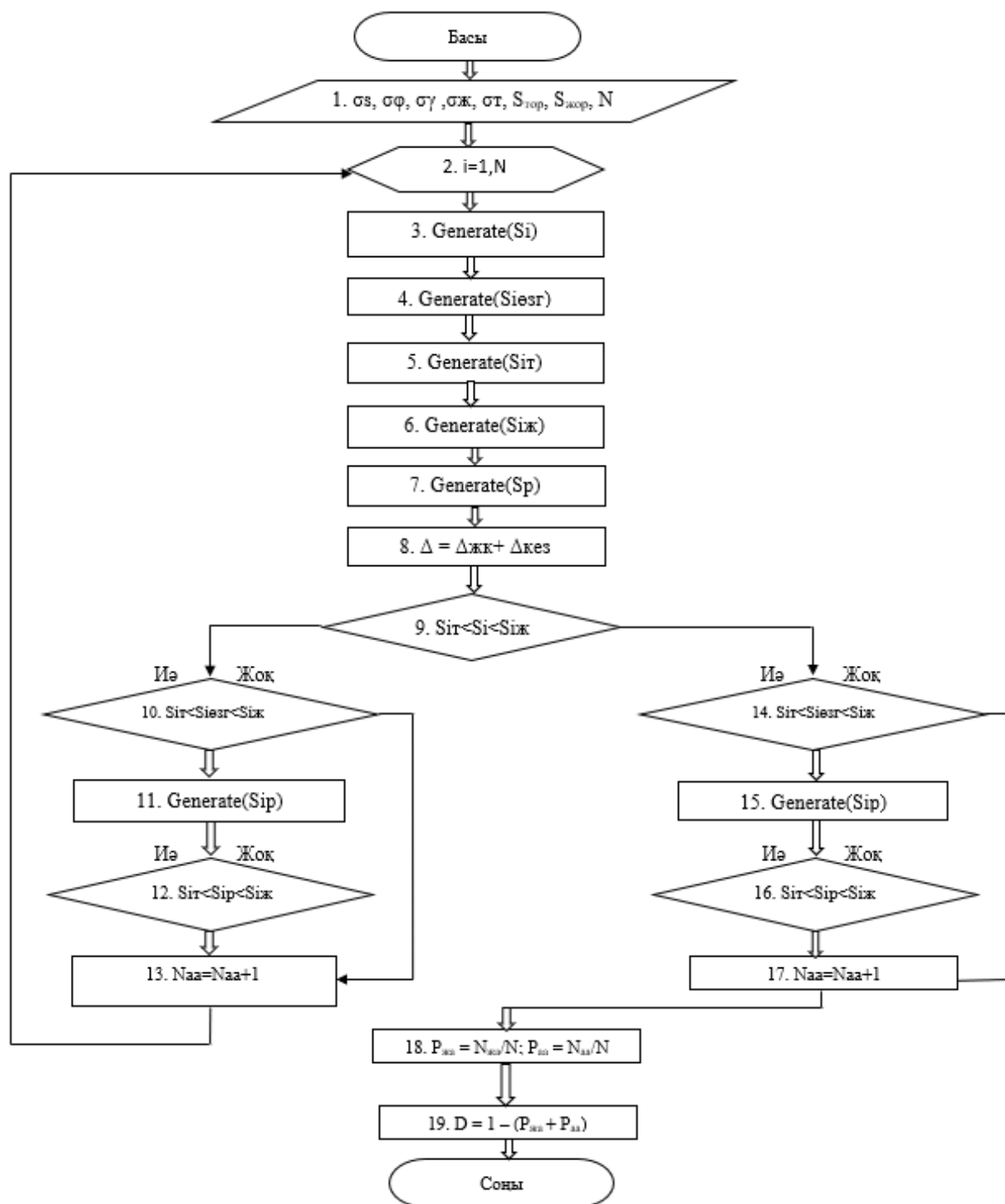
Өлшеу кездейсоқ қателікпен бірге жүреді және  $S_{өлш}$  өлшеу нәтижесі  $S_i$  шын мәнінен кездейсоқ ауытқиды. 2.18-суретте ұсынылып отырған құрылғының «шкаласында»  $S_i$  шын мәнінің «проекциясы» және доға – көрсеткі қателік шамасына өлшеу нәтижесінің  $S_{өлш}$  мәніне дейін ығысуын көрсетеді.

Келесі қадамда шешім қабылдаушы  $S_{өлш}$  өлшенген мәнін белгіленген төзімділікпен салыстырады және осы мысалда симуляцияланғандай, параметрдің  $S_{ж}$  жоғарғы стандартты мәннен асатын ауытқуы анықталады. Бұл іс жалған ақау тұруға қатысты. Нақты жағдайда мәселені жою үшін шаралар қабылданады.

Бақыланатын процестің ерекшеліктеріне байланысты қалпына келтірудің үш нұсқасы бар: параметр мәнін  $S_T$  немесе  $S_{ж}$  стандартты мәндерінің біріне қалпына келтіру; толеранттылықтың ортасына тең мәнге қалпына келтіру -  $S_{орт}$ . Көбінесе олар  $S_{орт}$  басшылыққа алады, ол ұсынылған диаграммада көрсетілген.

Содан кейін,  $S$  параметрін азайту қажет болатын «түзету» мөлшері  $\Delta p = S_{өлш} - S_{орт}$  тең болады. Өлшеу кезінде қате орын алғандықтан, бұл мән жалған ақпарат болып табылады. Дегенмен, «реттеу» процесі кезінде  $S$  параметрінің нақты деңгейі  $S_i$  оның шынайы мәнінен осы шамаға азаяды. Диаграммада бұл процедура  $\gamma(Sp)$  графикалық осінде 4 доғамен және параметр  $S$  осінде  $S_{порт}$  мәні (нүктесі) көрсетілген. Бірақ қалпына келтіру нәтижесін дәл болжау мүмкін емес, өйткені іс жүзінде бірқатар факторларға тәуелді және кездейсоқ сипатта болады. Диаграммада қалпына келтіру тиімділігі таралу тығыздығы  $\gamma(Sp)$  арқылы берілген. Демек, бұл процедураның соңғы нәтижесі қалпына келтіру-реттеу (реттеу)  $\Delta_{пл} = S_{өлш} - S_{орт}$  және кездейсоқ компонент  $\Delta_{сл}$  жоспарлы мәнінен тұрады.

Параметрдің соңғы мәні төменгі стандартты  $S_{ip} < S_T$  төмен болып шықты. Ал диаграммада көрсетілгендей, басқару объектісіне қате әсер ету нәтижесінде оның функционалдық күйі қате реттеу нәтижесінде ғана нашарлады және сонымен бірге белгілі бір ресурстар жұмсалды. Бұл схема бақылау кезінде «ақау» «дұрыс» бекітілген жағдайды көрсетпейді және жоғарыда сипатталған ұқсастыққа сәйкес түзету шаралары қабылданады. Бұл істі зерттеу логикасы мүлдем ұқсас.



2.19 сурет - Басқару және басқару объектісінің нормативтік функцияларын қалпына келтіруге арналған модельдеу моделінің алгоритмі

1, 2, 3, 4, 5, 6 үлгі блоктарының функционалдық мақсаты [63,64] сипатталған. 1-блок шешімдерді (регламенттерді) іске асыру үшін ішкі жүйенің статистикалық сипаттамалары енгізілгенімен ерекшеленеді.

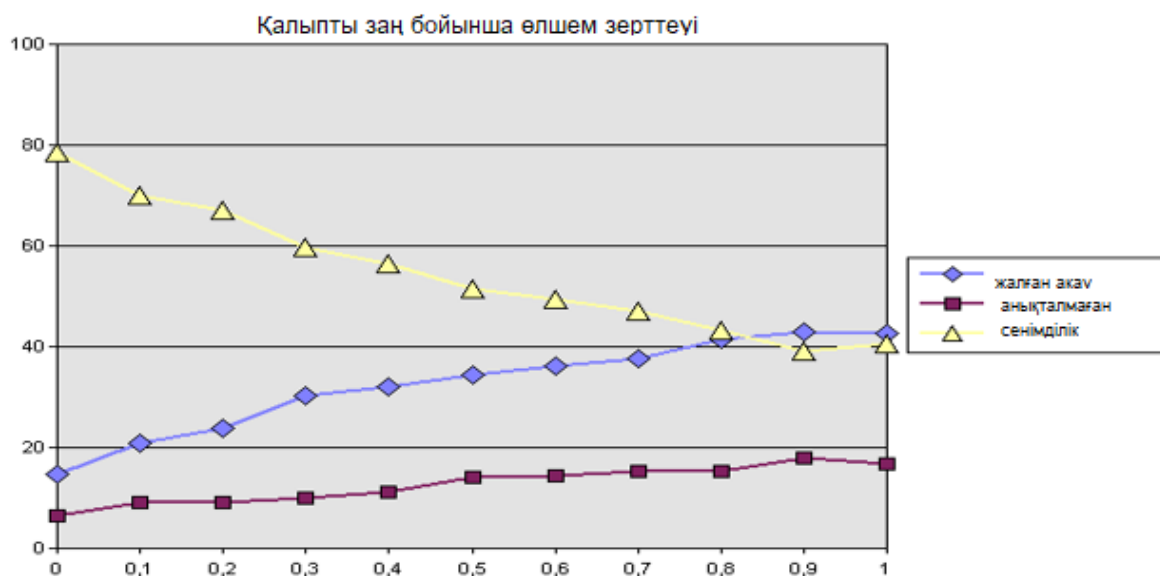
7-блокта жүйенің «регуляциясының» қателік мәні генерацияланады.

8-блокта кездейсоқ  $\Delta$ кез және детерминирленген жоспарлы компонент  $\Delta$ жк құрайтын жүйеге «реттеу» әсерінің жалпы мәні есептеледі. 9 жұптан кейінгі келесі блоктардың функциялары. Олардың арасындағы жалғыз айырмашылық - тармақтың соңында сәйкес ауытқу түрінің есептегіші ұлғайтылады.

Бұрын қаралған, ауытқу (ерлі-зайыптылық) анықталған, бірақ мәселені жою бойынша шаралар қабылданбаған жағдайлардан айырмашылығы, бұл жағдайда бұл шаралар қабылданады және 11 және 15 блоктарда бақыланатын процесс бойынша түзету әрекетінің мәні қалыптастырылады. .

13 және 17 блоктарда есептегіштер жұмыс істейді: «жалған ақау» -  $N_{жа}$ , «анықталмаған ақау» -  $N_{аа}$ . 18 және 19 блоктардың функциялары алдыңғы үлгілердің соңғы екі блогына ұқсас.

Кері байланыс пен оның статистикалық қасиеттерін ескере отырып, бақылау процесін ресми сипаттаудың бұл нәтижелерін автор жұмыста жариялады [68], және компьютерлік экспериментке енгізілген. Шешім қабылдау жүйесінің барлық компоненттерінің сипаттамаларының статистикалық белгісіздігін ескере отырып, " қалпына келтіру " процесінің сапасын зерттеу мақсатында компьютерлік эксперименттің нәтижелері жабық кері байланыс жүйесінде шешімді жүзеге асыру 2.20 суретте көрсетілген



2.20 сурет – объектінің нормативтік жұмыс істеуін қалпына келтірудің кері байланысымен басқару процесін компьютерлік модельдеу нәтижелері

### Екінші бөлім бойынша қорытынды:

Шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалысын басқарудың математикалық моделі әзірленді.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарына арналған электромагниттік ұшыру жүйесіндегі фазалық ауыстырғыштың параметрлерін есептеу моделі әзірленді.

Жүйелік параметрлік анық еместік жағдайында ұшқышсыз көліктерді өндіру мен пайдалануды ұйымдастыру сапасын кешенді бағалаудың нейрондық моделі әзірленді.

Кері байланыс байланысының параметрлік және функционалдық белгісіздігін ескере отырып, ұшқышсыз объектіні басқару сапасының үлгісі әзірленді.

Модельдеу нәтижелерінің негізінде пилотсыз объектінің функционалдығын бақылау сапасы «бақылау – шешім қабылдау – басқару жүйесінің функционалдық көрсеткіштерін қалпына келтіру» циклінің барлық буындары мен кезеңдерінің статистикалық параметрлерінің жиынтығына байланысты екені анықталды.

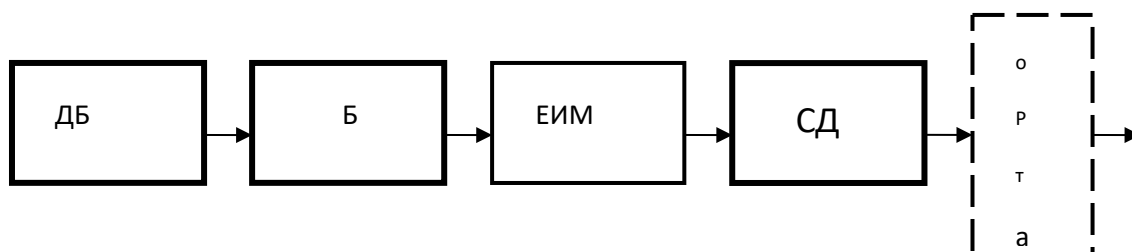
Басқару сапасын арттыру қажет болса, басқару құралдары мен әдістерінің дәлдігін арттыру жолымен жүру керек.

### 3 ЭКСПЕРИМЕНТТІК-СТАТИСТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

#### 3.1 Ұшқышсыз жүйелерді басқару кезінде ақпаратты қабылдау және тарату үшін VLC арнасының құрылымдық-функционалдық диаграммасы

Табиғи және жасанды кедергі көздерінен ұшқышсыз ұшу аппаратының электромагниттік иммунитетін жақсарту үшін бұл жұмыс VLC технологияларын пайдалану қағидаттарына негізделген әуе кемелерімен байланыс жүйелерін енгізудің жаңа тәсілдерін ұсынады. Ұшқышсыз жүйе моделі үш ішкі жүйеден тұрады: ұшқышсыз ұшу аппараты, атмосфера, жергілікті автоматтандырылған басқару орталығы. Бұл жүйелік шешімде VLC технологиясы әртүрлі атмосфералық мөлдірлік жағдайында ұшқышсыз ұшу аппараты мен жергілікті басқару орталығы арасындағы деректерді беру механизмінің негізгі рөлін атқарады.

Бұл жүйеде ақпарат алмасу процесі екі арнамен – тура және кері бағытта көрсетіледі. ҰҰА-дан жергілікті басқару орталығына бағыттау және жергілікті басқару орталығынан ҰҰА-ға қайтару арнасы болып табылады. Тікелей арна арқылы ұшқышсыз ұшу аппаратының орналасуы және оның техникалық жағдайы туралы ақпарат беріледі. Басқару ақпараты траекторияны түзету үшін кері арна арқылы беріледі, ал қажет болған жағдайда ұшқышсыз авиацияның ұшуын тоқтатып, оны жұмыс маршрутынан алып тастайды. 3.1-суретте тікелей арна бойынша деректерді қалыптастыру мен берудің құрылымдық-функционалдық моделі көрсетілген.



3.1 сурет - VLC ақпаратын тікелей беру арнасының құрылымдық моделі

Осы схемадағы құрылғылардың функционалдық мақсаты келесідей:

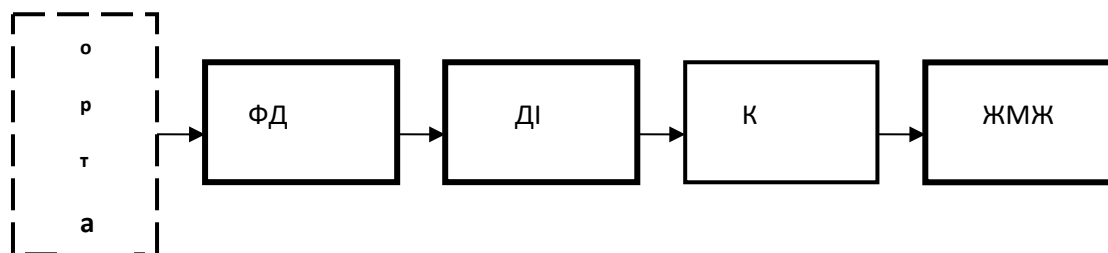
ДБ- диагностика блогы;

Б – бақылаушы;

ИЕМ- импульс енін модуляциялау;

СД – сәуле шығарушы диод.

3.2-суретте жергілікті басқару орталығының ақпаратты қабылдау және өңдеу моделі көрсетілген.



3.2 сурет - Жергілікті басқару орталығында тікелей VLC арнасы арқылы ақпаратты қабылдау және өңдеудің құрылымдық моделі

Осы схемадағы құрылғылардың функционалдық мақсаты келесідей:

ФД- фотодиод;

ДІ- дереккөз ізбасары;

К-күшейткіш қалыптастырушысы;

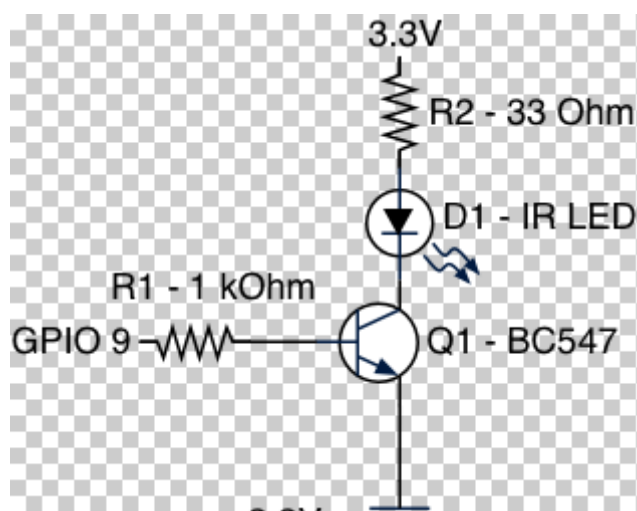
ЖМЖ- жергілікті микропроцессорлық жүйе.

Кері арна құрылымдық және функционалдық жағынан алдыңғы арнаға ұқсас салынған.

Сәулеленуші ретінде 31107a немесе AL118A типті қуатты инфрақызыл жартылай өткізгіш диодтар қолданылады. SMD технологиясы бойынша IPS матрицасында шығарылатын диодтардың неғұрлым қуатты нұсқалары бар, мысалы, Osram желісінің sfh4715s моделі [69-75].

3.3-суреттен көрініп тұрғандай, инфрақызыл PWM ағыны al118 сәулеленушінің кірісіне түседі. Ауа ортасы арқылы фото ағын фотодетекторға түседі (3.2-сурет). Siemens шығарған sfh203fa инфрақызыл фотодиоды фотодетектор ретінде пайдаланылды, ал Kingbright шығарған l53f3c жарық диоды сәулеленуші ретінде қолданылды.

Мұндай сәулеленушіні қосу схемасы 3.3 суретте көрсетілген.

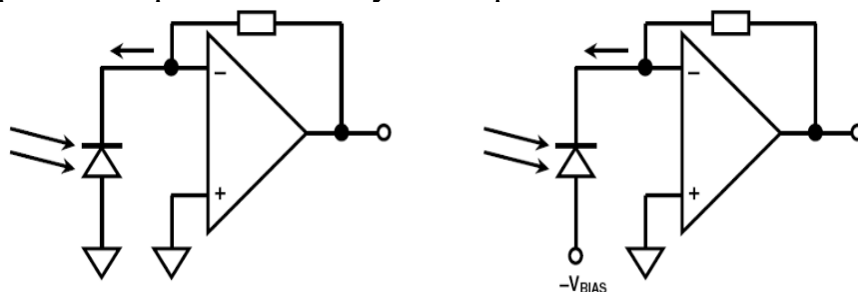


3.3 сурет - Инфрақызыл сәулеленушісін қосу схемасы

Ескерту - дереккөз [63] негізінде жасалған

K140UD11 микросхемасы фотодетектордың сигнал күшейткіші ретінде пайдаланылды. Іс жүзінде фотодиодтарды қосудың екі схемасы қолданылады: бірінші тізбекте фотодиод кернеу генераторы ретінде қолданылады (фотовольтаикалық қосу), екіншісінде фотодиодтың кері тогы өлшенеді (фотокондуктивті немесе фото өткізгіш қосу).

Суретте. 3.4 зерттелетін жүйеде фотодетекторларды қосу нұсқалары келтірілген. Жұмыста қосылудың бірінші әдісі қолданылады.



3.4 сурет – VLC жүйесінің фотоқабылдағышын қосудың аналогтық нұсқасының электр схемасы

Ескерту-дереккөз [63] негізінде жасалған

Фотодиодтың «генераторы» қосылған кезде, фотокөрменің мәні күшейткіштің кіріс кедергісіне байланысты болады. ОК кіріс токтарын инверторлық және инверторлық емес кіріс токтарының арифметикалық орташа мәні ретінде есептелген орташа кіріс тогымен бағалауға болады:

$$I_{BX} = \frac{I_1 + I_2}{2},$$

мұндағы  $I_1$  және  $I_2$  сәйкесінше инверторлық және инверторлық емес кіріс токтары. Кіріс токтарының айырмашылығы  $\Delta I_{BX}$  өрнекпен анықталады:

$$\Delta I_{BX} = I_1 - I_2.$$

Тұрақты ток кернеуінің артуы  $K_0$  - операциялық күшейткіштің көрсеткіші, ол операциялық күшейткіштің негізгі функцияны қаншалықты жақсы орындайтынын анықтайды. Мінсіз күшейткіште пайда шексіздікке ұмтылуы керек. Жұмыс күшейткішіндегі күшейткіш тізбегінің кернеуін күшейту коэффициенті формула бойынша есептеледі:

$$K_0 = -\frac{R_2}{R_1}.$$

Орын ауыстыру кернеуі  $U_{CM}$ -шығыс кернеуі нөлге тең болатындай етіп жұмыс күшейткішінің кірісіне берілетін кернеу мәні болады.  $U_{CM}$  ығысу кернеуін кіріс кернеуі мен кіріс кернеуі болмаған кезде шығыс кернеуін  $\Delta U_{BX}$  білу арқылы есептеуге болады:



$$U_{CM} = \frac{\Delta U_{шығ}}{K_y}.$$

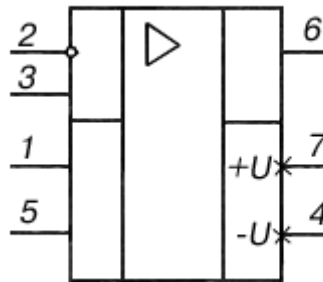
Кіріс кедергісі  $R_{кc}$ . Кіріс кедергісінің екі компоненті бар: дифференциалды кіріс кедергісі және фазалық сигнал бойынша кіріс кедергісі (әр кіріс пен «жер» арасындағы ағып кету кедергісі).

Биполярлық жұмыс күшейткіштері үшін кіріс дифференциалды кедергісі әдетте 10 кОм ...10 МОм аралығында болады. Фазалық сигналдың кіріс кедергісі кіріс фазалық кернеудің орташа кіріс тогының пайда болған өсіміне қатынасы ретінде анықталады :

$$R_{кc.CФ.} = \frac{\Delta U_{кc.CФ.}}{\Delta I_{кc.CP.}}$$

Интегралды операциялық күшейткіштердегі  $R_{шығ}$  Шығыс кедергісі 20...2000 Ом құрайды. Шығу кедергісі шығыс сигналының амплитудасын азайтады, әсіресе күшейткіш жұмыс істеген кезде, онымен жүктеме кедергісіне салыстыруға болады.

3.5-суретте К140УД11 микросхемасының қосылуы көрсетілген.



3.5 сурет - К140УД11 схемалық көрініс

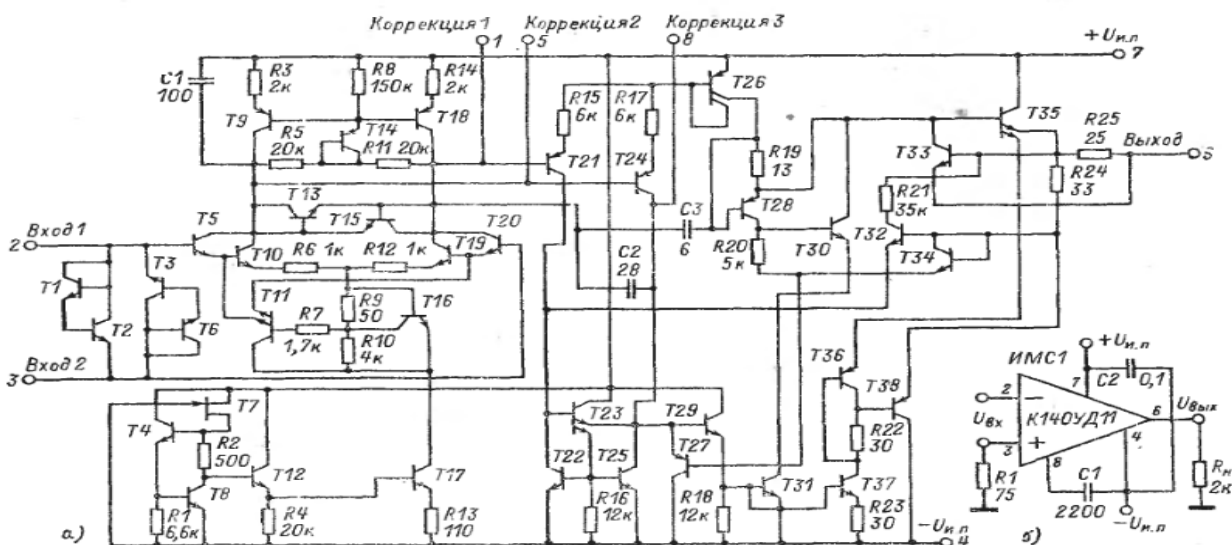
- мұнда: 1,5,8-түзету;
- 2-инверторлық кіріс;
- 3-инверттелмеген кіріс;
- 4-қуат кернеуі- $U_k$ ;
- 6-шығу;
- 7-қуат кернеуі +  $U_k$ .

3.6-суретте микросхеманың схемалық диаграммасы көрсетілген. К140УД11-бұл кіріс кернеуінен асып кетуден қорғайтын және ішкі жиілікті түзетумен қысқа тұйықталудан шығу қорғаныс тізбегі бар жылдам жұмыс

істейтін күшейткіш болып табылады. К140УД11 паспорттық деректері 3.1-кестеде берілген [76].

Кесте 3.1 PSD детекторының ең маңызды төлқұжат деректері [76].

Коректендіру кернеуі	$\pm(5...18)$ В
$U_{п} = \pm 15$ В, $R_{н} = 2$ кОм бойынша максималды шығыс кернеуі	$\pm 12$ В
$U_{п} = \pm 15$ В, $R_{н} = 2$ кОм бойынша нөлдік ауытқу кезіндегі кернеу	10 мВ
$U_{п} = \pm 15$ В, $R_{н} = 2$ кОм бойынша кіріс тогы	500 нА
$U_{п} = \pm 15$ В, $R_{н} = 2$ кОм бойынша кіріс тогының айырмашылығы	200 нА
$U_{п} = \pm 15$ В бойынша тұтыну тогы	10 мА
Кернеудің күшеюі	25000
$U_{п} = \pm 15$ В, $R_{н} = 2$ кОм бойынша шығу кернеуінің бұрылу жылдамдығы	(20...50) В/мкс
$U_{п} = \pm 15$ В бойынша жалпы режимдегі кіріс кернеуінің әлсіреу коэффициенті	70 дБ



3.6 сурет - К140УД11 принциналды сұлбасы

Ескерту-дереккөз [76] негізінде жасалған

Күшейту тізбегі келесідей жұмыс істейді. Фотодетектордан 45-75 мкА кіріс сигналы контроллердің дискретті кірісінде жоғары сапалы қабылдау үшін жеткіліксіз, сондықтан күшейту үшін үш сатылы күшейткіш қолданылады. Фотодиодтан бастапқы ізбасар арқылы сигнал дифференциалды күшейткішке

беріледі. Күшейткіштен буферлік қайталағыш арқылы сигнал тікелей контроллерге (STM32F103VET6), содан кейін компьютерге түседі [77-80].

Ауа райы жағдайларына байланысты фотосигнал өте кең диапазонда өзгеруі мүмкін, сондықтан фотодиодтың (фотодетектордың) сезімталдығы өте жоғары болуы керек. Мұндай сезімталдықты жүзеге асыру үшін фотодетекторға тән шуды (қараңғы ток және жүктеме кедергісінің термиялық шуы) азайту қажет. Фотодетектор қажетті динамикалық диапазон мен жылдамдықты қамтамасыз етуі керек. Фотодетектор сипаттамаларының қоршаған орта жағдайларының өзгеруіне (температура, тербеліс және т.б.) тәуелділігі минималды болуы керек. Спектрлік сипаттама сәулеленуші толқын ұзындығына сәйкес келуі керек. Сонымен қатар, фотодетектордың шағын өлшемдері мен салмағы болуы, электронды құрылғылармен үйлесімділік шарттарына сай болуы және энергияны аз тұтынуы керек. Қазіргі уақытта қатты денелі жартылай өткізгіш фотодиодтар, р-і-п фотодиодтары және көшкінді фотодиодтары бұл талаптарға барынша толық жауап береді. Фотодетекторларды таңдаған кезде олар бірқатар сипаттамаларға сәйкес салыстырылады:

- интегралдық (жалпы) сезімталдық - фотодетектордың орташа тоғының детекторға түсетін оптикалық сәулелену қуатының орташа мәніне қатынасы (А/Вт өлшенеді);

- шекті сезімталдық (шудың эквивалентті қуаты) - синусоидалық заң бойынша модуляцияланған сәулелену ағынының орташа квадраттық мәні, фотодетектордың шығысында шу кернеуінің орташа квадраттық мәніне тең кернеу тудырады(Вт/Гц<sup>1/2</sup> өлшенеді);

- спектрлік сипаттама – фотодетектордың кванттық тиімділігінің немесе сезімталдығының оған түсетін монохроматикалық сәулеленудің толқын ұзындығына тәуелділігі болып табылады. Фотодетекторды таңдаған кезде спектрлік сипаттаманың максимумы қабылданған сәулеленудің толқын ұзындығына сәйкес келуі қажет;

- жиілік реакциясы – фотодетектордың сезімталдығының оптикалық сәулелену қарқындылығының синусоидалы модуляция жиілігіне тәуелділігі;

- фотодетектордың уақыт константасы - кіріс жарық ағынының әсер ету басынан фотодетектордың шығыс сигналы максималды мәндің 0,63-ке жеткен сәтіне дейінгі уақыт;

- қараңғы ток – сыртқы сәулелену болмаған кездегі фотодетекторлық ток.

Фотодетектордың жиілік реакциясы мен жылдамдығы маңызды рөл атқарады, өйткені максималды жылдамдық 10 нс құрайды және әрқашан ФД модуляциясының өткізу қабілеттілігіне сәйкес келе бермейді.

Жартылай өткізгіш фотодиодтар жақсы спектрлік және интегралдық сезімталдықпен сипатталады. Олардың кванттық тиімділігі жоғары және инерциясы төмен; олардың параметрлері уақыт бойынша тұрақты.

Жартылай өткізгішті диодтың жұмыс істеу принципі біртекті емес жартылай өткізгішті жарықпен сәулелендіру кезінде фототок (немесе ЭҚК

фотосы) пайда болатын фотоэлектрлік эффектіге негізделген. Жоғары сезімтал фотодиодтар және ішкі ток күшейтетін көшкіндік фотодиодтар p-n өткелдері, p-i-n құрылымдары немесе металл-жартылай өткізгіш өткелдері негізінде жасалған. Фотодиодтарды ток көздерінсіз де, кернеуі бірнеше вольттан 100 В-қа дейінгі тұрақты ток көзімен қатар қосуға болады. Екінші жағдайда детектордың сезімталдығы айтарлықтай артады.

Өте ауыр атмосфералық және қоршаған орта жағдайлары үшін 3.7-суретте көрсетілген фотосигналдарды күшейту арнасының екінші нұсқасы ұсынылады.



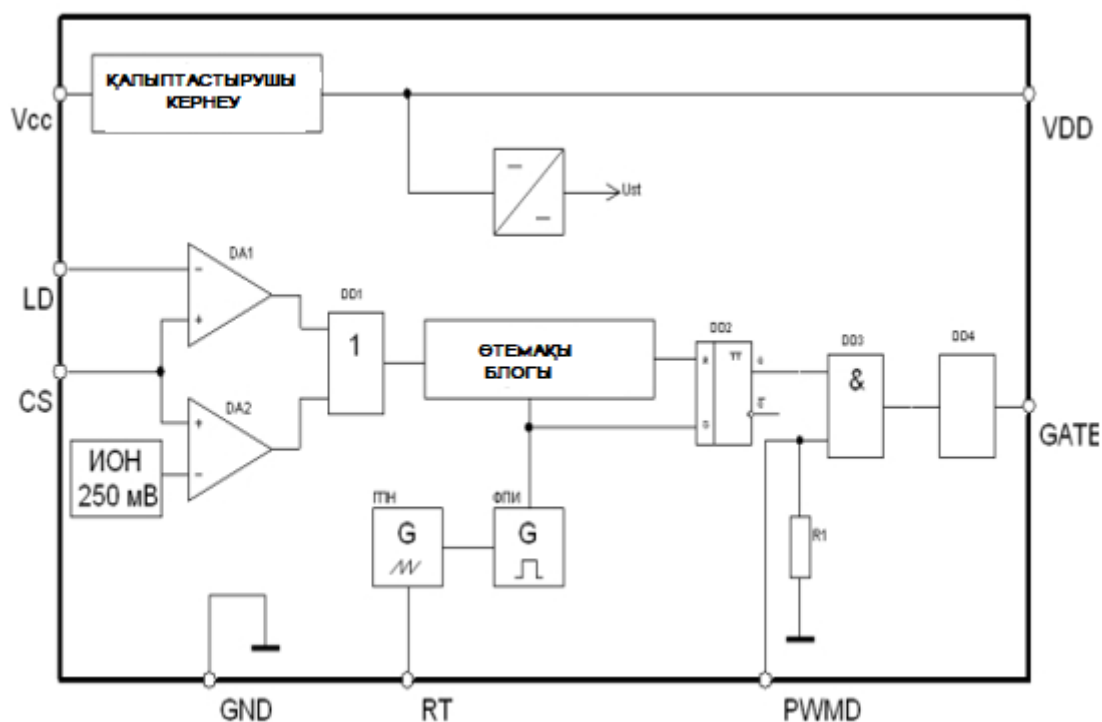
3.7 сурет - Фотодетектор сигнал күшейткішінің құрылымдық сұлбасы

Құрылымдық диаграмма келесі элементтерді қамтиды:

- сәйкестік құрылғысы – буферді қайталағыш;
- күшейткіш 1 каскад – фотодетектор сигналын күшейтуге арналған күшейткіш-түрлендіргіш құрылғы;
- күшейткіш 2 каскад – бірінші каскадтың сигналын күшейтуге және оны біртұтас кернеу сигналының мәніне жеткізуге арналған күшейткіш-түрлендіргіш құрылғы;
- сәйкестік - сигналды біртұтас кернеу сигналына сәйкестендіруге және контроллердің кіріс сипаттамаларына сәйкестендіруге арналған құрылғы.

Электрлік импульстік ені модуляцияланған екілік цифрлық сигнал сәлеленушінің кірісіне беріледі. Белгіленген талаптарға сәйкес келетін драйверлердің қолданыстағы өнеркәсіптік үлгілеріне сараптамалық әдісті қолдану арқылы талдау ең қолайлы микросұлбалар ИМС HV9910 немесе MLX10803 болуы мүмкін екенін көрсетті [81-86].

MLX10803 схемасы 3.8-суретте көрсетілген. DA1 және DA2 екі дифференциалды сатысында жасалған ИЕМ компараторы, ИЕМ компараторының шығыс сигналының жұмыс циклін басқаратын CS басқару сигналын алады [90, 91].



3.8 сурет - MLX10803 сұлбасы

Ескерту – Дереккөзден [89] құрастырылған

ИЕМ компараторының жұмыс істеуінің төменгі шегі ішкі эталондық кернеу көзімен құрылған 250 мВ кернеумен белгіленеді. ИЕМ компараторының жұмысының жоғарғы шегі LD кірісіндегі сыртқы кернеу арқылы орнатылады. ИЕМ компараторының шығысынан нормаланған жұмыс циклі бар импульстік сигнал өтемақы блогына беріледі. Бір блокқа келетін ішкі генератордың сигналы кедергілер мен паразиттік тербелістердің әсерін жоюға мүмкіндік береді. Компенсациялық блоктың шығысынан импульстік сигнал екі тұрақты RS-ұяшыққа DD2 беріледі. Оның Q шығысынан 2ЖӘНЕ-ЖОҚ DD3 элементі арқылы DD4 буферлік сатысы арқылы сигнал қуатты сыртқы n-MOП транзисторының тогын басқару үшін GATE шығысына өтеді. DD3 логикалық элементі PWM D кірісі арқылы сыртқы ИЕМ сигналын пайдалануға қызмет етеді.

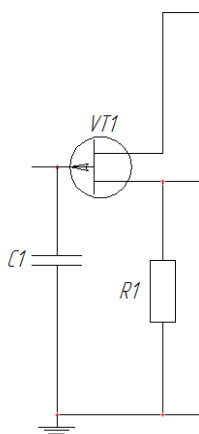
ИЕМ контроллерінің ИМС іске асырылуы 300 кГц-ке дейінгі коммутациялық жиілігі бар сыртқы n-MOП транзисторын тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

Қуатты драйверлер нарығындағы ағымдағы жағдайды талдау нәтижелеріне сүйене отырып, VLC коммуникациялары үшін тиімді схемалық шешім мәселесі драйверлердің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін олардың нақты жағдайларына қатысты оңтайлы таңдау болып табылады деп қорытынды жасауға болады.

Сыйымдылық датчигінің сигналын сәйкестендіру және күшейту үшін төрт кезеңнен тұратын күшейткіш әзірленді. Бастапқы ізбасар ретінде іске асырылған бірінші кезең және сәулеленушінің ізбасары ретінде жасалған екінші кезең жоғары кедергісі бар кірісті салыстырмалы түрде төмен қарсылықтағы шығысқа сәйкестендіру үшін пайдаланылады. Жалпы сәулеленушінің схемасы бойынша жүзеге асырылатын үшінші кезең кернеу сигналын күшейтуге арналған. Жалпы сәулеленуші схемаға сәйкес әзірленген төртінші кезең сыйымдылық датчик сигналының қуатын күшейту үшін қолданылады. Бұл күшейткішті өлшеу тізбегіне сәйкестендіру үшін қажет. Бастапқы ізбасарды жобалау схемасы 3.9-суретте көрсетілген.

Дереккөз ізбасарының схемасын есептеу үшін келесі параметрлер қажет:

- дереккөз ізбасарының шығысындағы кернеу  $U_{\text{ВЫХ1}} = U_{\text{ВЫХ2}} = 1,88 \text{ В}$ ;
- қуат көзінің кернеуі  $U_{\text{п}} = 12 \text{ В}$ ;
- дереккөз ізбасарының жүктеме тізбегіндегі кедергі  $R_{\text{н}} = R_{\text{ВЫХ2}} = 236 \text{ кОм}$ ;
- күшейтілген жиілік диапазоны  $F_{\text{н}} \div F_{\text{в}} = 250 \div 5000 \text{ Гц}$ ;
- жиілікті бұрмалау коэффициенті  $M_{\text{в}} = M_{\text{н}} = 1,18$ ;
- қоршаған ортаның температурасы  $t^{\circ}_{\text{окр}} = 30^{\circ}$ .



3.9 сурет – Бастапқы дереккөз ізбасардың жобалық схемасы

Біз КП301V (VT1) кремний өрістік транзисторын таңдаймыз, оның келесі сипаттамалары бар:

- максималды рұқсат етілген шығыс тогы  $I_{\text{Сmax}} = 15 \text{ мА}$ ;
- транзистордың шығыс электродынан бөлінетін максималды рұқсат етілген қуат  $P_{\text{Кmax}} = 200 \text{ мВт}$ ;
- шығыс электродтары арасындағы максималды рұқсат етілген кернеу  $U_{\text{си max}} = 20 \text{ В}$ .

Біз II тыныштық нүктесін табамыз және осы нүктеде транзистордың параметрлерін анықтаймыз:  $U_{\text{ЗИП}} = 10 \text{ В}$

$$I_{\text{СИП}} = 4 \text{ мА}$$

$$U_{\text{СИП}} = 10 \text{ В}$$

Т.к.  $I_{\text{з}} = 30 \text{ нА}$ , содан кейін оларды елемеуге болады.

Одан кейін  $I_{СП} \approx I_{ИП} = 4\text{мА}$

Ток көзінің амплитудалық мәні

$$I_{Им} = I_{ИП} \cdot 0,7 = 2,8\text{мА}$$

Таңдалған транзисторды тексерейік.

$$U_n \leq |U_{СИ\text{макс}}|$$

$$12 \leq 20$$

$$|U_{СИП}| + U_{вых1} \leq |U_{СИ\text{макс}}|$$

$$10 + 1,88 \leq 20$$

$$I_{ИП} + I_{Им} \leq I_{Смакс}$$

$$4\text{мА} + 2,8\text{мА} \leq 15\text{мА}$$

Келесі формула бойынша RИ кедергісін табыңыз:

$$R_{И} = \frac{U_{ЗИП}}{I_{ИП}} \quad (3.1)$$

мұндағы  $U_{ЗИП}$  – тыныштық ысырмасының көзіндегі кернеу, В;

$I_{ИП}$  – Ток көзінің тұрақты құрамдас бөлігі, А.

$$R_{И} = \frac{10}{4 \cdot 10^{-3}} = 2,5\text{кОм}$$

$$R_{И} = R_1 = 2,5\text{кОм}$$

### **3.2 ДНТхх температура мен ылғалдылық датчик мультикоптерлерінде пайдалану үшін Arduino тақтасына негізделген АРМ контроллеріне қосу**

Ауыл шаруашылығы біздің планетамыздағы халық санының тұрақты өсуін ескере отырып, экономиканың ең перспективалы салаларының бірі болып табылады. Сондықтан бұл саладағы кез келген жаңашылдық құпталады. Сондай жаңалықтардың бірі – ауыл шаруашылығына арналған дрондар (мультикоптерлер) [93].

Мультикоптер қолданылатын жетілдірілген салалардың бірі – электронды далалық карталарды, сондай-ақ вегетативті NDVI индекстерінің карталарын жасау. Мультикоптер технологиясы ауыл шаруашылығы жерлерінің жағдайын есепке алуға және бақылауға мүмкіндік береді: бұл суды тұтынуды оңтайландыру, тыңайтқыштар мен химикаттардың оңтайлы мөлшерін есептеу, егістіктердің электронды картасын жасау, ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін болжау, жоспарлау, дренаждық жүйелерді төсеу және т.б.

Ұшқышсыз ұшатын аппараттардың көмегімен жер бедерін, егістік көлемін, су объектілерінің (көлдер, өзендер, батпақтар) және жолдардың шекарасын анықтауға болады. Бұл технологияны пайдалана отырып, егіс жағдайын, оның тығыздығы мен біркелкілігін талдау үшін фотосуреттер алуға болады. Мультикоптерге орнатылған спектрлік датчиктердің көмегімен тек көрінетін

спектрде ғана емес, сонымен қатар әртүрлі спектрлік диапазондарда ақпарат алуға болады. Барлық деректерді егжей-тегжейлі зерттеу және талдау мүмкіндігімен нақты координаттармен ұсынуға болады.

Ауыл шаруашылығында қолданылатын мультикоптерді екі түрге бөлуге болады:

1. Тікұшақ типтес ұшақтар (мультикоптер);
2. Әуе кемесі типті ұшақ (ұшатын қанат).

Бұл 2 класс өлшемдерімен, функционалдығымен, ұшу қашықтығымен және басқа сипаттамаларымен ерекшеленеді.

Қазіргі уақытта DHT11 және DHT22 температура мен ылғалдылық датчигін қолданатын Arduino аппараттық есептеу платформасына негізделген үйдегі метеостанциялар кеңінен қолданылады [94,95]. Датчиктердің шағын өлшемдері, енгізу-шығару порттарының жеткілікті саны (деректерді беру, перифериялық құрылғыларды басқару) Arduino негізіндегі көптеген құрылғыларды жинауға мүмкіндік берді және олардың бірі – үй жайындағы ауа райы станциясы.

Жоғарыда айтылғандай, технология нәрселерді келесі деңгейге көтеруге көмектеседі. Оңай бағдарламаланатын және салыстырмалы түрде шағын, өлшемі де, салмағы бар датчикті үйде (ақылды үйде) ғана емес, сонымен қатар ҰҰА-на біріктіруге болады.



3.10 сурет - Үй жайындағы ауа райы станциясы

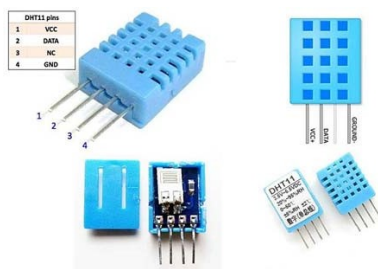
Ауыл шаруашылығын дамытуға қажетті топырақ жамылғысының астыңғы бетінің ылғалдылығы мен температурасы туралы мәліметтер алу. Дәнді дақылдардың күйін бақылау - еңбекті қажет ететін процесс. Бұл көп уақытты қажет етеді, ал ақпараттың болмауы шығындарға әкеледі. Қолына өлшеуіш аспап алып, егіс алқабын аралап жүрген шаруаға ұлан-ғайыр аумаққа шашырап жатқан орасан зор ауыл шаруашылығы алқаптарының толық бейнесін көру өте қиын. Мультикоптерді пайдалану егістіктердің жай-күйі туралы қажетті ақпаратты жинауды айтарлықтай жеңілдетеді. Ғарыш кемелерінен айырмашылығы, мультикоптер неғұрлым мобильді, егжей-тегжейлі мәліметтері бар (1 см-ге дейінгі рұқсатпен кескіндерді алу мүмкіндігі болған жағдайда). Мультикоптердің ұшу биіктігі әдетте жерден 50-ден 500 метрге дейін



болатындығына байланысты бұрын жердегі ауа райы үшін агрономдар (фермерлер) пайдаланған әртүрлі датчиктерді (температура, ылғалдылық және т.б.) пайдалануға болады.

Мұндай датчиктарға DHTxx отбасының температура мен ылғалдылық датчиктарын жатқызуға болады, олар ауыл шаруашылығы жерлерін бақылау тұрғысынан қажет.

DHT11 және DHT22 температура мен ылғалдылық датчигін ауыл шаруашылығына пайдалы екі өлшеу құралын - термометрді және гигрометрді қамтиды (3.11-сурет):



3.11 сурет - Пластикалық корпустағы DHT11 датчигі

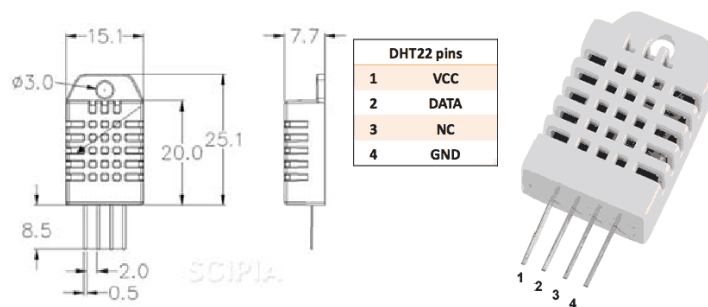
Бірақ шағын тақтада дәнекерленген датчигі бар (3.12-сурет).



3.12 сурет - DHT11 датчигі шағын тақтаға дәнекерленген көрінісі

DHT11 және DHT22 техникалық сипаттамалары:

DHT11: Қорытындылар саны: 4; тұтынылатын ток – 2,5 мА (деректерді түрлендірудің максималды мәні); ылғалдылықты 20% - дан 95% - ға дейін өлшейді. Қателік 5% дейін болуы мүмкін; температураны 0 – ден 50 градусқа дейін өлшеу кезінде қолданылады (дәлдік-2%). Габариттік өлшемдері: 15,5 мм ұзындығы; 12 мм ендік; 5,5 мм биіктігі; қорек – 3,3-5 Вольт; секундына бір өлшеу. Яғни, жиілігі 1 Гц.

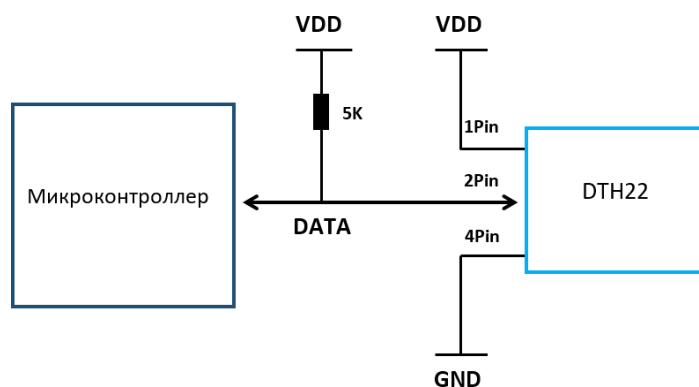


3.13 сурет - DHT22

DHT22 (3.13 – сурет): қорытындылар саны: 4; тұтынылатын ток-2,5 мА (деректерді түрлендірудегі максималды мән); ылғалдылықты 0% - дан 100% - ға дейін өлшейді. Ылғалдылықты өлшеу дәлдігі:  $\pm 2\%$  RH; -40-тан 80 градусқа дейінгі аралықта температураны өлшеу кезінде қолданылады (дәлдік  $\pm 0.5$ ); жалпы өлшемдері: 15,1 мм ұзындығы; 25 мм ендік; 7,7 мм биіктігі; қуат – 3,3 - 6 Вольт; 2 секундта бір өлшеу. Яғни, жиілігі 0,5 Гц.

DHT22 дәлірек және өлшенетін мәндердің үлкен ауқымына ие. Екі датчиктің да бір сандық шығысы бар. Оларға сұраныстарды 1-2 секундтан көп емес жіберуге болады.

DTxx датчиктардың ішінде аналогтық-цифрлық түрлендірулерді жүзеге асыратын, сонымен қатар сандық сигналды температура мен ылғалдылық туралы мәліметтерге бөлетін чип бар. Бұл деректерді микроконтроллер оңай оқиды-электронды құрылғыларды басқаруға арналған чип, біздің жағдайда Arduino UNO, ATmega328 негізіндегі микроконтроллер болып табылады (3.14-сурет):

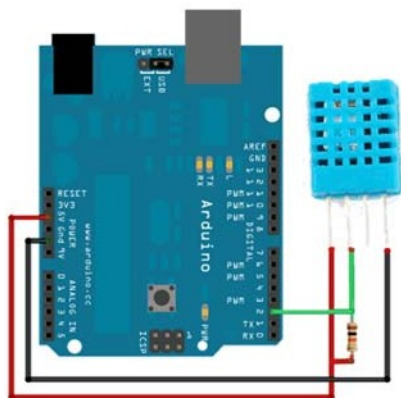


3.14 сурет - Принципиалды сұлба

DHT22 датчигін Arduino-ға қосу:

Қажетті мәліметтер: Arduino UNO R3 x 1 дана; DuPont сымы; USB 2.0 A-B X 1 дана кабелі; DHT22 x 1 дана температура мен ылғалдылық датчигі; 10 дана X 1 дана Резистор; MB-102 орналасу тақтасы (Breadboard) x 1 дана.

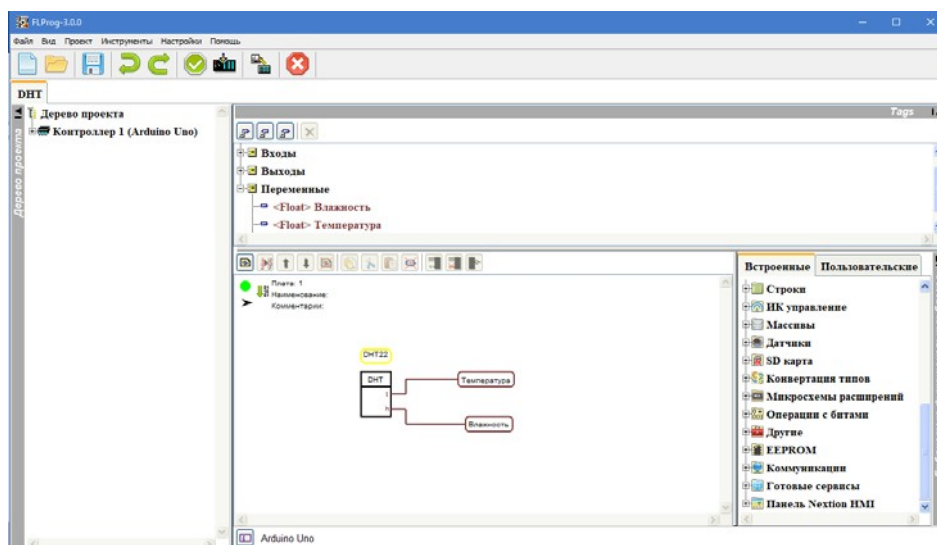
Бағдарлама: FLProg (визуалды бағдарламалау); IDE Arduino; DHT кітапханасы (Github).



3.15 сурет - DHT22 датчигін Arduino-ға қосу

Arduino UNO тақтасына негізделген ATmega328 микроконтроллеріне қосылған кезде (3.15-сурет), VDD және деректер түйреуіштері арасында 10 кОм тартылатын резисторды орналастыру керек. Arduino тақтасында кіріктірілген тартпалар бар, бірақ олар өте әлсіз - шамамен 100 кОм.

3.16-суретте DHT22 датчиктарын Arduino U<sub>no</sub> тақтасына қосуға арналған электр схемасы көрсетілген.



3.16 сурет - Arduino U<sub>no</sub> тақтасына DHT22 датчигін қосу схемасы және визуалды бағдарламалау

Датчикті қосу үшін DHT датчиктары үшін арнайы жасалған DHT.h кітапханасын пайдалану қажет. Оны АТ жобаларын орналастыруға және оларды GitHub бірлесіп әзірлеуге арналған ең үлкен веб-сервистен жүктеп алуға болады.

Кітапхананы қосу: `#include "DHT.h"`

DHT11 датчиктарын пайдаланған кезде DHT22 датчиктарының сызығына түсініктеме беріңіз: `DHT dht(DHTPIN, DHT22);`

және DHT11 жолын түсіндірмеңіз: `//DHT dht(DHTPIN, DHT11);` Одан кейін орнату блогы (беру жылдамдығы, деректерді шығару/беру): `Serial.begin(9600);`

`Serial.println("DHT22 сынағы"); dht.begin();`

Мәліметтерді тасымалдау жылдамдығын анықтаңыз: `Serial.begin(9600);` Төменде негізгі циклдің сипаттамасы берілген:

```
delay(2000);

float h = dht.readHumidity(); float
t = dht.readTemperature(); if
(isnan(h) || isnan(t))
{
Serial.println("Ошибка чтения DHT22"); return;
}

Serial.print("Влажность: ");
Serial.print(h);

Serial.print(" %\t");
```

Датчиктан алынған мәндер нақты түрдегі сәйкес айнымалыларға орналастырылған жерде:

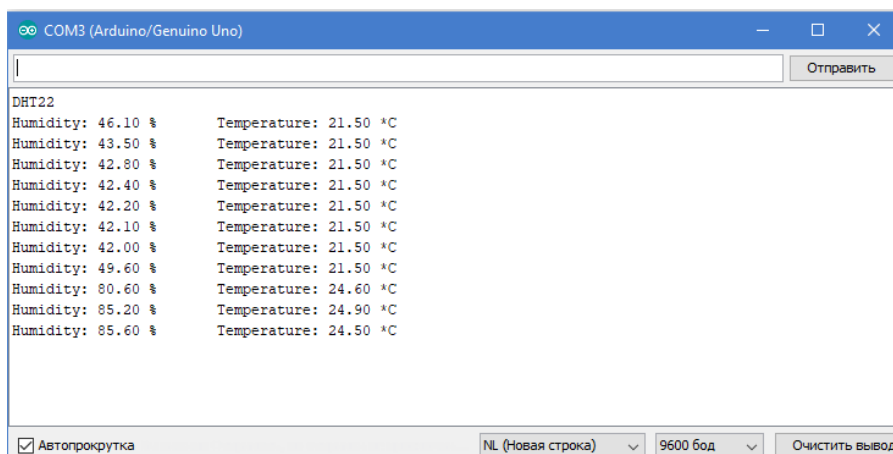
```
float h = dht.readHumidity();
```

Бұлғалдылық пен температураның қажетті мәндерін көрсету үшін код қолданылады:

```
Serial.print("Влажность: ");Serial.print(h);  
  
Serial.print(" %\t");  
Serial.print("Температура: ");  
Serial.print(t);  
  
Serial.println(" *C ");
```

DHT22 датчигімен жұмыс істеуге арналған бағдарламаның мысалы:

```
#include "DHT.h" #define DHTPIN 2  
//#define DHTTYPE DHT11 #define DHTTYPE DHT22 DHT dht(DHTPIN,  
DHTTYPE);  
void setup()  
{  
Serial.begin(9600); Serial.println("DHT22 тестовый"); dht.begin();  
}  
void loop()  
{  
delay(2000);  
float h = dht.readHumidity(); float t = dht.readTemperature(); if (isnan(h) || isnan(t))  
{  
Serial.println("Ошибка чтения DHT22"); return;  
}  
Serial.print("Влажность: "); Serial.print(h);  
Serial.print(" %\t"); Serial.print("Температура: "); Serial.print(t);  
Serial.println(" *C ");  
}
```



The screenshot shows a serial monitor window titled "COM3 (Arduino/Genuino Uno)". The output text is as follows:

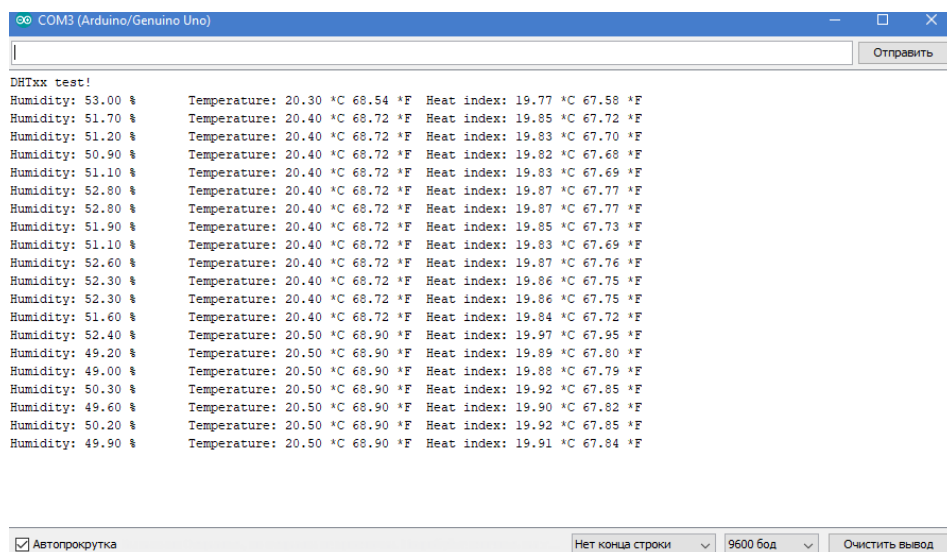
```
DHT22  
Humidity: 46.10 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 43.50 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 42.80 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 42.40 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 42.20 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 42.10 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 42.00 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 49.60 %      Temperature: 21.50 *C  
Humidity: 80.60 %      Temperature: 24.60 *C  
Humidity: 85.20 %      Temperature: 24.90 *C  
Humidity: 85.60 %      Temperature: 24.50 *C
```

At the bottom of the window, there are controls: a checked "Автопрокрутка" checkbox, a dropdown menu set to "NL (Новая строка)", a dropdown menu set to "9600 бод", and a "Очистить вывод" button.

### 3.17 сурет - Деректерді СОМ порт мониторына шығару

Жылу индексін (жылу индексін) шығаруға арналған мысал бағдарламасы:

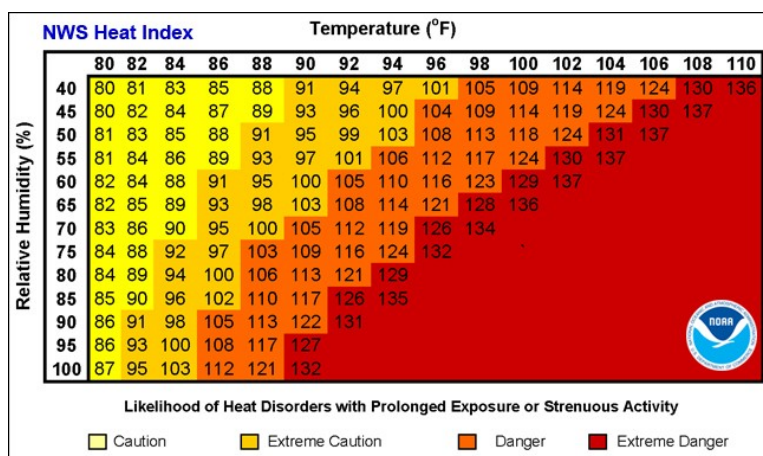
```
#include "DHT.h" #define DHTPIN 2
// #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302), AM2321
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21 (AM2301)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup()
{
  Serial.begin(9600); Serial.println("DHTxx test!"); dht.begin();
}
void loop()
{
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity(); float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true); if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!"); return;
  }
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
  Serial.print("Humidity: "); Serial.print(h); Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperature: "); Serial.print(t);
  Serial.print(" *C "); Serial.print(f); Serial.print(" *F\t");
  Serial.print("Heat index: "); Serial.print(hic); Serial.print(" *C ");
  Serial.print(hif); Serial.println(" *F");
}
```



```
COM3 (Arduino/Genuino Uno)
DHTxx test!
Humidity: 53.00 %    Temperature: 20.30 *C 68.54 *F    Heat index: 19.77 *C 67.58 *F
Humidity: 51.70 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.85 *C 67.72 *F
Humidity: 51.20 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.83 *C 67.70 *F
Humidity: 50.90 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.82 *C 67.68 *F
Humidity: 51.10 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.83 *C 67.69 *F
Humidity: 52.80 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.87 *C 67.77 *F
Humidity: 52.80 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.87 *C 67.77 *F
Humidity: 51.90 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.85 *C 67.73 *F
Humidity: 51.10 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.83 *C 67.69 *F
Humidity: 52.60 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.87 *C 67.76 *F
Humidity: 52.30 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.86 *C 67.75 *F
Humidity: 52.30 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.86 *C 67.75 *F
Humidity: 51.60 %    Temperature: 20.40 *C 68.72 *F    Heat index: 19.84 *C 67.72 *F
Humidity: 52.40 %    Temperature: 20.50 *C 68.90 *F    Heat index: 19.97 *C 67.95 *F
Humidity: 49.20 %    Temperature: 20.50 *C 68.90 *F    Heat index: 19.89 *C 67.80 *F
Humidity: 49.00 %    Temperature: 20.50 *C 68.90 *F    Heat index: 19.88 *C 67.79 *F
Humidity: 50.30 %    Temperature: 20.50 *C 68.90 *F    Heat index: 19.92 *C 67.85 *F
Humidity: 49.60 %    Temperature: 20.50 *C 68.90 *F    Heat index: 19.90 *C 67.82 *F
Humidity: 50.20 %    Temperature: 20.50 *C 68.90 *F    Heat index: 19.92 *C 67.85 *F
Humidity: 49.90 %    Temperature: 20.50 *C 68.90 *F    Heat index: 19.91 *C 67.84 *F
```

### 3.18 сурет - Деректерді COM порт мониторына шығару

Жылу индексі ауаның нақты температурасымен салыстырмалы ылғалдылықты ескере отырып, оның қаншалықты сезінетінін көрсетеді.



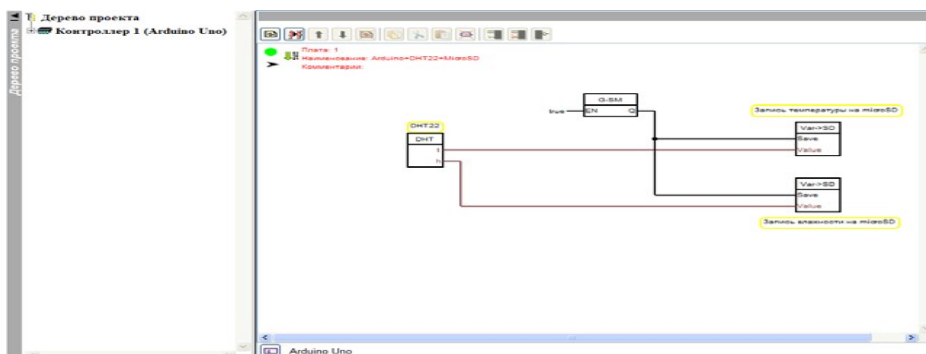
3.19 сурет - Жылу индексі (жылу)

Жоғарыда келтірілген суреттегі кестеде ұлттық ауа райы қызметінің (АҚШ) серверінен алынған. Ашық ауада, салыстырмалы ылғалдылық артқан сайын, бірінші тұман және ақырында қалың бұлт пайда болады, бұл жер бетіне түсетін тікелей күн сәулесінің мөлшерін азайтады. Осылайша, максималды потенциалдық температура мен максималды потенциалдық салыстырмалы ылғалдылық арасында кері байланыс бар.

1. SD картасындағы файлға температура мен ылғалдылық деректерін жазу

Қажетті бөлшектер: Arduino UNO R3 x 1 дана; DuPont сымдары; USB 2.0 A-B кабелі x 1; Температура мен ылғалдылық датчиктары DHT22 x 1 дана; Резистор 10 кОм x 1 дана; SD картасының модулі; Breadboard MB-102 (Breadboard) x 1 дана.

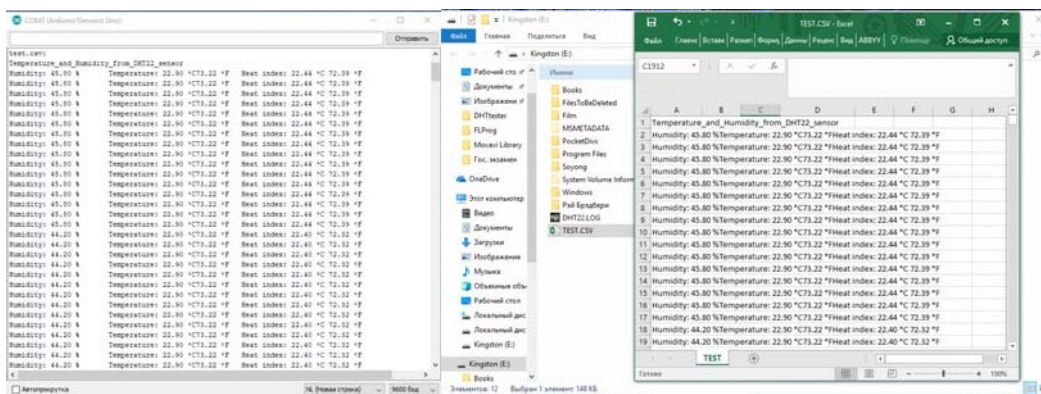
Бағдарламалық қамтамасыз ету: FLProg (визуалды бағдарламалау); Arduino IDE; Кітапхана DHT (Github).



3.20 сурет - Arduino Uno тақтасына DHT22 датчигін қосу схемасы және визуалды бағдарламалау және microSD дискісінде деректерді жазу



(температура мен ылғалдылық)

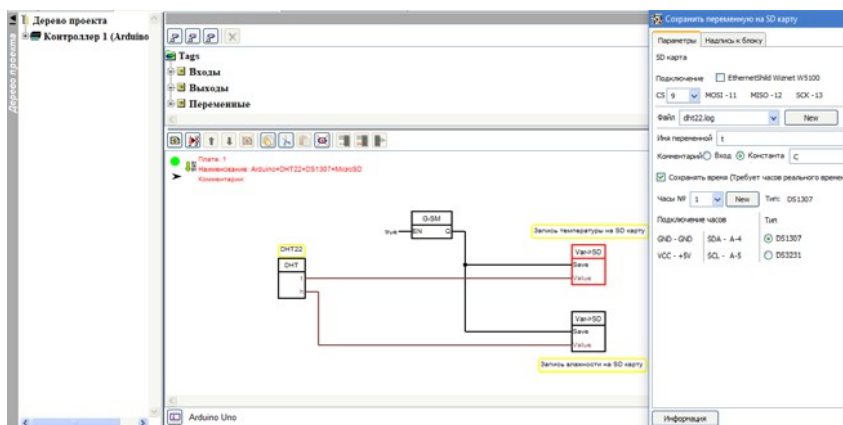


3.21 сурет - Деректерді шығарып, оларды micro SD-ге жазылуы

1. DS1307 нақты уақыт модулінің көмегімен температура мен ылғалдылық деректерін SD картасына жазыңыз

Қажетті бөлшектер: Arduino UNO R3 x 1 дана; DuPont сымдары; USB 2.0 A-B кабелі x 1; Температура мен ылғалдылық датчтгі DHT22 x 1 дана; Резистор 10 кОм x 1 дана; SD картасының модулі; Нақты уақыт сағатының модулі DS1307 x 1; Breadboard MB-102 (Breadboard) x 1 дана.

Бағдарламалық қамтамасыз ету: FLProg (визуалды бағдарламалау); Arduino IDE; DHT кітапханасы (Github).



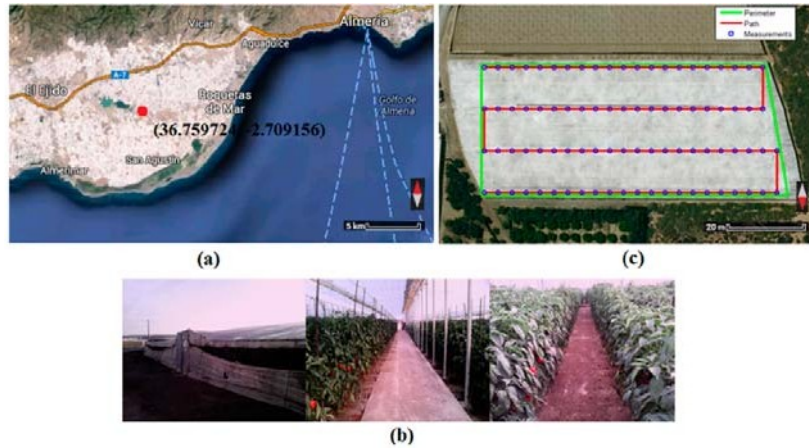
Сурет 3.22 - DHT22 датчигін Arduino U<sub>no</sub> тақтасына жалғау және визуалды бағдарламалау және DS1307 нақты уақыттағы сағат модулі қосылған micro SD-де деректерді жазу (температура мен ылғалдылық)

ҰҰА қоршаған ортаны бақылаумен байланысты әртүрлі салаларда, мысалы, метеорологиялық ақпаратты алуда қолданылады; атмосферадағы парниктік



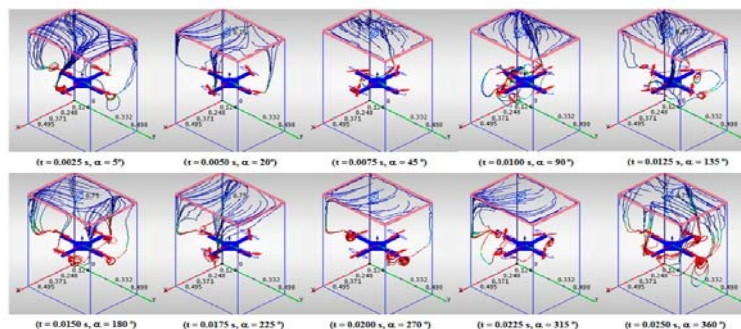
газдарды өлшеу, оның ішінде ең алдымен көмірқышқыл газы, метан және су буы; адам әрекетінен пайда болатын ластаушы газдардың бұлттарын бақылау болып табылады.

Температура мен ылғалдылық датчиктары орнатылған мультироторларды ауылшаруашылық бақылау жүйесіне біріктіруге болады. Мұндай жұмысты француз және испан ғалымдары жылыжай шаруашылығына қатысты жүргізіп үлгерді.

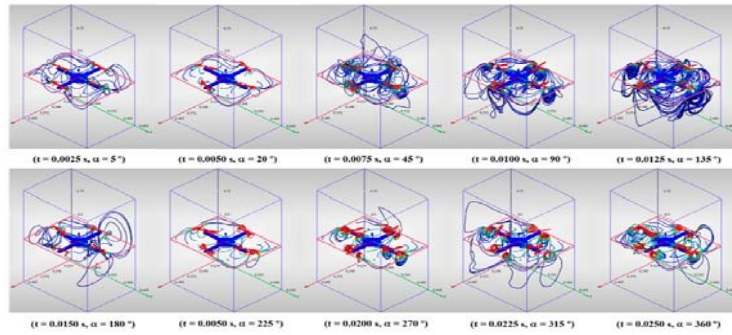


3.23 сурет - а) Альмериядағы «Пластик теңізі» (Андалузия, Испания) в) жылыжайдың ішінде және сыртында; с) Жылыжайдың жоғарғы көрінісі

Мультиротордағы датчиктардың орналасуы ең қиын шешімдердің бірі болуы мүмкін. Роторлар шығаратын ауа ағындары датчиктардан алынған өлшемдерді қатты бұрмалауы мүмкін. Жұмыста өлшеу жабдығын орнатудың оңтайлы орнын анықтау мақсатында мультикоптердің аэродинамикасын модельдеу жүргізілді.

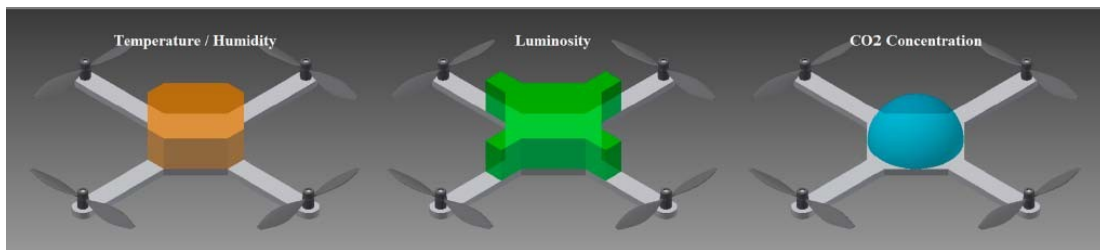


3.24 сурет - Мультикоптер үстіндегі ауа ағыны



3.25 сурет - Мультикоптердің астындағы ауа ағыны

Жылыжайда мультикоптерді модельдеу және сынау нәтижесінде датчиктардың оңтайлы орналасуы, мультикоптердің жоғарғы орталық бөлігі анықталды.



3.26 сурет - Датчиктердің оңтайлы орналасуы

### 3.3 Ұшқышсыз ұшақ қозғалтқышының диагностикалық блогы

Орта және ерекше ауыр кластағы қазіргі заманғы ұшқышсыз ұшатын аппараттар дизельді қозғалтқыштарды пайдаланады. Ұшу және стационарлық жағдайларда, ұшу алдында, ұшу кезінде және ұшудан кейін ең маңызды қозғалтқыш жүйелерінің жұмысын техникалық диагностикалау міндетті процедура болып табылады. Дизельдік қозғалтқыштың ең маңызды және күрделі бірлігі - отын жабдығы. Дизельдік қозғалтқыштардың отын жабдығын диагностикалауға арналған құрылғылар қозғалтқышты отынмен қамтамасыз ету жүйесін бақылауға және жоғары қысымды отын сорғысының, жылдамдық реттегішінің, инжекторлардың, жанармай бүркуінің алдын ала ілінісуінің және отынмен жабдықтау жүйесінің басқару жетегінің типтік ақауларын анықтауға арналған. Диагноз отынмен жабдықтау жүйесінің күйінің ең маңызды параметрлерін өлшеу арқылы жүзеге асырылады:

- циклдік отынмен қамтамасыз етудің метрі;
- отын берудің алдын ала бұрышы;

- жанармай айдау ұзақтығы;
- отын бүркуінің максималды қысымы;
- иінді біліктің айналуының минималды (бос жүріс) және максималды жиілігіндегі айналымдар саны.

Құрылғы өлшеу параметрінің соңғы санына тең өлшеу дәлдігін қамтамасыз ететін сандық құрылғыларға негізделген. Осылайша, өлшеу дәлдігі келесідегідей болады:

- отын берудің алдын ала бұрышы  $\pm 0,1^\circ$ ;
- отынды бүрку ұзақтығы  $\pm 1$  мс;
- отын бүрку қысымы  $\pm 1$  МПа;
- иінді біліктің минималды (бос) және максималды айналу жиілігіндегі айналымдар саны  $\pm 1$  айналым.

Құрылғының артқы панелінде қуат көзін қосуға арналған қосқыш, батареяға қосу үшін қосқыштар, осциллографты және сақтандырғышты қосуға арналған қосқыш бар.

Құрылғының барлық электрондық компоненттерін екі баспа платасына орналастыру ұсынылады: фторопластиктен жасалған тақтаға құрылғының электр тізбегінің келесі компоненттерін орналастырыңыз: күшейткіш блок, амплитудалық детектор, кілттік саты, кернеу тұрақтандырғышы, микроконтроллер және декодер; дисплей бөлігін шыны талшықты тақтаға қойылады. Тақталар бір-біріне 9983 монтаждық сым арқылы қосылады.

Қысым датчиктері, сәулелендіру құралы және фотодетектор аспапқа ұштарында қосылатын қосқыштары бар экрандалған РК-75-4-11 кабель арқылы қосылған.

Құрылғы 8 қысым датчиктарымен, бір TDC датчиктарымен және оларды қосуға арналған кабельмен жабдықталған.

Құрылғыны қосып, автомобиль қозғалтқышын іске қосқаннан кейін диагностикалық параметрлер оператордың қосымша араласуынсыз автоматты түрде есептеледі.

Құрылғы портативті нұсқада жасалған және дизельдік қозғалтқыштардың отын жабдықтарын далада диагностикалау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Құрылғы 220 вольтты желіден қуат алады, ал далалық пайдалану жағдайында - автомобиль батареясынан қуат алады.

Құрылғының екі датчигі бар: фотоэлектрлік синхрондау датчигі және ТА разрядтық желісіндегі қысым датчигі.

Құрылымдық жағынан, жоғарғы нүктесінде орталық датчигі қозғалтқыш цилиндрлерінің санына сәйкес ұялары бар дискіден және фотодетекторы бар жарықтандырғыштан тұрады. Дискідегі ойықтар арасындағы бұрыш қозғалтқыштың жұмыс тәртібіне сәйкес әртүрлі цилиндрлердің жоғарғы нүктелері арасындағы қозғалтқыштың иінді білігінің айналу бұрышына тең. Сегіз цилиндрлі қозғалтқыш үшін дискідегі ұялар арасындағы бұрыш  $90^\circ$  болуы керек. Осылайша, дискіде 4 слот бар, сондықтан иінді біліктің 2 айналымы үшін жоғарғы нүктелі датчиктан сигналдар барлық сегіз цилиндрден келеді.

Саңылаулы диск иінді білік шкивінің болтына қысқышпен бекітіледі және датчик орнатылған кезде белгілі бір қалыпта бекітіледі.

Датчиктің өлшемдерін азайту және оның сенімділігін арттыру үшін жарықтандырғыш ретінде AL 107В типті жарықдиодты шам қолданылады. Жарық диодты AL 107В спектрдің инфрақызыл бөлігінде сәуле шығарады. Сәулелену схемасы бағытталған, сәулелену қуаты 10 мВт жетеді, қоректендіру кернеуі 5 В, жарық диоды арқылы ток 10 мА дейін рұқсат етіледі. Жарық диодты ұзындығы  $7,2 \pm 0,2$  мм, диаметрі 2,8 мм, салмағы 0,2 грамм. Фотодетектор ретінде спектрдің инфрақызыл бөлігіне сезімтал ФД-3 фотодиод қолданылады. Фотодиод арқылы өтетін рұқсат етілген ток  $I_d=110$  мкА, фотодиодтың ішкі кедергісі  $R_d=30$  кОм. Фотодиодтың диаметрі 3,87 мм, ұзындығы 12,5 мм, салмағы 1 грамм, уақыт тұрақтысы 10-5 с, қоректендіру кернеуі - 20 В дейін. Датчик екі бөлек блок түрінде жасалған, бұл датчикті қозғалтқышқа орнатуды жеңілдетеді және оның жұмысының сенімділігін арттырады.

Қысым датчигі диаметрі 6 мм болатын кварц пластиналарында пьезоэлектрлік түрлендіргіш болып табылады. Схема қысым датчигін пайдаланады. Қысым датчиктарының өлшеу шегі - 15 ... 25 МПа. Қысым датчигі арнайы адаптердің көмегімен саптама шүмегінің және жоғары қысымды құбырдың арасына орнатылады. Датчик корпусының пішіні мен өлшемдері жоғары қысымды құбырдың көлемін ең аз арттыруды қамтамасыз етеді. Әрбір қозғалтқыш цилиндрі үшін қысым датчиктары орнатылған. Диагностика үшін қозғалтқыштың кез келген цилиндрін таңдау модульдік ысырма қосқышы арқылы жүзеге асырылады.

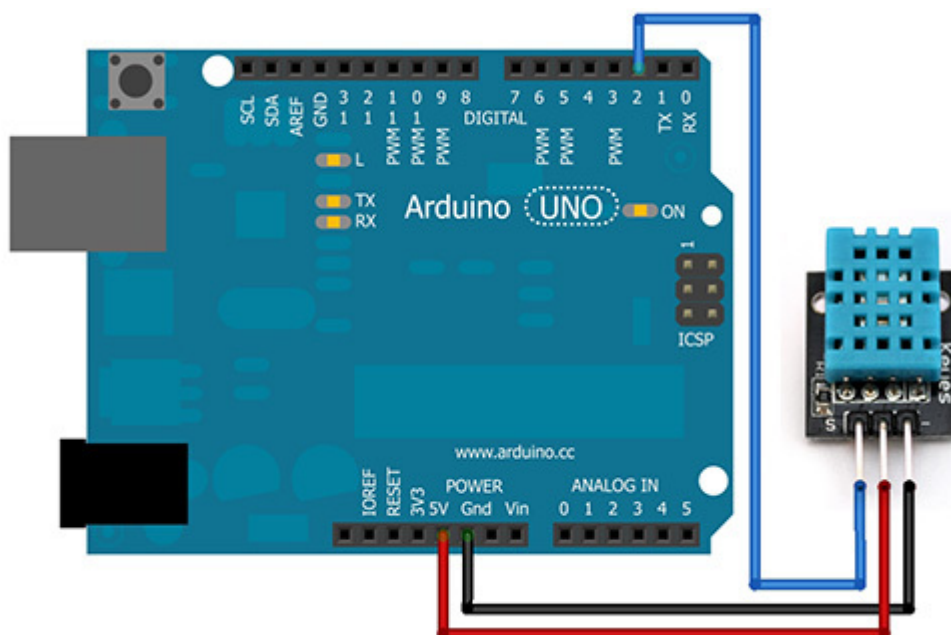
Күшейткіш қысым датчигі мен жоғарғы нүктелі датчикті өлшеу тізбегімен сәйкестендіруге және олардан келетін сигналдарды күшейтуге арналған.

Амплитудалық детектор тізбек бастапқы күйіне оралғанша берілген уақыт аралығында кіріс сигналында байқалатын ең жоғары кернеуді ерекшелеуге арналған. Бөлінген максималды кернеу отын бүркудің максималды қысымына тура пропорционал.

Кілттер каскады қысым сигналының ұзақтығына тең стробирленген сигналын жасау үшін қажет.

Arduino  $U_{no}$  сигналдарды түрлендіру, қажетті параметрлерді есептеу және оларды дисплей панелінде көрсету үшін қолданылады. Суретте Arduino  $U_{no}$  негізіндегі контроллерге сыртқы құрылғылардың қосылуы көрсетілген. Платформада 14 сандық енгізу/шығару (оның 6-ы ЕИМ шығысы ретінде пайдалануға болады), 6 аналогтық кіріс, 16 МГц кристалды осциллятор, USB қосқышы, қуат қосқышы, ICSP қосқышы және қалпына келтіру түймесі бар [94, 95].

Диагностикалық блоктың сигнал шығыстары Arduino тақтасының 2-ші цифрлық кірісіне қосылған (3.27-сурет)



3.27 сурет - Диагностикалық шығыстарды Arduino UNO жүйесіне қосу

Arduino мамандандырылған I2C интерфейсі (стандартты екі сымды сериялық шина) арқылы қосылады. I2C контроллері мен коммуникаторын бір немесе бірнеше Arduino тақталарына қосуға болады. Дегенмен, I2C коммуникатор түрлендіргішін пайдалану қажет емес, егер. Деректер «жоғары» логикалық сигнал үшін 0V желісінде беріледі. «Төмен» логикалық сигнал үшін ол қоректендіру кернеуінің деңгейінің жанында тоқтайды.

Тереңдетілген диагностика жағдайында осциллографты қолдануға болады, ол үшін арнайы розетка қарастырылған. Схемада 1 МГц жиілікте жұмыс істейтін ішкі импульстік генератор қолданылады.

Өйткені кейбір элементтер әртүрлі қуат көзін қажет етеді, XM-1000D әмбебап қуат көзін пайдалану ұсынылады. XM-1000D 12 В қуат көзі фотодетекторы, күшейткіші, кернеу тұрақтандырғышы және индикаторлары бар сәулелендіру құралын басқаруға арналған. Пайдаланылатын қуат көзінің сипаттамалары төменде келтірілген:

- кіріс қуаты айнымалы ток 220 В 50/60 Гц
- қуаты 12 Вт
- шығыс қуаты тұрақты ток 1,5-3-5-6-7,5-9-12 В
- ток 1000 мА

Жанармай жабдығын диагностикалауға арналған құрылғысын жоғарғы нүктедегі датчик және қысым датчиктерін қозғалтқыш цилиндрлеріне қосқаннан кейін қосылуы керек.

Коммутатордың көмегімен бір диагностикаланған қозғалтқыш цилиндрі таңдалады, оның параметрлері диагностиканың соңында дисплей тақтасында көрсетіледі.

Қысым датчиктарынан және диагностикаланған цилиндрдің жоғарғы нүктелі орталық датчигінен сигналдар күшейткіштің кірісіне беріледі, онда олар кернеуде күшейтіледі.

Күшейткіштен кейін қысым датчигінен аналогтық сигнал амплитудалық детекторға беріледі, ол кернеудің максималды амплитудасын таңдайды және сигналды контроллерге жібереді. Контроллер максималды кернеуге тікелей пропорционалды отын бұрку қысымын анықтайды.

Жанармай беру ұзақтығын өлшейтін қондырғының жұмысы келесідей жүзеге асырылады: контроллерге отын бұркуінің стробирленген сигналы келгенде, «ЖӘНЕ» элементі G генераторынан импульстарды береді және  $C_{ч3}$  санауышына импульстарды  $N_{длит}$  кезінде санауға мүмкіндік береді.

Дәл осындай стробирленген сигналы  $T_{p2}$  триггерін бір күйге қояды, ал жоғарғы нүктелі датчик сигналы триггерді 0-ге қалпына келтіреді және келесі жанармай бұркуге дейін нөлдік күйде қалады.  $T_{p2}$  триггерінен бір сигналдың келуі кезінде «ЖӘНЕ» элементі G генераторынан жанармай бұрку сәтінен поршень ВМТ жеткенге дейін импульстарды береді. Осылайша отын берудің алдын ала бұрышы анықталады.

$720^\circ$  үшін импульстарды санау үшін стробирленген сигналы (қысым датчиктарынан) «ЕМЕС» және «ЖӘНЕ» логикалық элементтеріне беріледі.  $C_{ч1}$  есептегіші логикалық элементтерді пайдалана отырып, G негізгі осцилляторынан келетін иінді біліктің 2 айналымы үшін  $N_{720}$  импульстерінің санын қорытындылайды.

Контроллер сигналдарды қабылдаған сәттен бастап параметрлер бағдарламалы түрде есептеледі. Қозғалтқыштың 50 циклі аяқталған кезде әрбір параметр үшін орташа мән мен стандартты ауытқу есептеледі.

Контроллердің шығысынан есептелген параметрлерді көрсету үшін сигналдар дисплей тақтасына жіберіледі.

Параметрлерді өлшеу қозғалтқыш цилиндрлерінің кез келген саны үшін орындалуы мүмкін.

Циклдік беру контроллердегі белгілі бір сандық интеграция алгоритмімен өлшенеді.

Жанармай жабдығын терең диагностикалау қажет болса, қысым датчигінен күшейтілген аналогтық сигнал және ВМТ датчигінің сигналы осциллографқа беріледі, бұл отын бұрку толқынының пішінін көруге мүмкіндік береді.

Микроконтроллер бір төрт таңбалы индикатордан екінші индикаторға дәйекті түрде ауысатын индикаторларға деректерді шығарады. Әрбір сан өте қысқа уақыт аралығында көрсетіледі. Бұл әдетте таймерді ұзу қызметі тәртібімен орындалады. Кескіннің жыпылықтауын болдырмау үшін ішкі бағдарлама индикаторды секундына кемінде 50 рет қосатын жылдамдықта орындалуы керек.

Микроконтроллерді пайдаланатын схемада микроконтроллердің шығыстарының санын көбейту және цифрлық көрсеткіштерді басқару үшін

КР1564ИД7 (поз. 1к) дешифратор-демультиплексор қолданылады, оның 3 кірісі және 8 шығыстары бар.

Микроконтроллерден ақпаратты көрсету үшін FYQ-5641АН типті төрт таңбалы жеті сегментті индикаторлар (поз.1з) қажет. Төрт таңбалы индикатордың қоректену кернеуі 2,6 В.

Индикатордағы әрбір жарық диодының өзінің әріп идентификаторы (А, В, С, D, Е, F, G, H) бар және жарық диодты аяқтарының бірі сәйкес сыртқы істікке қосылған. Барлық жарықдиодты шамдардың екінші аяқтары бір-біріне қосылып, жалпы шығысқа қосылады. Бұл жалпы қорытынды көрсеткіштің түрін анықтайды: жалпы катод немесе жалпы анод болады.

### **Үшінші бөлім бойынша қорытынды:**

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының функционалдық және ақпараттық қауіпсіздігін арттыру үшін жартылай өткізгіш көздер арқылы көрінетін жарық пен инфрақызыл ультра жоғары қуатты сәулеленудің ақпараттық арналарын біріктіретін VLC технологияларын пайдалану ұсынылады.

VLC жүйесінің жарықдиодты ағынын басқару үшін арнайы құрылғыны - драйверді пайдалану ұсынылады. Қажетті талаптарға жауап беретін драйверлердің қолданыстағы өнеркәсіптік үлгілерінің сараптамалық талдауы микросхемалардың ең қолайлы нұсқалары ИМС HV9910 немесе MLX10803 болуы мүмкін екенін көрсетті.

Фотодетектор ретінде Siemens компаниясы шығарған SFH203FA инфрақызыл фотодиод ең жоғары қорғанысқа ие, ал эмитент ретінде Kingbright шығарған L53F3C жарық диодты ұсынылады. Фотодетектор сигналын күшейту үшін K140UD11 чипін пайдалану керек. Фотодиод генератор режимінде күшейткішке қосылған.

Жақын арада дизельді қозғалтқыштарды орташа және ауыр класты ұшқышсыз ұшатын аппараттарда қолдану жоспарлануына байланысты, ал VLC жүйесінде қозғалтқыштың техникалық жағдайының бортық автоматтандырылған диагностикасын қамтамасыз ету қажет. Бортық диагностикалық жүйенің мүмкіндіктерін кеңейту үшін басқару алгоритмін автоматтандыру қажет. Диагностикалық ақпаратты өңдеу және жергілікті «шешім қабылдау» алгоритмін енгізу үшін Raspberry Pi жүйесін Arduino-мен бірге пайдалану ұсынылады. Arduino микроконтроллер, ал Raspberry Pi процессоры ретінде пайдаланылады. Қажетті технологиялық параметрлерді өлшейтін Arduino-ға датчиктары қосылған.



## **4 ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫНА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҰЙЫМДАСТЫРУ ҮЛГІСІ**

### **4.1 Ұшқышсыз көліктерге техникалық қызмет көрсетудің эксплуатациялық көрсеткіштерін эксперименттік бағалау**

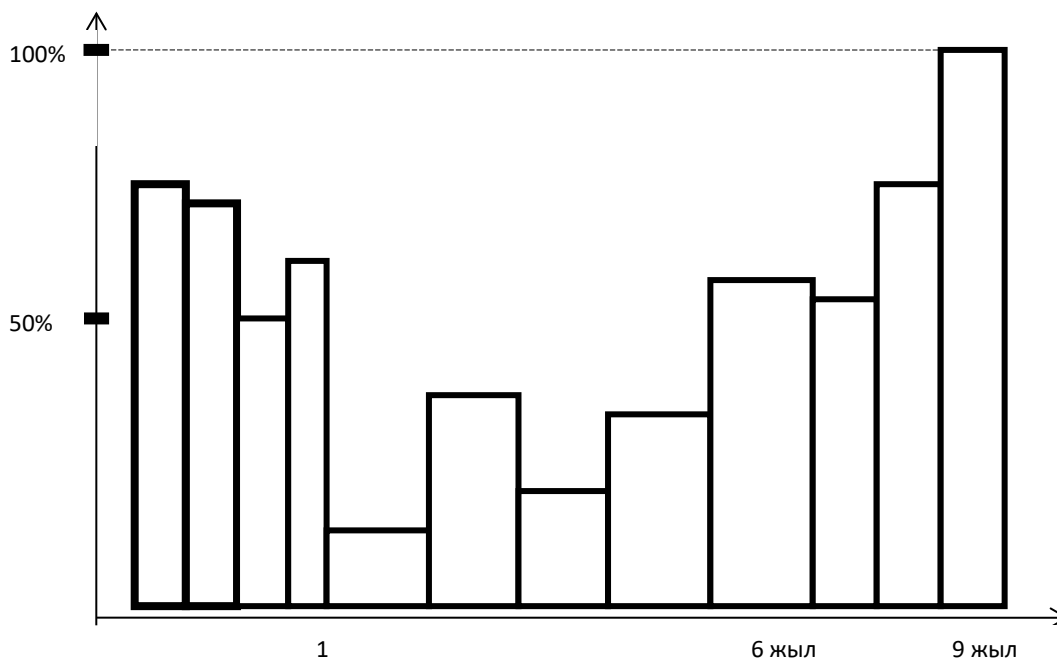
Эксперименттік зерттеулердің мақсаты нақты жұмыс жағдайында ұшқышсыз ұшатын аппаратқа техникалық қызмет көрсету жүйесін зерттеу болды. Пайдалы жұмыстарды орындау міндеттерін қоспағанда, ұшқышсыз ұшу аппаратын техникалық пайдалану жүйесінің негізгі мақсаты объектілердің пайдалану сенімділігін қамтамасыз ету болып табылады. Ұшқышсыз ұшатын аппаратты пайдалану жүйесінің құрылымдық үлгісі мыналарды қамтиды: техникалық қызмет көрсету жүйесі және жөндеу жүйесі. Техникалық қызмет көрсету жүйесі техникалық диагностика жүйесінен және жөндеу жүйесінен тұрады. Диагностика экспресс-диагностикаға және тереңдетілген диагностикаға бөлінеді, олар жоспарлы немесе қажет болған жағдайда болады. Ұшқышсыз ұшатын аппаратқа техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді кәсіпорынның мамандары немесе кәсіпорын ай сайын белгілі бір соманы ұстап тұратын арнайы үшінші тарап ұйымдары жүзеге асырады.

Жабдықтардың әртүрлі түрлерін пайдалану кезінде проблемалар туындайды, бір жағынан, егер ұшқышсыз ұшу аппараты өте сирек істен шықса, және керісінше, ұшқышсыз ұшу аппараты жиі істен кетсе, үшінші тарап ұйымына ақша төлеу тиімсіз. және бұзылу құны айтарлықтай болса, онда белгілі бір объектіні ұстау және жөндеу үшін жеткізуші компаниямен шарт жасасу тиімдірек болады. Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, нарықтық қатынастар ұшқышсыз ұшу аппаратын пайдалану жүйесінде пайдалану қызметтерінің қажетті сапасымен минималды шығындар критерийі бойынша оңтайландыру міндеттерін тудырады деп қорытынды жасауға болады.

Күрделі және қымбат жабдықтардың негізгі бөлігі арнайы құрылымдық бөлімшеде шоғырланған. Мамандар жабдықты екі үлкен топқа бөледі: күрделі импорттық жабдықтар тобы және «тұрмыстық» деп аталатын жабдықтар тобы. Импорттық жабдықты, әдетте, АҚШ, Жапония, Дания және Кореяның ірі фирмалары шығарады. Жаңа және күрделі жабдықты алу және іске қосу үшін кәсіпорын үлкен қаржылық ресурстарды жұмсауы керек. Импорттық жабдыққа қызмет көрсету құны компанияның бюджетінде айтарлықтай үлес болады, ал нарық жағдайында шығындарды азайту мәселелері өте өзекті болып отыр.

Тәжірибе аясында ұшқышсыз ұшатын аппаратта қолданылатын дизельдік қозғалтқыштардың сенімділігі туралы деректер аралас статистика бойынша зерттелді, олар қызмет ету мерзімі бойынша жүйеленгеннен кейін 4.1-суретте графикалық түрде берілген. Ұсынылған суретте шартты таңдамалы дизельдік қозғалтқыштың сенімділік қисығы жиілік ретінде қызмет ету мерзімінің соңында байқалатын ақаулардың максималды мәніне қатысты түрде көрсетілген.





4.1 сурет - Эмпирикалық гистограмма – аралас үлгіге негізделген ұшқышсыз ұшатын аппараттың шартты дизельдік қозғалтқышының «сенімділік қисығы»

Қозғалтқыш жасау тәжірибесінде дизельдік отынның істен шығуы саны бойынша бірінші орында отын жабдығы екені атап өтілген. Осылайша, жарияланған мәліметтерге сәйкес, дизельдік қозғалтқыштың түріне қарамастан, нақты жұмыс кезінде инжекторлардың ақаулары техникалық қызмет көрсетудің барлық ережелері мен стандарттарын сақтай отырып, қалыпты жұмыс кезіндегі ақаулар санынан 4-9 есе көп. Жанармай жабдығының дұрыс жұмыс істемеуінен ең алдымен дизельдік қозғалтқыштар түтін шығарады, отынды шамадан тыс пайдаланады, іске қосу қасиеттерін жоғалтады. Атап айтқанда, тек жанармай жабдығының дұрыс жұмыс істемеуінен көлемі 2,5 - 3,0 литр болатын автомобиль дизельді қозғалтқышы 10 мың шақырымға 100-200 кг жанармай «жанып кетеді». Зерттеулер көрсеткендей, тұрақты диагностика және кейінгі операциялық техникалық қызмет көрсету арқылы отын шығынын айтарлықтай азайтуға және дизельді қозғалтқыштың қызмет ету мерзімін 15-20% ұзартуға болады. Бір инжектордың ақауын уақтылы анықтау және жою (бүріккішті раскоксовка жасау, жуу, ысқылау, бүрку қысымын реттеу) сол 10 мың километрге отын үнемдеу 10-15 кг құрайды.

Жоғары қысымды отын жабдықтарына қойылатын талаптар:

1. Жүктілік және жылдамдық режимдеріне сәйкес отын бөліктерін мөлшерлеу.
2. Жақсы тозаңдату сапасы және отынның жану камерасына дұрыс таралуы.

3. Іштен жанатын қозғалтқыш жұмысының барлық режимдерінде оңтайлы сипаттамалар мен айдау фазаларын алу.

4. Қозғалтқыштың барлық циклдерінде және барлық цилиндрлерінде отынмен қамтамасыз ету заңының сәйкестігін қамтамасыз ету.

5. Отын жабдығының бастапқы параметрлерін өзгертпей жұмыс істеу ұзақтығы және байқалатын тозу.

6. Ең аз салмақ, өлшемдер, дайындау құны, техникалық қызмет көрсету, реттеу және жөндеудің қарапайымдылығы.

Көлік дизельді қозғалтқыштарының ақауларының негізгі себептері:

- уақтылы және білікті емес техникалық қызмет көрсету;

- қозғалтқыштың жұмыс режимдерін бұзу;

- сапасыз отынды пайдалану;

- бөлшектер мен тораптардың табиғи тозуы.

Дизельдік қозғалтқыштың істен шығуының 70% -ы жоғары қысымды отын жабдықтарына байланысты. Есептеулер көрсеткендей, қазіргі заманғы жұмыс жағдайында автомобиль немесе трактордың дизельдік қозғалтқышы жылына орта есеппен 2-3 тонна отынды артық пайдаланады және атмосфераға зиянды компоненттердің шығарылуын арттырады:

CO – 100-150 кг,

CH – 30-50 кг.

Өткізілген сындар. Зерттеулер отын жабдығына жедел қызмет көрсету кезінде және диагностика нәтижелері бойынша отын шығынын 30-40%-ға азайтуға болатынын көрсетті.

Дизельдік қозғалтқыштың метрологиялық сенімділігі туралы мәліметтерді өңдеу нәтижесінде регрессиялық модель құрастырылды. Сенімділік қисығының регрессиялық моделі келесі формада болады:

$$Y(t) = 1.039 - 0.422 \times T + 0.07 \times T^2 - 0.0035 \times T^3, \quad (4.1)$$

мұндағы  $Y(t) - T=9$  жыл пайдалану кезеңіндегі сенімділіктің орташа мәнінің уақыттық функциясы. Сәтсіздік көрсеткішінің қатынасы ең жоғары мәнге – соңғы бақылау жылында қабылданады. Қолданыстағы ұсыныстарға сәйкес сапа критерийі ретінде Фишер критерийі таңдалды. Критерийдің есептелген мәні  $F_p = 12,3$ .  $\alpha = 0,05$  маңыздылық деңгейі критерийінің кестелік мәні  $F_t = 4,4$ . Фишер критерийінің есептелген мәні кестелік мәннен айтарлықтай асып түсетіндіктен, 3-ші дәрежелі көпмүше түріндегі байланыс формасы туралы гипотеза жоққа шығарылмайды деп айтуға болады.

3-дәрежелі көпмүшенің жуықтау сапасы туралы мәліметтер 4.2-суретте көрсетілген. Өңдеу нәтижелерінен көрінетіндей, теориялық қисық сызығының эмпирикалық деректерін тегістеу сапасы айтарлықтай жоғары.

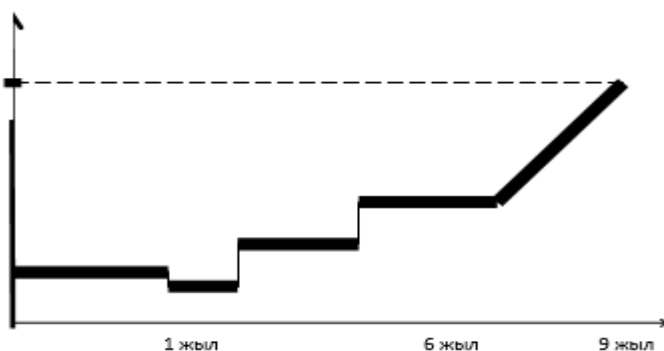
Model: $Y=X_0+A_1X+A_2X^{**2}+A_3X^{**3}$ (tro1.sta)				
Dep. var: Y Loss: (OBS-PRED) **2				
Final loss: ,029648019 R=,96704 Variance explained: 93,516%				
I=10	X0	A1	A2	A3
Estimate	1,036667	-,422067	,075991	-,003458

4.2 сурет - Аралас үлгідегі кәдімгі дизельдік қозғалтқыштың сенімділік қисығын модельдеу сапасының статистикалық бағалаулары

Дизельді диагностикаға арналған жабдықты пайдалану процесін оңтайландыру үшін белгілі бір кезеңдегі осы мақсаттарға арналған жылдық шығындардың статистикасы қажет. 4.3-суретте он жылдық кезеңдегі жиынтық бірлік шығындарының кестесі берілген. Шығындар факторлардың қатаң функционалдық жауапкершілігі режимінде қызмет көрсетудің аралас нысаны бар он жылдық кезеңге шекті операциялық шығындарға қатысты нақты (пайыздық) түрде беріледі.

Шығындарды нақты көрсету қажеттілігі көптеген сыртқы және ішкі себептермен, мысалы, инфляция, бағаның ауытқуы, салықтық және басқа да жағдайлардың өзгеруімен туындайтын уақыт бойынша статистикалық деректердің үлкен біркелкі еместігімен түсіндіріледі.

Бұл диаграмманы ұшқышсыз ұшу аппараттарының жұмысының ұйымдық моделін оңтайландыру процесінде пайдалануға болады. Жабдықты пайдаланудың оңтайлы формасын іздеу компьютерлік эксперимент әдісімен жүзеге асырылады деп болжанады, ол үшін қолда бар арнайы бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу немесе пайдалану қажет. Сонымен, қорытындылай келе, біз барлық қажетті жабдықты баға санатымен 4.1 кестеде қорытындылаймыз.



4.3 сурет - Дизельді диагностикалық жабдықтың меншікті пайдалану шығындарының диаграммасы

4.1 кесте - ҰҰА дизельдік отын жабдықтарын жөндеуге арналған учаскені жабдықтауға қажетті жабдықтардың тізбесі

Жабдықтар мен құрылғылар	Моделі	Жүктелуі	Бағасы, теңге.
Компрессометр	ДД-4200, ДД-4210	+	4 8000 - нан
Цилиндрлердің герметикалығын талдауышы	ДД-4100, ДД4200	+	120000 - нан
Түтін өлшегіш $^2\text{МЕТА}^2$	01МП, 01МП.01	+, _	165000 - нан
Инжекторды диагностикалау құралы	ДД-2110	+	180000 - нан
Механотестер МТА	ДД-4500	+, -	150000 - нан
Плунжер буының техникалық жағдайын бағалауға арналған аспап	ДД-2115	+ -	120000 - нан
Диагностикаға арналған ТНВД стенды	КИ-15711 (ДД-1)	+	2290000 - нан
ТНВД реттеуге арналған құрал	ДД-3300, ДД-3400	+	120000 - нан
Мотортестер		+, -	от 750000

Экономикалық талдау ТҚ ТҚ жүйесін жабдықтауға арналған сома ауданда 3500000-4000000 теңгені құрайтынын көрсетті. Бұл сома ТҚК және ТР процесін техникалық жабдықтауға ғана қатысты, ұйымдастыру шығыстары мен мемлекетті ұстауға арналған шығыстарды және өзге де шығындарды қамтиды. Бұл жағдайда ҰҰА техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді практикалық басқаруды оңтайландыру мәселесін келесі үй-жайлардан ең төменгі жалпы шығындар критерийі бойынша шешу қажет болады.

Шығындар пайдалы болуы керек құрал. Жұмысты жақсы ұйымдастырған жағдайда қызмет айына 20-дан 40-қа дейін ТНВД стендтары жөндей алады. Жөндеу сомасы орташа есеппен теңгеге 30 000 теңгеден 150 000 теңгеге дейін өзгеруі мүмкін. Алдын ала есептеулер бойынша, бұл қызметтің пайдасы кем дегенде 25% құрайды. Қызмет жөндеуге, диагностикаға және реттеуге алатын қаражаттан басқа, сіз қосалқы бөлшектерді ауыстырудан пайда таба аласыз. Есептеулер көрсеткендей: айына 25 теңге, жылына  $25 \times 12 = 300$  теңге, орташа жөндеу құны 70 000 теңге.,  $300 \times 70\,000 =$  жылына 21 000 000 теңге шығады.

## **4.2 Ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу стратегиясын оңтайландыру үлгісі**

Жабдыққа тиімді техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесін дамыту «сынау және қателік» әдістерімен немесе «нарық алдындағы» кезеңде ұзақ уақыт бойы тәжірибеден өткен өткен тәжірибенің басым болуымен мүмкін емес. Сондықтан маңызды жобалық шешімдерді қабылдауда жаңа проблемалық жағдайларды модельдеу кезеңдері өте қажет және үнемді болады.

Техникалық қызмет көрсету және жөндеу процесін модельдеу жүйенің мақсаты мен шекарасын анықтаудан басталады. Егер техникалық қызмет көрсету сапасын басқарудың бүкіл процесін қарастыратын болсақ, мақсаттар жабдыққа техникалық қызмет көрсету және жөндеу процесімен ғана шектелсе, жергілікті немесе жоғары деңгейдегі мақсаттар (жүйеден жоғары) болуы мүмкін. Мақсатқа жетудегі ең өнімді тәсіл, жұмыстың бірінші бөлімін талдаудан туындайтындай, өнімнің өмірлік циклі позициясынан көзқарасты қарастыру керек.

Өнімнің өз мақсатын орындауын қамтамасыз етуден тұратын тиімді пайдалану оның барлық кезеңдерінде өнімнің өмірлік циклінің процестерін басқару сапасымен анықталады. Өнімнің өмірлік циклін басқару ISO 2015 стандарттарына сәйкес әзірленген ақпараттық технологияларды пайдалануға негізделген.

Өнімнің өмірлік циклін техникалық қолдаудың тұжырымдамасы мен идеологиясы оның барлық кезеңдерінде осы циклдің барлық қатысушылары: өнім тұтынушылары (соның ішінде мемлекеттік органдар мен тұтынушылар) үшін ақпараттық өзара әрекеттесудің біркелкі жолдарын қамтамасыз ететін бірыңғай ақпараттық кеңістікті (біріктірілген ақпараттық орта) пайдалануға негізделген. бөлімдер), өнімді жеткізушілер (өндірушілер), пайдалану және техникалық қызмет көрсету персоналы, негізінен электрондық деректер алмасу арқылы көрсетілген өзара әрекеттесу ережелерін реттейтін нормативтік құжаттар арқылы жүзеге асырылады.

Мақсатты анықтағаннан кейін жүйенің тиімділік критерийлерін анықтау және ранжирлеу қажет болады. Модель өнімділіктің берілген критерийлеріне сәйкес өнімге техникалық қызмет көрсетуді және жөндеуді ұйымдастырудағы ықтимал балама шешімдерді сандық түрде көрсетуі керек. Зерттелетін процестерді модельдеудің ең қолайлы әдісі имитациялық модельдеу болып табылады [96,97]. Имитациялық модельдеу итерациялық конструкция тұжырымдамасымен сипатталады, оның барысында модель жаңа қосу немесе оның кейбір элементтерін және (немесе) олардың арасындағы қатынастарды жою арқылы өзгертіледі. Модельдеу моделі техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындарын оңтайландыру арқылы әрбір нақты ұшқышсыз көлік үшін де, тұтастай алғанда бүкіл техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесі үшін де техникалық қызмет көрсету және жөндеудің нақты стратегиясының орындылығын бағалауға мүмкіндік береді. Техникалық қызмет көрсету мен

жөндеуді оңтайландыру процесінің өте маңызды құрамдас бөлігі оны жабдықты сатып алудан бастап және стандартты пайдалану мерзімі аяқталғаннан кейін оны пайдаланудан шығаруға дейін ұйымдастыру болып табылады. Модельдеу жеке мемлекеттің басқару жүйесінде және әлемдік тәжірибеде пайда болған тенденцияларды ескере отырып, техникалық қызмет көрсету және жөндеу стратегиясының сапасының болжамдарын құруға мүмкіндік береді.

Модельдеу міндеті техникалық қызмет көрсету және жөндеу бойынша бәсекелес стратегияларды нұсқалық талдау және оларды тәжірибеде қолдану арқылы техникалық қызмет көрсету сапасын арттыру болып табылады.

Ұсынылған тәсіл үш стратегияны қарастырады.

Бірінші стратегия үшінші тұлғалармен келісім-шарт негізінде жасалған. Шарт белгілі бір мерзімге жасалады.

Екінші стратегия – ішкі техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді ұйымдастыру, бұл арнайы ішкі құрылымды құру үшін ұйымдастырушылық және басқа да шығындарды талап етеді.

Үшінші стратегия – ұшқышсыз ұшатын аппараттарға техникалық қызмет көрсету және жөндеу бойынша аймақтық фирманы ұйымдастыру.

Жалпы, стратегияны таңдау үшін шешім қабылдау ережесін келесі өрнекпен көрсетуге болады:

$$C_i(T) < C_g, \quad (4.2)$$

мұндағы  $C_i(T)$  - тұрақты қондырғының техникалық қызмет көрсету және жөндеу құны;

$C_g$  – үшінші тарап ұйымымен шарттық талаптар бойынша бірдей мақсаттарға арналған шығындар.

Үшінші тараптың жабдыққа техникалық қызмет көрсету шартының құнын тұрақты қондырғының техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындарының сомасымен салыстыру арқылы шығындары төмен нұсқа таңдалады. Егер теңсіздік (4.2) ақиқат болса, онда шарттық нұсқа техникалық қызмет көрсету мен жөндеуге қарағанда қымбатырақ болады.

Ұсынылған теңсіздікті тәжірибеде жүзеге асырудағы негізгі мәселе – нұсқа шығындарын сандық бағалауға мүмкіндік беретін адекватты математикалық немесе басқа модельді әзірлеу.

«Әлеуметтік жобалар орталығы» ЖШС-нің жабдыққа техникалық қызмет көрсету бөлімінде жүргізілген бақылаулар нәтижесінде, сондай-ақ Қазақстанның басқа облыс орталықтарындағы ұқсас құрылымдардың деректері бойынша барлығына ақаулар арасындағы уақыттың бөлінуі анықталды. интервалдар қалыпты заңға қайшы келмейді.

Үлгілеу моделі әрбір кезең үшін өзінің  $f_1(t)$ ,  $f_2(t)$ , ...  $f_9(t)$  параметрлерімен таралу заңын пайдаланады.:

$t_1$  ор – кепілдік жұмысының бірінші жылындағы істен шығулар арасындағы уақыттың орташа мәні;

$t_2$  ор – пайдаланудың екінші жылындағы ақаулар арасындағы уақыттың орташа мәні;

$t_3$  ор – пайдаланудың үшінші жылындағы ақаулар арасындағы орташа уақыт.

$t_9$  ор – пайдаланудың тоғызыншы жылындағы ақаулар арасындағы орташа уақыт.

$\sigma_1$  - орташа квадраттық ауытқу пайдаланудың бірінші жылындағы үлестіру;

$\sigma_2$  - пайдаланудың екінші жылындағы стандартты ауытқуды бөлу;

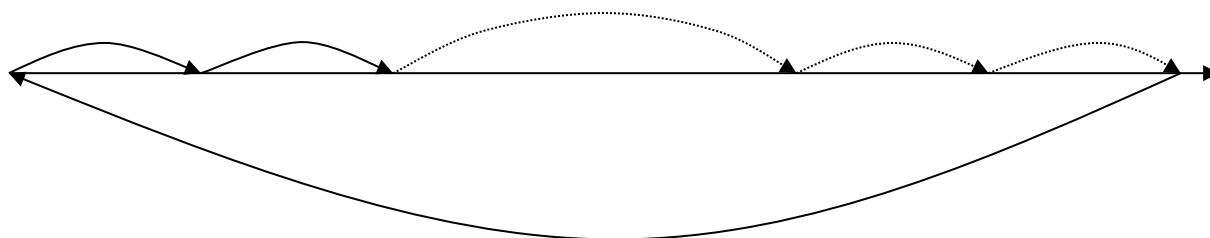
$\sigma_3$  - пайдаланудың үшінші жылындағы стандартты ауытқуды бөлу;

$\sigma_9$  - пайдаланудың тоғызыншы жылындағы стандартты ауытқуды бөлу.

0-Т1 учаскесіне (іске қосу кезеңі) сәйкес келетін нысан пайдалануға берілген сәттен бастап істен шығу деңгейі жоғары және оларды жоюға кететін шығындар көп екені белгілі. Осыдан кейін 4.2-суретте көрсетілгендей сенімділік көрсеткіштерінің баяу төмендеу тенденциясымен қалыпты жұмыстың ұзақ кезеңі жүреді. Жөндеу және техникалық қызмет көрсету шығындары да өсу тенденциясына ие болады (4.3-сурет).

Модель уақыт бойынша динамикалық бұзылу процесі ретінде графикалық түрде 4.4-суретте көрсетілген.

Бұл процесте  $t_{ij}$  уақыты  $j$ -ші симуляциялық циклдегі  $i$ -ші сәтсіздікте істен шығу уақыты ретінде қарастырылады. Қайталау циклдерінің саны  $N$  компьютерге енгізіледі және статистикалық маңызды нәтижелерді алу үшін кемінде 10 000 болуы керек.



4.4 сурет - Үлгілеу процесі

Модельдеу моделінде жабдықтың бүкілі сатып алынған жылдар бойынша тоғыз сыныпқа бөлінеді. Әрбір аралық (жыл) үшін  $K_1, K_2, K_3 \dots K_9$  жұмыс істейтін жабдықтың саны анықталады.  $K_1 / K, K_2 / K, K_3 / K$  арақатынастары табылды, мұндағы  $K$  – зерттелетін жабдықтың жалпы көлемі. 0-1 ықтималдық диапазоны табылған қатынасқа тең бөліктерге бөлінеді.

Стандартты біркелкі бөлінген  $X_i$  саны жасалады және ол болатын аралыққа байланысты жабдықтың сәйкес «жас» (интервалы) тобы таңдалады. Интервалдық тиістілікке сәйкес осы интервалға сәйкес таралу заңы таңдалады және бірінші циклде  $t_{11}$  бірінші істен шығу уақыты жасалады.

Осыдан кейін сәтсіздіктің құны да кездейсоқ болған жағдайда жою құны қалыптасады. Егер  $t_{11}$  пайдаланудың бірінші жылына қатысты болса, онда  $C_{11}$  бірінші жылдың шығындары ретінде жинақталады, содан кейін екінші істен шығу уақыты  $t_{12}$  және  $C_{12}$  құрылады және  $t_{11} + t_{12}$  ақауының қай кезеңге жататындығы талданады. Егер ол біріншіге тиесілі болса, онда  $C_{11} + C_{12}$  бірінші жылдың шығындарына, ал егер олай болмаса, екіншісіне жатқызылады, бірақ үшіншіге де солай болуы мүмкін.

$t_{11}+t_{12}+\dots+t_{1i}$  уақыты 10 жылдан асса, бірінші цикл үзіліп, екінші цикл  $t_{21}, t_{22}, t_{23} \dots t_{2i}$  генерациялай бастайды. Сыртқы ілмектердің қайталану саны жабдық бөліктерінің саны бойынша  $K$ -ға тең. Әрбір үш жылдағы  $N$  циклден кейін  $C_1, C_2, C_3$  шығындарының сомасы жинақталады. Әр жылдағы бұл сома  $N$  - бірнеше рет қайталаудың нәтижесі болып табылады, сондықтан орташа мәнді келесідей табу керек:

$$\bar{C}_{1,2,3} = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^K C_{ij}}{N} \quad (4.3)$$

$C_{1,2,3}$ -ті шарттық сомамен салыстыра отырып, шешім қабылданады:

егер  $C_1 > C_G$  - шартты бұзу;

егер  $C_2 < C_G$  - келісім-шартты жалғастыру.

Техникалық қызмет көрсетудің ұйымдық режимдерін оңтайландырудың имитациялық моделі 4.4-суретте көрсетілген.

Модельдеу моделінің жұмысы келесідей жүзеге асырылады:

Ақаулар-жөндеу  $K$  санын  $K=50$  ретімен таңдауға болады, яғни пайдалану кезінде, мысалы, 5-10 жыл, жабдықтың түріне байланысты, ақаулар саны бұл көрсеткіштен аспайды, ал «еліктеу» процесінде 3 жылдық кезеңмен шектелген нақты мән одан да аз болады.

Бірінші істен шығу уақыты  $t_{11}$  бірінші циклде жасалады. Осыдан кейін құны да кездейсоқ жағдайында сәтсіздікті жою құны қалыптасады. Егер  $t_{11}$  пайдаланудың бірінші жылына қатысты болса, онда  $C_{11}$  бірінші жылдың шығындары ретінде жинақталады, содан кейін екінші істен шығу уақыты  $t_{12}$  қайтадан құрылады және  $C_{12}$  қайтадан генерацияланады және  $t_{11} + t_{12}$  істен шығуы қай жылға жататындығы талданады. Егер ол біріншіге тиесілі болса, онда  $C_{11} + C_{12}$  бірінші жылдың шығындарына, ал егер олай болмаса, екіншісіне жатқызылады, бірақ үшіншіге де солай болуы мүмкін.  $t_{11}+t_{12}+\dots+t_{1i}$  уақыты 3 жылдан асса, бірінші цикл үзіліп, екінші цикл  $t_{21}, t_{22}, t_{23} \dots t_{2i}$  генерациялай бастайды. Циклдардың қайталану саны  $N$ .  $N$  қайталаудан кейін бірінші жылдағы



сәтсіздіктерді жоюға жұмсалатын шығындардың орташа сомасы (4.3) формуласы бойынша есептеледі.

Үлгілеу алгоритмі келесідей жұмыс істейді.

1-блок бастапқы модельдеу деректерін енгізеді.

2 блокта операция процесінің қайталану циклдарының санын анықтайтын I айнымалысы бойынша цикл ашылады.

3-блок I-ші циклдегі ақауларды тудыратын циклды ашады.

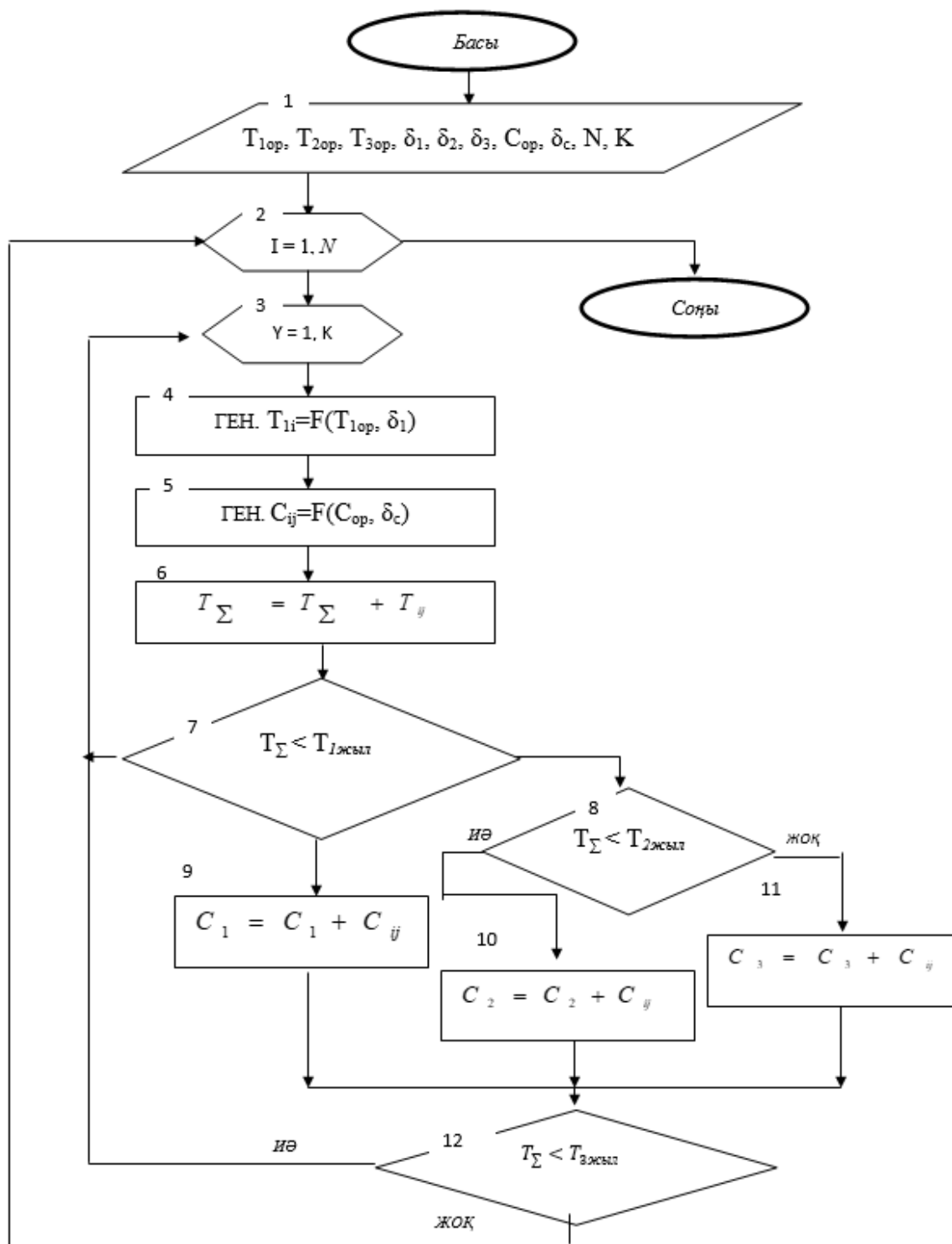
4-блокта i-ші циклдегі j-ші сәтсіздіктің  $T_{ij}$  уақыты жасалады.

5-блокта сәтсіздікті жою құны қалыптасады.

6-блокта циклдегі жұмыс уақыты  $T_{ij}$  қосындысы ретінде жинақталады.

7 және 8 блоктар ағымдағы сәтсіздік  $T_{ij}$  қай жылы екенін талдайды.

9, 10, 11 блоктар әр жыл үшін жалпы шығындарды жинақтайды.

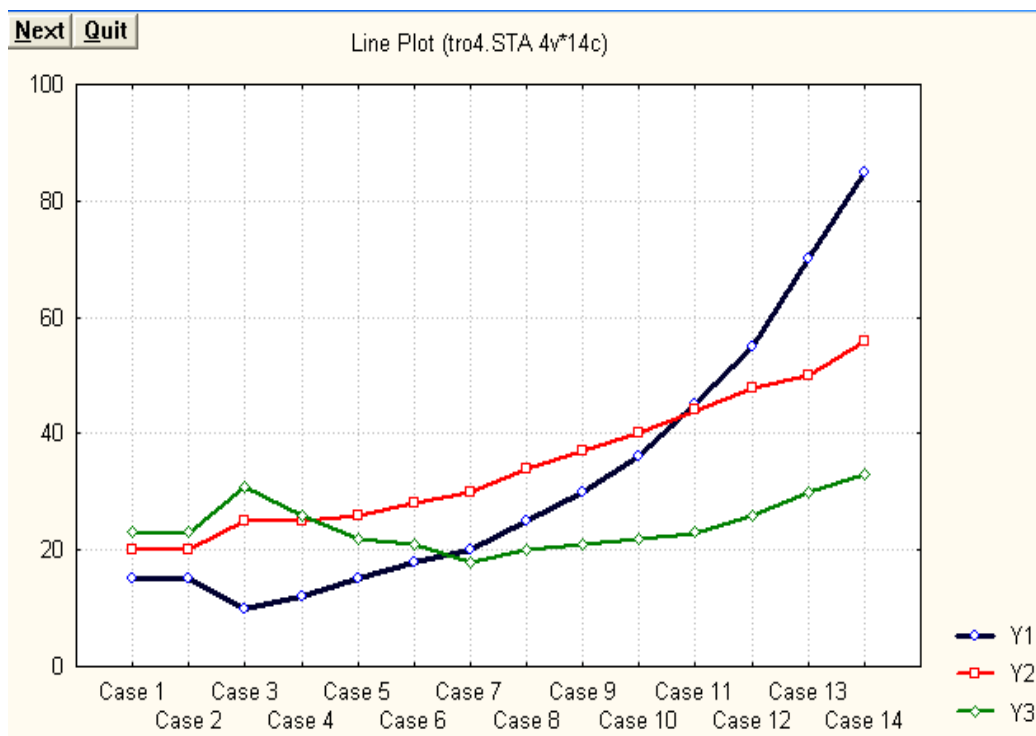


4.5 сурет - Техникалық қызмет көрсету және жөндеу режимдерін оңтайландыруға арналған модельдеу моделі

12-блокта ағымдағы жұмыс уақыты оның үш жылдық мерзімнен асып кеткенін білу үшін талданады.

$$T_{\Sigma} < T_{3жыл}$$

Егер пайдалану мерзімі 3 жылдан аз болса, онда ағымдағы циклдегі келесі істен шығудың генерациясы қайталанады, әйтпесе басқару 2 блокқа ауыстырылады және жаңа цикл басталады. Әрбір үш жылдағы N циклден кейін  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  шығындарының сомасы жинақталады. Әр жылдағы бұл сома N – бірнеше рет қайталаудың нәтижесі болып табылады, сондықтан 4.3 формуласын пайдаланып орташа мәнді табу керек. Модельдеу нәтижелері графикалық түрде 4.6-суретте берілген.



4.6 сурет - Ұшқышсыз ұшу аппараттарына техникалық қызмет көрсету және жөндеуге арналған жабдықты пайдалану стратегиясын оңтайландыру бойынша компьютерлік эксперимент нәтижелері

Компьютерлік эксперименттің нәтижелерінен көрінетіндей, ұшқышсыз көліктерге техникалық қызмет көрсетуді ұйымдастырудың ең ұтымды нұсқасы аймақтық орталықты құру болып табылады (4.6-суретте, жалпы бірлік шығындарының қисығы Y3 көрсетілген).

Осы стратегия бойынша жалпы шығындар жабдықты сатып алу бойынша тендерлік рәсімдерден бастап және физикалық немесе ескіру мерзімі өткеннен кейін есептен шығарудан бастап процестің барлық операциялық шығындарын қамтиды. «Процесс» шығындары жабдықты және басқару құралдарын аккредиттеу және ISO 9001:2015 сертификаттау шығындарын қамтиды.

#### **Төртінші бөлім бойынша қорытынды.**

Ұшқышсыз ұшу аппараттарын техникалық пайдалану жүйесінің негізгі мақсаты ұшқышсыз ұшу аппараттарының жұмыс сенімділігін және ұшқышсыз

ұшу аппараттарын ұйымдастыру мен пайдаланудың бүкіл жүйесінің экономикалық тиімділігін қамтамасыз ету болып табылады. Ұшқышсыз көліктерді пайдалану жүйесінің құрылымдық үлгісі мыналарды қамтиды: ұшқышсыз көлік құралдарының пайдалану сенімділігін қолдау жүйесі, техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесі, сондай-ақ ұшқышсыз бизнесті инновациялық дамыту жүйесі.

Техникалық қызмет көрсету жүйесі техникалық диагностика жүйесінен және жөндеу жүйесінен тұрады. Диагностика экспресс-диагностикаға және тереңдетілген диагностикаға бөлінеді, олар жоспарлы немесе қажет болған жағдайда болады. Ұшқышсыз көліктерге техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді компанияның мамандары немесе компания ай сайын белгілі бір соманы ұстап тұратын арнайы үшінші тарап ұйымдары жүзеге асыра алады. Компьютерлік эксперимент нәтижелерінен ұшқышсыз көліктерге техникалық қызмет көрсетуді ұйымдастырудың ең ұтымды нұсқасы аймақтық мамандандырылған орталықты құру болып табылатыны шығады.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыстың жалпы нәтижесі шешім қабылдау агенттері мен анық емес деректердің белгісіздігі жағдайында SMART технологияларына негізделген жүйелерді басқару теориясын одан әрі дамыту болып табылады.

Зерттеу міндеттерін шешу кезінде келесі нәтижелер алынды:

1. Талдау көрсеткендей, басқарушылық және технологиялық күрделілік пен функционалдық күрделілік басқарушылық нәтижелерді төмендету мәселесін жүйелі түрде тудырады. Бұл проблеманы тудыратын бірқатар факторлар бар, ал олардың негізгілері - нормативтілерді негіздеудің объективті әдістерінің жоқтығы, шешім қабылдау, бақылау, бағалау және шешім қабылдау кезеңдерінде субъективтіліктің болуы жеке параметрлер бойынша, әртүрлі міндеттер үшін және әртүрлі жағдайларда сараланған және фрагменттелген, өйткені ғылыми және практикалық деңгейде басқару сапасының интеграцияланған көрсеткішін әзірлеудің өзекті міндетін тудыратын интеграцияланған тиімділік критерийі жоқ. Басқа да бірдей маңызды факторлар: «үлкен деректермен», әсіресе мониторинг жүйесінде ұзақ уақыт аралықтарында жұмыс істеу жағдайында деректердің біркелкі еместігі проблемасы, бұл бүкіл басқару жүйесінің сапасын күрт төмендетеді; жүйелер, әсіресе SMART және нейрондық технологияларды енгізу кезінде басқару жүйелерінің сапасын арттыру және жүйелік агенттер мен анық емес деректердің параметрлік белгісіздігі жағдайында шешім қабылдау тәуекелдерін азайту формальды әдістемелерге, кешенді интеграцияланған көп параметрді талдау мен синтезде конвергентті тәсілдерге кең сенім арту қажеттілігіне әкеледі.

Өндірістік-технологиялық мақсатта ҰҰА пайдалану кезінде негізгі басқару функцияларының бірі 3 өлшемді позициялауды бақылау болып табылады. Ұшу параметрлерін SMART басқару ұшқышсыз ұшу аппаратының ұшуы кезінде деректерді қабылдау және беру жүйесінің электромагниттік қауіпсіздігіне байланысты. Басқару процесі нақты уақыт режимінде бақылануы және борттық нейрондық жүйе арқылы өтелуі тиіс бақылау тәуекелдерін тудырады.

2. Екінші бөлімде SMART алғышарттары жүйесінен шешім қабылдау жағдайларындағы белгісіздік және анық емес деректер жағдайында күрделі көппараметрлі жүйелерді басқару процесінің сапасын сандық бағалауға және болжауға теориялық негіздері әзірленді. Ұсынылған жұмыста зерттеу объектісі ұшқышсыз технологиялардағы басқару жүйесінің сапасын қамтамасыз ету процесі болып табылады. Сапа ұшқышсыз технологияларды пайдаланатын ұйымның өндірістік қызметінің нәтижелерін саралайтын және біріктіретін «салмақталған» функционалдық көрсеткіштердің жүйелік құрамы ретінде қарастырылады. Сапа көрсеткіштері әрбір процесс және қосалқы процесс үшін анықталады. Көрсеткіштер процестерді және жеке объектілерді сараланған бағалау жиынтығы ретінде қарастырылады. Нормалау процедурасы мен салмақтық коэффициенттерді пайдалана отырып, белгілі бір көрсеткіштер

жиынтығының жинақталған көрінісі процесс сапасының интеграцияланған көрсеткішін жасауға мүмкіндік берді. Көрсеткіштердің тізімі мен саны сараптамалық әдістермен анықталды. Жұмыста жүйелік концепциялардан барлық көрсеткіштер жиынтығы басқару құрылымында төменгі деңгейдегі ақпараттық қамтамасыз ету ретінде қарастырылды. Басқару жүйесінің сапасы мен өндіріс қабілеттілігін арттыру үшін жасанды интеллект элементтерін қолдану арқылы шешім қабылдау процесі ресімделді.

Анық емес жағдайында бұл мәселе анық емес білім базалары, SMART технологиялар және нейрондық технологиялар арқылы шешіледі. Ресми қолдау құралдары ретінде жұмыс сарапшылық бағалауды, анық емес жиындар теориясын, математикалық статистиканы, агентке негізделген және имитациялық модельдеуді қамтитын көп тәсілдер әдісін пайдаланады.

Жасалған модельдер мен эксперименттік және статистикалық зерттеулердің деректері негізінде теориялық алғышарттар мен компьютерлік модельдеу нәтижелерінің эксперименттік материалға сәйкестігін бағалау мақсатында компьютерлік эксперимент жүзеге асырылды. Теориялық зерттеулер шешім қабылдау агенттерінің параметрлік белгісіздігі жағдайында ұшқышсыз ұшу аппаратының қозғалысын бақылау, ұшқышсыз ұшу аппараттарын электромагниттік лақтыру жүйесінде фазалық параметрлерді модельдеу және есептеу, сапаны кешенді бағалауды нейрондық модельдеу сияқты міндеттерден тұрады: ұшқышсыз өндірістік жүйелерді басқару, белсенді ұшуды басқару режимінде ұшқышсыз көліктермен кері байланыс ақпаратының сапасын модельдеу, ұшқышсыз көліктерді басқару кезінде шешім қабылдау сапасын модельдеу болып келеді.

3. SMART объектілеріне қызмет көрсету мысалын пайдалана отырып, белгісіздік жағдайында шешім қабылдау жүйесіндегі тәуекелдерді сандық бағалау және болжау бойынша машиналық эксперимент нәтижелеріне сәйкес, жалған істен шығу қаупі ең көп әсер етеді. Өлшеу құралдарының қателігінің мәні бақыланатын параметрдің статистикалық өзгеру шамасына сәйкес болған кезде бұл тәуекел 25%-ға жетеді. Сонымен қатар стандарттардың вариациясының әсері қателік әсерінен біршама жоғары. Жалған бас тарту тәуекелі кәсіпорын тәуекелі болып табылады. Стандарттар тұтынушылық тәуекелді сандық бағалауда басым факторлар болып табылады.

4. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалануды аспаптық-әдістемелік қамтамасыз ету жүйесінің негізгі мақсаты ұшқышсыз ұшу аппараттарының пайдалану сенімділігін және ұшқышсыз ұшу аппараттарын ұйымдастыру мен пайдаланудың бүкіл жүйесінің экономикалық тиімділігін қамтамасыз ету болып табылады. Ұшқышсыз көліктерді пайдалану жүйесінің құрылымдық үлгісі мыналарды қамтиды: ұшқышсыз көліктердің пайдалану сенімділігін қолдау жүйесі, техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесі, ұшқышсыз бизнесті инновациялық дамыту жүйесі. Техникалық қызмет көрсету жүйесі техникалық диагностика жүйесінен және жөндеу жүйесінен тұрады. Диагностика экспресс-

диагностикаға және тереңдетілген диагностикаға бөлінеді, олар жоспарлы немесе қажет болған жағдайда болады.

Жүргізілген тәжірибелік-статистикалық зерттеулер және модельдеу үлгілеріне негізделген формальды аппарат ұшқышсыз көліктерге қызмет көрсетудің оңтайлы стратегиясын әзірлеуге және негіздеуге мүмкіндік берді. Жабдықтың күрделілік деңгейі техникалық қызмет көрсетудің нақты стратегиясын қажет ететіні анықталды. Бірінші стратегия - осы типтегі ұшқышсыз көліктерді өндіруші кәсіпорынмен келісім-шарт негізінде жасалған шарт. Шарт белгілі бір мерзімге жасалады. Екінші стратегия – ішкі техникалық қызмет көрсету мен жөндеуді ұйымдастыру, бұл арнайы ішкі құрылымды құру үшін ұйымдастырушылық және басқа да шығындарды талап етеді. Үшінші стратегия – әртүрлі үлгідегі ұшқышсыз көліктерге техникалық қызмет көрсету және жөндеу бойынша аймақтық құрылымды ұйымдастыру. Компьютерлік эксперимент нәтижелерінен ұшқышсыз көліктерге техникалық қызмет көрсетуді ұйымдастырудың ең ұтымды нұсқасы аймақтық мамандандырылған орталықты құру болып табылатыны шығады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Государственная программа "Цифровой Казахстан" Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827».
2. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: доклад. к XXII Международной. научной конференции по проблемам развития экономики и общества – Москва, 2021 г. – 235 с.
3. Проект «Цифровой рудник» Altynalmas
4. Минсельхоз России (2019). Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». <<https://mcx.gov.ru/upload/iblock/900/900863fae0>> (дата обращения: 24.03.2021).
5. Минсельхоз России (2020). Ведомственная программа цифровой трансформации на 2021–2023гг.<[https://portal.eskigov.ru/system/ВПЦТ\\_Минсельхоз\\_России.pdf?1614148567](https://portal.eskigov.ru/system/ВПЦТ_Минсельхоз_России.pdf?1614148567)> (дата обращения: 24.03.2021).
6. Alibekkyzy K, Wojcik W, Vyacheslav K, Belginova S. Robust data transfer paradigm based on VLC technologies. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2021 Little Lion Scientific. 15th February 2021. Vol.99. No 3.
7. Надлер Д. Мышление прорыва/ Д. Надлер, Ш. Хибино. – Минск: ООО «Попурри», 1999. – 496 с
8. Беспилотные летательные аппараты беспилотника России, США и мира, история...[militaryarms.ru/voennaya-texnika/a...](http://militaryarms.ru/voennaya-texnika/a...)
9. Балабанов В. И., Железова С. В., Березовский Е. В., Беленков А. И., Егоров В. В. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. Под общ. ред. проф. В.И. Балабанова. Допущено УМО по агрономическому образованию. — М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. 143 с.
10. Якушев В.П. На пути к точному земледелию. - С.- Петербург, 2002.- 458 с.
11. Якушев В. В. ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА. — СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016 год. — 364 с.
12. Дринча В.М. Развитие агроинженерной науки и перспективы агротехнологий.- М.: ВИМ, 2002.- 188 с.
13. Особенности системы точного земледелия. [/referatwork.ru/zemledelie/section-...](http://referatwork.ru/zemledelie/section-...)
14. Точное земледелие - суть, преимущества и недостатки, перспективы. [//сельхозпортал.рф/art.artiches/tochnoe/semledelie](http://сельхозпортал.рф/art.artiches/tochnoe/semledelie)
15. Что такое точное земледелие, принципы его построения// [kas32.com/post/view/21](http://kas32.com/post/view/21)
16. Технология точного земледелия// [izron.ru/articles/perspektivu-razv...](http://izron.ru/articles/perspektivu-razv...)
17. Основные принципы и перспективы применения системы точного земледелия// [lektsia.com/2x6d41.html](http://lektsia.com/2x6d41.html)



18. Значение словосочетания точное земледелие. [kartaslov.ru/значение-слова/точное...](http://kartaslov.ru/значение-слова/точное...)
19. Точное земледелие — что, для кого и зачем?//[smartagro.ru/precisionfarming](http://smartagro.ru/precisionfarming)
20. Саймон Г.А., Смитбург Д.У., Томпсон В.А. Менеджмент в организациях./Перевод Емельянова А.М.- М.: Экономика, 1995.
21. Точечное земледелие//[selo-delo.ru/zemledelie/tochechnoe...](http://selo-delo.ru/zemledelie/tochechnoe...)
22. Точное земледелие в вопросах и ответах //svetich.info/publikacii/tochnoe-ze...
23. Основные элементы системы точного земледелия //agrieocommission.com/base/osnovnye-e...
24. Точные системы земледелия//[helpiks.org/3-56131.html](http://helpiks.org/3-56131.html)
25. Метод постановки целей по smart//[dogmon.org/metod-postanovki-celej...](http://dogmon.org/metod-postanovki-celej...) Питер Друкер
26. SMART - технология постановки целей с примерами [lifemotivation.online/razvitie-lic...](http://lifemotivation.online/razvitie-lic...)
27. Ардашкин И.Б. . Smart -технологии как феномен: концептуализация подходов и философский анализ. являются ли -технологии действительно умными?1 – Томск, ТГУ. Вестник Томского государственного университета Философия. Социология. Политология. 2018. № 43
28. Chmykhalo, A.Yu. & Ardashkin, I.B. (2014) Future development of science and innovation in modern Russia. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sotsiologiya. Politologiya - Tomsk State University Journal of Philosophy, Sociology and Political Science. 4(28). pp. 111— 122. (In Russian).
29. José Luis Carrasco-Sáez, Marcelo Careaga Butter, María Graciela Badilla-Quintana. The New Pyramid of Needs for the Digital Citizen: A Transition towards Smart Human Cities // Sustainability. 2017. № 9, 2258. doi: 10.3390/su9122258 (дата обращения: 27.03.2018).
30. Gorbunov, D.V. & Nesterov, A.Yu. (2017) Technological future of Russia: the challenge of the "third nature". VestnikSamarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashi-nostroyeniye - Vestnik of Samara University. Aerospace And Mechanical Engineering. 16(4). pp. 6071. (In Russian). DOI: 10.18287/2541-7533-2017-16-4-60-71
31. Ардашкин И.Б. Smart-общество как этап развития новых технологий для общества или как новый этап социального развития (прогресса): к постановке проблемы // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2017. № 38. С.32-45.
32. Джиган О.В. Философские аспекты использования сетевых технологий // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2015. № 1 (5). С. 110-115.
33. Nikitina, E.A. (2016) The problem of subjectivity in intellectual robotics. Filosof-skiye prob-lemy informatsionnykh tekhnologii i kiberprostranstva -

Philosophical problems of IT and Cyberspace. 2(12). pp. 31-39. (In Russian). DOI: 10.17726/philIT.2016.12.2.3.

34. Makenov A. A., Mashekenova A. H., Radjabov R. C. Quality assessment of multi-parameter control of vehicle complex systems efficiency. – Almaty, 2020. Volume 2, № 2(440). – pp. 96–102.

35. International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Applications. Quantitative Evaluation of Accuracy of Digital Microscope System for Automated Petrographic Analysis/ Shvets O. - Vienna, Austria: p.559-566.

36. Каримов Б.Б. Робастное проектирование автомобильных дорог: Монография/ Б.Б. Каримов, В.А. Корнев, А.А. Макенов. – М.: МПК, 2018. – 160 с.

37. Есмагамбетова М., Керибаева Т., Кошекков К., Алибекқызы К., Бельгинова. Анық емес деректер ортасында бақылау және шешім қабылдау тәуекелдерін басқару жүйелеріндегі Smart технологиялар/ № 3(2022), 85-104 бб.

38. Есмагамбетова М, Керибаева Т.Б., Кошекков К.Т., Алибекқызы К., Бельгинова С.А. Нечеткая модель оценки качества мониторинга природных и техногенных угроз / Том 123 №4 (2022):Вестник КазНПУ . DOI 10.52167/1609-1817-2022-123-

39. Автоматизированные нейронные сети [Электронный ресурс]: информационная статья/Statsoft.ru. – Режим доступа: [http://www.statsoft.ru/products/STATISTICA\\_Neural\\_Networks/](http://www.statsoft.ru/products/STATISTICA_Neural_Networks/) (Дата обращения: 04.01.2021).

40. Нейрон Отчет - «Целевая научно-техническая программа О.0782» по республиканской бюджетной программе, Алматы, 2021.

41. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей/ А.Н. Горбань. – М.: СССР-США СП "ПараГраф", 1990. – 160 с. 25.

42 Владимир Махов, д. т. н., Владислав Ширококов, к. т. н., Александр Закутаев. Построение систем технического зрения на базе компьютерных технологий National Instruments/<https://controlengrussia.com/tehnicheskoe-zrenie/postroenie-sistem-tehnicheskogo-zrenija/>

43 Т.Б. Керибаева, Ж.Ж. Айнакулов, А.Нурланұлы, К. Дауренбаева. Реттегіш синтезінің көмегімен, ұшқышсыз ұшу аппаратының ұшу қозғалысындағы белгісіздігін анықтау/ Том 122 №3 (2022):Вестник КазАТК DOI 10.52167/1609-1817-2022-122-3 76-8266.

44. . О.С.Завальная, В.В. Бурнашев. Управление движения беспилотного летательного аппарата в условиях неопределенности/ Система процесси керування №29 (2015).

45. Красовский А. А. Теоретические основы пилотажно-навигационных комплексов / А. А. Красовский, А. В. Лебедев, В. В. Невструев. – М.: ВВИА им. Жуковского, 1980. – 372 с.

46. Никифоров В. О. Интеллектуальное управление в условиях неопределенности: учебное пособие / В. О. Никифоров, О. В. Слита, А. В. Ушаков. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 226 с.
47. Пупков К. А. Методы классической и современной теории автоматического управления. Теория оптимизации автоматического управления / К. А. Пупков, Н. Д. Егупов. М.: Издательство МВТУ, 2004. – Т. 4. – 744 с.
48. Тулегулов А., Ергалиев Д., Бажаев Н., Кермбаева Т., Акишев К. Methods for improving process automation in the mining industry/ Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан Satbayev University, 2022, 1 (451) SCOPUS- Скопус по геологии фазовращатель!!!!
49. Домрачев, В. Г. Критерии оценки точности цифровых преобразователей угла / В. Г. Домрачев, Б. С. Мейко. – Измерительная техника. – 1975. – № 11. – С. 22–25.
50. Зарипов, М. Ф. Преобразователи с распределенными параметрами / М. Ф. Зарипов. – М.: Энергия, 1969. – 176 с.
51. Куликовский, Л. Ф. Трансформаторные функциональные преобразователи с профилированными вторичными контурами / Л. Ф. Куликовский, Н. Е. Конюхов, Ф. М. Медников. – М.: Энергия, 1971. – 103 с.
52. Горячев, В. Я. Фазовые датчики механических величин с бегущим магнитным полем/ В. Я. Горячев. – Издательство ПГУ, Пенза, 2005. – 307 с.
53. Jacques Ferber, Olivier Gutknecht, Fabien Michel From Agents to Organizations: an Organizational View of Multi-Agent Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lirmm.fr/~fmichel/publi/pdfs/ferber04ocmas.pdf>
54. Jacques Ferber, Olivier Gutknecht, Fabien Michel The MADKIT Agent Platform Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.madkit.net/documents/others/MadkitTechnicalReport.pdf>
55. Muhammad Sohail MADKIT (Multi-Agent Development Kit) : A generic multi-agent platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2005/1.plateformes\\_2/SOHAIL/SONAIL.htm](http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2005/1.plateformes_2/SOHAIL/SONAIL.htm)
56. Морозова О. В., Романова Е. В., Корнев В. А. Моделирование бизнес-процессов сложных организационно-технических систем: Монография: Морозова О. В., Романова Е. В., Корнев В. А. - М.: Изд-во МЭСИ, 2015.-244 с.
57. Раджабов Р. К. Моделирование микроэкономики: Монография/ Р. К. Раджабов, В. А. Корнев, А. А. Макенов, О. В. Морозова, С. Зубайдов. – Душанбе: Ирфон, 2017. – 345 с.
58. IEC 31010, Risk management - Risk assessment techniques.
59. Агентно-ориентированный\_подход [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
60. Zadeh, Lotfi. Fuzzy Sets / Information and Control, 8(3), June 1965. – P. 338–53.

61. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 345 с.
62. Корнев В.А., Сагидуллина Г., Кайсарулы Т. Модели прогнозирования достоверности инструментальной клинической диагностики./Восточно-Казахстанский государственный технический университет. -Усть-Каменогорск: ТОО «ВКПК АРГО»,2020.-160 с.
63. Аликбеккызы К., Кошекков К., Wojcik W., Корнев В.А. VLC системы передачи данных. - Усть-Каменогорск: ТОО «ВКПК АРГО»,2021.-141 с.
64. Kornev V.A., Makenov A.A., Mashekenova A.H., Radjabov R.C. Quality assessment of multiparameter control of vehicle complex systems efficiency//News of National Academy of sciences of Republic of Kazakhstan: Series of geology and technical sciences/ ISSN 2224-5278. – 2020. – Vol. 2. – N. 440. – 96-102 p. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.36>
65. Кузнецов В.П. Сопоставительный анализ погрешности и неопределенности измерений// Измерительная техника. – 2003. – № 8. – С. 21-27.
66. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (Руководство по выражению неопределенности измерения) Международная организация по стандартизации, CHF 92. ISO, Case postale 56, CH-1211 Geneva, Switzerland.
67. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях: Пер. с англ. Р.Л.Кадиса, Г.Р. Нежиховского, В.Б. Сими́на; под ред. Л.А. Конопелько. – СПб.: ВНИИМ им. Д. Менделеева, 2002. – 149 с.
68. Yesmagambetova Marzhan, Keribayeva Talshyn, Koshekov Kairat, Belginova Saule, Alibekkyzy Karlygash, Ospanov Yerbol. «Smart technologies of the risk-management and decision-making systems in a fuzzy data environment» Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Vol. 28, No. 3, December 2022// ISSN: 2502-4752, DOI: 10.11591/ijeecs.v28.i3.pp1-1x
69. D. O'Brien and M. Katz, "Optical wireless communications within fourth-generation wireless systems," J. Opt. Network 4, 312-322 (2005).
70. M. Kavehrad and S. Jivkova, "Indoor broadband optical wireless communications: optical subsystems designs and their impact on channel characteristics," IEEE Wireless Commun. 10, 30- 35 (2003).
71. Uysal M., Capsoni C., Ghassemlooy Z., Boucouvalas A., Udvary E. Optical wireless communication – An emerging technology // 16th International Conference on Transparent Optical Networks, 2014.
72. Ghassemlooy Z., Zvanovec S., Khalighi A., Popoola O., Perez J. Optical wireless communication systems // Optik. – 2017. – vol.151. – pp. 1-6.
73. Visible light for broadband communications. Report ITU-R SM.2422-1, Geneva, 2019, pp.1-18.
74. Коган Л.М. Светодиоды с повышенной мощностью излучения // Светотехника. 2000. №2 С. 16-19.

75. ГОСТ 21.404-85. Приборы и средства автоматизации. Обозначения условные в схемах автоматизации технологических процессов..
76. Karunatilaka D., Zafar F., Kalavally V., Parthiban R. LED based indoor visible light communications: state of the art // IEEE Communication Surveys & Tutorials. – 2015. – vol. 17, no. 3. – pp. 1649-1678
77. Chowdhury M., Shahjalal Md., Hasan M., Jang Y. The Role of Optical Wireless Communication Technologies in 5G/6G and IoT Solutions: Prospects, Directions, and Challenges // Applied Sciences. – 2019.
78. Borah D.K., Boucouvalas A.C., Davis C.C., Hranilovic S., Yiannopoulos K. A review of communication-oriented optical wireless systems // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. – 2012. – vol. 1, no. 1. – pp. 1-28.
79. [https://webznam.ru/blog/kak\\_tekhnologija\\_li-fi\\_povlijaet/2019-09-10-1214/LI-FI](https://webznam.ru/blog/kak_tekhnologija_li-fi_povlijaet/2019-09-10-1214/LI-FI).
80. A.J.C. Moreira, R.T.Valadas, A.M. de Oliveira Duarte, “Optical interference produced by artificial light,” Wireless Net., vol. 3, pp. 131-140, 1997.
81. Dinesh Khandal, Sakshi Jain “Li-Fi (Light Fidelity): The Future Technology in Wireless Communication” International Journal of Information & Computation Technology. ISSN 0974-2239 Volume 4, Number 16 (2014)
82. Shubham Chatterjee, Shalabh Agarwal, Asoke Nath Scope and Challenges in Light Fidelity(LiFi) Technology in Wireless Data Communication International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJRAE) ISSN: 2349-2163 Issue 6, Volume 2 (June 2015).
83. Режим доступа: Технология Li Fi. Устройство и работа. Применение и особенности // [electrosam.ru/glavnaja/...](http://electrosam.ru/glavnaja/...)
84. Jitender Singh, Vikash “A New Era in Wireless Technology using Light-Fidelity” International Journal of Recent Development in Engineering and Technology ISSN 2347-6435(Online) Volume 2, Issue 6, June 2014.
85. R.Karthika, S.Balakrishnan “Wireless Com
86. <https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/svetodiodnie/dimmiruema-svetodiodnaa-lampa>
87. <https://m.habr.com/ru/company/lamp-test/blog/386225/>
88. <https://yablor.ru/blogs/dimmirovanie-svetodiodnih-lamp/5240050>.
89. Миронов С. Интегральные драйверы для светодиодного освещения // Новости электроники. – 2010. – №10. – С. 3–12.
90. Лебедев В., Котов В., Цевелюк Е., Шестопалов С. LED-драйверы и системы управления светодиодным освещением // Полупроводниковая светотехника. – 2014. – №1. – С.48–51.
91. <https://yablor.ru/blogs/dimmirovanie-svetodiodnih-lamp/5240050>.
92. Режим доступа: <http://electro-shema.ru/chertezhi/micro-sxema-driver-svetodiodov.html>.
93. Кермбаева Т., Айнакулов Ж., Ергалиев Р., Курманкулова Г., Феодоров И.

Анаятова Р. Experience of connecting sensors to the controller based on the Arduino board for use on multicopters/ Journal of Theoretical and Applied information technology, 2022, Vol. 100 №6, <http://www.jatit.org/volumes/onehundred06.php>

94. Програмируемые платформы Arduino Micro / chipdip.kz  
[chipdip.kz/Arduino-Micro-Програ...](http://chipdip.kz/Arduino-Micro-Програ...)

95. Аппаратная платформа Arduino | [Arduino.ru/arduino.ru](http://Arduino.ru/arduino.ru)

96. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М.: Мир, 1975. – 490 с.

97. Клейнен Д. Статистические методы в имитационном моделировании. – М.: Наука, 1978. – 221 с.

– 221 с.

# А ҚОСЫМШАСЫ

## Нәтижелерді енгізу актісі

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

*Жауапкершілігі шектеулі  
серіктестігі*

**ПЕТРОЭКОЦЕНТР-  
Логистика**

150000, Петропавл қаласы, Горький к-сі, 166  
тел./факс 8 (7152) 50-25-25, 50-30-30, 52-75-52  
e-mail: dkedich@yandex.ru  
www.pec.kz



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

*Товарищество с ограниченной  
ответственностью*

**ПЕТРОЭКОЦЕНТР-  
Логистика**

150000, г. Петропавловск, ул. Горького, 166  
тел./факс 8 (7152) 50-25-25, 50-30-30, 52-75-52  
e-mail: dkedich@yandex.ru  
www.pec.kz

Исх. № 23 от "19" 09 2022г.

### Акт

внедрения результатов диссертационной работы  
Керибаевой Талшын Бакытжановны  
на тему «Разработка системы управления беспилотным летальным  
аппаратом на основе Smart - технологии»,  
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по  
специальности D105 «Авиационная техника и технологии».

В период с 01 апреля 2022 года по 15 июня 2022 года проведены производственные испытания Smart – обеспечения системы экспресс-диагностики дизельного автомобильного транспорта в ТОО «ПЕТРОЭКОЦЕНТР-Логистика». В качестве Smart инструментария использовались математическое обеспечение и готовые номограммы, приведенные в диссертационной работе Керибаевой Талшын Бакытжановны на тему: «Разработка системы управления беспилотным летальным аппаратом на основе Smart-технологии». Использование математического аппарата и графических 2D приложений позволили впервые оценить количественно достоверность и риски существующей системы технического обслуживания автотранспорта дифференцированно по отдельным инструментальным средствам и методам контроля. Предварительная оценка технико-экономической эффективности по критерию времени, затраченному на диагностирование и анализ результатов контроля, показала сокращение длительности работ по сравнению с регламентом на 40%. Полученные результаты открывают перспективы использования данной Smart-технологии в системе диагностирования двигателей БПЛА среднего и тяжелого класса.

Данный научно-методический материал предложен для дальнейшего использования в системе цифрового управления техническим обслуживанием автомобильного и авиационного транспорта.

Директор

Кедич Д.В.



## В ҚОСЫМШАСЫ

Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік мәліметтерді енгізу туралы куәлік

