



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«К.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты


«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

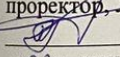
Якупов Алимжан Аюпжанович

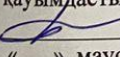
Магистр академиялық дәрежесін алу үшін  
**МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ**

Диссертацияның атауы: «Әуе кемелеріндегі отын өлшегіштерді жаңғырту мүмкіндігін  
зерттеу»

Дайындау бағыты: 7M07107 – Робототехника және мехатроника

Ғылыми  
жетекші т.ғ.к.,  
қауымдастырылған профессор  
 Туякбаев А.А.  
«22» маусым 2023 ж.

Рецензент т.ғ.к.,  
Ғылым және ынтымақтастық жөніндегі  
проректор, ЛҚА АҚ  
 Балбаев Г.К.  
«22» маусым 2023 ж.

Норма бақылаушы  
PhD профессор,  
қауымдастырылған профессор  
 Бектилеов А.Ю.  
« » маусым 2023 ж.



Алматы 2023

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



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

7M07107 – Робототехника және мехатроника



Кафедра менгерушісі РТЖАТК  
техника ғылымының кандидаты  
К.Ө. Өжікенов  
«2» маусым 2023 ж.

### Магистрлік диссертацияны орындауға арналған ТАПСЫРМА

Магистрант Якупов Алимжан Аюпжанович  
Тақырыбы: Әуе кемелеріндегі отын өлшегіштерді жаңғырту мүмкіндігін зерттеу  
Университет ректорының 2023 ж. «20» 10 № 1753-Н бұйрығымен бекітілген  
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «31» маусым 2023 ж.  
Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері:  
Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:  
а) Отын өлшегіш түрлеріне шолу жасау  
б) Отын өлшегіштердің проблемаларын анықтау  
в) Отын өлшегіш құрылғысын жасау  
Графикалық материалдың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):  
жұмыс презентациясы слайтарда 50 көрсетілген  
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 3 әдебиеттер тізімі және 3 қосымша

Магистрлік диссертацияны дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Әдебиеттерге қысқа	16.01.2023	Орындалды
Негізгі бөлім	21.02.2023	Орындалды
Зерттеудің нәтижесі	13.03.2023	Орындалды
Қорытынды ұсыныстар	18.04.2023	Орындалды
Қорытынды бөлім	15.05.2023	Орындалды

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қытысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Бектилезов А.Ю., PhD, қауымдастырылған профессор	02.06.23	
Негізгі бөлім	Туякбаев А.А., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	02.06.23	
Есептеу бөлім	Туякбаев А.А., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	02.06.23	

Ғылыми жетекшісі

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Күні

Туякбаев А.А

Якупов А.А.

« 02 » маусым 2023 ж.

## **Андатпа**

**Тақырыбы:** «Әуе кемелеріндегі отын өлшегіштерді жаңғырту мүмкіндігін зерттеу»

Зерттеудің мақсаты: Ұшақтардағы жанармай өлшеуіштерінің дәлдігін, сенімділігін және сыртқы әсерлерге төзімділігін арттыру мақсатында олардың жұмысын зерттеу және талдау.

Зерттеудің міндеттері: Жанармай өлшеуіштерінің қолданыстағы технологияларын және олардың ерекшеліктерін зерттеу. Өлшеу дәлдігін арттыру және сыртқы факторлардың әсерін өтеу үшін атмосфералық қысым мен температура датчиктерін пайдалану мүмкіндігін зерттеу. Жаңа отын өлшегіш құрылғысын жасау

Зерттеу объекті: ұшақтардағы жанармай өлшегіштері

Ғылыми жаңалығы: Жаңа отын өлшегіш құрылғысы

Диссертацияда әртүрлі техникалық жүйелерде, соның ішінде автомобильдерде, ұшақтарда, кемелерде және өнеркәсіптік жабдықтарда отын шығынын өлшеуге арналған маңызды құрылғылар болып табылатын отын өлшегіштері зерттеледі. Жұмыста отын өлшегіштерінің өлшеу дәлдігі, сенімділігі және ұзақ мерзімділігімен байланысты мәселелер қарастырылған. Диссертация әдебиеттерді шолудан басталады, оның ішінде отын өлшегіштерінің жұмысының негізгі принциптері, әртүрлі типтері мен үлгілері, сондай-ақ қолданыстағы калибрлеу және сынау әдістері. Әрі қарай, нақты жұмыс жағдайында отын өлшегіштерін пайдалану кезінде туындауы мүмкін заманауи проблемалар мен шектеулерге талдау жасалады. Жұмыстың негізгі бөлігі отын өлшегіштерінің өлшемдерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыруға бағытталған жаңа әдістер мен технологияларды әзірлеуге арналған. Зерттеу барысында әртүрлі калибрлеу және сынау әдістерін қолдана отырып, отын өлшегіштердің әртүрлі түрлерінде тәжірибелер жүргізіледі. Алынған мәліметтерді талдау үшін статистикалық әдістер мен математикалық модельдеу қолданылады.

Диссертацияның қорытынды бөлімінде отын өлшегіштерін өндіру мен пайдалануды жақсарту бойынша ұсыныстарды қамтитын зерттеу нәтижелері мен қорытындылары берілген. Сондай-ақ жұмыста әртүрлі қолдану үшін жанармай өлшеуіштерін таңдау және пайдалану бойынша практикалық ұсыныстар бар.

Бұл диссертация отын шығынын өлшеу саласына маңызды үлес қосады және отын өлшегіштерін әзірлеумен және қолданумен айналысатын зерттеушілер, инженерлер және өндірушілер үшін пайдалы болуы мүмкін. Жұмыстың нәтижелері мен қорытындылары отын шығынын дәл өлшеуге байланысты техникалық жүйелердің өнімділігі мен сенімділігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

**Кілттік сөздер:** әуе кемелері, отын өлшегіштер,

## **Аннотация**

**Тема: Исследование возможности модернизации топливомеров воздушных судах**

Цель исследования: изучить и проанализировать работу указателей уровня топлива в самолетах с целью повышения их точности, надежности и устойчивости к внешним воздействиям.

Задачи исследования: Изучение существующих технологий топливомеров и их особенностей Изучение возможности использования датчиков атмосферного давления и температуры для повышения точности измерений и компенсации влияния внешних факторов Создание нового топливомерного устройства.

Объект исследования: датчики уровня топлива в самолетах.

Научная инновация: новый прибор для измерения топлива

Диссертация исследует топливомеры, которые являются важными устройствами для измерения расхода топлива в различных технических системах, включая автомобили, самолеты, суда и промышленное оборудование. В работе рассматриваются проблемы, связанные с точностью измерений, надежностью и долговечностью топливомеров. В начале диссертации представлен обзор литературы, включающий основные принципы работы топливомеров, различные типы и модели, а также существующие методы калибровки и тестирования. Далее проводится анализ современных проблем и ограничений, которые могут возникнуть при использовании топливомеров в реальных условиях эксплуатации. Основная часть работы посвящена разработке новых методов и технологий, направленных на улучшение точности и надежности измерений топливомеров. В ходе исследования проводятся эксперименты на различных типах топливомеров с использованием различных методов калибровки и тестирования. Для анализа полученных данных применяются статистические методы и математическое моделирование.

В заключительной части диссертации представлены результаты и выводы исследования, включая рекомендации по улучшению производства и эксплуатации топливомеров. Работа также содержит практические рекомендации по выбору и использованию топливомеров для различных приложений.

Данная диссертация вносит важный вклад в область измерения расхода топлива и может быть полезной для исследователей, инженеров и производителей, занимающихся разработкой и использованием топливомеров. Результаты и выводы работы могут быть использованы для улучшения производительности и надежности технических систем, зависящих от точного измерения расхода топлива.

**Ключевые слова: уровнемеры, топливомеры**

### **Abstract**

**Topic:** Investigation of the possibility of modernization of fuel meters on aircraft

The purpose of the study: to study and analyze the operation of fuel gauges in aircraft in order to improve their accuracy, reliability and resistance to external influences.

Research objectives: Study of existing technologies of fuel gauges and their features. Study of the possibility of using atmospheric pressure and temperature sensors to improve measurement accuracy and compensate for the influence of external factors. Creation of a new fuel gauge device.

Object of study: fuel level sensors in aircraft.

Scientific innovation: a new instrument for measuring fuelThe dissertation explores fuel meters, which are important devices for measuring fuel consumption in various technical systems, including automobiles, aircraft, ships and industrial equipment. The paper deals with problems related to measurement accuracy, reliability and durability of fuel gauges.The dissertation begins with a review of the literature, including the basic principles of operation of fuel gauges, various types and models, as well as existing calibration and testing methods. Next, an analysis is made of modern problems and limitations that may arise when using fuel gauges in real operating conditions.The main part of the work is devoted to the development of new methods and technologies aimed at improving the accuracy and reliability of measurements of fuel gauges. During the study, experiments are carried out on various types of fuel gauges using various calibration and testing methods. Statistical methods and mathematical modeling are used to analyze the obtained data.

The final part of the dissertation presents the results and conclusions of the study, including recommendations for improving the production and operation of fuel gauges. The work also contains practical recommendations for the selection and use of fuel gauges for various applications.

This dissertation makes an important contribution to the field of fuel consumption measurement and can be useful for researchers, engineers and manufacturers involved in the development and use of fuel gauges. The results and conclusions of the work can be used to improve the performance and reliability of technical systems that depend on accurate measurement of fuel consumption.

**Keywords:** fuel meter,aircraft

## МАЗМҰНЫ

АНЫҚТАМАЛАР, ҚЫСҚАРТУЛАР	БЕЛГІЛЕУЛЕР	ЖӘНЕ
КІРІСПЕ.....		6
		7
<b>1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ</b> .....		9
1.1 Механикалық отын өлшегіштері.....		9
1.2. Электронды отын өлшегіштері.....		10
1.3. Жанармайдың дифференциалды өлшегіштері.....		11
1.4. Нанобөлшектерді қолдану бойынша зерттеулер.....		15
1.5. Жасанды интеллектті қолдану бойынша зерттеулер.....		17
<b>2 НЕГІЗГІ БӨЛІМ</b> .....		22
У		
К		
Ж	Әуе кемелеріндегі жанармай өлшеуіштеріне қойылатын талаптар..	24
Н	Әуе кемелерінде қолданылатын жанармай өлшеуіштерінің	
Р	Т	
Ф	Әуе кемелерінде жанармай өлшеуіштерін қолданумен байланысты	
Д		
Ө	Электромагниттік отын өлшегіштерінің жұмыс істеу	
Б	П	
Р		
И	<b>3 ЗЕРТТЕУДІҢ НӘТИЖЕСІ</b> .....	29
Р	3.1 Жанармай өлшеуіштерінің жұмысына дірілдің әсері.....	29
И	3.2 Атмосфералық қысым мен температураның өзгеруінің отын	
Ө	өлшегіштерінің жұмысына әсері.....	30
Р	3	
И	3.4.Жаңа әдістер мен технологияларды әзірлеу.....	33
Р		
Р	<b>ҚОРЫТЫНДЫ</b> .....	39
Н	<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b> .....	51
Д	<b>ҚОСЫМШАЛАР</b> .....	54
Қ		
И		
Р		
Н		
Д		
Ы		
Қ		
И		



## **Қысқартулар**

## **КІРІСПЕ**

### **Тақырыпқа кіріспе және зерттеудің өзектілігі**

Жанармай өлшегіштері отын шығынын дәл өлшеуді қамтамасыз ететін ұшақтың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Бұл құрылғылардың дәлдігі мен сенімділігі ұшу қауіпсіздігі, операциялық шығындарды оңтайландыру және отын тиімділігін арттыру үшін өте маңызды. Авиация өнеркәсібі үнемі әуе кемелерінің бортындағы процестер мен жүйелерді жақсартуға ұмтылады, ал жанармай өлшеуіштері де ерекшелік емес. Аэроғарыштық техника саласындағы жаңа технологиялар мен инновациялардың дамуымен отын шығынын дәлірек және сенімді өлшеуді қамтамасыз ету үшін отын өлшегіштерін үздіксіз жетілдіру қажеттілігі туындады.

Зерттеудің өзектілігі дәлірек өлшеулерді қамтамасыз ететін, қателігі аз және сыртқы әсерлерге төзімді болатын отын өлшегіштерін әзірлеу және жетілдіру қажеттілігінде жатыр. Сондай-ақ кез келген ақауларды немесе жанармайдың ағып кетуін тез анықтай алатын жанармай өлшегіштерін әзірлеу маңызды, бұл ықтимал апаттардың алдын алады. Екіншіден, қазіргі заманғы авиациялық жүйелер күрделеніп, интеграциялануда. Бұл әуе кемесінің жалпы архитектурасына жанармай өлшеуіштерін біріктіру және пайдалану принциптерін тереңірек түсінуді талап етеді. Жанармай өлшегіштерін зерттеу конструкторлар мен инженерлерге отын шығынын өлшеу жүйелеріне қойылатын талаптарды жақсы түсінуге және басқа ұшақ жүйелерімен біріктіру және өзара әрекеттесу үшін ең жақсы әдістерді анықтауға көмектеседі.

Үшіншіден, әуе кемелерінің жанармай өлшеуіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыру отынды үнемдеуге және авиацияның қоршаған ортаға тигізетін әсерін азайтуға көмектеседі. Жанармай авиакомпаниялар үшін негізгі операциялық шығындардың бірі болып табылады, тіпті отын тиімділігін шамалы жақсарту айтарлықтай экономикалық пайдаға және ауаға ластаушы заттардың шығарындыларын азайтуға әкелуі мүмкін.

Әуе кемелеріндегі жанармай өлшеуіштерін зерттеудің авиация өнеркәсібі үшін маңызды практикалық маңызы бар. Жанармай шығынын өлшеудің дәлдігін арттыру авиакомпаниялардың пайдалану шығындарын азайтады және қоршаған ортаға кері әсерін азайтады. Осылайша, бұл зерттеу авиациялық саланың қауіпсіздігін, тиімділігін және экологиялық тұрақтылығын арттыруға әкелетін әуе кемелеріндегі жанармай өлшеуіштерін жетілдіру контекстінде өзекті және маңызды болып табылады.

## 1 ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ..

Жанармай өлшеуіштері отынды есепке алу және бақылау жүйелерінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Олар өткен отынның көлемін немесе массасын дәл өлшеуді қамтамасыз етеді, бұл отын шығынын тиімді басқаруға және пайдалану деңгейін бақылауға мүмкіндік береді. Бұл әдебиеттік шолуда біз жанармай өлшеуіштерінің қолданыстағы технологияларын, олардың жұмыс істеу әдістерін, сондай-ақ осы салада жүргізілген зерттеулерді қарастырамыз.

Жанармай өлшеуіш технологиялары

### 1.1. Механикалық отын өлшегіштері:

Механикалық отын өлшегіштері өткен отын көлемін өлшеу үшін поршеньдер, айналмалы дискілер немесе бұрандалы қалақшалар сияқты механикалық элементтерді пайдалануға негізделген. «Механикалық шығын өлшегіштер: шолуда» А. Канаужиа мен Р. Сингх (2016) механикалық шығын өлшегіштердің әртүрлі түрлерін, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін және әртүрлі салалардағы қолданбаларды талқылайды.

А. Канаужа мен Р.Сингх «Механикалық шығын өлшегіштер: шолу» (2016) мақаласында механикалық шығын өлшегіштердің әртүрлі түрлеріне шолу жасайды. Авторлар әртүрлі салаларда механикалық отын өлшегіштердің жұмыс істеу және қолдану принциптерін сипаттайды. Сондай-ақ олар механикалық отын өлшегіштерінің артықшылықтары мен кемшіліктерін талқылайды[18].

### **Жанармай өлшеуіштері: анықтамасы және жұмыс істеу принципі**

Жанармай есептегіштері әртүрлі жүйелерде, соның ішінде автомобильдерде, ұшақтарда, кемелерде, өнеркәсіптік жабдықтарда және т.б. отын шығынын өлшеуге арналған құрылғылар. Олар отын шығынын бақылауда және есепке алуда, сондай-ақ оны пайдаланудың тиімділігі мен үнемділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Жанармай өлшеуіштерінің жұмыс істеу принципі отын ағынымен байланысты физикалық параметрлерді өлшеуге негізделген. Жанармай өлшеуіштерінің бірнеше түрі бар, олардың әрқайсысы өзінің бірегей өлшеу әдісін пайдаланады. Жанармай өлшегіштерінің кең таралған түрлеріне мыналар жатады:

1. Механикалық отын өлшегіштері: Бұл құрылғылар негізінен автомобильдерде қолданылады және отын шығынын өлшеу үшін механикалық механизмдерді қолдануға негізделген. Олар әдетте жанармай

ағынына жауап ретінде қозғалатын және бақылау тақтасындағы көрсеткіштің орнын өзгертетін, осылайша отын шығынын көрсететін қалқымалы немесе ұқсас құрылғыны қамтиды.

2. Электрондық отын өлшегіштері: Бұл отын өлшегіштері отын шығынын өлшеу үшін электронды сенсорларды және сигналды өңдеуді пайдаланады. Олар сыйымдылықты өзгертуді өлшеу, қарсылықты өзгертуді өлшеу немесе ағын жылдамдығын өлшеу сияқты әртүрлі принциптерге негізделуі мүмкін. Электрондық отын өлшегіштері әдетте дәлірек өлшемдерді қамтамасыз етеді және отын шығыны туралы деректерді басқа жүйелерге немесе құрылғыларға жеткізу мүмкіндігіне ие.

3. Ультрадыбыстық отын өлшегіштері: отынның бұл түрі отын шығынын өлшеу үшін ультрадыбыстық толқындарды пайдалануға негізделген. Олар ультрадыбыстық сигналдың отын ағыны ішінде белгілі бір қашықтықты өтуіне кететін уақытты өлшеу арқылы жұмыс істейді. Уақытты өлшеу ағынның жылдамдығын, демек, отын шығынын анықтауға мүмкіндік береді. Ультрадыбыстық отын өлшегіштері өлшеу дәлдігі жоғары және отынның әртүрлі түрлерімен жұмыс істей алады.

Жанармай есептегіштерінің қолдану аясы кең және отынды басқару және басқару жүйелерінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Олар операторлар мен инженерлерге отын тиімділігін бақылауға және талдауға, отын үнемдеуді оңтайландыру және жақсарту бойынша шешімдер қабылдауға және отынға тәуелді жүйелердің қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз етуге көмектеседі [26,27].

## **1.2. Электронды отын өлшегіштері**

Электрондық отын өлшегіштері өткен отынның көлемін немесе массасын өлшеу үшін электронды сенсорларды пайдаланады. «Электрондық отын ағынын өлшеу жүйелері: шолу» мақаласында Дж. Чжан және Д. Цзян (2018) заманауи электронды отын есептегіштеріне, соның ішінде әртүрлі салалардағы технологияларға, жұмыс принциптеріне және қолданбаларына шолу жасайды[19].

Дж.Чжан және Д.Цзян «Электрондық отын шығынын өлшеу жүйелері: шолу» (2018) мақаласында заманауи электронды отын өлшегіштеріне шолу жасайды. Авторлар әртүрлі технологиялар мен электронды отын өлшегіштерінің жұмыс істеу принциптерін, сондай-ақ олардың әртүрлі салаларда қолданылуын қарастырады. Мақалада сонымен қатар электронды отын өлшегіштердің механикалық және отын өлшегіштердің басқа түрлерінен артықшылығы қарастырылады[19].

«Электрондық отын шығынын өлшеу жүйелері: шолу» (2018) мақаласында авторлар Дж.Чжан және Д.Цзян заманауи электронды отын есептегіштеріне толық шолу жасайды. Міне, осы мақалада қарастырылатын негізгі аспектілердің кейбірі:

Электрондық отын өлшегіштердің технологиялары:

Электромагниттік отын өлшегіштері: Бұл отын өлшегіштері отынның өткізгіштігіне жауап беретін электромагниттік сенсорларды пайдаланып отынның көлемін немесе массасын өлшейді.

Жылулық отын өлшегіштері: олар отын ағынынан туындаған жылу ағынының өзгеруін өлшеу үшін термиялық сенсорды пайдаланады.

Coriolis отын өлшегіштері: бұл отын өлшегіштері отынның қисық түтіктер арқылы ағуы кезінде пайда болатын Кориолис күштерінің принципін пайдаланып отынның массалық шығынын өлшейді.

Электрондық отын өлшегіштерінің артықшылықтары:

Өлшеудің жоғары дәлдігі: электронды отын өлшегіштері механикалық отын өлшегіштеріне қарағанда өткен отынның көлемін немесе массасын дәлірек өлшеуді қамтамасыз етеді.

Үлкен динамикалық диапазон: электронды отын өлшегіштері отын шығынының кең ауқымын өлшеуге қабілетті, бұл оларды әртүрлі қолданбалар үшін жан-жақты етеді.

Сыртқы факторлардың әсері аз: Электрондық отын өлшегіштері отын тұтқырлығы немесе сүзгінің ластануы сияқты әртүрлі факторларға аз әсер етеді, сондықтан олар тұрақты және сенімді өлшемдерді қамтамасыз етеді.

Электронды отын өлшегіштерін қолдану:

Электрондық отын өлшегіштері автомобильдерде отын шығынын өлшеу және қозғалтқыштың тиімділігін анықтау үшін кеңінен қолданылады.

Авиацияда электронды отын өлшегіштері отын шығынын дәл өлшеуді және бақылауды қамтамасыз ететін отынды басқару жүйелерінде маңызды рөл атқарады.

Өнеркәсіптік қолданбалар: Электрондық отын өлшегіштері энергетика, мұнай және газ және кеме жасау сияқты әртүрлі салаларда отынды өлшеу және бақылау үшін қолданылады.

Сондай-ақ мақалада коммерциялық қол жетімді электронды отын өлшегіштерінің мысалдары және олардың сипаттамалары, сондай-ақ қазіргі зерттеулерге шолу және электронды отын өлшегіштердің даму тенденциялары берілген.

### **1.3. Жанармайдың дифференциалды өлшегіштері**

Дифференциалды отын өлшегіштері арнайы сенсорлардың көмегімен отын сүзгісіне дейін және одан кейінгі қысымның айырмашылығын өлшейді. «Отын өлшеуге арналған дифференциалды қысымды өлшегіштер: шолу» бөлімінде П. Маурья мен Р. Дубей (2019) дифференциалды қысым өлшегіштерінің әртүрлі түрлеріне, олардың артықшылықтары мен шектеулеріне, сондай-ақ авиация мен автомобиль өнеркәсібінде қолданылуына шолу жасайды [20].

П.Маурья мен Р.Дюбей «Отын өлшеуге арналған дифференциалды қысым шығын өлшегіштері: шолу» (2019) мақаласында дифференциалды қысымды өлшеуіштердің әртүрлі түрлеріне шолу жасайды. Авторлар отын

шығынын өлшеуге арналған дифференциалды отын өлшегіштерінің жұмыс істеу принциптерін және пайдалануын қарастырады [20].

Дифференциалды отын өлшегіштерінің жұмыс принципі:

Қысымды өлшеу: дифференциалды отын өлшегіштері отын шығынын анықтау үшін отын сүзгісіне дейін және одан кейінгі қысымның айырмашылығын пайдаланады. Қысымның өзгеруі отын шығынына байланысты және оны отын көлеміне немесе массасына айналдыруға болады.

Қысым түрлендіргіштері: Арнайы түрлендіргіштер қысымды өлшеу үшін қолданылады, олар диафрагмалар, өзектер немесе капиллярлар сияқты әртүрлі принциптерге негізделуі мүмкін.

### **Дифференциалды отын өлшегіштерінің түрлері**

Орфтық тақталар: орфикалық тақталар - отын ағып жатқанда қысымның өзгеруін тудыратын түтіктегі тығын немесе дифференциал.

Құйынды отын өлшегіштері: құйынды отын өлшегіштері ағынды өлшеу үшін отын ағынында пайда болатын құйындыларды пайдаланады.

Құйынды ток отын өлшегіштері: құйынды ток отын өлшегіштері отын шығынын өлшеу үшін құйынды токтар мен Карман эффектісін пайдаланады.

Дифференциалды отын өлшегіштерін қолдану:

Автокөлік: дифференциалды отын өлшегіштері автомобильдерде отын шығынын өлшеу және қозғалтқыш жұмысын оңтайландыру үшін кеңінен қолданылады.

Авиация: Авиацияда дифференциалды отын есептегіштері отынды басқару жүйелерінде маңызды рөл атқарады және ағынды дәл өлшеуді қамтамасыз етеді.

«Отынды өлшеуге арналған дифференциалды қысымды өлшеуіштер: шолу» (2019) мақаласында авторлар П.Маурья мен Р.Дюбей дифференциалды қысымды өлшеу технологиясына және оларды отын шығынын өлшеуде қолдануға бағытталған дифференциалды қысым өлшегіштеріне толығырақ шолу жасайды. жүйелер. Осы мақалада қарастырылатын кейбір қосымша аспектілер:

Дифференциалды отын өлшегіштерінің артықшылықтары

Қарапайымдылық және сенімділік: Дифференциалды отын өлшегіштері әдетте қарапайым дизайнға ие, бұл оларды пайдалану және күту үшін сенімді етеді.

Кең өлшем диапазоны: дифференциалды отын өлшегіштері төмен және жоғары отын шығынын өлшеуге қабілетті, бұл оларды әртүрлі қолданбалар үшін жан-жақты етеді.

Ластануға төзімділік: дифференциалды отын өлшегіштерінің бітелу және зақымдалу ықтималдығы аз, себебі негізгі өлшем дифференциалды қысымға негізделген.

Дифференциалды отын өлшегіштердің технологиялары мен конструкциялары:

Орфикалық пластиналы дифференциалды отын өлшегіштері: бұл отын өлшегіштері қысымның өзгеруін тудыратын және отын шығынын өлшеуге

мүмкіндік беретін арнайы тақталарды немесе дифференциалды түтіктерді орнатуға негізделген.

Айналымды сенсордың дифференциалды отын көрсеткіштері: бұл отын өлшегіштері отын ағынында пайда болатын құйындыларды анықтау үшін арнайы сенсорларды пайдаланады. Қысым айырмашылығын өлшеу құйындылардың пайда болуымен және өзара әрекеттесуімен байланысты, бұл отын шығынын анықтауға мүмкіндік береді.

Құйынды ток сенсорлары бар дифференциалды отын өлшегіштері: Бұл отын өлшегіштері отын шығынын дәлірек өлшеу үшін құйынды ток датчиктері мен Карман эффектісін біріктіреді.

Әр түрлі салаларда дифференциалды отын өлшегіштерін қолдану:

Дифференциалды отын өлшегіштері автомобильдерде отын шығынын өлшеу және қозғалтқыштың оңтайлы жұмысын қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылады.

Авиацияда дифференциалды отын өлшегіштері отынды басқару жүйелерінде маңызды рөл атқарады, дәл ағынды өлшеуді және отынды басқаруды қамтамасыз етеді.

Мақалада сондай-ақ коммерциялық қол жетімді дифференциалды отын өлшегіштеріне шолу жасалады және осы саладағы кейбір зерттеулер мен әзірлемелер талқыланады.

### **1.3.1. Ультрадыбыстық отын өлшегіштері**

Ультрадыбыстық отын өлшегіштері отынның шығынын өлшеу үшін Доплер эффектісі принципін пайдаланады. «Ультрадыбыстық шығын өлшегіштер: кешенді шолуда» С. Сингх пен С. Джейн (2017) жұмыс принциптерін, сенсор түрлерін және қолданбаларын сипаттайтын ультрадыбыстық шығын өлшегіштерге шолу жасайды [21].

«Ультрадыбыстық отын шығын өлшегіштері: шолуда» (2020) А. Шарма, В. Кумар және С. Мишра ультрадыбыстық отын шығын өлшегіштеріне шолу жасайды. Олар ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің жұмыс принциптерін және олардың отын шығынын өлшеуде қолданылуын қарастырады [30].

Ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің жұмыс принципі

Ұшу уақытын өлшеу: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері отын ағыны арқылы жүру үшін ультрадыбыстық сигнал алу уақытын өлшейді. Сигналдың ұшу уақытын өлшеу отын шығынын анықтауға мүмкіндік береді.

Доплер эффектісі: Кейбір ультрадыбыстық отын өлшегіштері жылжымалы отын ағынынан шашыраған немесе шағылысқан кезде ультрадыбыстық сигнал жиілігінің өзгеруіне негізделген Доплер эффектісі принципін пайдаланады. Ол сондай-ақ ағынның жылдамдығын және отын шығынын анықтауға көмектеседі.

Ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің артықшылықтары

Байланыссыз өлшеу: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері отынмен тікелей жанасуды қажет етпейді, бұл датчиктердің ластануын немесе коррозиясын болдырмайды және ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз етеді.

Жоғары дәлдік пен тұрақтылық: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері ұзақ жұмыс кезеңінде жоғары өлшеу дәлдігі мен тұрақтылығына ие.

Өлшеудің кең диапазоны: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері отынның төмен және жоғары шығынын өлшеуге, сондай-ақ отынның әртүрлі түрлерімен жұмыс істеуге қабілетті.

Ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің қолданылуы:

Ультрадыбыстық деңгей өлшегіштер цистерналардағы, контейнерлердегі және басқа ыдыстардағы сұйықтықтардың немесе сусымалы материалдардың деңгейін өлшеуге арналған кең таралған және тиімді құрал болып табылады. Олар ультрадыбыстық толқындарды шағылыстыру және тіркеу принципін қолдануға негізделген.

Ультрадыбыстық деңгей өлшегіштердің жұмыс істеу принципі эмитенттің өлшенетін заттың бетіне қарай ультрадыбыстық сигнал жіберуіне және қабылдағыштың шағылған сигналды кейіннен тіркеуіне негізделген. Шағылысқан сигналды жіберу мен қабылдау арасындағы уақыт айырмашылығы деңгей өлшегіштен заттың бетіне дейінгі қашықтықты, демек, заттың өзінің деңгейін анықтауға мүмкіндік береді.

Ультрадыбыстық деңгей таратқыштың негізгі компоненттеріне мыналар жатады:

1. Эмитент (таратқыш): Бұл ультрадыбыстық толқындарды тудыратын және оларды заттың бетіне бағыттайтын құрылғы. Эмитент пьезоэлектрлік элемент немесе түрлендіргіштің басқа түрі түрінде жасалуы мүмкін.

2. Қабылдағыш: Бұл шағылған ультрадыбыстық сигналды қабылдайтын құрылғы. Қабылдағыш сонымен қатар пьезоэлектрлік элемент немесе ультрадыбыстық толқындарды электрлік сигналға түрлендіруге қабілетті басқа құрылғы болуы мүмкін. Электрондық сигналды өңдеу тақтасы: Қабылдағыштан алынған электрлік сигнал электронды өңдеу тақтасына беріледі, онда мәліметтер талданады және түсіндіріледі. Мұнда сигналды жіберу мен қабылдау арасындағы кешігу уақыты есептеледі, сонымен қатар бұл ақпаратты деңгей бірліктеріне түрлендіру жүргізіледі. Дисплей немесе индикаторлар: Өлшеу нәтижелері дисплейде немесе индикаторларда көрсетіледі, бұл операторларға резервуардағы немесе контейнердегі заттың ағымдағы деңгейін бақылауға мүмкіндік береді.

Ультрадыбыстық деңгей таратқыштарының бірқатар артықшылығы бар, мысалы, өлшеудің жоғары дәлдігі, заттардың әртүрлі түрлерімен, соның ішінде сұйықтықтармен және сусымалы материалдармен жұмыс істеу мүмкіндігі, сондай-ақ өлшенетін затпен жанасудың болмауы, ластану немесе ластану қаупін болдырмайды. коррозия.

Дегенмен, ультрадыбыстық деңгей таратқыштарының өнімділігіне өлшенетін ортаның құрамы мен тығыздығы, ортада кедергілердің немесе көпіршіктердің болуы және қоршаған орта жағдайлары сияқты бірқатар факторлар әсер етуі мүмкін екенін атап өткен жөн.



Ультрадыбыстық деңгей өлшегіштердің бірқатар артықшылықтары мен ерекшеліктері бар, бұл оларды әртүрлі салаларда және ғылыми зерттеулерде кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Міне, олар туралы қосымша ақпарат:

1. Өлшеудің жоғары дәлдігі: ультрадыбыстық деңгей өлшегіштері жоғары деңгейдегі өлшеу дәлдігін қамтамасыз етеді. Олар миллиметрге дейін деңгейді анықтауға қабілетті, бұл оларды деңгейді дәл бақылауды қажет ететін қолданбаларда пайдалы етеді. Байланыссыз өлшеу: Ультрадыбыстық деңгей таратқыштардың негізгі артықшылықтарының бірі олардың өлшенетін затпен байланыссыз жұмыс істеу қабілеті болып табылады. Бұл құрылғының ластану немесе коррозия қаупін болдырмайды және беріктік пен сенімді өнімділікті қамтамасыз етеді. Кең өлшем диапазоны: ультрадыбыстық деңгей өлшегіштері сұйық және сусымалы материалдардың деңгейін өлшей алады. Оларды судың, мұнайдың, химиялық ерітінділердің, дән немесе ұнтақ сияқты сусымалы материалдардың және тұтқыр заттардың деңгейін өлшеу үшін пайдалануға болады. Орнату және пайдалану оңай: ультрадыбыстық деңгей өлшегіштерді орнату және пайдалану оңай. Олар әдетте өлшемі бойынша ықшам және қосымша компоненттердің ең аз санын қажет етеді. Сонымен қатар, оларды процесті автоматтандыру және басқару жүйелеріне оңай біріктіруге болады.

Қоршаған ортаға төзімділік: Ультрадыбыстық деңгейдегі таратқыштар қоршаған орта жағдайларының кең ауқымында жұмыс істей алады. Олар әдетте ылғалға, шаңға, агрессивті химиялық ортаға, сондай-ақ жоғары және төмен температураларға төзімді.

2. Көп өлшемді өлшеу мүмкіндігі: Кейбір ультрадыбыстық деңгей таратқыштарының көп өлшемді мүмкіндігі бар, яғни бір резервуардағы бірнеше сұйықтықтардың немесе материалдардың деңгейін өлшеу. Бұл әсіресе бірнеше ортаны бір уақытта бақылауды қажет ететін жүйелерде пайдалы.

3. Басқа жүйелермен интеграция: Ультрадыбыстық деңгей өлшегіштері процесті автоматты басқару жүйелері немесе инвентарлық бақылау және басқару жүйелері сияқты басқа бақылау және басқару жүйелерімен оңай біріктірілуі мүмкін. Бұл деңгейді тиімдірек және автоматтандырылған басқаруды қамтамасыз етеді.

Ультрадыбыстық деңгей таратқыштары әртүрлі қолданбаларда зат деңгейін бақылауға және бақылауға арналған сенімді, дәл және пайдаланушыға ыңғайлы құралдар болып табылады. Олардың кең ауқымды функционалдығы және басқа жүйелермен біріктіру мүмкіндігі оларды өнеркәсіпте, зерттеулерде және деңгейді бақылау процестің маңызды аспектісі болып табылатын басқа қолданбаларда танымал етеді.

Жалпы алғанда, ультрадыбыстық деңгей таратқыштары әртүрлі өнеркәсіптік және коммерциялық қолданбаларда деңгейді бақылау және бақылаудың маңызды құралы болып табылады. Оларды пайдалану қорларды тиімді басқаруға, материалдың толып кетуін немесе тапшылығын болдырмауға мүмкіндік береді, сақтау және тасымалдау процестерінің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттырады.

Автокөлік: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері дәл отын шығынын өлшеу және қозғалтқыш жұмысын оңтайландыру үшін автомобильдерде кеңінен қолданылады.

Теміржол өнеркәсібі: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері теміржол вокзалдары мен пойыздардағы отынды өлшеу және басқару жүйелерінде қолданылады.

Өнеркәсіптік қолданбалар: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері энергетика, мұнай және газ және теңіз сияқты әртүрлі салаларда да қолданылады.

«Ультрадыбыстық отын шығын өлшегіштері: шолу» (2020) мақаласында келтірілген алдыңғы шолуға қосымша, авторлар А. Шарма, В. Кумар және С. Мишра ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің кейбір қосымша аспектілерін қарастырады:

Ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің әртүрлі түрлері:

Кірістірілген жанармай есептегіштері: Бұл жанармай есептегіштері тікелей жанармай құбырына орнатылады және нақты уақыт режимінде отын шығынын өлшейді. Олар көбінесе автомобиль өнеркәсібінде және басқа мобильді қосымшаларда қолданылады.

Суасты (қосылатын) отын өлшегіштері: Бұл отын өлшегіштері жанармай бағының немесе резервуардың ішіне орнатылады және отын деңгейі мен шығынын өлшейді. Олар стационарлық жүйелерде және ірі өндірістерде кеңінен қолданылады.

Инвазивті емес (қысқыш) жанармай өлшегіштері: бұл отын өлшегіштері отын желісінің сыртқы бетіне бекітіліп, жүйеге енбей отын шығынын өлшей алады. Оларды орнату және жөндеу оңай, өйткені олар отын жүйесінің үзілістерін қажет етпейді.

Өлшеу дәлдігіне әсер ететін факторлар:

Температураның әсерлері: Температураның өзгеруі отындағы дыбыс жылдамдығына, демек, өлшеу дәлдігіне әсер етуі мүмкін. Ультрадыбыстық отын өлшегіштері осы температура өзгерістерін есепке алу үшін реттелуі немесе өтелуі керек.

Ластаушы заттар мен ауа көпіршіктері: жанармайдағы ластаушы заттардың немесе ауа көпіршіктерінің болуы ультрадыбыстық сигналдың берілуіне, демек, өлшеу дәлдігіне әсер етуі мүмкін. Өлшеудің жоғары дәлдігіне жету үшін тиімді сүзгілеу және отыннан көпіршіктерді жою қажет.

Отынның тұтқырлығы және құрамы: Отынның тұтқырлығы мен құрамы дыбыс жылдамдығына және ультрадыбыстық сигналдың дисперсиясына әсер етуі мүмкін. Ультрадыбыстық отын өлшегішін таңдағанда, отынның параметрлерін және оның құрылымымен үйлесімділігін ескеру қажет.

Даму және перспективалар:

Миниатюризация және ұтқырлық: Қазіргі ультрадыбыстық отын өлшегіштері барған сайын жинақы және портативті болып келеді, бұл дрондар немесе портативті генераторлар сияқты мобильді қосымшалар үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Қосымша сенсорларды пайдалану: ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің өлшеу дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін, температура сенсорлары немесе қысым сенсорлары сияқты қоршаған ортаға ықтимал әсерлердің орнын толтыру үшін қосымша сенсорларды пайдалануға болады.

Сандық жүйелермен интеграция: Ультрадыбыстық отын өлшегіштерін сандық басқару жүйелерімен біріктіру мүмкіндігі тиімдірек басқару мен оңтайландыруды қамтамасыз ете отырып, отын шығынын бақылау мен бақылауды автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Жанармай өлшеуіштері саласындағы зерттеулер

#### **1.4. Нанобөлшектерді қолдану бойынша зерттеулер:**

М.Рахман мен З.Ахмедтің (2019) «Отын ағынын өлшеуде нанобөлшектерді қолдану» зерттеуі өлшеу дәлдігін жақсарту және фильтрдің ластануы немесе жанармайдың өзгеруі сияқты әртүрлі факторлардың әсерін азайту үшін отын өлшегіштерінде нанобөлшектерді пайдалану әлеуетін зерттейді тығыздығы[22].

Экологиялық және энергия үнемдеу жүйелерінде отын өлшегіштерін қолдану:

Қазіргі заманғы отын есептегіштері отын шығынын дәл өлшеу негізгі рөл атқаратын экологиялық және энергияны үнемдейтін жүйелерде кеңінен қолданылады. Кейбір қолданба мысалдары мыналарды қамтиды:

Гибридті және электрлі көліктер: Жанармай өлшегіштері гибридті көліктерде отын шығынын өлшеу үшін пайдаланылады, онда отын тиімділігі маңызды мәселе болып табылады. Дәл өлшемдер жоғары энергия тиімділігін қамтамасыз ете отырып, электр және қозғалтқыш режимдерінің жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Баламалы және жаңартылатын энергия көздері: Жанармай есептегіштері биогаз, биодизель, газ және сутегі сияқты баламалы және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану кезінде отын шығынын өлшеу үшін қолданылады. Бұл осы энергия көздерін пайдаланумен байланысты процестердің тиімділігін бақылауға және оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Күн және жел электр станциялары: Күн және жел энергиясы жүйелерінде отын өлшегіштері отын шығынын өлшеу үшін, мысалы, резервтік генераторларды немесе резервтік энергия сақтау жүйелерін қуаттандыру үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл отын шығынын бақылауға және азайтуға көмектеседі, бұл қоршаған ортаға әсерді азайтуға көмектеседі.

Ғимараттың энергетикалық жүйелері: коммерциялық және тұрғын үй ғимараттарында отын есептегіштері жылу, ауа баптау және ыстық су жүйелерінде отын шығынын бақылау үшін қолданылады. Дәл өлшемдер энергияны үнемдейтін процестерді тиімді басқаруға және шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

Осы жүйелерге отын өлшегіштерін енгізу энергия тиімділігін арттыруға, шығарындыларды азайтуға және қоршаған ортаны қорғауды білуге ықпал

етеді, бұл қазіргі заманғы экологиялық және энергия үнемдеу тәжірибесінің маңызды аспектісі болып табылады.

Сонымен қатар, жанармай өлшеуіштерінің әдебиеттерде зерттелген және талқыланған бірқатар қосымша аспектілері мен технологиялық әзірлемелері бар:

Бірнеше сенсорларды пайдалану: Кейбір зерттеулер отын шығынын дәлірек өлшеу үшін бірнеше сенсорларды пайдалануды қарастырады. Бұл отынның температурасы, қысымы және тұтқырлығы сияқты әртүрлі факторларды есепке алуға, сондай-ақ мүмкін болатын өлшеу қателіктерін өтеуге мүмкіндік береді.

Басқару жүйелерімен интеграция: Жанармай есептегіштерін бақылау және бақылау жүйелерімен біріктіруге болады, бұл отын шығынын бақылау процестерін автоматтандыруға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе отын ресурстарын тиімді басқару маңызды болып табылатын коммерциялық және өнеркәсіптік қолданбаларда пайдалы болуы мүмкін.

Сымсыз байланыс технологиялары: Сымсыз байланыс технологияларының дамуымен отын өлшегіштерін қашықтан бақылау және басқару мүмкін болады. Бұл жүйелік операторларға нақты уақыт режимінде отын тұтыну деректерін алуға, сондай-ақ отын жүйелерін қашықтан конфигурациялауға және бақылауға мүмкіндік береді.

Дірілге және қоршаған ортаға төзімділік: Қатты ортада пайдалануға арналған отын өлшегіштері дірілге, соққыға және қатал орталарға төзімді болуы керек. Әдебиеттерде олардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін осындай факторларды ескере отырып, отын өлшегіштердің конструкциясын әзірлеу және оңтайландыру бойынша зерттеулер бар.

Микроэлектрондық құрылғылардың дамуы: Микроэлектроника мен микрожүйелік технологиялардың дамуымен ықшам және жоғары өнімді отын өлшегіштерін дамыту үшін жаңа мүмкіндіктер пайда болады. Кейбір зерттеулер сенсорлардың функцияларын, аналогты және цифрлық сигналдарды бір құрылғыда өңдеуді біріктіретін интеграцияланған микрочиптерді дамытуға бағытталған.

### **1.5. Жасанды интеллектті қолдану бойынша зерттеулер**

«Отын ағынын өлшеуге арналған жасанды интеллект әдістері: шолу» бөлімінде С. Гупта және В. Кумар (2020) отын өлшегіштерінің тиімділігі мен дәлдігін жақсарту үшін нейрондық желілер және генетикалық алгоритмдер сияқты жасанды интеллект әдістерін қолдануды қарастырады [23].

Жанармай өлшеуіштері отынды есепке алу және бақылау жүйесінде маңызды рөл атқарады. Бұл әдебиеттік шолуда отын өлшегіштерін пайдаланудың әртүрлі технологиялары мен әдістері, сонымен қатар осы салада жүргізілген зерттеулер қарастырылды. Одан әрі зерттеулер мен әзірлемелер дәлірек, сенімді және тиімді отын өлшегіштеріне әкелуі мүмкін, бұл энергия тиімділігі мен ресурстарды үнемдеуге оң әсер етеді.

Жанармай есептегіштері жанармай шығынын дәл өлшеу және отынды басқару маңызды болып табылатын авиация өнеркәсібінде өте маңызды. Әдебиетте жанармай өлшеуіштерін авиация саласында қолдануға қатысты зерттеулер мен әзірлемелер бар:

Ультрадыбыстық отын өлшегіштері: Ультрадыбыстық отын өлшегіштері жоғары дәлдігі мен сенімділігіне байланысты авиация өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Олар нақты уақыт режимінде жанармай шығынын өлшей алады және ұшқыштар мен инженерлерге ұшу кезінде отынды пайдалануды бақылауға және оңтайландыруға мүмкіндік беретін жылдам кері байланысты қамтамасыз етеді.

Жанармайды басқару: Отын өлшегіштері авиациялық жүйелерде отын шығынын тиімді басқару үшін қолданылады. Олар ұшудың әртүрлі кезеңдерінде отын шығыны туралы ақпарат береді, бұл жанармай құюды жоспарлауды оңтайландыруға, отын үнемдеуді талдауға және ұшу тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Бақылау және диагностика: Бақылау және диагностикалық функциялары бар отын өлшегіштері отын параметрлерін үздіксіз бақылауды және мүмкін болатын ақауларды анықтауды қамтамасыз ете алады. Бұл операторлар мен техникалық қызмет көрсету персоналына апаттардың алдын алу және ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша уақтылы шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

Авионикалық интеграция: жанармай өлшеуіштерін отынды басқару және бақылау процестерін автоматтандыру үшін авионикалық және басқа авионикалық жүйелермен біріктіруге болады. Олар жанармай шығыны туралы деректерді тікелей кабинаға немесе басқару жүйелеріне жібере алады, бұл шешім қабылдауды жеңілдетеді және жоғары дәлдік пен сенімді өлшеулерді қамтамасыз етеді.

Жаңа технологияларды дамыту: Әдебиетте авиация өнеркәсібіне арналған жанармай өлшеуіштерінің жаңа технологиялары мен әзірлемелері де талқыланады. Бұл өлшеу дәлдігін жақсарту үшін оптикалық, сыйымдылық және басқа да сенсорлардың түрлерін пайдалану, қашықтан бақылау үшін сымсыз байланыс жүйелерін дамыту және отын өлшегіш деректерін талдау мен өңдеудің жаңа тәсілдерін қамтиды.

Жанармай өлшегіштері авиация өнеркәсібінің қауіпсіздігін, тиімділігін және отын үнемдеуінде шешуші рөл атқарады. Осы саладағы зерттеулер мен әзірлемелер отын өлшегіштерінің функционалдығын, сенімділігін және авиациялық жүйелерге интеграциясын жақсартуды жалғастыруда.

Мұнда авиациялық индустриядағы жанармай өлшеуіштері тақырыбы туралы қосымша ақпарат берілген:

1. Үлкен ұшақ жанармай есептегіштері: Ірі коммерциялық ұшақтар күрделі отын жабдықтарының жүйелеріне ие және дәлірек және сенімді жанармай есептегіштерін қажет етеді. Әдебиеттер отын шығынының жоғары жылдамдығын өңдеуге және экстремалды жағдайларда жұмыс істеуге

кабілетті ультрадыбыстық және электромагниттік отын шығынын өлшегіштерді қолдануды зерттейді.

2. Ұшқышсыз ұшу аппараттарына (ұшқышсыз ұшу аппараттарына) арналған жанармай есептегіштері: ұшқышсыз ұшу аппараттарының дамуы шағын дрондарға орнатылатын миниатюралық және жеңіл жанармай есептегіштерінің қажеттілігіне әкелді. Зерттеушілер шағын көлемде отын шығынын дәл өлшеуді қамтамасыз ететін ықшам және энергияны үнемдейтін отын шығынын өлшегіштерді әзірлеу үстінде.

3. Ұшу кезінде отынды басқару: Ұшу кезінде отынды тиімді басқару авиация саласы үшін маңызды мәселе болып табылады. Зерттеушілер отын шығынын оңтайлы жоспарлау және басқару алгоритмдерін әзірлеу үшін отын шығынын өлшегіштерден алынған мәліметтерді пайдалану мүмкіндіктерін зерттеп жатыр. Бұған ең жақсы ұшу бағыттарын анықтау, ең жақсы қозғалтқыш режимдерін таңдау және жанармай құю уақытын оңтайландыру кіреді.

4. Жанармай жүйесінің күйін бақылау: Отын өлшегіштері ұшақтың жанармай жүйесінің күйін бақылау үшін де қолданылады. Олар жанармайдың ағуын, қысым мен температураның өзгеруін және ұшу қауіпсіздігіне әсер етуі мүмкін басқа да ақауларды анықтай алады. Бұл жүйелік операторларға жазатайым оқиғалардың алдын алу және профилактикалық қызмет көрсету бойынша шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.

5. Әуедегі деректерді өңдеу жүйелері: Қазіргі авиациялық жанармай өлшегіштері әдетте отын шығыны туралы ақпаратты жинайтын, сақтайтын және талдайтын борттық деректерді өңдеу жүйелерімен жабдықталған. Бұл отынды пайдалануды егжей-тегжейлі талдауға, отын тиімділігіне әсер ететін факторларды анықтауға және отын үнемдеу стратегиясын әзірлеуге мүмкіндік береді[24,25].

FSUE GosNII GA жүйелі тәсілге сүйене отырып, авиациялық қозғалтқыштарды ұшу-техникалық пайдалану кезінде жанармай мен майды тұтыну параметрлерін бақылау және өлшеу процестеріне талдау жасады және әуе көлігінде осы саладағы өлшемдердің біркелкілігін қамтамасыз ету мәселелерін зерттеді (АТ). Ұшу кезіндегі резервті, сағаттық (лездік) жалпы отын шығынын аспаптық бақылаудың негізгі бағыттарына мыналар жатады: а) әуе кемесінің бортында басқару (АС) – әуе кемесінің отын жүйесіне кіретін стандартты борттық жабдықты пайдалану; б) техникалық қызмет көрсету және жөндеу кезінде параметрлерді тіркеудің борттық жүйесіне кіру; в) борттық жабдықты жердегі зертханалық тексерулер (арнайы өлшеу құралдарын пайдалана отырып – бақылау-сынау жабдығы деп аталатын); г) күрделі жөндеуден өткен қозғалтқыштардың отын мен май шығынын бақылау – қозғалтқыш сынау станцияларының стенділерін тұтынуға арналған өлшеу каналдарын қолдану арқылы (МИС). Бұл жағдайда негізгі бақыланатын шамалар саны мен шығыны және айдау болып табылады[1].

Ұшу кезінде әуе кемелерінің қозғалтқыштарының қорын (санын) және отын шығынын бақылау үшін әуе кемелерінің әрбір түрі үшін жеке борттық

басқару құралдары қолданылады. Олардың дизайнында бекітілген физикалық принциптерге сәйкес, олар әдетте:

- 1) қалқымалы отын өлшегіштері;
- 2) сыйымдылық отын өлшегіштері;
- 3) турбиналық шығын өлшегіштер

Қалқымалы отын өлшегіштерінің әдістемелік қателеріне мыналар жатады:

а) әуе кемесінің бойлық және көлденең еңістері бар резервуардағы жанармай күйінің өзгеруінен және әуе кемесінің бойлық және көлденең үдеулерімен қозғалуынан туындаған қателер;

б) температураның отын деңгейіне әсерінен туындаған қателер (отынның көлемдік кеңею коэффициенті бойынша);

в) құрылғыны жобалау кезінде жасалған жуықтауларға байланысты қателер (атап айтқанда, реостаттардың сипаттамаларын жақындату және т.б.).

Ан-148-100 ұшағында орнатылған SUIT-148 [2] отынды бақылау және өлшеу жүйесі мыналарға арналған:

- әрбір резервуардағы жанармай қорын және ұшудағы жалпы отын қорын әрбір қозғалтқыш үшін бөлек өлшеу;

- жанармай құю панеліндегі көрсеткіштер бойынша жердегі әрбір бактағы жанармайдың мөлшерін өлшеу;

- борттық компьютерде және авариялық регистрде әуе кемесіндегі жанармайдың жалпы мөлшері туралы ақпаратты беру;

- жерге СО-72М транспондер арқылы ұшақтағы жанармайдың жалпы мөлшері туралы сигналдарды беру;

- отын шығынының тәртібін автоматты басқару жүйесіне сигналдар беру және отынның резервтік балансына сигнал беру;

- толтыру және негізгі клапандарды жабу үшін автоматты басқару жүйесіне сигналдар беру.

1. Жүйелі көзқарас негізінде резервтік және отын шығыны (сағаттық және лездік), мұнайды тұтыну және айдау [6] параметрлерін бақылауға және өлшеуге байланысты әуе кемесіндегі авиация қызметінің құрылымы ұсынылған, оның талдауы жасалған. жүргізіліп, отын шығыны параметрлерінің өлшем бірлігін қамтамасыз ету мәселелері қарастырылды және майлар.

2. ТҚК кәсіпорындарының метрологиялық қызметтерінде отын мен майды тұтынуға арналған арнайы өлшеу құралдарын калибрлеу кезінде мемлекеттік салыстырып тексеру сұлбаларымен байланысты қамтамасыз ету үшін МБЖ өндірушілері де әзірлеген МБЖ әрбір түрі үшін метрологиялық қызмет көрсетудің жеке әдістері қолданылады. Федералдық мемлекеттік унитарлық кәсіпорын ГосНИИГА.

Жанармай деңгейін өлшеу және бақылау әдетте коммерциялық есепте қолданылады және кез келген маңызды қате кәсіпорынға елеулі зиян келтіруі мүмкін. Сондай-ақ, деңгейді бақылау қауіпсіздік мақсатында жүргізілуі керек, өйткені ашық резервуарларды есептелген сыйымдылықтан артық толтыру

қауіпсіздікке қауіп төндіреді және қоршаған ортаға теріс әсер ететін мұнайдың жағымсыз төгілуіне әкелуі мүмкін [7–9].

Егер дұрыс калибрлер орнатылса және дұрыс күтім жасалса, кемеді электр энергиясын өндіру және тұтыну тиімділігі, отын мен кемені пайдалану шығындарын азайту, қозғалтқыштардың ақаусыз жұмысын қамтамасыз ету, кеме және жүк қауіпсіздігін арттыру сияқты төмендегілерді айтарлықтай жақсартуға болады. , және кеменің тиімділігін пайдалану [10, 11].

Мұнай және мұнай өнімдерінің массасын өлшеу әдістеріне қойылатын жалпы талаптар ГОСТ 8.587-2019 реттеледі. Бұл стандартқа сәйкес өлшеу әдістерінің екі түрі бар: тікелей және жанама. Бұл әдістердің әрқайсысы динамикалық және статикалық болып екіге бөлінеді [12–14].

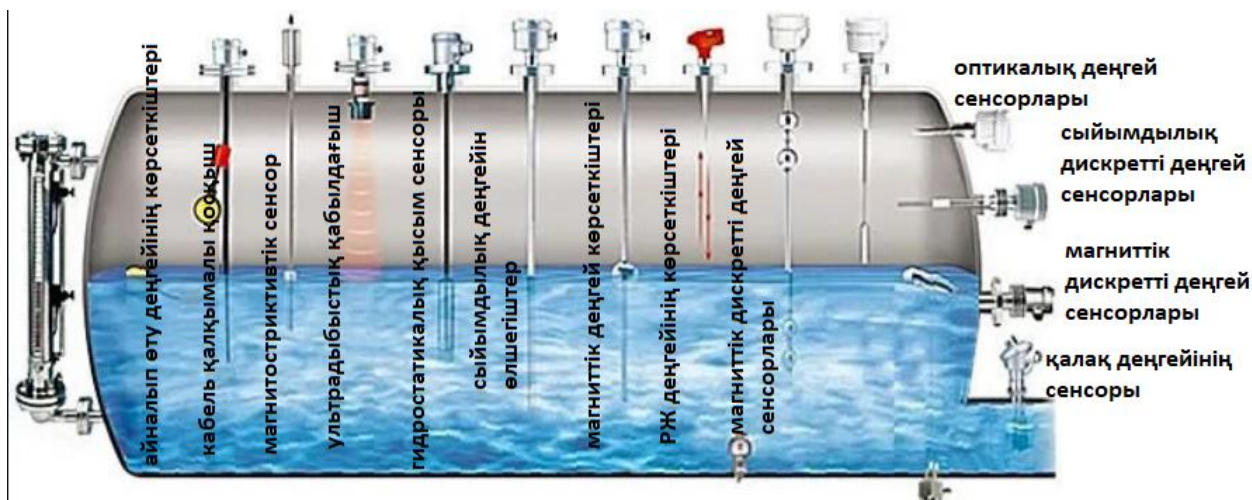
Техникалық пайдалану тұрғысынан ең оңтайлы нұсқа қалтқы, көрнекі және акустикалық деңгей өлшегіштерін пайдалану болып табылады. Қосымша, резервтік опция ретінде сұйықтық деңгейін өлшеудің және бақылаудың визуалды әдісін қолданған жөн. Кеме цистерналарындағы жанармай деңгейін өлшеу мен бақылаудың автоматтандырылған жүйелерін әзірлеу кезінде жұмыс датчигі ретінде қалтқы және ультрадыбыстық деңгей өлшегіштерді қолданған жөн. Кеме цистерналарындағы жанармай деңгейін өлшеу және бақылау жүйесін автоматтандыру мүмкіндігі қарастырылып жатқан өлшеу құралдары үшін маңызды көрсеткіш болып табылады [15]. Ультрадыбыстық деңгейдегі таратқыштардың өнімділік сипаттамаларына ерекше назар аудару керек. Жанар-жағармайдың әртүрлі түрлерінің деңгейін өлшеу және бақылаудың жоғары сенімділігі, өлшеу дәлдігі және әмбебаптығы бұл құрылғыларды кемелер мен кемелерде қолданудың кең перспективасын анықтайды. Осылайша, кеме цистерналарындағы отын деңгейін өлшеу және бақылау міндеті жеткілікті техникалық қолдауға ие. Кеме жағдайында өлшеу жүйелерінің тиімділігін арттыру үшін ұсынылған құрылғыларды сапалы түрде бейімдеу және оларды теңізде пайдалану ерекшеліктерін ескере отырып жобалау қажет. Бұл тәсілді кешенді енгізу теңіз көлігін техникалық пайдаланудың тиімділігін, сенімділігін және қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді [16, 17].



## НЕГІЗГІ БӨЛІМ

### 2.1 Көлемдік принцип

Жанармай өлшегіштерінің жұмысының көлемдік принципі отын жүйесінің белгілі бір бөлігінен өткен отын көлемін өлшеуге негізделген. Бұл үшін отын өлшегішінің нақты орындалуына байланысты көлемді өлшеу датчиктерінің әртүрлі түрлері қолданылады. Көлемді өлшеу сенсорының кең таралған түрлерінің бірі құйынды сенсор болып табылады. Құйынды датчиктер отынның арнайы жасалған құйынды элементі арқылы өткен кезде пайда болатын құйындылардың әсеріне негізделген отын көлемін өлшеу үшін қолданылады. Бұл элемент отын ағынында құйындылардың пайда болуын тудырады және олардың жиілігі немесе амплитудасы сенсор арқылы өткен отын көлемін анықтау үшін қолданылады.



Сурет 2.1 Отын өлшегіш түрлері

Көлемді өлшеу датчиктерінің тағы бір түрі турбиналық сенсорлар болып табылады. Турбиналық сенсорлар отын ағынымен қозғалатын айналмалы элементті (турбинаны) пайдалануға негізделген. Турбина айналу кезінде белгілі бір айналымдар саны жазылады, бұл сенсор арқылы өткен отын мөлшеріне пропорционалды. Флоат датчиктер отынның көлемдік өлшеуі үшін де қолданылады. Олар резервуардағы жанармайдың бетінде қалқып тұратын қалтқыларды пайдаланады. Жанармай деңгейі өзгерген кезде қалтқы қозғалады және жанармай көлеміне түрленетін сәйкес сигналды

жібереді. Жанармай шығынын дәлірек өлшеу және отын өлшегіштерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін отын температурасы, тығыздығы және қысымы сияқты факторларды ескеретін өтемақы әдістері жиі қолданылады.

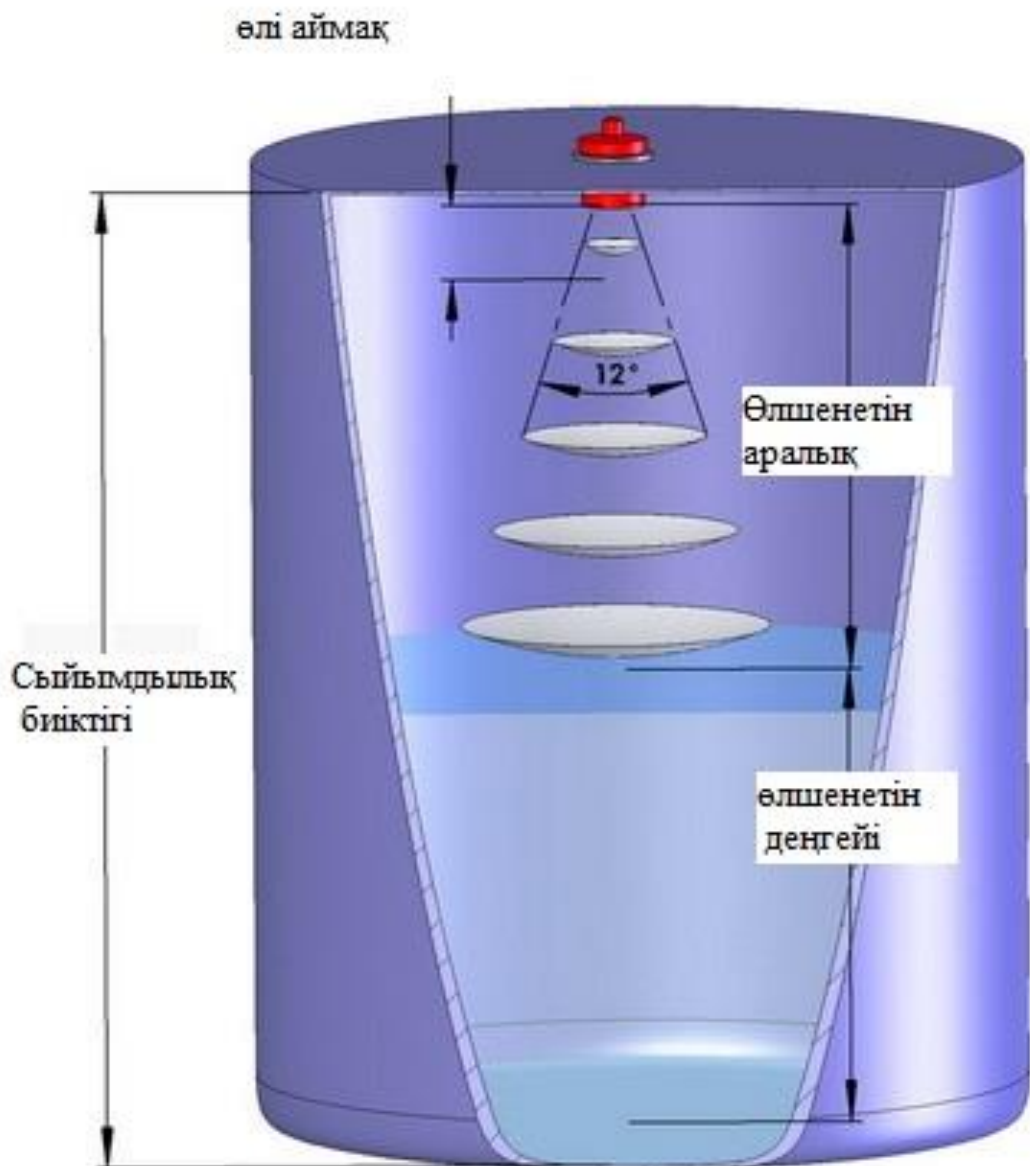
Жанармай өлшеуіштерінің жұмысының көлемдік принципі кеңінен қолданылады және оның конструкциясының салыстырмалы қарапайымдылығы, жақсы өлшеу дәлдігі және сенімділігі сияқты артықшылықтары бар. Дегенмен, ол құйынды әсерлердің ықтималдығына, ластаушы заттардың әсері мен отынның біркелкі болмауына, сондай-ақ сенсорларды орнатуға арналған кеңістік талаптарына байланысты кейбір шектеулерге ұшырауы мүмкін.

Нәтижесінде отын өлшегіштерінің көлемдік жұмыс принципі жанармай көлемін жеткілікті дәл және сенімді өлшеуді қамтамасыз етеді, бұл әуе кемелерін тиімді және қауіпсіз пайдаланудың маңызды факторы болып табылады.

### **Ультрадыбыстық принцип**

Жанармай өлшегіштерінің ультрадыбыстық жұмыс принципі ағын жылдамдығы немесе тығыздығы сияқты отын қасиеттерін өлшеу үшін ультрадыбыстық толқындарды пайдалануға негізделген. Бұл принцип отын шығынын және резервуарлардағы отын деңгейін дәл және сенімді өлшеуді қамтамасыз етеді.

Ультрадыбыстық принцип бойынша жұмыс істейтін отын өлшегіштер отын ағынының ішінде бір-бірінен белгілі бір қашықтықта орналасқан екі немесе одан да көп ультрадыбыстық сенсорларды пайдаланады. Бір сенсор ультрадыбыстық толқындарды тудырады, ал екіншісі отынмен әрекеттесуден кейін осы толқындардың өзгеруін тіркейді. Ультрадыбыстық толқындардың бір сенсордан екіншісіне өту уақытын өлшеу отынның шығынын анықтауға мүмкіндік береді. Ағын жылдамдығы өзгерген сайын ультрадыбыстық толқындардың жүру уақыты да өзгереді, бұл отын шығынын анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ультрадыбыстық отын өлшегіштері отынның тығыздығын өлшеу үшін ультрадыбыстық толқындардың амплитудасындағы немесе жиілігіндегі өзгерістерді пайдалана алады. Отынның тығыздығы ультрадыбыстың таралу жылдамдығына әсер етеді, сондықтан осы сипаттаманың өзгеруін тығыздықты және сәйкесінше отынның құрамын анықтау үшін пайдалануға болады.



**Сурет 2.2** Ультрадыбыстық отын өлшегіштің жұмыс істеу принципі

Ультрадыбыстық отын өлшегіштерінің артықшылықтарына жоғары өлшеу дәлдігі, электромагниттік өрістерден тәуелсіздік және отын ағынында қозғалатын бөліктердің болмауы жатады. Сонымен қатар, олар жоғары тұрақтылық пен төзімділікке ие. Дегенмен, ультрадыбыстық отын өлшегіштеріне акустикалық шағылыстардан немесе отын жүйесіндегі кедергілерден туындаған шу мен кедергі әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ, отындағы көпіршіктер немесе жоғары температура кезінде өлшеу дәлдігі төмендеуі мүмкін. Тұтастай алғанда, ультрадыбыстық отын өлшегіштері дәл және тиімді шешім болып табылады.

## **Жылулық принцип**

Жанармай өлшеуіштерінің жұмысының жылулық принципі қыздыру элементінен отынға берілетін жылу энергиясының өзгеруін өлшеуге және осы өзгерістерге байланысты отын шығынын анықтауға негізделген. Бұл принцип әуе кемелерінің отын шығынын өлшеуге арналған ең кең таралған қағидалардың бірі болып табылады.

Жылу отын өлшегіштері әдетте қыздыру элементінен және температура сенсорынан тұрады. Қыздыру элементі отын ағынының ішіне орналастырылады және оны белгілі бір температураға дейін қыздырады. Температура сенсоры қыздыру элементінен өткеннен кейін отын температурасының өзгеруін тіркейді. Отын қыздырғыш элемент арқылы өткенде, жылу энергиясы қыздырғыштан отынға беріледі. Температура сенсоры көретін отын температурасының өзгеруі отынға берілетін жылу энергиясының мөлшеріне және демек оны тұтынуға байланысты.

Қыздыру элементіне дейін және одан кейінгі температура айырмашылығын өлшеу отын шығынын анықтауға мүмкіндік береді. Отын шығыны неғұрлым көп болса, соғұрлым жылу энергиясы ағынмен тасымалданады, бұл үлкен температура айырмашылығына әкеледі. Отынның тығыздығы белгілі болған жағдайда отынның массалық және көлемдік шығынын өлшеу үшін жылу отын өлшегіштерін пайдалануға болады. Отынның тығыздығы белгілі бір отын түрі үшін алдын ала анықталуы немесе белгілі болуы мүмкін.

Термиялық отын өлшегіштерінің артықшылығына жоғары өлшеу дәлдігі, ағын жылдамдығының өзгеруіне жылдам жауап беру және салыстырмалы түрде төмен баға жатады. Олар сондай-ақ жанармайдың ластаушы заттарына төзімді болуы мүмкін және жұмыс жағдайларының кең ауқымында үздіксіз жұмысты қамтамасыз етеді.

Дегенмен, жылу отын өлшегіштері температура немесе қысымның өзгеруі сияқты қоршаған орта әсерлеріне сезімтал болуы мүмкін. Сондай-ақ, әртүрлі тығыздықтағы отынның әртүрлі түрлері пайдаланылса, өлшеу дәлдігі шектелуі мүмкін.

Жалпы алғанда, отын өлшегіштерінің жұмысының жылулық принципі жүйені дұрыс конфигурациялау және пайдалану кезінде жеткілікті дәлдік пен сенімділікті қамтамасыз ететін ұшақтардағы отын шығынын өлшеудің тиімді және кеңінен қолданылатын әдісі болып табылады.

### **.3 Әуе кемелеріндегі жанармай өлшеуіштеріне қойылатын талаптар**

Әуе кемелеріне орнатылған отын өлшегіштері қауіпсіз және тиімді жұмысты қамтамасыз ету үшін бірқатар талаптарға сай болуы керек. Әдетте ұшақтардағы жанармай өлшегіштеріне қойылатын негізгі талаптар мыналар:

1. Өлшемдердің дәлдігі: Жанармай өлшегіштері отын шығынын, отын деңгейін және отын жүйесіне қатысты басқа да параметрлерді өлшеуде жоғары дәлдікті қамтамасыз етуі керек. Бұл жанармай шығынын дәл бақылауды

қамтамасыз ету және әуе кемесінің бортында жанармайдың жеткіліксіз немесе артық болуымен байланысты ықтимал проблемаларды болдырмау үшін қажет.



**Сурет 2.3** Қамыс қалқымалы деңгей өлшегіш

2. Сенімділік және ұзақ мерзімділік: Ұшақтың қызмет ету мерзімі ішінде тұрақты өнімділікті қамтамасыз ету үшін жанармай өлшегіштері сенімді және берік болуы керек. Бұл жанармай шығынын дұрыс бағаламауға және ұшу қауіпсіздігіне теріс әсер ететін отынды өлшеудегі қателерді болдырмау үшін маңызды.

3. Жанармай жүйесінің үйлесімділігі: Жанармай өлшеуіштері ұшақтың арнайы отын жүйесімен үйлесімді болуы керек. Бұл отын желілерімен, қосылымдармен, клапандармен және басқа жүйе құрамдас бөліктерімен үйлесімділікті қамтиды. Сонымен қатар, жанармай өлшеуіштері ұшақта қолданылуы мүмкін отынның әртүрлі түрлерін өңдеуге қабілетті болуы керек.

4. Қауіпсіздік стандарттары: Жанармай өлшегіштері реттеуші органдар мен әуе билігі белгілеген барлық қолданыстағы қауіпсіздік стандарттары мен ережелеріне сәйкес келуі керек. Бұған электр қауіпсіздігі, өртке төзімділік, жарылыс қауіпсіздігі саласындағы стандарттар мен талаптарды сақтау және отын өлшегіштерін қауіпсіз пайдалануға қатысты басқа да аспектілер кіреді.

5. Орнату және техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы: Жанармай өлшегіштерін орнату және жөндеу оңай болуы керек. Бұл әуе кемелерінің тоқтап тұруын азайту және қажет болған жағдайда жанармай өлшегіштерін жедел қызмет көрсету және ауыстыруды қамтамасыз ету үшін маңызды.

6. Авиация саласының ережелеріне сәйкестік: Жанармай өлшеуіштері авиация саласында белгіленген талаптар мен стандарттарға сәйкес келуі керек. Бұған Халықаралық азаматтық авиация ұйымы (ИКАО) және авиациялық қауіпсіздікпен және әуе кемелерін дұрыс пайдаланумен айналысатын басқа ұйымдар әзірлеген стандарттар мен нұсқауларды сақтау кіреді.

Осы талаптарды сақтау әуе кемелерінде жанармай өлшеуіштерін сенімді және қауіпсіз пайдалануға мүмкіндік береді, бұл отын жүйесінің тиімді жұмыс істеуін және ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізгі аспектісі болып табылады.

#### **.4 Әуе кемелерінде қолданылатын жанармай өлшеуіштерінің түрлері**

Ұшақтарда кеңінен қолданылатын отын өлшегіштерінің бірнеше түрі бар. Олардың әрқайсысының өзіндік сипаттамалары мен артықшылықтары бар және белгілі бір типті таңдау белгілі бір ұшақтың талаптары мен сипаттамаларына байланысты. Төменде жанармай өлшегіштерінің кейбір кең таралған түрлеріне шолу берілген:

1. Механикалық отын өлшегіштері: Бұл отын шығынын өлшеу үшін механикалық принциптерді пайдаланатын классикалық отын өлшегіштері. Олар әдетте отын ағынының әсерінен айналатын және оның шығынын өлшеуге мүмкіндік беретін берілістерді, роторларды немесе басқа механизмдерді қолдануға негізделген. Механикалық отын өлшегіштері конструкциясы бойынша қарапайым, сенімді және ластануға жақсы төзімді, бірақ олардың өлшеу дәлдігі шектеулі болуы мүмкін.

2. Электромагниттік отын өлшегіштері: Бұл отын өлшегіштері отын шығынын өлшеу үшін электромагниттік индукция принципін пайдаланады. Олар отын ағынына орналастырылған электромагниттік сенсордан және отынның электромагниттік өріс арқылы өтуімен байланысты электр сыйымдылығының немесе индуктивтіліктің өзгеруін өлшейтін ағын сенсорынан тұрады. Электромагниттік отын өлшегіштері өлшеудің жоғары дәлдігін, жұмыс жағдайларының кең ауқымын және ластануға төзімділігін қамтамасыз етеді, бірақ жұмыс істеу үшін электр қуатын қажет етеді.

Электромагниттік деңгей өлшегіштер – ыдыстардағы немесе резервуарлардағы сұйықтықтардың немесе сусымалы материалдардың деңгейін өлшеуге арналған құрылғылар. Олар электромагниттік индукция принципі негізінде жұмыс істейді, мұнда зат деңгейінің өзгеруі электромагниттік өрістің өзгеруіне әкеледі.

Электромагниттік деңгей өлшегіштер екі негізгі компоненттен тұрады: таратқыш және қабылдағыш

Электромагниттік деңгей өлшегіштердің артықшылығына өлшеудің жоғары дәлдігі, өлшенетін ортаның физикалық қасиеттеріне (мысалы, тығыздық немесе температура) тәуелсіздігі, сондай-ақ сұйықтықтардың әртүрлі түрлерімен және сусымалы материалдармен жұмыс істеу мүмкіндігі жатады. Олар өнеркәсіпте, мұнай-газ өнеркәсібінде, химия өнеркәсібінде және резервуарлардағы немесе контейнерлердегі зат деңгейін дәл өлшеу қажет басқа салаларда кеңінен қолданылады.

Электромагниттік деңгей таратқыштарының бірқатар артықшылықтары бар, бұл оларды әртүрлі өнеркәсіптік және коммерциялық қолданбаларда деңгейді өлшеу үшін танымал таңдау жасайды. Электромагниттік деңгей өлшегіштердің негізгі артықшылықтарына мыналар жатады:

1. Өлшеудің жоғары дәлдігі: электромагниттік деңгей өлшегіштер сұйықтықтар немесе сусымалы материалдар үшін жоғары деңгейдегі өлшеу дәлдігіне ие. Олар резервуардағы немесе контейнердегі заттың ағымдағы деңгейі туралы дәл және сенімді деректерді береді. Кең өлшем диапазоны: Электромагниттік деңгей өлшегіштер әртүрлі сұйықтықтар мен сусымалы материалдардың, соның ішінде судың, мұнайдың, химиялық ерітінділердің, құмның, астықтың және т.б. деңгейін өлшеуге қабілетті. Бұл оларды әртүрлі өнеркәсіптік қолданбалар үшін жан-жақты құралдарға айналдырады.

. Ортаның физикалық қасиеттерінен тәуелсіздігі: Электромагниттік деңгей таратқыштары өлшенетін ортаның тығыздығы немесе температурасы сияқты физикалық қасиеттеріне тәуелді емес. Бұл олардың физикалық қасиеттері әртүрлі әртүрлі заттардың деңгейін өлшеу үшін пайдаланылуы мүмкін дегенді білдіреді. Инвазивті емес және сенімді: Электромагниттік деңгей өлшегіштер байланыссыз өлшеу принципі бойынша жұмыс істейді, яғни олар өлшенетін затпен физикалық әрекеттесу қажет емес. Бұл олардың зақымдалу немесе қоршаған ортаның ластану қаупін азайта отырып, сенімді және ұзақ жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Орнату мен пайдаланудың қарапайымдылығы: Электромагниттік деңгей өлшегіштер әдетте дизайны бойынша қарапайым және резервуардың немесе ыдыстың қабырғасына оңай орнатылады. Сондай-ақ олардың қарапайым интерфейсі мен басқару элементтері бар, бұл оларды тіпті тәжірибесіз пайдаланушылар үшін де пайдалануды жеңілдетеді.

Жалпы алғанда, электромагниттік деңгей таратқыштары әртүрлі өнеркәсіптік және коммерциялық қолданбаларда зат деңгейін өлшеу үшін сенімді және тиімді шешімді қамтамасыз етеді. Олардың жоғары дәлдігі, кең өлшеу диапазоны және пайдаланудың қарапайымдылығы оларды цистерналар мен кемелердегі деңгейді бақылау және бақылау үшін таңдаулы таңдау жасайды.

Сонымен қатар, электромагниттік деңгей өлшегіштердің келесі артықшылықтары бар:

. Қоршаған ортаға төзімділік: Электромагниттік деңгей таратқыштары қоршаған орта жағдайларының кең ауқымында, соның ішінде жоғары немесе төмен температурада, қатты химиялық заттар мен ылғалдылықта сәтті жұмыс істей алады. Олар шаңнан, ылғалдан және дірілден жоғары қорғаныс

дәрежесіне ие, бұл олардың әртүрлі өндірістік орталарда тұрақты және сенімді жұмысын қамтамасыз етеді. Қашықтан бақылау мүмкіндігі: Кейбір электромагниттік деңгей таратқыштары операторларға резервуардағы немесе контейнердегі зат деңгейін қашықтықтан көруге және басқаруға мүмкіндік беретін қашықтан бақылау функциясын қолдайды. Бұл әсіресе өлшеу алаңына қол жеткізу шектелген немесе нақты уақыттағы үздіксіз бақылау қажет болған жағдайда пайдалы. Автоматтандырылған жүйелермен біріктіру мүмкіндігі: Электромагниттік деңгей өлшегіштерді автоматтандырылған процестерді басқару және бақылау жүйелерімен оңай біріктіруге болады. Бұл операторларға нақты уақыт деңгейінде деректерді алуға және өзгерістерге автоматты түрде жауап беруге, процестерді оңтайландыруға және операциялық тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

. Бірнеше деңгейді өлшеу мүмкіндігі: Кейбір электромагниттік деңгей таратқыштары бір резервуардағы немесе ыдыстағы бірнеше деңгейді өлшеу мүмкіндігін қолдайды. Бұл әртүрлі сұйық қабаттарын немесе қатты заттардың әртүрлі деңгейлерін өлшеу қажет болғанда әсіресе пайдалы. Меншіктің салыстырмалы түрде төмен құны: Электромагниттік деңгей өлшегіштердің қызмет ету мерзімі ұзақ және жиі калибрлеуді немесе техникалық қызмет көрсетуді қажет етпейді. Олардың операциялық шығындары төмен, бұл оларды көптеген кәсіпорындар үшін үнемді шешім етеді.

Тұтастай алғанда, электромагниттік деңгей өлшегіштер әртүрлі өнеркәсіптік және коммерциялық қолданбалардағы сұйықтар мен қатты заттар үшін сенімді, дәл және пайдаланушыға ыңғайлы деңгейді өлшеу құралдары болып табылады.

Электромагниттік деңгей өлшегіштің тізбегі әдетте келесі негізгі элементтерден тұрады:

1. Эмитент (таратқыш): Бұл электромагниттік өрісті тудыратын компонент. Ол электромагниттік толқындарды жасайтын сым немесе антенна түрінде жасалуы мүмкін.

2. Қабылдағыш: Бұл резервуардың немесе контейнердің екінші жағында орналасқан және затпен әрекеттесу нәтижесінде пайда болатын электромагниттік өрістегі өзгерістерді анықтауға қызмет ететін құрамдас бөлік. Қабылдағышта әдетте сыйымдылық немесе индуктивтілік сияқты электрлік параметрлердің өзгеруіне жауап беретін сенсор болады.

3. Басқару панелі немесе басқару жүйесі: Ресиверден алынған деректер басқару панеліне немесе басқару жүйесіне беріледі, онда өңделеді және түсіндіріледі. Мұнда деректер талданып, заттың ағымдағы деңгейі анықталады.

4. Көрсеткіштер немесе дисплейлер: Өлшеу нәтижелері мен заттың ағымдағы деңгейі индикаторларда немесе дисплейлерде көрсетіледі, бұл операторларға өлшеу процесін визуалды бақылауға және бақылауға мүмкіндік береді.

Электромагниттік деңгей өлшегіштің түрі мен өндірушісіне байланысты схеманың құрылымы мен нақты құрамдас бөліктері әртүрлі болуы мүмкін



екенін ескеру маңызды. Дегенмен, бұл негізгі элементтер әдетте осы типтегі құрылғылардың көпшілігінде болады.

3. Ультрадыбыстық отын өлшегіштері: Бұл отын өлшегіштері отын шығынын өлшеу үшін отын ағыны арқылы таралатын ультрадыбыстық толқындар принципін пайдаланады. Олар отын ағынының қарама-қарсы жағында орналасқан ультрадыбыстық таратқыш пен қабылдағыштан тұрады. Өлшеу ультрадыбыстық толқынның отын арқылы өту уақытын талдау және жылдамдық пен көлемдік сияқты тиісті параметрлерді есептеу арқылы жүзеге асырылады. Ультрадыбыстық отын өлшегіштері жоғары дәлдікті, кең өлшеу диапазонын және төмен ластану әсерлерін ұсынады, бірақ орнату және қызмет көрсету қиынырақ болуы мүмкін.

4. Кориолис отын өлшегіштері: бұл отын өлшегіштері отын шығынын өлшеу үшін Кориолис эффектісінің принципін пайдаланады. Олар отын қозғалатын пластиналар арқылы өтетін түтіктен және жанармай ағынының әсерінен пластиналардың қозғалыс сипаттамаларының өзгеруін өлшейтін сенсордан тұрады. Coriolis отын өлшегіштері өлшеудің өте жоғары дәлдігін, жанармайдың физикалық қасиеттерінен тәуелсіздігін және бір уақытта отынның тығыздығын өлшеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, бірақ олар қымбат болуы мүмкін және күрделі калибрлеуді қажет етеді.

Жанармай өлшегішінің белгілі бір түрін таңдау өлшеу дәлдігіне қойылатын талаптар, ұшақ түрі, жұмыс жағдайлары және бюджеттік шектеулер сияқты факторларға байланысты. Әрбір түрдің өзіндік артықшылықтары мен шектеулері бар және таңдау осы факторлардың жан-жақты талдауына негізделуі керек.

## **.5 Әуе кемелерінде жанармай өлшеуіштерін қолданумен байланысты мәселелер мен қиындықтар**

Әуе кемелерінде жанармай өлшеуіштерін пайдалану оларды таңдау, орнату және пайдалану кезінде ескерілуі тиіс бірқатар проблемалар мен қиындықтарды тудыруы мүмкін. Төменде әуе кемелерінде жанармай өлшеуіштерін қолданумен байланысты ең көп кездесетін мәселелердің кейбірі берілген:

1. Өлшемдердің дәлдігі: Жанармай шығынын өлшеудің жоғары дәлдігіне қол жеткізу отын тығыздығының өзгеруі, ағынның ауытқуы және ұшақ тербелісі сияқты әртүрлі факторларға байланысты қиындық тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, ластаушы заттардың болуы немесе отындағы көпіршіктердің пайда болуы өлшемдердің дәлдігіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

. Калибрлеу және реттеу: жанармай өлшегіштері дәл өлшеулерді қамтамасыз ету үшін дұрыс калибрлеуді және реттеуді қажет етеді. Бұл арнайы білім мен жабдықты қажет ететін күрделі тапсырма болуы мүмкін. Дұрыс емес калибрлеу немесе реттеу дұрыс емес өлшеу нәтижелеріне және жанармай тұтыну деректерінің дұрыс болмауына әкелуі мүмкін.

3. Техникалық қызмет көрсету және жөндеу: жанармай өлшегіштері олардың өнімділігі мен өлшеу дәлдігін сақтау үшін тұрақты техникалық

қызмет көрсетуді және тексеруді қажет етеді. Бұған ластаушы заттарды тазалау, зақымдануды тексеру және тозған немесе зақымдалған компоненттерді ауыстыру кіреді. Техникалық қызмет көрсету және жөндеу күрделі болуы мүмкін және уақыт пен ресурстарды қажет етеді.

4. Үйлесімділік және интеграция: Әуе кемелеріне жанармай өлшеуіштерін орнату қолданыстағы отын жүйелерімен және аспаптарымен үйлесімділік пен біріктіруді талап етеді. Бұл әсіресе ескірген жүйелері бар ескі ұшақтарда отын өлшегішін таңдауды және орнатуды қиындатады.

5. Сенімділік және қауіпсіздік: Ұшу қауіпсіздігі мен жанармай жүйесінің сенімділігін қамтамасыз етуде жанармай өлшеуіштері маңызды рөл атқарады. Жанармай өлшегіштерінің дұрыс жұмыс істемеуі немесе істен шығуы болжанбайтын отын шығынына немесе тіпті жанармайдың жоғалуына әкелуі мүмкін, бұл ұшу қауіпсіздігі үшін ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін.

6. Құны және қолжетімділігі: Жанармай өлшеуіштерін таңдау және орнату олардың құны мен қолжетімділігіне де байланысты болуы мүмкін. Жанармай өлшегіштерінің кейбір түрлері қымбат болуы мүмкін немесе нарықта қол жетімділігі шектеулі болуы мүмкін, әсіресе ескі ұшақтар үшін.

Осы мәселелер мен міндеттерді шешу мұқият талдауды, жоспарлауды және авиация саласы белгілеген тиісті стандарттар мен нұсқауларды сақтауды талап етеді. Бұл жанармай өлшегішінің сәйкес түрін таңдау, оны дұрыс орнату, калибрлеу және тұрақты техникалық қызмет көрсету, сонымен қатар қызметкерлерді отын өлшегіштерін дұрыс пайдалану және бақылауға үйрету.

### **Электромагниттік отын өлшегіштерінің жұмыс істеу принциптері**

Электромагниттік отын өлшегіштері ұшақтарда қолданылатын жанармай өлшегіштерінің кең таралған түрлерінің бірі болып табылады. Олар электромагниттік индукция принципіне негізделген және ұшақтың отын жүйесіндегі отын шығынын дәл өлшеуге мүмкіндік береді. Электромагниттік отын өлшеуіштерінің жұмыс істеу принциптерін толығырақ қарастырайық.

Электромагниттік отын өлшегішінің жұмыс принципі отынның электромагниттік өріс арқылы өтуімен байланысты электр сыйымдылығының немесе индуктивтіліктің өзгеруін өлшеуге негізделген. Жанармай есептегіші екі негізгі компоненттен тұрады: электромагниттік сенсор және ағын сенсоры.

Электромагниттік сенсор әдетте отын ағынының ішіне орналастырылған сымдар катушкасы болып табылады. Отын катушка арқылы өткенде электр сыйымдылығында немесе индуктивтілікте өзгерістер орын алады, олар катушка жасаған электромагниттік өріспен байланысты. Бұл өзгерістер отынның бар болуы мен шығынын анықтау үшін қолданылады.

Ағын датчигі немесе өлшеу элементі отынның электромагниттік өріс арқылы өтуінен туындаған электр сыйымдылығының немесе индуктивтіліктің өзгеруін өлшеу үшін қолданылады. Бұл әдетте осы өзгерістерді тіркеуге және талдауға қабілетті электрондық компонент. Алынған деректер отын шығынын нақты есептеу үшін пайдаланылады.

Электромагниттік отын өлшегіштердің басты артықшылығы - өлшеудің жоғары дәлдігі. Олар әртүрлі ағын жылдамдығын, температураны және қысымды қоса алғанда, жұмыс жағдайларының кең ауқымында дәйекті және сенімді нәтижелерді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, электромагниттік отын өлшегіштері ластаушы заттарға төзімді, өйткені отын катушка арқылы ағып, бөлшектердің әсерінен тоқтап қалу немесе бітелу мүмкіндігін азайтады.

Дегенмен, электромагниттік отын өлшеуіштерінің кейбір шектеулері бар. Мысалы, олар электромагниттік кедергілерге немесе сыртқы магнит өрістеріне сезімтал болуы мүмкін, сондықтан сыртқы әсерлерден тиісті экрандау және қорғау қажет. Сондай-ақ, электромагниттік отын өлшегішінің жұмысы электр қуатын қажет етеді, ол тиісті сымдарды және ұшақтың электронды жүйесіне қосылуды талап етеді.

Электромагниттік отын өлшегішін таңдау және орнату кезінде әуе кемесінің отын жүйесінің сенімді және тиімді жұмысын қамтамасыз ету үшін өлшеу дәлдігіне, әуе кемесінің түріне, отын жүйесінің ерекшеліктеріне және басқа факторларға қойылатын талаптарды ескеру қажет

**Кесте 2.1 Отын өлшегіштердің характеристикалары**

Отын өлшегіш	Жұмыс істеу принципі	Өлшеу дәлдігі	Жұмыс істеуге қалыпты диапазоны
Отын өлшегіш 1	Механикалық	0,5%	0 – 50 градус
Отын өлшегіш 2	Электромагниттік	1%	-20 – 60 градус
Отын өлшегіш 3	Ультрадыбыстық	0.2%	-40 – 80 градус
Отын өлшегіш 4	Радиотолқынды	0.3%	-50-120 градус

## **ЗЕРТТЕУДІҢ НӘТИЖЕЛЕРІ.**

### **Жанармай өлшеуіштерінің жұмысына дірілдің әсері**

Ұшақтың тербелісі жанармай өлшеуіштерінің жұмысына теріс әсер етуі мүмкін. Діріл қозғалтқыштар, аэродинамикалық күштер, беттің кедір-бұдыры

және т.б. сияқты әртүрлі факторлардың нәтижесінде пайда болады. Тербелістердің әртүрлі қарқындылығы мен жиілігі болуы мүмкін, бұл өлшемдердің дәлдігіне және отын өлшегіштерінің сенімділігіне әсер етуі мүмкін. Тербелістердің отын өлшегіштерінің жұмысына әсерін толығырақ қарастырайық.

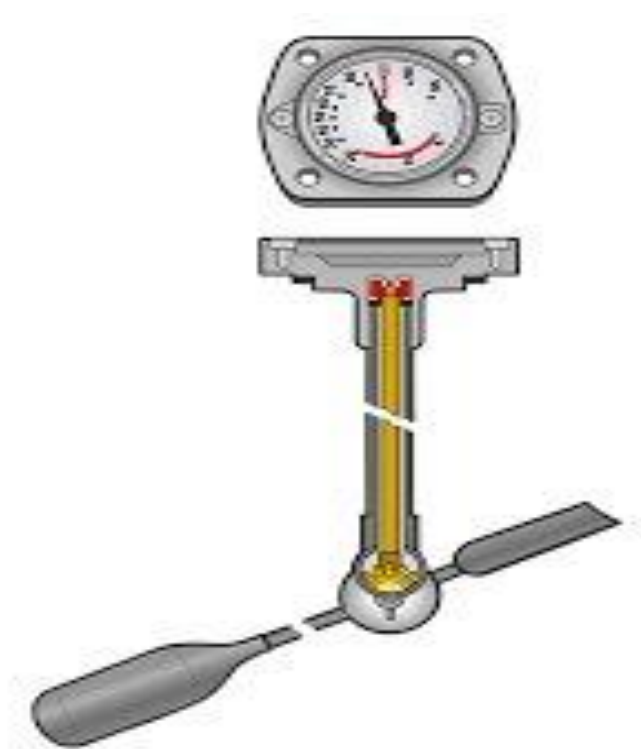
1. Өлшемдердің бұрмалануы: Діріл отын өлшегішінің ішінде механикалық қозғалыстар мен деформацияларды тудыруы мүмкін, бұл өлшемнің бұрмалануына әкелуі мүмкін. Бұл жанармай тұтыну көрсеткіштерінің жоғарылауы немесе тұрақсыздығы ретінде көрінуі мүмкін. Сондай-ақ, тербеліс өлшеуіш ішінде қажетсіз резонанстарды немесе тербелістерді тудыруы мүмкін, бұл болжанбаған және дәл емес өлшемдерге әкеледі.

2. Құрамдас бөліктердің зақымдануы: Қарқынды тербеліс отын өлшегішінің құрамдас бөліктерін, әсіресе оның механикалық және электрондық бөліктерін зақымдауы мүмкін. Дірілдеу бос қосылымдарды, жарықтарды, тозуды және басқа да зақымдарды тудыруы мүмкін, бұл жанармай өлшегішінің дұрыс жұмыс істемеуі немесе істен шығуына әкелуі мүмкін.

3. Датчиктерге теріс әсер ету: Діріл отын өлшегішінде қолданылатын сенсорлардың жұмысына теріс әсер етуі мүмкін. Қысым сенсорлары немесе ағын сенсорлары сияқты сенсорлар діріл мен деформацияға сезімтал болуы мүмкін, бұл бұрмалауға және дұрыс емес көрсеткіштерге әкелуі мүмкін. Діріл электронды сенсорлардың жұмысына әсер ететін электромагниттік кедергілерді де тудыруы мүмкін.

4. Қосымша қорғаныс қажеттілігі: Қарқынды тербеліс отын өлшегіштерін олардың теріс әсерінен қорғау үшін қосымша шараларды қажет етеді. Бұл соққыға қарсы материалдарды пайдалануды, қосымша бекітпелерді орнатуды, электромагниттік қорғанысты пайдалануды және діріл әсерін азайтуға бағытталған басқа да техникалық шешімдерді қамтуы мүмкін.

Әуе кемелерінің дірілдері болған кезде жанармай өлшегіштерінің сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін мұқият инженерлік өңдеу қажет, сәйкес компоненттерді таңдау, қосымша қорғаныс шараларын орнату және отын өлшегіштерге тұрақты техникалық қызмет көрсету және өнімділікті тексеру. Бұл тербелістердің өлшеу дәлдігіне әсерін барынша азайтады және ұшақтың жанармай жүйесінің сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.



Сурет 3.1 механикалық отын өлшегіш

### **Атмосфералық қысым мен температураның өзгеруінің отын өлшегіштерінің жұмысына әсері.**

Атмосфералық қысым мен температура ұшақтардағы жанармай өлшеуіштерінің жұмысына айтарлықтай әсер ететін физикалық параметрлер болып табылады. Осы әсерлерді түсіну отын шығынын сенімді және дәл өлшеуді қамтамасыз ету үшін отын жүйелерін жобалау мен пайдаланудың маңызды аспектісі болып табылады. Атмосфералық қысым мен температураның өзгеруінің отын өлшегіштерінің жұмысына әсерін толығырақ қарастырайық.

1. Атмосфералық қысым: Атмосфералық қысымның өзгеруі отынның тығыздығы мен көлемін өзгертуі мүмкін. Атмосфералық қысымның жоғарылауымен отынның тығыздығы артады, бұл отын өлшегішімен өлшенетін отын көлемінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Керісінше, атмосфералық қысымның төмендеуімен отынның тығыздығы азаяды, бұл отын өлшегішімен өлшенетін отын көлемінің ұлғаюына әкелуі мүмкін. Бұл өзгерістер өлшеу қателіктерін тудыруы мүмкін және сәйкесінше түзетілуі керек.

2. Температура: Температураның өзгеруі отын өлшегіштерінің жұмысына да әсер етеді. Температура өзгерген кезде жанармай кеңейе немесе қысқаруы мүмкін, нәтижесінде оның көлемі өзгереді. Бұл жанармай өлшегішінің өлшемдерінің дәлдігіне әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар, қоршаған ортаның температурасы отын өлшегішінің электрондық компоненттері мен сенсорларына да әсер етуі мүмкін, бұл олардың

сипаттамаларының өзгеруіне және нәтижесінде өлшемдердің бұрмалануына әкелуі мүмкін.

3. Өзгерістерді өтеу: Атмосфералық қысым мен температураның өзгеруінің отын өлшегіштерінің жұмысына әсерін барынша азайту үшін компенсациялаудың әртүрлі әдістері қолданылады. Осындай әдістердің бірі температураның отын өлшемдеріне әсерін ескеретін термиялық компенсация болып табылады. Ол үшін температураға байланысты отын тығыздығының өзгеруін өтейтін температуралық компенсацияланған сенсорлар қолданылады. Физикалық принциптерге негізделген алгоритмдер мен модельдер атмосфералық қысымның отын көрсеткішінің көрсеткіштеріне әсерін өтеу үшін де қолданылуы мүмкін.

4. Калибрлеу және техникалық қызмет көрсету: Атмосфералық қысым мен температураның өзгеруі кезінде отын өлшегіш өлшемдерінің дәлдігін қамтамасыз ету үшін жүйелі калибрлеу және техникалық қызмет көрсету қажет. Калибрлеу атмосфералық қысым мен температураның өзгеруі үшін отын көрсеткішінің көрсеткіштерін реттеуге мүмкіндік береді. Техникалық қызмет көрсету сенсорларды тексеру мен тазалауды және отын көрсеткішінің сенімді және дәл жұмысын қамтамасыз ету үшін бағдарламалық құралды жаңартуды қамтиды.

Жалпы алғанда, атмосфералық қысым мен температураның өзгеруі ұшақтың жанармай өлшеуіштерінің жұмысына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Осы өзгерістерді дұрыс өтеу, калибрлеу және техникалық қызмет көрсету отын шығынын дәл және сенімді өлшеуге және отын жүйесінің қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етуге ықпал етеді.

### **3.3. Деградация және төтенше жағдайлар**

Әуе кемелеріндегі жанармай өлшегіштері әртүрлі тозу факторларына ұшырайды және олардың өнімділігі мен өлшеу дәлдігіне теріс әсер ететін қалыптан тыс жағдайларға тап болуы мүмкін. Осы факторлар мен жағдайлардың кейбірін қарастырайық.

1. Тозу және коррозия: отын өлшегіштерін ұзақ уақыт пайдалану тозуға және коррозияға әкелуі мүмкін. Қозғалмалы бөлшектер сияқты механикалық бөлшектер дәлдігі төмендеп, жөндеуді немесе ауыстыруды қажет етуі мүмкін. Сонымен қатар, отын өлшегіштерінің бетінде коррозия пайда болуы мүмкін, әсіресе олар тұзды су немесе химиялық заттар сияқты агрессивті ортаның әсеріне ұшыраған жағдайда. Бұл өлшеулердің сезімталдығы мен дәлдігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

2. Бітелу: Жанармай өлшегіштері шаң, кір, жанармай шөгінділері және басқа қоспалар сияқты әртүрлі ластаушы заттармен бітеліп қалуы мүмкін. Бұл өткізу қабілеті мен өлшеу дәлдігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Жанармай өлшегіштерін жүйелі түрде тазалау және техникалық қызмет көрсету бітелуді болдырмауға немесе жоюға және өлшеуіштерді жақсы жұмыс күйінде ұстауға көмектеседі.

3. Электромагниттік кедергі: Әуе кемелері радио және радионавигациялық жабдық, байланыс жүйелері, электр қозғалтқыштары және басқа көздер сияқты электрондық жүйелер мен жабдықтардан әртүрлі электромагниттік кедергілерге ұшырайды. Бұл кедергі отын өлшегіштерінің электрондық бөліктерінің жұмысына әсер етіп, олардың көрсеткіштерін бұрмалауы мүмкін. Экрандау, сүзу және электромагниттік үйлесімділік (ЭМС) әдістері отын өлшегіштерін жобалау және орнату кезінде электромагниттік кедергілердің әсерін азайту үшін қолданылады.

4. Техникалық ақаулар: Жанармай өлшеуіштерінің жұмысында техникалық ақаулар болуы мүмкін, бұл өлшеулерде қателіктер мен дұрыс жұмыс істемеуі мүмкін. Бұл ақаулы электрондық құрамдас бөліктерден, бағдарламалық құралдан, электр қосылымынан немесе басқа техникалық ақаулардан туындауы мүмкін. Тұрақты тексеру, сынау және техникалық қызмет көрсету отын көрсеткішінің сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін мұндай ақауларды анықтауға және түзетуге көмектеседі.

5. Төтенше жағдайлар: Кейбір жағдайларда жанармай өлшеуіштері өрт, басқа ұшақ жүйелерінің зақымдануы немесе істен шығуы сияқты төтенше жағдайларға ұшырауы мүмкін. Мұндай жағдайларда отын өлшегіштерінің бұзылуы немесе жұмыс істемеуі мүмкін, бұл өлшеу дәлдігін жоғалтуға және жанармай жүйесін басқару проблемаларына әкелуі мүмкін. Бұл жағдайлар жанармай өлшегіштерін жұмысқа жарамды күйге келтіру үшін дереу әрекет етуді немесе отынды бақылау және басқару үшін балама шараларды қолдануды талап етеді.

Жалпы алғанда, деградация және қалыптан тыс жағдайлар ұшақтардағы жанармай өлшеуіштерінің жұмысына теріс әсер етуі мүмкін. Тұрақты техникалық қызмет көрсету, тексеру және ақауларды жою, сондай-ақ кедергілерден және төтенше жағдайлардан қорғау үшін тиісті әдістер мен технологияларды пайдалану отын жүйелерінің сенімділігін, дәлдігін және қауіпсіздігін қамтамасыз етуге көмектеседі.

### **3.4. Жаңа әдістер мен технологияларды әзірлеу**

#### **3.4.1. Атмосфералық қысым мен температура датчиктерін қолдану**

Атмосфералық қысым мен температураның өзгеруінің ұшақтардағы отын өлшегіштерінің жұмысына әсерін азайту үшін қосымша атмосфералық қысым мен температура датчиктерін пайдалану ұсынылады. Бұл датчиктер ағымдағы қоршаған орта жағдайлары туралы ақпарат беру үшін жанармай өлшегішінің жанында немесе ұшақтағы стратегиялық нүктелерде орналастырылуы мүмкін.

Жиналған қысым және температура деректері ағымдағы атмосфералық жағдайларды ескере отырып, отынның тығыздығын анықтауға мүмкіндік береді. Атмосфералық қысым мен температура сенсорларын пайдалану арқылы осы параметрлер үшін отын шығынын өлшеуді түзететін өтемақы алгоритмдерін жасауға болады. Бұл тәсіл өлшемдердің дәлдігін жақсартады және отын өлшеу жүйесінің сенімдірек жұмысын қамтамасыз етеді.

Атмосфералық қысым мен температура датчиктерін қолданудың бір мысалы күй және тазартылған модельдер теңдеуін пайдаланып отынның тығыздығын есептеу үшін олардың деректерін пайдалану болып табылады. Отынның тығыздығы отын көлемін немесе массалық өлшемдерді түзету үшін пайдаланылады, нәтижесінде отын ағынының көрсеткіштері дәлірек болады.

Атмосфералық қысым мен температура сенсорларын пайдаланудың маңызды аспектісі олардың сенімділігі мен дәлдігі болып табылады. Тұрақты және дәл өлшеуді қамтамасыз ететін жоғары сапалы сенсорларды орнату қажет. Сонымен қатар, тиісті деректерді өңдеу және түзету алгоритмдерін жасау өлшеу дәлдігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Әуе кемелерінде отын өлшеу жүйесінде атмосфералық қысым мен температура датчиктерін пайдалану қоршаған ортадағы өзгерістерді есепке алуға және олардың өлшеу дәлдігіне әсерін өтеуге мүмкіндік береді. Бұл жанармайды басқару жүйесінің сенімділігі мен тиімділігін айтарлықтай жақсартып, әуе қозғалысының қауіпсіздігі мен оңтайландыруына ықпал етеді.

### **3.4.2. Атмосфералық қысым мен температура датчиктерін қолдану**

Әуе кемелері қоршаған ортаның өзгеруін бақылау және олардың жанармай өлшегіштеріне әсерін өтеу үшін атмосфералық қысым мен температура сенсорларын пайдаланады. Бұл сенсорлар ағымдағы қысым мен температура туралы ақпаратты береді, содан кейін ол отын өлшемдерін түзету үшін пайдаланылады. Осы сенсорларды пайдаланудың кейбір аспектілерін қарастырайық.

1. Атмосфералық қысым сенсорлары: Атмосфералық қысым сенсорлары ұшақтың айналасындағы атмосфералық қысымды өлшейді. Бұл сенсорлар әдетте ыдыстың сыртына орнатылады және бақылау және басқару жүйесіне қосылады. Алынған қысым деректері отын өлшегіштерінің көрсеткіштерін түзету үшін қолданылады. Мысалы, атмосфералық қысым жоғарылағанда отын қысылып, оның тығыздығы артады. Атмосфералық қысым сенсорлары тығыздықтың бұл өзгерісін өтейді және отын шығынын дәлірек өлшеуді қамтамасыз етеді.

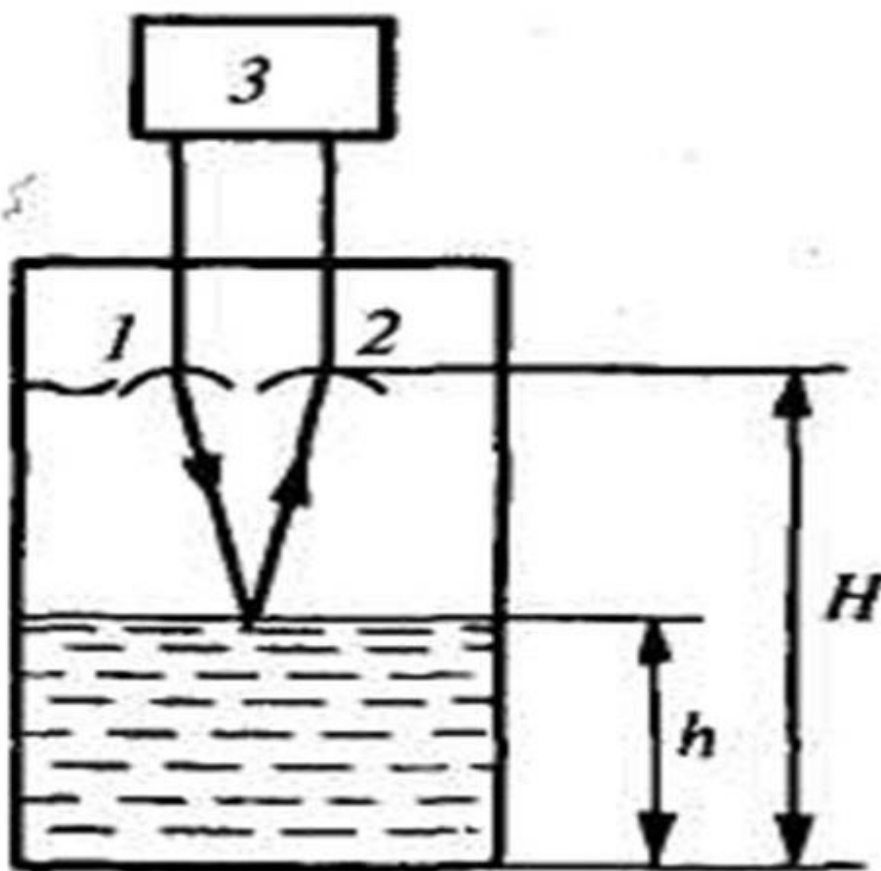
2. Температура сенсорлары: Температура сенсорлары ағымдағы қоршаған орта температурасын немесе жүйе ішіндегі отынның температурасын өлшейді. Температураның өзгеруі отынның тығыздығына, демек, отын өлшегішінің өлшемдерінің дәлдігіне де әсер етуі мүмкін. Температура сенсорлары бұл әсерді өтейді және отын шығынын дәлірек өлшеуді қамтамасыз етеді.

3. Деректерді біріктіру: Атмосфералық қысым мен температура датчиктерінен алынған деректер отын көрсеткішінің көрсеткіштерін есептеулер мен түзетулерді жүзеге асыратын бақылау және бақылау жүйесімен біріктірілген. Интеграция отын шығынын дәлірек өлшеуді қамтамасыз ету үшін барометрлік қысым мен температурадағы өзгерістерді автоматты түрде өтейді.



4. Калибрлеу және жаңарту: Өлшеулердің дәлдігін қамтамасыз ету үшін атмосфералық қысым мен температура датчиктерін мезгіл-мезгіл калибрлеу қажет. Калибрлеу сенсорлардың көрсеткіштері мен қысым мен температураның нақты мәндері арасындағы сәйкестікті орнатуға мүмкіндік береді. Қажет болса, бағдарламалық жасақтама сенсорлардың сипаттамаларын өзгертуді ескере отырып немесе олардың функционалдығын жақсарту үшін жаңартылады.

Атмосфералық қысым мен температура датчиктерін пайдалану ұшақ отынының өлшемдерінің дәлдігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Бұл сенсорлар қоршаған ортадағы өзгерістерді өтейді және отын жүйесін сенімдірек және дәл басқаруды қамтамасыз етеді



Сурет 3.2 Ультразвуктық отын өлшегіш

### 3.4.3 Түзетудің математикалық модельдері

Әуе кемелеріндегі жанармай өлшеуіштерін өлшеу дәлдігін арттыру тәсілдерінің бірі математикалық түзету үлгілерін пайдалану болып табылады. Математикалық модельдер отын өлшегіштерінің жұмысына әсер ететін әртүрлі факторларды есепке алуға және тиісті өлшемді түзетуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Математикалық түзету модельдерін әзірлеу отын шығынын өлшеуге әсер етуі мүмкін қысым, температура, атмосфералық жағдайлар және басқа параметрлер туралы деректерді талдауға негізделген. Осы деректерді және олардың өлшеу нәтижелерімен байланысын талдау арқылы заңдылықтарды анықтауға және осы факторларды есепке алатын және өлшемдерді түзететін математикалық модельді жасауға болады.

Математикалық түзету моделінің мысалы қысым, температура және отын тығыздығы арасындағы байланысты ескеретін теңдеу болуы мүмкін. Осы теңдеуді пайдалана отырып, дәлірек нәтиже алу үшін отын шығынының өлшенген мәніне қолданылатын түзету коэффициентін анықтауға болады.

Математикалық түзету модельдерін жасау нақты деректер бойынша дәл талдауды және тексеруді талап етеді. Статистикалық әдістер мен мәліметтерді өңдеу алгоритмдерін қолдану модельдің оңтайлы параметрлерін анықтауға және оның сенімділігі мен дәлдігін қамтамасыз етуге көмектеседі.

Математикалық түзету модельдерін қолданудың артықшылығы нақты уақыт режимінде өлшемдерді автоматты және үздіксіз түзету мүмкіндігі болып табылады. Бұл өлшеу қателіктерін азайтып, дәлірек отын тұтыну деректерін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, әзірленген математикалық модельдер ұшақтың жанармайын басқару жүйесіне біріктірілуі мүмкін, бұл олардың қарапайымдылығы мен пайдаланудың қарапайымдылығын қамтамасыз етеді.

Математикалық түзету модельдерін пайдалану ұшақтардағы жанармай өлшеуіштерінің өлшемдерінің дәлдігін жақсартудың тиімді әдісі болып табылады. Бұл модельдер өлшемдерге әсер ететін әртүрлі факторларды есепке алуға мүмкіндік береді және отынды тұтынудың дәлірек нәтижелерін береді.

#### **3.4.4. Жанармай өлшеуіштерінің жағдайын бақылау**

Жанармай өлшеуіштерінің жағдайын бақылау сенімді жұмысты қамтамасыз ету және мүмкін болатын төтенше жағдайларды болдырмаудың маңызды міндеті болып табылады. Бұл бөлімде деградацияны ерте анықтауға және істен шығудың алдын алу үшін дер кезінде әрекет етуге мүмкіндік беретін отын өлшегіштерінің күйін бақылау әдістерін қолдану қарастырылады.

Жанармай өлшегіштерінің жағдайын бақылау әдістерінің бірі - тұрақты сынақтар. Әуе кемесінің жанармайын басқару жүйесі отын өлшегіштерін белгіленген параметрлер бойынша сынауға және ауытқуларды анықтауға мүмкіндік беретін сынақ процедураларын қамтуы мүмкін. Сынақ нәтижелерін ақауларды немесе ықтимал ақауларды анықтау және отын өлшегіштеріне қосымша техникалық қызмет көрсету немесе ауыстыру қажеттігін анықтау үшін пайдалануға болады.

Жанармай өлшеуіштерінің күйін бақылаудың тағы бір әдісі - нақты уақыт режимінде өнімділікті талдау. Жанармайды басқару жүйесі нақты уақыт режимінде отын өлшегіштерінің жұмысы туралы деректерді жинауға және талдауға арналған құралдармен жабдықталуы мүмкін. Бұл жанармай

өлшеуіштерінің жұмысын бақылауға, қалыпты емес өнімділікті анықтауға және мүмкін болатын ақауларды немесе ақауларды жою шараларын қолдануға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл жанармай өлшеуіштерінің жұмысындағы өзгерістерге тез жауап беруге және олар елеулі түрде дамымай тұрып ықтимал проблемаларды болдырмауға мүмкіндік береді.

Аномалияны анықтау алгоритмдерін отын өлшегіштерінің күйін тиімді бақылау үшін де пайдалануға болады. Бұл алгоритмдер жанармай өлшеуіштерінің жұмысындағы ауытқуларды автоматты түрде анықтайды және ескертулер немесе дабылдар жасайды. Аномалияларды анықтау алгоритмдері статистикалық әдістерге, машиналық оқытуға немесе әртүрлі тәсілдердің комбинациясы негізінде жасалуы мүмкін. Бұл жанармай өлшеуіштерінің жұмысындағы ақауларды бақылау және анықтау процесін автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Отын өлшегіштерінің жағдайын бақылау әуе кемелерінің жұмысының қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Тұрақты тестілеу, нақты уақыт режимінде өнімділікті талдау және аномалияларды анықтау алгоритмдерін қолдану отын шығынын өлшеудің сенімді және дәл жүйесін қамтамасыз ете отырып, жанармай өлшегіштерінің ықтимал ақаулары мен ақауларын анықтауға және болдырмауға мүмкіндік береді.

#### **3.4.5 Жанармай өлшеуіштерінің жұмысына қоршаған ортаның әсері**

Ұшақтың ортасы жанармай өлшеуіштерінің жұмысына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Бұл бөлімде отын өлшегіштерінің өлшемдерінің дәлдігі мен сенімділігіне қоршаған ортаның әртүрлі факторларының әсері қарастырылады, сондай-ақ осы әсерді азайту әдістері ұсынылады.

Жанармай өлшеуіштерінің жұмысына әсер ететін қоршаған орта факторларының бірі ұшу кезінде пайда болатын тербеліс пен тербеліс болып табылады. Бұл ауытқулар отын өлшегіш элементтерінің қозғалысы мен деформациясына әкелуі мүмкін, бұл өз кезегінде өлшеу қателеріне әкелуі мүмкін. Діріл әсерін азайту үшін отын өлшегіштердің құрылысында арнайы серіппелі немесе демпферлік материалдарды қолдану сияқты демпферлік және оқшаулаудың әртүрлі әдістерін қолдануға болады.

Температура қоршаған ортаның тағы бір факторы болып табылады. Қоршаған орта температурасының өзгеруі отынның тығыздығының өзгеруіне әкелуі мүмкін, бұл отын өлшегішінің өлшемдерінің дәлдігіне әсер етеді. Бұл әсердің орнын толтыру үшін атмосфералық қысым мен температура датчиктерін пайдалануға болады, бұл қоршаған ортаның ағымдағы жағдайын анықтауға және осы параметрлерге негізделген өлшемдерді реттеуге мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, ылғал мен конденсацияның отын өлшегіштерінің жұмысына әсерін атап өткен жөн. Әуе кемесі әртүрлі атмосфералық жағдайларға, соның ішінде жоғары ылғалдылық пен конденсация мүмкіндігіне ұшырауы мүмкін. Бұл отын өлшегіштеріне ылғалдың түсуіне және коррозияға немесе басқа ақауларға әкелуі мүмкін. Жанармай өлшегіштерін дұрыс нығыздау және ылғалдан қорғау осы ақаулардың пайда болу қаупін азайтады.

Жанармай өлшеуіштерінің жұмысына қоршаған ортаның әсерін барынша азайту үшін отын өлшегіштерін үнемі күтіп ұстау және тексеру де маңызды. Бұл ықтимал ақауларды анықтауға және жөндеуге, ластанған немесе зақымдалған элементтерді тазалауға немесе ауыстыруға, өлшеу дәлдігін қамтамасыз ету үшін калибрлеуге және реттеуге мүмкіндік береді.

Тиісті әдістер мен технологияларды қолдану отын өлшегіштердің жұмысына қоршаған ортаның әсерін азайтуға және әуе кемелеріндегі отын шығынын дәлірек және сенімді өлшеуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

#### **4. ҚОРЫТЫНДЫ ҰСЫНЫСТАР.**

4-тарауда әуе кемелерінің жанармай өлшеуіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін қолдануға болатын әртүрлі әдістер мен тәсілдерге назар аударылады. Бұл тарауда әртүрлі аспектілер қарастырылады, соның ішінде жанармай өлшеуіштерінің конструкциясын жетілдіру, жаңа технологияларды қолдану, мәліметтерді өңдеудің арнайы алгоритмдерін жасау.

##### **4.1 Жанармай өлшеуіштерінің конструкциясын жетілдіру**

Жанармай өлшеуіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттырудың бір жолы олардың конструкциясын жақсарту болып табылады. Жанармай өлшегішінің оңтайлы дизайнын әзірлеу оның отын шығынының өзгеруіне сезімталдығын арттыруға және сыртқы факторлардың әсерін азайтуға мүмкіндік береді. Бұл бөлімде жанармай өлшеуіштерін жобалау кезінде ескерілетін кейбір аспектілер талқыланады.

Дизайнды жетілдірудің бір аспектісі қасиеттері жақсартылған материалдарды таңдау болып табылады. Жоғары термиялық және химиялық төзімділігі бар материалдарды пайдалану агрессивті жағдайларда жұмыс істегенде отын өлшегіштерінің коррозиясын немесе деградациясын болдырмауға көмектеседі. Сонымен қатар, отын өлшегішінің пішіні мен геометриясын оңтайландыру оның гидродинамикалық қасиеттерін жақсартуға және турбуленттілік пен қысымның жоғалу мүмкіндігін азайтуға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ дизайнды жетілдірудің маңызды аспектісі отын өлшегіштерінде қолданылатын сенсорлардың дәлдігі мен рұқсатын арттыру болып табылады. Жоғары сезімталдық пен қателіктері аз заманауи сенсорларды пайдалану отын шығынын дәлірек өлшеуге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, сенсорларды калибрлеу және баптау үшін жетілдірілген әдістерді әзірлеу олардың сенімділігі мен тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

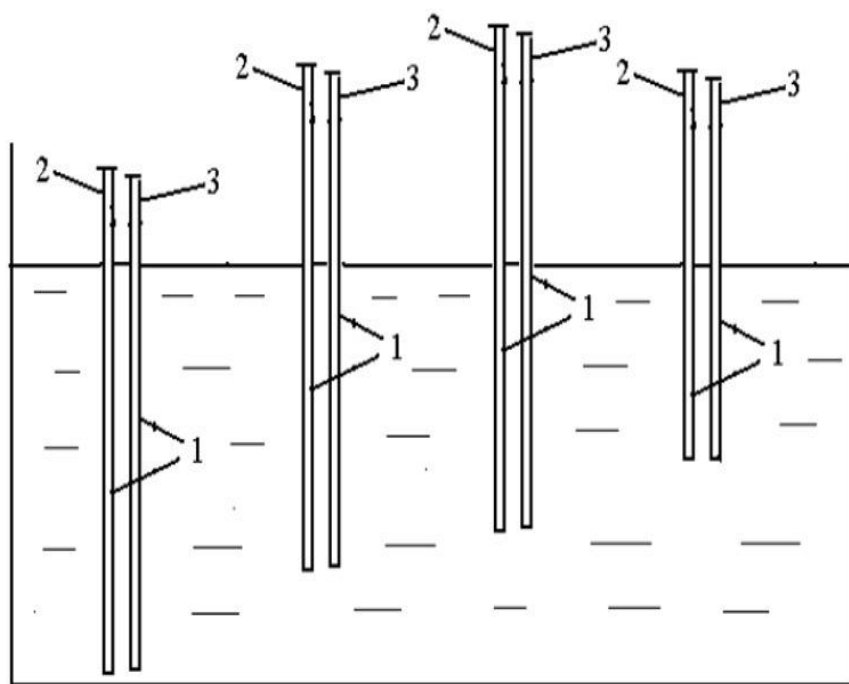
##### **4.2 Жаңа технологияларды қолдану**

Жаңа технологиялардың дамуы отын өлшегіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттырудың жаңа мүмкіндіктерін береді. Бұл бөлімде кейбіреулер талқыланады

Осы технологиялардың қайсысы және олардың жанармай өлшеуіштерінде қолданылуы.

Осындай технологиялардың бірі инерциялық өлшеу жүйелерін (ӨӨЖ) қолдану болып табылады. ІІS әуе кемесінің қозғалысы мен қатынасы туралы ақпаратты жоғары дәлдікпен және жаңарту жылдамдығымен қамтамасыз етеді. ІІS-ті жанармай өлшегіштерімен үйлестіре пайдалану ұшақтың орны мен қозғалысының өзгеруінің жанармай шығынын өлшеуге әсерін өтей алады, дәлірек нәтиже береді.

Жанармай өлшеуіштерінің дәлдігін жақсарту үшін қолданылатын тағы бір технология сигналдарды өңдеудің цифрлық әдістерін пайдалану болып табылады. Цифрлық сигналды өңдеу жоғары дәлдікпен және жылдамдықпен отын өлшегіштеріндегі деректерді сүзуге және талдауға мүмкіндік береді. Бұл өлшеу процесінде пайда болатын шу мен кедергілерді өтеуге және алынған деректердің сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.



Сурет 4.1 Отын өлшегіш

- 1- оптикалық талшықтар
- 2- оптикалық талшық
- 3- оптикалық талшық

### 4.3 Мәліметтерді өңдеу алгоритмдерін құру

Деректерді өңдеудің арнайы алгоритмдерін жасау отын өлшегіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттырудың маңызды аспектісі болып табылады. Бұл бөлімде өлшемдердің сапасын жақсартуға және ықтимал ауытқуларды анықтауға болатын кейбір деректерді өңдеу тәсілдері талқыланады.

Тәсілдердің бірі статистикалық деректерді талдау әдістерін пайдалану болып табылады. Статистикалық әдістер деректердегі аномальді көрсеткіштер мен шектен тыс көрсеткіштерді анықтай алады, бұл жанармай өлшеуіштерінің жұмысындағы ықтимал ақауларды немесе қателерді көрсетуі мүмкін. Статистикалық әдістерді қолдану мұндай ауытқуларды анықтауға және тиісті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, машиналық оқыту мен жасанды интеллект әдістерін қолдану жанармай өлшеуіш деректерін өңдеу үшін де пайдалы болуы мүмкін. Машиналық оқыту үлгілері тарихи деректерден үйреніп, ықтимал ақаулармен немесе жанармай өлшеуіштерімен байланысты мәселелермен байланысты болуы мүмкін жасырын үлгілерді немесе үлгілерді аша алады.

4-тарауда ұшақ жанармай өлшеуіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін қолдануға болатын әртүрлі әдістер мен тәсілдер берілген. Жаңа технологияларды пайдалану, дизайнды жетілдіру және деректерді өңдеу алгоритмдерін әзірлеу отын шығынын дәлірек және сенімді өлшеуге қол жеткізуге мүмкіндік береді, бұл ұшу қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз етудің маңызды факторы болып табылады.

#### **4.4 Жанармай өлшеуіштерінің конструкциясын жетілдіру**

Жанармай өлшеуіштерінің конструкциясын жетілдіру отын шығынын өлшеудің дәлдігі мен сенімділігін арттырудың маңызды аспектісі болып табылады. Бұл бөлімде отын өлшегіштердің дизайнын әзірлеу және оңтайландыру кезінде ескерілуі мүмкін әртүрлі аспектілер қарастырылады.

##### **4.4.1 Материалдар мен компоненттер**

Отын өлшегіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыруда дұрыс материалдар мен компоненттерді таңдау маңызды рөл атқарады. Жанармай өлшеуіштерінің тұрақты және сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін химиялық әсерге және коррозияға төзімділігі жоғары материалдарды пайдалану қажет. Сонымен қатар, материалдардың жылу өткізгіштігінің төмен болуы және отын өлшегіш ішіндегі отын температурасының өзгеруіне жол бермеу керек.

Қатты күйдегі спектрлік детектор - жарықтың немесе басқа электромагниттік толқындардың спектрлік сипаттамаларын талдау үшін қолданылатын құрылғы. Ол жарықтың жартылай өткізгіш материалмен әрекеттесу принципіне негізделген.

Қатты күйдегі спектрлік детекторлар әдетте германий, кремний немесе корғасын индий селениді (PbSe) сияқты жартылай өткізгіш материалдан тұрады. Фотондар жартылай өткізгіш материалға түскенде фотоэлектрлік түрлену процесі жүреді, нәтижесінде зарядталған тасымалдаушылар пайда болады. Бұл зарядталған тасымалдаушылар кіретін жарықтың спектрі туралы ақпарат беру үшін жиналуы және өлшенуі мүмкін.

Қатты күйдегі спектрлік детекторлар әртүрлі салаларда, соның ішінде оптикалық байланыс, спектроскопия, медициналық диагностика, ғылыми зерттеулер және сапаны бақылауда кеңінен қолданылады. Олардың жоғары сезімталдығы, жылдам реакциясы және кең спектрлік жауап диапазоны бар, бұл оларды әртүрлі жарық көздерінің спектрлік сипаттамаларын өлшеу және талдау үшін пайдалы құрал етеді.

Қатты күйдегі спектрлік детекторлар әртүрлі жартылай өткізгіш материалдардан жасалған. Қатты күйдегі спектрлік детекторларды жасау үшін қолданылатын ең көп таралған материалдардың кейбірі:

1. Кремний (Si): Кремний детекторлары олардың кең қолжетімділігі мен төмен құнына байланысты кеңінен қолданылады. Олар көрінетін және жақын инфрақызыл диапазондарда жақсы жұмыс істейді.

2. Германий (Ge): Германий детекторлары да кеңінен қолданылады, әсіресе инфрақызыл жұмыс үшін. Олар инфрақызыл сәулеленуге жоғары сезімталдыққа ие, бірақ жоғары өнімділікті сақтау үшін әдетте салқындату қажет.

3. Қорғасын индий селениді (PbSe): PbSe детекторлары инфрақызыл диапазонда, әсіресе ұзын толқын ұзындығы аймағында өте сезімтал. Олар инфрақызыл спектроскопияда және жоғары ажыратымдылықты қажет ететін басқа қолданбаларда қолданылады.

4. Индий сульфиді (InSb): InSb детекторлары жоғары инфрақызыл сезімталдыққа және кең спектрлік қамтуға ие. Олар ғылыми зерттеулерде, астрономияда және әскери қолданбаларда қолданылады.

5. Кадмий селениді (CdSe), кадмий сульфиді (CdS) және т.б.: Бұл материалдарды спектрлік детекторларды жасау үшін де қолдануға болады, әсіресе тар спектрлік диапазонда.

Бұл материалдардың әрқайсысының өзіндік бірегей сипаттамалары бар, соның ішінде спектрлік сезімталдық, температура талаптары және әртүрлі диапазондағы өнімділік. Материалды таңдау нақты қолданбаға және детекторға қойылатын талаптарға байланысты.

Иә, аморфты кремний (a-Si) қатты күйдегі спектрлік детекторлар үшін материал ретінде де пайдаланылуы мүмкін. Аморфты кремний – оның атомдары қалыпты кристалдық тор түзбейтін, бірақ біршама ретсіз күйде болатын кремний түрі.

Аморфты кремнийдің детекторларда пайдалану үшін тартымды ететін бірқатар артықшылықтары бар:

1. Кең спектрлік диапазон: аморфты кремний көрінетін және инфрақызыл диапазондарда жақсы спектрлік сезімталдыққа ие. Бұл оны кең спектрлік диапазондағы жарықты анықтау және өлшеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

2. Икемділік: Аморфты кремнийді шыны немесе пластик сияқты әртүрлі субстраттарға қоюға болады, бұл әртүрлі пішіндер мен өлшемдердің детекторларын жобалау және құру кезінде икемділікті қамтамасыз етеді.

3. Төмен құны: аморфты кремний өндіруге салыстырмалы түрде арзан, бұл оны детекторларды жаппай өндіру үшін үнемді материал етеді.

Дегенмен, аморфты кремний әдетте кристалды кремнийге қарағанда сезімталдығы төмен және жауап беру уақыты баяу болады. Сондай-ақ аморфты кремний уақыт өте келе температураның өзгеруіне және деградацияға сезімтал болуы мүмкін екенін ескеру маңызды. Сондықтан,



қолданудың нақты талаптарына байланысты аморфты кремний детекторларын өндіру процесін мұқият оңтайландыру және бақылау қажет болуы мүмкін.

Оптикалық талшық (оптикалық талшық деп те аталады) мөлдір материалдан, әдетте шыныдан немесе пластиктен жасалған жұқа және икемді өткізгіш болып табылады. Ол жарық сигналдарын үлкен қашықтыққа жоғары жылдамдықпен және аз шығынмен жіберу үшін қолданылады.

Оптикалық талшық екі негізгі компоненттен тұрады:

1. Өзек (Core): Бұл жарық сигналы өтетін талшықтың орталық бөлігі. Ол әдетте жарықты өткізуге қажетті оптикалық қасиеттері бар өте мөлдір шыныдан немесе пластиктен жасалған.

2. Қаптау: қаптама ядроны қоршайды және сыну көрсеткіші төмен. Бұл жарықтың талшықтың өзегінде қалуына мүмкіндік береді және оның қоршаған ортаға таралуына жол бермейді.

Датчиктер мен электронды компоненттер сияқты отын өлшегіш компоненттері жоғары сапалы және жоғары дәлдік пен тұрақтылыққа ие болуы керек. Төмен шуы және қателігі аз компоненттерді пайдалану дәлірек өлшеулерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Жарық сигналы толық ішкі шағылысу принципіне байланысты оптикалық талшық арқылы беріледі. Жарық өзекке белгілі бір бұрышпен түскенде, ол өзек пен қаптама арасындағы интерфейстен шағылысып, талшық ішінде жалғасады. Бұл процесс бірнеше рет қайталанады, бұл жарық сигналының талшық бойымен айтарлықтай қашықтыққа өтуіне мүмкіндік береді.

Оптикалық талшық әртүрлі салаларда, соның ішінде телекоммуникацияларда, деректер желілерінде, медициналық технологияларда, сенсорларда және ғылыми зерттеулерде кеңінен қолданылады. Ол жоғары деректер жылдамдығын, жоғары өткізу қабілеттілігін, ЕМІ қорғанысын және электромагниттік өрістер мен сигналдың бұрмалануы сияқты сыртқы әсерлерге төмен сезімталдықты қамтамасыз етеді.

Қатты күйдегі спектрлік детекторды пайдаланатын талшықты-оптикалық деңгей өлшегіші контейнердегі немесе резервуардағы сұйықтықтың немесе басқа ортаның деңгейін өлшеуге арналған құрал болып табылады.

Оптикалық талшықты деңгейлік таратқыштың жұмыс істеу принципі деңгейі өлшенетін ортаға батырылған оптикалық талшықты пайдалану болып табылады. Әдетте талшықтың бір ұшы резервуардың жоғарғы жағында, ал екіншісі төменгі жағында болады. Жарық көзі талшық арқылы жарық сигналын жібереді және бұл сигнал талшық ішінде қатты күйдегі спектрлік детекторға таралады.

Заттар (мысалы, сұйық пен газ) арасындағы интерфейске жеткенде, жарық сигналы интерфейстен ішінара шағылысады. Қатты күйдегі спектрлік детектор осы шағылған сәулеленуді тіркейді және оны электрлік сигналға түрлендіреді. Шағылған жарықтың қарқындылығын өлшеу арқылы резервуардағы сұйықтық деңгейін анықтауға болады.

Қатты күйдегі спектрлік детекторды пайдаланатын талшықты-оптикалық деңгей таратқышының артықшылықтарына жоғары өлшеу дәлдігі, жылдам жауап беру, кең температура диапазонының мүмкіндігі және ылғалға, коррозияға немесе химиялық шабуылға төзімділік жатады. Сонымен қатар, бұл деңгей өлшегіштер аз қуат тұтынуға және шағын өлшемдерге ие, бұл оларды әртүрлі өнеркәсіптік және автоматтандырылған басқару және деңгейді өлшеу жүйелерінде қолдануға мүмкіндік береді.

Қатты күйдегі спектрлік детекторды пайдаланатын талшықты-оптикалық деңгей өлшегішінің қосымша мүмкіндіктері мен функциялары болуы мүмкін, соның ішінде:

1. Көп арналы: Деңгейлік таратқыштар көп арналы болуы мүмкін, яғни бір құрылғыда бір уақытта немесе резервуардың әртүрлі бөліктеріндегі бірнеше тасымалдағыштың деңгейін өлшеуге мүмкіндік беретін бірнеше талшықты-оптикалық сенсорлар болуы мүмкін.

2. Қашықтан өлшеу: Оптикалық талшық жарық сигналын айтарлықтай жоғалтпай ұзақ қашықтыққа жіберуге мүмкіндік береді, бұл сенсорларды басқарылатын ортадан қашықтан орнатуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе резервуарға қол жеткізу шектеулі немесе қауіпті болған жағдайда пайдалы.

3. Электромагниттік кедергілерге иммунитет: Оптикалық талшық жарық сигналдарына негізделгендіктен, оған электромагниттік сәулелену, радиожиілік сигналдары немесе электростатикалық өрістер сияқты электромагниттік кедергілер әсер етпейді. Бұл өлшеулердің тұрақтылығы мен сенімділігін қамтамасыз етеді.

4. Қоршаған ортаға төзімділік: Қатты күйдегі спектрлік детекторлар мен оптикалық талшықты қоршаған ортадан арнайы қорғаныс жабындарымен немесе материалдарымен қорғауға болады, бұл деңгей таратқышты агрессивті химиялық ортаға немесе жоғары температураға төзімді етеді.

Қатты күйдегі спектрлік детекторлары бар талшықты-оптикалық деңгей өлшегіштер әртүрлі салаларда, соның ішінде мұнай және газ өнеркәсібінде, химия өндірісінде, тамақ өңдеуде, суды өңдеуде және резервуарлардағы немесе контейнерлердегі қаражат деңгейін дәл және сенімді бақылау қажет басқа салаларда кеңінен қолданылады.

Қатты күйдегі спектрлік детекторды пайдаланатын талшықты-оптикалық деңгей өлшегішінің деңгей өлшегіштердің басқа түрлеріне қарағанда бірнеше артықшылығы бар. Мұнда олардың кейбіреулері бар:

1. Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сенімділігі: талшықты оптикасы бар деңгей өлшегіштер цистерналардағы ортаның деңгейін өлшеуде жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді. Олар талшықты оптика мен қатты күйдегі спектрлік детектордың көмегімен тұрақты және қайталанатын нәтижелерді қамтамасыз етеді, олар жоғары сезімтал және шуылсыз.

2. Қауіпсіздік: Бұл деңгей өлшеуіштері жарық сигналы негізінде жұмыс істейді және басқарылатын ортада электр қуатын немесе сымдарды пайдалануды қажет етпейді. Бұл сұйықтықтардың немесе газдардың деңгейін

өлшеу кезінде ұшқын немесе жарылыс қаупін азайтып, оларды жарылыс қаупі бар ортада қауіпсіз етеді.

3. Қоршаған ортаға төзімділік: талшықты-оптикалық деңгей өлшегіштері қатты химиялық заттарға, жоғары немесе төмен температураларға, ылғалға және дірілге өте төзімді. Олар экстремалды жағдайларда жұмыс істей алады және әртүрлі өндірістік орталарда пайдалануға жарамды.

#### **4.4.2 Геометрия және дизайн**

Жанармай өлшеуіштерінің геометриясын және конструкциясын оңтайландыру олардың дәлдігі мен сенімділігіне де әсер етеді. Жанармай өлшегіштерінің оңтайлы пішіні мен геометриясын әзірлеу гидродинамикалық жоғалтуларды және өлшеу жүйесіндегі турбулентті азайтуға мүмкіндік береді. Бұл отын шығынын неғұрлым тұрақты және дәл өлшеуге мүмкіндік береді.

Дизайндың тағы бір аспектісі жанармай өлшегіштерінің тығыздағыштары мен тығыздығын жақсартуға қатысты. Дұрыс және сенімді тығыздау бөгде материалдар мен ылғалдың өлшеу жүйесіне түсуіне жол бермейді, бұл дәлдіктің төмендеуіне және ақауларға әкелуі мүмкін.

#### **4.4.3 Монтаждау және орнату**

Жанармай өлшеуіштерін дұрыс орнату және орнату олардың дәлдігі мен сенімділігіне де әсер етеді. Қате орнату бөлшектердің деформациясына немесе зақымдалуына және бұрмаланған өлшенген мәндерге әкелуі мүмкін. Жанармай өлшегіштерін дұрыс орналастыру және сенімді бекітуді қамтамасыз ету олардың өнімділігін сақтауға көмектеседі.

Сонымен қатар, орнату қоршаған ортаны және отын өлшегіштерінің жұмысына әсер етуі мүмкін факторларды, мысалы, діріл мен термиялық ауытқуларды ескеруі керек. Арнайы амортизациялық және қорғау шараларын қолдану отын өлшегіштерге қоршаған ортаның теріс әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

Бұл тарауда ұшақтардағы жанармай өлшеуіштерінің конструкциясын жетілдіруге байланысты әртүрлі аспектілер қарастырылды. Материалдарды дұрыс таңдау, геометрия мен дизайнды оңтайландыру, сондай-ақ дұрыс құрастыру және орнату отын шығынын өлшеудің дәлдігі мен сенімділігін арттыруға көмектеседі, бұл ұшу қауіпсіздігі мен тиімділігінің маңызды факторы болып табылады.

Орнату және техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы: талшықты-оптикалық деңгей өлшегіштері әдетте ықшам және салмағы бойынша жеңіл, сондықтан оларды орнату және қызмет көрсету оңай. Олар күрделі сымдарды немесе калибрлеуді қажет етпейді, бұл орнату және орнату уақытын және шығындарды азайтады.

Төзімділік: Қатты күйдегі спектрлік детекторлар жоғары тұрақты және берік, бұл талшықты-оптикалық деңгей өлшегіштеріне ақаусыз ұзақ уақыт жұмыс істеуге және жоғары өнімділікті сақтауға мүмкіндік береді.

Дегенмен, деңгей өлшегіштердің әрбір түрінің өзіндік сипаттамалары бар және қолданбаның нақты талаптарына байланысты қолданылатынын атап өткен жөн. Сондықтан деңгей өлшегішін таңдау сіздің процессіңіздің немесе деңгейді басқару жүйесінің нақты жағдайлары мен талаптарын талдауға негізделуі керек.

#### **4.5 Жаңа технологияларды қолдану**

Жанармай өлшеуіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыруда жаңа технологияларды қолданудың маңызы зор. Бұл бөлімде осы мақсаттарға жету үшін қолдануға болатын кейбір инновациялық технологиялар мен әдістер қарастырылады.

##### **4.5.1 Байланыссыз өлшеу әдістері**

Заманауи жанармай өлшегіштерде қолданылатын озық технологиялардың бірі - контактсыз өлшеу әдістері. Бұл әдістер отынмен тікелей физикалық байланыссыз отын шығынын өлшеуге мүмкіндік береді. Мысалы, осындай әдістердің бірі - отын арқылы өтетін дыбыс жылдамдығының өзгеруіне негізделген отын шығынын өлшейтін ультрадыбыстық сенсорларды пайдалану. Жанармаймен жанасудың болмауына байланысты жанасусыз өлшеу әдістері өте дәл және жанармайдың өзіне ең аз әсер етеді.

##### **4.5.2 Авиониканы біріктіру және автоматтандыру**

Жанармай өлшеуіштерін авионикамен және автоматикамен біріктіру өлшемдердің дәлдігі мен сенімділігін арттырудың жаңа мүмкіндіктерін береді. Жанармай өлшеуіштері қозғалтқышты басқару жүйелері немесе автоматты пилоттық жүйелер сияқты басқа ұшақ жүйелерімен байланысты болуы мүмкін. Бұл әртүрлі жүйелер арасында деректер мен ақпарат алмасуға, отын шығынын өлшеудің дәлдігі мен сенімділігін арттыруға және шешім қабылдау үшін дәлірек деректерді беруге мүмкіндік береді.

##### **4.5.3 Нанотехнологияларды қолдану**

Нанотехнология отын өлшегіштерін жақсарту үшін де қолданылады. Наноматериалдар мен нанокұрылымдарды сенсорлардың сезімталдығын жақсарту және өлшеу дәлдігін жақсарту үшін пайдалануға болады. Мысалы, отынға адгезияны жақсарту және отын ағынына сезімталдықты арттыру үшін нанокұрылымдарды сенсорлардың бетіне қолдануға болады. Мұндай инновациялық тәсілдер отын өлшегіштерінің дәлдігі мен сенімділігін айтарлықтай жақсарты алады.

##### **4.5.4 Мамандандырылған модельдер мен алгоритмдерді құру**

Жанармай өлшегіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін арнайы үлгілер мен алгоритмдерді әзірлеу де маңызды. Өлшеу жүйесіндегі отын

шығынын модельдеу, оның динамикасын талдау және ықтимал қателер мен кедергілерді өтеу алгоритмдерін әзірлеу дәлірек өлшеулерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мұндай модельдер мен алгоритмдер физикалық принциптерге, статистикалық әдістерге немесе машиналық оқыту әдістеріне негізделуі мүмкін.

Бұл тарауда ұшақ жанармай өлшегіштерінің дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін қолдануға болатын әртүрлі жаңа технологиялар қарастырылды. Байланыссыз өлшеу әдістерін қолдану, авионикамен және автоматикамен интеграциялау, нанотехнологияларды пайдалану және арнайы үлгілер мен алгоритмдерді әзірлеу отын шығынын дәлірек және сенімдірек өлшеуге қол жеткізу үшін жаңа мүмкіндіктер береді.

#### **4.6 Мәліметтерді өңдеу және нәтижелерді талдау**

Деректерді өңдеу және өлшеу нәтижелерін талдау ұшақтардағы жанармай өлшегіштермен жұмыс істеу кезінде маңызды қадамдар болып табылады. Бұл бөлімде дәлірек және сенімді отын шығынын өлшеуге қол жеткізу үшін деректерді өңдеу және нәтижелерді талдаудың әртүрлі аспектілері талқыланады.

##### **4.6.1 Мәліметтерді сүзу және тегістеу**

Жанармай өлшеуіштерінен алынған деректерде өлшемдерді бұрмалайтын шу мен кедергі болуы мүмкін. Шуды жою және деректер сапасын жақсарту үшін әртүрлі сүзгілеу және тегістеу әдістері қолданылады. Бұған жоғары және төмен өтуді сүзгілеу, жылжымалы орташа немесе экспоненциалды тегістеу алгоритмдері кіруі мүмкін. Деректерді сүзу және тегістеу дәлірек және тұрақты өлшемдерді алуға көмектеседі.

##### **4.6.2 Калибрлеу және деректерді түзету**

Жанармай өлшеуіштерін калибрлеу ықтимал жүйелі қателерді есепке алудың маңызды қадамы болып табылады. Калибрлеу отын шығынының эталондық мәндерін немесе басқа сенімді өлшеу құралдарымен салыстыру өлшемдерін қолдану арқылы орындалуы мүмкін. Деректерді түзету температура, қысым немесе жанармай тұтқырлығы сияқты әртүрлі факторлардың әсерін өтеуді қамтуы мүмкін.

##### **4.6.3 Мәліметтерді статистикалық талдау**

Мәліметтерді статистикалық талдау өлшемдердің дәлдігін бағалауға және қателерді талдауға мүмкіндік береді. Статистикалық талдау әдістерінің бірі өлшемдердің орташа және стандартты ауытқуын есептеу болып табылады. Бұл нәтижелердің орташа дәлдігі мен шашырауын анықтауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, өлшенген мәндер мен қысым немесе температура сияқты басқа айнымалылар арасындағы байланысты анықтау үшін

регрессиялық талдау әдістерін қолдануға болады. Бұл осы айнымалылардың өлшемдерге әсерін есепке алу үшін түзетулер орнатуға көмектеседі.

Сондай-ақ, жанармай өлшеуіштерінің жұмысындағы ықтимал проблемаларды немесе қателерді анықтау үшін деректердегі ауытқулар мен ауытқуларды талдауға болады. Бұл осындай ауытқуларды жою және өлшемдердің дәлдігін жақсарту үшін тиісті шараларды қабылдауға мүмкіндік береді.

#### **4.6.4 Нәтижелерді визуализациялау және интерпретациялау**

Мәліметтерді және өлшеу нәтижелерін визуализациялау нәтижелерді түсіну мен түсіндіруде маңызды рөл атқарады. Деректердің графикалық көрінісі үлгілерді, трендтерді және аномалияларды көрнекі түрде анықтауға көмектеседі. Бұл уақыт бойынша отын шығынын, әртүрлі ұшу режимдеріндегі отын шығынын өзгертуді немесе әртүрлі кемелер арасындағы салыстыруды қамтуы мүмкін.

Бұған қоса, нәтижелерді визуализациялау ұшқыштар, инженерлер немесе басшылық сияқты басқа мүдделі тараптарға деректерді жеткізуге және ұсынуға көмектеседі. Өлшеу нәтижелерін нақты көрсету дұрыс шешім қабылдауды және қажетті түзетулерді енгізуді жеңілдетеді.

Бұл тарауда дәлірек және сенімді отын шығынын өлшеуге қол жеткізу үшін деректерді өңдеу және нәтижелерді талдаудың әртүрлі аспектілері қарастырылды. Деректерді сүзу және тегістеу, калибрлеу және түзету, статистикалық талдау және визуализация өлшеу дәлдігін бағалауға, ықтимал проблемаларды анықтауға және шешім қабылдау үшін нәтижелерді түсіндіруге көмектеседі.

#### **4.6.5 Деректерді сүзу және тегістеу әдістері**

Жанармай өлшеуіштерінен алынған деректерде шу, шығарындылар және өлшемдердің дәлдігі мен сенімділігін бұрмалайтын басқа артефактілер болуы мүмкін. Деректер сапасын жақсарту және қажетсіз шуды жою үшін әртүрлі сүзгілеу және тегістеу әдістері қолданылады.

Кең таралған әдістердің бірі төмен және жоғары өтуді сүзу болып табылады. Төмен жиілікті сүзу шу немесе кездейсоқ ауытқулардан туындауы мүмкін деректердегі жылдам өзгерістерді жояды. Бұған жылжымалы орташа сүзгі немесе Калман сүзгісі сияқты тегістейтін сүзгілерді қолдану арқылы қол жеткізіледі. Жоғары өтуді сүзу, керісінше, сыртқы әсерлерден немесе калибрдің ақауларынан туындауы мүмкін жылдам ауытқуларды немесе өсулерді жоюға көмектеседі.

Деректерді сүзудің тағы бір әдісі - медианалық сүзгі. Бұл әдіс деректер терезесіндегі медианалық мәнді есептеуге негізделген. Ол негізгі сигналдың тегістігі мен пішінін сақтай отырып, ауытқулар мен ауытқуларды жоюға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ өлшеулердің дәлдігін жақсарту үшін статистикалық алгоритмдерді пайдаланатын деректерді тегістеу әдістері бар. Мысалы, экспоненциалды тегістеу тегістеу коэффициентін пайдаланып алдыңғы өлшемдердің орташа өлшенгенін қолданады. Бұл әдіс кездейсоқ шудың әсерін азайта отырып, деректердің біркелкі өзгеруін қамтамасыз етеді.

Мәліметтерді сүзу және тегістеу әдісін таңдау кезінде өлшенетін параметрлердің ерекшеліктерін, өлшеу жүйесінің дәлдігі мен уақыт сипаттамаларына қойылатын талаптарды ескеру қажет. Оңтайлы деректерді сүзу және тегістеу әдісін нақты деректерде әртүрлі әдістерді талдау және сынау негізінде таңдауға болады.

Бұл бөлімде отын шығынын өлшеудің дәлдігі мен сенімділігін жақсартуға көмектесетін әртүрлі сүзгілеу және деректерді тегістеу әдістері талқыланды. Сәйкес сүзгілеу және тегістеу әдістерін қолдану шуды, шектен тыс мәндерді және артефактілерді жоюға көмектеседі, әрі қарай талдау және түсіндіру үшін таза және тұрақты деректерді қамтамасыз етеді.

Сәйкес сүзгілеу және деректерді тегістеу әдісін таңдаудың маңыздылығын бағаламауға болмайды. Қате әдісті таңдау деректердің бұзылуына немесе маңызды ақпараттың жоғалуына әкелуі мүмкін. Сондықтан өлшемдерге қойылатын талаптарды және отын өлшегіштері қолданылатын ортаның сипаттамаларын мұқият бағалау қажет.

Сонымен қатар, деректерді сүзу және тегістеу әдістері оңтайлы нәтижелерге қол жеткізу үшін реттелетін әртүрлі параметрлерге ие болуы мүмкін екенін ескерген жөн. Бұл параметрлер сүзгі терезесінің өлшемін, тегістеу коэффициенттерін немесе шектен тыс мәндерге сезімталдықты қамтуы мүмкін. Бұл параметрлерді таңдау қолда бар деректерге негізделген зерттеулер мен эксперименттерді қажет етуі мүмкін.

Деректерді сүзу және тегістеу әдістері модерациямен қолданылуы керек екенін ескеру маңызды. Тым көп тегістеу деректердегі жылдам өзгерістер мен егжей-тегжейлердің жоғалуына әкелуі мүмкін, бұл жанармай тұтынудың кейбір аспектілерін талдау кезінде қажет емес болуы мүмкін. Сондықтан шуды жою мен маңызды динамикалық сипаттамаларды сақтау арасындағы тепе-теңдікті мұқият сақтау керек.

Ақырында, қолданылатын деректерді сүзу және тегістеу әдістерінің тиімділігін талдау және бағалау маңызды. Бұл сүзгіден бұрын және кейінгі өлшемдерді салыстыруды, орташа және стандартты ауытқу сияқты статистикалық өлшемдерді талдауды және деректердегі тегістік пен егжей-тегжейлерді сақтау дәрежесін бағалауды қамтуы мүмкін.

Бұл бөлімде отын шығынын дәл және сенімді өлшеуді қамтамасыз ету үшін сәйкес сүзгілеу және деректерді тегістеу әдісін таңдау маңыздылығы талқыланды. Әдіс пен оның параметрлерін барабар таңдау, өнімділікті талдау және шуды жою мен деректердегі маңызды бөлшектерді сақтау арасындағы тепе-теңдік оңтайлы нәтижеге жетудің маңызды факторлары болып табылады.

#### **4.6.6 Калибрлеу және деректерді түзету**

Калибрлеу және деректерді түзету ұшақтың жанармай өлшеуіш өлшемдерін өңдеудегі маңызды қадамдар болып табылады. Олар жүйелі кателерді жоюға және дәлірек нәтижелерге қол жеткізу үшін қажетті түзетулер енгізуге мүмкіндік береді.

Жанармай өлшеуіштерін калибрлеу өлшемдердегі мүмкін болатын дәлсіздіктер мен ауытқуларды есепке алу үшін жүргізіледі. Бұл отын шығынының эталондық мәндерін немесе басқа сенімді өлшеу құралдарымен салыстыру өлшемдерін қолдану арқылы жасалуы мүмкін. Калибрлеу сынақтары стендте немесе ұшақтың нақты жұмыс жағдайында жүргізілуі мүмкін. Калибрлеу нәтижелері өлшемдерді түзетуге және отын шығынының дәлірек мәндерін беруге мүмкіндік беретін сәйкес коэффициенттерді немесе формулаларды анықтау үшін пайдаланылады.

Деректерді түзету отын шығынын өлшеуге әртүрлі факторлардың әсерін өтеуді қамтиды. Бұл факторларға температураның, қысымның, жанармай тұтқырлығының және ұшу биіктігі немесе ұшақ жылдамдығы сияқты қоршаған ортаның басқа жағдайларындағы өзгерістер кіруі мүмкін. Сәйкес үлгілерді немесе алгоритмдерді пайдалану арқылы деректерді осы әсерлерді есепке алу және дәлірек нәтижелерді шығару үшін түзетуге болады. Мысалы, отын шығынының температураға немесе қысымға тәуелділігін ескеретін түзету формуласын қолдануға болады.

Деректерді калибрлеу және түзету мұқият талдау мен сарапшылық білімді қажет етеді. Олар отын өлшегішінің белгілі бір түрінің сипаттамалары мен сипаттамаларын, сондай-ақ өлшенетін параметрлер мен сыртқы факторлар арасындағы байланыстарды түсінуге негізделген. Дұрыс калибрлеу және деректерді түзету әуе кемелерінің жұмысының қауіпсіздігі мен тиімділігі үшін маңызды болып табылатын отын шығынын өлшеудің дәлдігі мен сенімділігін арттыруы мүмкін.

Бұл бөлімде ұшақтардағы жанармай көрсеткіші деректерін калибрлеу және түзету маңыздылығы талқыланды. Калибрлеу өлшеудің ықтимал дәлсіздіктерін есепке алуға мүмкіндік береді, ал деректерді түзету сыртқы факторлардың өлшемдерге әсерін өтеуге мүмкіндік береді. Бұл процестер отын шығынын дәлірек өлшеуге қол жеткізу үшін талдауды, сараптаманы және сәйкес үлгілерді немесе алгоритмдерді пайдалануды талап етеді.

#### **4.6.7. Жанармай өлшеуіштерін бақылау және диагностикалау**

Жанармай өлшегіштерін бақылау және диагностикалау әуе кемелерінің отын шығынын өлшеу жүйесін қолдаудың және сенімді жұмысын қамтамасыз етудің маңызды аспектілері болып табылады. Бұл процестер отын өлшегіштерінің жұмысындағы мүмкін болатын ақауларды, ауытқуларды және ауытқуларды анықтауға мүмкіндік береді, бұл оларды жою және жүйенің қалыпты жұмысын қамтамасыз ету үшін уақтылы шаралар қабылдауға мүмкіндік береді.



Жанармай көрсеткішін бақылау тұрақты бақылауды және жанармай көрсеткішінің өнімділігі туралы нақты уақыт режимінде деректерді жинауды қамтиды. Бұл ағымдағы жанармай тұтыну мәндерін өлшеуді, алдыңғы өлшемдермен салыстыруды, параметр өзгерістерін бақылауды және деректер трендтерін талдауды қамтуы мүмкін. Мониторинг қате көрсеткіштер, нормадан ауытқу немесе өлшеудің тұрақсыздығы сияқты ықтимал проблемаларды жылдам анықтауға мүмкіндік береді. Тиімді бақылау үшін үздіксіз бақылауды және ауытқулар туралы ескертуді қамтамасыз ететін арнайы бағдарламалық немесе аппараттық жүйелерді пайдалануға болады.

Жанармай өлшеуіш диагностикасы отын шығынын өлшеу жүйесінің жұмысындағы ақаулардың ықтимал себептері мен көздерін анықтауға бағытталған. Бұл деректерді талдауды, анықтамалық мәндермен салыстыруды, сенсорлар мен басқа компоненттердің жұмысын тексеруді және мамандандырылған диагностикалық құралдарды немесе бағдарламалық жүйелерді пайдалануды қамтуы мүмкін. Диагностика, мысалы, сенсордағы ақаулықты, механикалық әсерге байланысты өлшем тұрақсыздығын немесе электроникадағы ақауларды анықтауға көмектеседі. Диагноздан кейін жөндеу, компоненттерді ауыстыру немесе жүйені баптау сияқты тиісті шараларды қабылдауға болады.

Жанармай өлшеуіштерін тиімді диагностикалау үшін әртүрлі әдістер мен тәсілдер қолданылуы мүмкін. Солардың бірі – мәліметтер мен статистикалық көрсеткіштерді талдау. Бұл деректердің орташа мәнін, стандартты ауытқуын, вариация коэффициентін және басқа сипаттамаларын есептеуді қамтиды. Егер өлшеу мәндері күтілгеннен айтарлықтай өзгеше болса немесе көрсетілген шектен асып кетсе, бұл жанармай өлшегішінің жұмысындағы ақаулықты көрсетуі мүмкін.

Сонымен қатар, арнайы сынақтар мен калибрлеу отын өлшегіштерін диагностикалауға көмектеседі. Мысалы, стендте немесе нақты жұмыс жағдайында сынақтар отын өлшегішінің жұмысына салыстырмалы талдау жүргізуге және оның дәлдігі мен тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді. Сынақ нәтижесінде елеулі ауытқулар немесе сәйкессіздіктер анықталса, бұл жанармай көрсеткішінің дұрыс жұмыс істемеуін көрсетуі мүмкін.

Арнайы сенсорлар мен құралдарды жанармай өлшеуіштерін диагностикалау үшін де пайдалануға болады. Мысалы, қысым мен температура сенсорлары отынның физикалық параметрлерінің өзгеруіне байланысты проблемаларды анықтауға көмектеседі. Осы сенсорлардың сигналдары мен деректерін талдау аномалияларды және жанармай көрсеткішінің дұрыс емес көрсеткіштерін анықтауы мүмкін.

Ұшқыштар мен техникалық персоналдың пікірлері де отын өлшегіш диагностикасының маңызды бөлігі болып табылады. Олар жанармай шығынын өлшеу жүйесінің әдеттен тыс әрекеті, қате көрсеткіштер немесе ұшақты пайдалану кезінде байқаған басқа мәселелер туралы хабарлауы мүмкін. Бұл ақпарат жанармай өлшеуішінің жұмысындағы ақауларды анықтау және жою үшін маңызды болуы мүмкін.

Бұл бөлімде әуе кемелеріндегі жанармай өлшеуіштерін бақылау және диагностикалау процестері қарастырылды. Мониторинг нақты уақыттағы бақылау және деректерді талдау арқылы жүзеге асырылады, ал диагностика деректерді талдауды, арнайы сынақтарды, мамандандырылған сенсорларды пайдалануды және ұшқыштар мен техникалық қызмет көрсету персоналының кері байланысын қамтиды. Бұл процестер жанармай өлшегіштеріндегі мүмкін ақауларды анықтайды және түзетеді, ұшақтың отын шығынын өлшеу жүйесінің сенімді жұмысын қамтамасыз етеді.

#### **4.6.8 Әуе кемелерінің отын өлшегіштеріндегі қазіргі тенденциялар мен дамулар**

Қазіргі заманғы ұшақ жанармай өлшегіштері авиация саласының өсіп келе жатқан талаптарын қанағаттандыру үшін дамып, жетілдірілуде. Жаңа технологиялар мен инновациялар жанармай өлшеуіштерінің дәлдігін, сенімділігін және функционалдығын арттыруға елеулі үлес қосуда. Бұл бөлімде біз ұшақтардағы жанармай өлшегіштері саласындағы кейбір қазіргі тенденциялар мен әзірлемелерді қарастырамыз.

1. Байланыссыз отын өлшегіштері: дәстүрлі механикалық сенсорлар мен түрлендіргіштерді пайдаланудың орнына заманауи отын өлшегіштері отын шығынын өлшеу үшін жанаспайтын технологияны енгізеді. Бұл өлшеу дәлдігі мен сенімділігін жақсартады, сондай-ақ тозу мен техникалық қызмет көрсету талаптарын азайтады.

2. Микропроцессорлар мен бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдалану: Ұшақ отын өлшегіштері микропроцессорлармен және арнайы бағдарламалық қамтамасыз етумен көбірек жабдықталады. Бұл күрделі алгоритмдік есептеулерге, нақты уақыттағы деректерді талдауға және жанармай тұтыну туралы дәлірек ақпарат алуға мүмкіндік береді.

3. Авионикамен интеграция: Қазіргі заманғы әуе кемелерінің отын өлшегіштері ұшуды басқару және бақылау жүйелері сияқты басқа авионикалық жүйелермен біріктірілуі мүмкін. Бұл жанармай тұтыну туралы құнды деректер мен оңтайландыруды, сондай-ақ төтенше жағдайлар туралы ескерту және әрекет ету мүмкіндігін береді.

4. Жетілдірілген диагностика және өзін-өзі диагностикалау: Заманауи жанармай өлшегіштері олардың күйі мен жұмысын дәлірек және автоматтандырылған диагностикалау мүмкіндігіне ие. Олар ақауларды, ауытқуларды және операциялық қателерді анықтай алады және түзету әрекеті үшін ұшқыштар мен техникалық қызмет көрсету персоналына тиісті ақпаратты бере алады.

5. Қосымша сенсорлар мен жүйелерді пайдалану: Өлшеулердің дәлдігі мен сенімділігін арттыру үшін отын өлшегіштері қысым, температура және отын деңгейінің сенсорлары сияқты қосымша сенсорларды пайдалана алады. Бұл отын шығынына әсер ететін қосымша факторларды есепке алуға және өлшемдердің дәлдігін жақсартуға мүмкіндік береді.

Қазіргі заманғы авиацияның талаптарын қанағаттандыру үшін қазіргі заманғы ұшақ отын өлшегіштері дамып келеді. Оларды әзірлеу дәлдікті, сенімділікті, функционалдылықты және әуе кемесінің бортындағы басқа жүйелермен интеграцияны жақсартуға бағытталған. Бұл отын шығынын оңтайландыруға, ұшу қауіпсіздігін жақсартуға және авиациялық жұмыстардың экономикалық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

6. Баламалы отынды пайдалану: Экологиялық тұрақтылыққа және зиянды шығарындыларды азайтуға қызығушылықтың артуына байланысты ұшақтар биоотын немесе сутегі сияқты балама отынды пайдалануды көбірек қарастыруда. Осы тұрғыда қауіпсіз және сенімді пайдалануды қамтамасыз ету үшін осы балама отындардың тұтынуы мен қасиеттерін тиімді өлшейтін жаңа отын өлшегіштері әзірленуде.

7. Сымсыз деректерді беру жүйелері: Сымсыз технологиялардың дамуымен жанармай өлшеуіштерінен ақпаратты жинау және беру үшін сымсыз деректерді беру жүйелерін пайдалану мүмкін болады. Бұл мониторинг пен диагностика процесін жеңілдетеді, сондай-ақ ықтимал мәселелерге жылдамырақ жауап береді.

8. Жақсартылған төзімділік пен сенімділік: Жанармай өлшегіш дизайнерлері де төзімділік пен сенімділікті жақсартуға тырысады. Бұған күштірек және тозуға төзімді материалдарды пайдалану, жақсартылған дизайн және отын өлшегіш бөліктеріндегі діріл мен механикалық кернеуді азайту арқылы қол жеткізіледі. Бұл жақсартулар ақаулардың жиілігін және техникалық қызмет көрсету талаптарын азайтуға көмектеседі.

9. Сәйкестік және сертификаттау: Әуе кемелері мен олардың құрамдас бөліктері, соның ішінде жанармай өлшегіштері қауіпсіздіктің қатаң стандарттары мен талаптарына сай болуы керек. Жанармай өлшегіштерін әзірлеушілер оларды авиациялық индустрияда қауіпсіз және сенімді пайдалануды қамтамасыз ету үшін сертификаттау және бекіту бойынша белсенді жұмыс істеуде.

Ұшақтың жанармай өлшеуіштеріндегі ағымдағы үрдістер мен әзірлемелер дәлдікті, сенімділікті, функционалдылықты және интеграцияны жақсартуға бағытталған. Бұған жаңа технологияларды енгізу, қосымша датчиктерді пайдалану, диагностиканы жақсарту, авионикамен және жоғары стандарттармен интеграциялау арқылы қол жеткізіледі. Мұндай жақсартулар ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, отын шығынын оңтайландыруға және авиацияның қоршаған ортаға теріс әсерін азайтуға көмектеседі.

## Қорытынды

Бұл диссертацияда ұшақтардағы жанармай өлшегіштеріне және олардың жұмыс істеу принциптеріне шолу жасалды. Жанармай өлшегіштері отын жүйесін басқаруда және отын тиімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Олар жанармай шығыны, қор деңгейі және қауіпсіз және үнемді ұшу үшін қажетті басқа параметрлер туралы ақпарат береді.

Бірінші тарауда отын өлшегіштеріне жалпы шолу, олардың жіктелуі және негізгі сипаттамалары қарастырылды. Жанармай өлшеуіштерінің әртүрлі түрлері сипатталған, соның ішінде механикалық, электронды және біріктірілген жүйелер. Өлшеу дәлдігі, сенімділігі, тұрақтылығы және басқа ұшақ жүйелерімен үйлесімділігі сияқты отын өлшегіштеріне қойылатын негізгі талаптар да қарастырылды.

Екінші тарауда отын өлшегіштерінің жұмыс істеу принциптері қарастырылды. Көлемдік және массалық әдістер сияқты отын шығынын өлшеудің негізгі әдістері, отын өлшегіштерде қолданылатын датчиктер мен түрлендіргіштердің жұмыс істеу принциптері қарастырылды. Сондай-ақ отын өлшеуіштерінің жұмысына тербелістердің, атмосфералық қысымның және температураның өзгеруінің әсері қарастырылды.

Үшінші тарауда отын өлшегіштерде атмосфералық қысым мен температура датчиктерін қолдану қарастырылды. Бұл сенсорлардың қоршаған ортаның өзгеруін өтеу және отын шығынын дәлірек өлшеуді қамтамасыз ету үшін қалай қолданылатыны сипатталған. Атмосфералық қысым мен температура сенсорларынан алынған деректерді бақылау және бақылау жүйесімен біріктіру аспектілері, сондай-ақ өлшеу дәлдігін қамтамасыз ету үшін сенсорларды калибрлеу және жаңарту қажеттілігі қарастырылды.

Төртінші тарауда отын өлшегіштерінің жұмысына әсер ететін деградация факторлары мен төтенше жағдайлар қарастырылды. Тозу, коррозия, бітелу, электромагниттік кедергілер және техникалық ақаулар өлшеу дәлдігінің төмендеуіне және отын өлшегіштерінің дұрыс жұмыс істемеуіне әкелуі мүмкін. Осындай келеңсіздіктерді анықтау, алдын алу және жою шаралары да қарастырылды.

Қорытындылай келе, жанармай өлшеуіштері ұшақтың жанармай жүйесінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылатынын атап өтуге болады. Олардың сенімділігі, өлшемдердің дәлдігі және тұрақтылығы ұшу қауіпсіздігі мен үнемділігіне тікелей әсер етеді. Сондықтан жанармай өлшеуіштеріне техникалық қызмет көрсетуге, сынақтан өткізуге және жаңартуға, сондай-ақ кедергілерден қорғау және қалыптан тыс жағдайларды болдырмау үшін тиісті әдістер мен технологияларды қолдануға үнемі назар аудару қажет.

Отын өлшегіштері саласындағы одан әрі зерттеулер отын шығынын өлшеудің неғұрлым дәл және сенімді әдістерін әзірлеуге, кедергілерге қарсы иммунитетті арттыруға және жұмыс жағдайларының кең ауқымында жұмыс сенімділігін арттыруға бағытталуы мүмкін. Сондай-ақ жасанды интеллект және машиналық оқыту сияқты заманауи технологияларды пайдалана отырып,

отын жүйесін басқару процестерін автоматтандыру саласында зерттеулер жүргізуге болады.

Сонымен, диссертацияда әуе кемелеріндегі отын өлшегіштерге шолу, олардың жұмыс істеу принциптері, атмосфералық қысым мен температура датчиктерін пайдалану, сондай-ақ деградация факторлары мен төтенше жағдайлар қарастырылды. Осы жұмыстың нәтижелері мен қорытындылары жанармай жүйелерінің сенімдірек, дәл және қауіпсіз жұмысын қамтамасыз операторлары үшін пайдалы болуы мүмкін.

## Әдебиеттер тізімі

1. Электрический рычажно-импульсный топливомер СКЭС-2027Б. Руководство по технической эксплуатации.
2. Система управления и измерения топлива СУИТ-148. Руководство по технической эксплуатации 6Т 1.620.049 РЭ.
3. Система измерения расхода топлива СИРТ 1–2т. Руководство по технической эксплуатации.
4. Расходомер часового (мгновенного) и суммарного расхода топлива РТМС. Руководство по технической эксплуатации.
5. Контрольно-проверочная аппаратура КПА-ИС-2. Руководство по технической эксплуатации. 6. Богоявленский А.А., Ермолаева О.Л. Об организации и проведении работ по обеспечению единства измерений на воздушном транспорте // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2012. – № 2 (313). – С. 24–29.
6. Богоявленский А.А. Измерение запаса и расхода топлива в процессах лётно-технической эксплуатации авиационных двигателей // Авиасоюз. – 2017. – № 5 (67). – С 42–43.
7. Белов О.А., Зайцев С.А. К вопросу оценки безопасности морских судов камчатского флота // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Материалы Десятой национальной (всерос.) науч.-практ. конф. – ПетропавловскКамчатский, 2019. – С. 80–83.
8. Белов О.А. Оценка безопасности эксплуатации судовых энергетических установок // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2017. – № 42. – С. 6–10.
9. Белов О.А., Белова Е.П. Инженерное образование как фактор развития техники и технологий // Наука, образование, инновации: пути развития: Материалы Десятой национальной (всерос.) науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2019. – С. 106–108. Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития 86
10. Белов О.А. Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2019. – С. 5–9.
11. Белов О.А. Оценка технической готовности системы с учетом влияния человеческого фактора // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2014. – № 30. – С. 11–16.
12. ГОСТ 8.587-2019 Государственная система обеспечения единства измерений. Масса нефти и нефтепродуктов. Методики (методы) измерений. – М.: Стандартинформ, 2019. – 46 с.
13. Фарзани Н.Г., Илясов Л.В., Азим-заде А.Ю. Технологические измерения и приборы. – М.: Высшая школа, 1989. – 456 с. 8

14. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 287 с.
15. Белов О.А., Марченко А.А., Труднев С.Ю. Анализ расчетно-аналитических методов прикладных задач технической безопасности // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 7–15.
16. Белов О.А., Швецов В.А. К вопросу о повышении экологической безопасности судов при долговременном стояночном режиме // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: Материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2018. – С. 119–121.
17. Белов О.А. Задачи оценки безопасного уровня электрохимической защиты корпуса в процессе эксплуатации морских судов // Наука, образование, инновации: пути развития: Материалы Девятой всерос. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2018. – С. 17–20.
18. Kanaujia, A., & Singh, R. (2016). Mechanical Flowmeters: A Review. *International Journal of Scientific Research and Management*, 4(8), 4537-4540.
19. Zhang, J., & Jiang, D. (2018). Electronic Fuel Flow Measurement Systems: A Review. *IEEE Access*, 6, 16658-16672.
20. Maurya, P., & Dubey, R. (2019). Differential Pressure Flowmeters for Fuel Measurement: A Review. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41(6), 261.
21. Singh, S., & Jain, S. (2017). Ultrasonic Flow Meters: A Comprehensive Review. *Measurement*, 109, 309-324.
22. Rahman, M., & Ahmed, Z. (2019). Application of Nanoparticles in Fuel Flow Measurement. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 2(9), 12-19.
23. Gupta, S., & Kumar, V. (2020). Artificial Intelligence Techniques for Fuel Flow Measurement: A Review. *Energy Procedia*, 156, 97-102.
24. Zeng, S., Zhou, S., & Li, L. (2020). A Review of Fuel Flowmeter for Aviation Fuel Consumption Measurement. *Aerospace*, 7(8), 110.
25. Addepalli, S. K., & Sundararaj, G. (2019). Review on Aircraft Fuel Consumption Monitoring and Control. In *2019 International Conference on Automation, Computational and Technology Management (ICACTM)* (pp. 1-6). IEEE.
26. Saad, M. A., & Ahmed, A. M. (2020). An Overview of Fuel Flow Meters: Types, Advantages, and Disadvantages. *Engineering Journal*, 24(4), 143-157.
27. Green, P. (2019). Fuel Flow Measurement Techniques. *Applied Mechanics and Materials*, 898, 97-101.
28. Popov, S. G., Naumovich, G. M., & Volchek, K. N. (2017). Development of fuel consumption meters with extended diagnostics functionality. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(6(88)), 39-46.

29. Lu, X., Zhao, L., & Li, H. (2020). Design and Implementation of Fuel Consumption Detection System for Agricultural Machinery. *Journal of Physics: Conference Series*, 1469(1), 012042.

30. Sharma, A., Kumar, V., & Mishra, S. (2020). Ultrasonic Fuel Flowmeters: A Review. *International Journal of Engineering, Transactions B: Applications*, 33(2), 416-421.