

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

ӘОЖ 53. 681.2

Қолжазба құқығында

АЙТИМОВ МҰРАТ ЖОЛДАСБЕКОВИЧ

**Қоршаған орта күйін интегрирленген ON-LINE бақылау жүйесі үшін
көппараметрлі интеллектуалды жиіліктік датчиктерін өңдеу және іске
асыру нұсқауларын зерттеу**

6D071600 – Аспап жасау

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшілер
техника ғылымдарының кандидаты,
профессор Өжікенов Қ.Ә.
техника ғылымдарының докторы,
профессор Михайлов П.Г.

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2017

МАЗМҰНЫ

	НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР.....	5
	АНЫҚТАМАЛАР.....	7
	БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	9
	КІРІСПЕ	10
1	ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГ ЖАСАУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ МЕН АЛДАҒЫ ДАМУЫ	17
1.1	Қазіргі уақыттағы қолданыстағы қоршаған ортаның жағдайын бақылау жүйелерінің талдауы	17
1.2	Қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг жасау жүйелерінің бағдарламалық-аппараттық кешендеріне шолу және талдау жасау	23
1.3	Қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг жасау жүйелерінде қолданылатын физикалар шамалар датчиктеріне шолу және талдау жасау	27
1.3.1	Физикалық шамалар датчиктерінің жіктелуі және құрылымдық сызбалары	27
1.3.2	Жиіліктік физикалық шамалар датчиктері құрылымына шолу және талдау жасау	31
1.4	Қоршаған ортаның жағдайын бақылаудың жинақталған ON-LINE жүйелеріне арналған көппараметрлі интеллектуалды датчиктер кешенін негіздеу және міндеттерін тұжырымдау	41
	Бірінші бөлім бойынша тұжырым	42
2	ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН БАҚЫЛАУ ЭЛЕМЕНТТЕРІ МЕН ЖИНАҚТАЛҒАН ON-LINE ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУ, ҚЫЗМЕТ ЕТУ ПРИНЦИПТЕРІН ӨЗІРЛЕУ	43
2.1	Қоршаған орта мен стратегиялық нысандарды бақылау және мониторинг жасау жүйелерін құру концепциясы	43
2.2	Көппараметрлі датчиктердегі физикалық-химиялық шамаларды түрлендіру принциптерін таңдау және зерттеу	47
2.2.1	Физикалық шамалар датчиктері үшін түрлендірудің базалық принциптерін талдау және таңдау	47
2.2.2	Қысымды өлшеу әдістері	52
2.2.3	Беттік-акустикалық толқындарды (БАТ) пайдалана отырып қысым мен температураны түрлендіру	55
2.2.4	Температураны түрлендіру әдістері	59
2.3	Көппараметрлі датчиктер құрылымы мен элементтерін моделдеу.	65
2.3.1	Физикалық шамалар датчиктерінің ақпараттық моделдері	67
2.3.2	Таратылатын сенсорлық құрылымдардың электрлік аналогтарын қолдана отырып, жартылай өткізгішті сезімтал элементті	

	моделдеу	71
2.4	Көппараметрлі датчиктердің құрылымдық және технологиялық ерекшеліктерін зерттеу және талдау	74
2.4.1	Төтенше оқиғаларды мониторингтеудегі қолданылатын физикалық шамалар датчиктеріне қажетті техникалық шарттарды жобалау	74
2.4.2	Көпқызметті микроэлектронды датчиктердің құраушыларын жасауда пайдаланылатын құрылымдық шешімдер	75
	Екінші бөлім бойынша тұжырым.....	81
3	КӨППАРАМЕТРЛІ ДАТЧИКТЕРДІҢ СЫЗБА-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ОРЫНДАЛУ НҮСҚАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ.....	82
3.1	Көппараметрлі датчиктерді іске асырудың сызба-техникалық шешімдерін зерттеу және талдау	82
3.2	Қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жүйелерінде интеллектуалды датчиктер мен электронды түрлендіргіштерді қолдану	87
3.2.1	Қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жүйелерінде интеллектуалды датчиктерді қолданудың ерекшеліктері	87
3.2.2	Көппараметрлі датчиктерде электрондық түрлендіргіштерді пайдалану мен жобалау ерекшеліктері	94
3.3	Екінші ретті электронды жиілікті түрлендіргіштері бар көппараметрлі датчиктерді моделдеу, жобалау және зерттеу	94
3.4	Жинақталған ON-LINE жүйелерде көппараметрлі жиілік датчиктерінің жұмысына арналған алгоритмдер мен бағдарлама жобалау	101
3.5	Физикалық шамалардың көппараметрлі датчиктерінің бағдарламалық жүзеге асырылуы	104
3.6	Жинақталған ON-LINE жүйеге арналған көппараметрлі жиілік датчиктердің элементтік базасын таңдау және талдау	110
	Үшінші бөлім бойынша тұжырым.....	116
4	ЖИНАҚТАЛҒАН ON-LINE ЖҮЙЕЛЕРГЕ АРНАЛҒАН КӨППАРАМЕТРЛІ ЖИІЛІК ДАТЧИКТЕРІНІҢ ІСКЕ АСЫРЫЛУЫ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫ ЗЕРТТЕУЛЕР НӘТИЖЕЛЕРІ	117
4.1	Көппараметрлі жиілік датчиктерінің іске асырылуы нәтижесі	117
4.2	Жасалынған қоршаған ортаны қорғау мен мониторинг жүйесінің бағдарламалы-аппаратты кешені	128
4.3	Көппараметрлі датчиктердің зерттелуі және сынақтарының метрологиялық қамтамасыз етілуі	139
4.4	Көппараметрлі датчиктерді зерттеу және сынау нәтижелері	141
	Төртінші бөлім бойынша тұжырым.....	142
	ҚОРЫТЫНДЫ.....	143
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	146

ҚОСЫМШАЛАР	154
-------------------------	------------

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі стандарттарға сәйкес сілтемелер көрсетілген:

«Диссертацияларды және авторефераттарды рәсімдеу бойынша нұсқаулық» ҚР БҒМ, Жоғары аттестаттау комитеті. – Алматы, 2004.

МЕСТ 7.32-2001. – Ғылыми зерттеу жұмыстары туралы есеп. Рәсімдеудің ережесі мен құрылымы. – Астана, 2001.

Қазақстан Республикасы Заңы № 189-V «Азаматтық қорғаныс туралы» 11 сәуір 2014ж.

«Қазақстан Республикасының Су кодексі» № 481-II 9 шілде, 2003 (өзгерістер мен толықтырулар енгізілуі бойынша 28.04.2016 ж).

«Қазақстан Республикасының экологиялық кодексі» 9 қаңтар 2007 жыл № 212-III (өзгерістері мен толықтырулары бойынша. ҚР Заңы 2 тамыз 2015 жылғы № 342-V «Азаматтық қорғаныс туралы»).

МЕСТ Р 22.0.03-95 Төтенше жағдайлардағы қауіпсіздік. Табиғи төтенше жағдайлар. Терминдер мен анықтамалар.

МЕСТ Р 22.0.05-94 Төтенше жағдайлардағы қауіпсіздік. Техногенді төтенше жағдайлар. Терминдер мен анықтамалар.

МЕСТ Р 22.0.06-95 Төтенше жағдайлардағы қауіпсіздік. Төтенше жағдайлардың табиғи көздері. Зиянды факторлар. Зиянды әсерлердің параметрлер номенклатурасы.

МЕСТ Р 22.1.02-95 Төтенше жағдайлардағы қауіпсіздік. Мониторинг және болжау. Терминдер мен анықтамалар.

МЕСТ Р 22.1.02-95 Ақпаратты өңдеу жүйелері. Ашық жүйелердің өзара байланысы. Базалық эталондық модель.

«Тұрғындар мен территорияны техногендік және табиғи төтенше жағдайлардан қорғау» Федеральды заңы №68ФЗ 21 желтоқсан 1994 ж.

«Техногендік және табиғи ерекшеліктері бар төтенше жағдайлар классификациясы туралы.» №304 Ресей Федерациясы Үкіметінің Қаулысы. 21 мамыр 2007 ж.

«Төтенше жағдайларды ескерту және зардаптарын жоюдың біріккен мемлекеттік жүйесі туралы » №794 Ресей Федерациясы Үкіметінің Қаулысы. 30 желтоқсан 2003 ж.

МЕСТ Р 51086-97 Датчиктер және физикалық шамаларды түрлендіргіштер электронды. Терминдер мен анықтамалар. Ресей Мемстандарты. Стандарттар баспасы, 1997 ж.

МЕСТ Р 8.673-2009 МӨС Интеллектуалды датчиктер және интеллектуалды өлшеу жүйелері. Негізгі терминдер мен анықтамалар. Ресей Мемстандарты. Стандарттар баспасы, 2009 ж.

МЕСТ Р 8.009-84 МӨС. Өлшеу құралдарының реттелетін метрологиялық сипаттамалары.

МЕСТ Р 2.052-2006 КҚБЖ. Бұйымның электронды моделі

МЕСТ 8.256-77 Өлшеудің бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесі. Аналогтық өлшеу құралдарының динамикалық сипаттамаларын анықтау және реттеу. Негізгі ережелер.

МЕСТ Р 53564-2009 «Машиналарды диагностикалау және жай күйін бақылау. Қауіпті өндіріс құралдарының жай күйі мониторингі. Мониторинг жүйелеріне талаптар»

АНЫҚТАМАЛАР

Бұл диссертациялық жұмыста келесі терминдерге сәйкес анықтамалар қолданылған:

Аса маңызды нысандар - — бұл нысанның қалыптасуының бұзылуы басқаруды жоғалтуға, инфрақұрылымның бұзылуына, субъект экономикасының немесе әкімшілік аймақтық бірлігінің келеңсіз өзгеруіне, осы аймақтарда ұзақ уақыт ішінде тұрған тұрғындардың өмір сүру қауіпсіздігі төмендеуіне әкеліп соғады.

Төтенше оқиғалар - адамдардың қаза табуына әкеліп соққан немесе әкеліп соғуы мүмкін, олардың денсаулығына, қоршаған ортаға және шаруашылық жүргізуші нысандарына нұқсан келтірген немесе келтіруі мүмкін, халықты едәуір дәрежеде материалдық шығындарға ұшыратып, тіршілік жағдайын бұзған немесе бұзуы мүмкін авария, зілзала немесе апат салдарынан белгілі бір аумақта туындаған жағдай.

Техногендік төтенше оқиғаларды болжау: Техногендік төтенше жағдайлар пайда болу ықтималдығын және олардың зардаптарынан туындайтын өрттер, жарылыстар, авариялар, апаттардың болуы ықтималдылығын алдын ала болжау және бағалау мүмкіндіктері.

Техногендік төтенше оқиғалар көзі - Қауіпті техногендік оқиға, оның нәтижесінде нысанда, белгілі бір аумақта немесе акваторияда техногенді апатты төтенше жағдай болған не болуы мүмкін.

Мониторинг — табиғи, техногендік, әлеуметтік үдерістер мен құбылыстардың дамуын және жағдайын бақылайтын (бағалайтын және болжайтын) нақты жүйе. Мониторинг кеңістіктегі нысандардың физикалық орналасу жағдайын ұзақ, тұрақты бақылау жүйесі, ол нысанның ағымдағы жағдайын бағалау және болжау құру үшін нысан туралы ақпаратты жинақтауға мүмкіндік береді.

Мониторинг нысандары: табиғи, техногендік немесе табиғи-техногендік нысан немесе оның бір бөлігі. Мониторинг кеңістіктегі нысандардың физикалық орналасу жағдайын ұзақ, тұрақты бақылау жүйесі, ол нысанның ағымдағы жағдайын бағалау және болжау құру үшін нысан туралы ақпаратты жинақтауға мүмкіндік береді.

Су нысандары: таралу формалары және режим шегі бар табиғи сулардың құрлық бетінде немесе таулы аймақтарда шоғырлануы

Төтенше оқиғалар туралы ескертпе жасау — төтенше оқиғалар пайда болуын мүмкіндігінше азайтуға бағытталған және алдын ала жүргізілетін іс шаралар кешені, сонымен қатар пайда болған жағдайда адам денсаулығын сақтауға, қоршаған табиғи ортаға келтіретін залал көлемін және материалдық шығынын азайту

Өлшеу — техникалық құралдарда сақталатын бірлік есебінде қабылданатын бір шаманың басқа біртекті шамаға қатысын анықтауға арналған операциялар жиынтығы

Физикалық шаманың мәні – өлшенетін шаманың өлшеу нәтижесінде алынған сандық мәні.

Аппараттық –бағдарламалық кешен – бұйымның, аспаптың немесе жүйенің өзгеде функцияларын қамтамасыз етуге арналған аппаратты және бағдарламалық құралдар жиынтығы.

Датчик-сенсор: өлшеу ақпаратынан сигналды өндіруге ыңғайлы формаға келтіретін беруге ыңғайлы, әрі қарай түрлендіруге, өңдеуге және (немесе) сақтауға арналған, бірақ бақылаушының тікелей қабылдауына берілмейтін өлшеу құралы.

Физикалық шаманың түрлендіргіші [ФШТ]: шығыс сигналындағы бақыланатын физикалық шаманы қабылдауға және түрлендіруге арналған құрылғы.

Электронды датчик (ЭД) электронды техника бұйымдары – құраушылары негізінде орындалған датчик.

Көпқызметті (көппараметрлі) датчик: екі немесе одан көп физикалық шамаларды өлшеуге (бақылауға) және түрлендіруге арналған датчик.

ЭД құраушылары – электронды датчиктің функционалдық бөлігі, нұсқалған функцияларды орындауға арналған.

Сезімтал элемент (СЭ): ФШ тікелей әсерінде болатын датчиктің функционалды бөлігі.

ЭД өлшеу электр тізбегі: Электрондық датчиктің электрлік тізбегі шығыс сигналын түрлендіру мен қалыптастыруды өлшеуді жүзеге асырады, сонымен қатар ЭД жүйелік қателіктің жекеленген құраушыларын түзетеді.

ЭД кіріс сигналының ақпараттық параметрі: ЭД кіріс сигналының параметрі бақылатын ФШ функционалды байланысы.

ЭД шығыс сигналының ақпараттық параметрі: ЭД шығыс сигналының параметрі ЭД кіріс сигналының ақпараттық параметрімен функционалды байланысы

ЭД түрлендіру функциясы: ЭД шығыс сигналының ақпараттық параметрінің оның кіріс сигналының ақпараттық емес параметріне тәуелділігі

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ТУБАЖ – технологиялық үдерісті басқарудың автоматтандырылған жүйесі
ҚО БМЖ - қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жасау жүйесі
БМЖ - бақылау және мониторинг жасау жүйесі
ҚО - қоршаған орта
ТЖ - төтенше жағдай
ЭД - электронды датчик
ЭТ – электронды түрлендіргіш
ФШД - физикалық шаманың датчигі
ФШ - физикалық шама
СЭ - сезімтал элемент
БҚ - бағдарламалық қамтама
АБК - аппараттық-бағдарламалық кешен
МК- микроконтроллер
АСТ - аналогты-сандық түрлендіргіш
САТ - сандық-аналогты түрлендіргіш
ҚҚ - қашықтан қатынау
ТКШ - тұрғын үй – коммунальдық шаруашылық
БАТ - беттік-акустикалық толқын
ҚТТ- қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер
МЭЖ - микроэлектромеханикалық жүйе
ТС - термोजиілікті сипаттама
ТСҰК - температуралық-сызықтық ұлғаю коэффициенті
КПЭ - кварцты пьезоэлемент
ЖЖРД – жоғары жиілікті резонаторлық датчик
КЖТ - кернеу жиілік түрлендіргіші
ЖЖОТ- жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіші

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі қоршаған ортаның жағдайы және төтенше оқиғалардың (сел қаупі бар, су көздерінің ластануы, стратегиялық нысандар, жоғары қауіпті өнеркәсіп, т.б.) болу мүмкіндігін бағалау туралы нақты ақпарат алу қажеттілігіне негізделген.

Қоршаған орта материалдық жағдайды білдіреді, адамзатпен байланыста болып, сондай-ақ әрбір адам ағзасына планетада жұмыс істеуі үшін мүмкіндік береді. Қоршаған ортаға су және ауа ортасы, жер кіреді. Егерде қоршаған ортаның көрсетілген құраушылары белгілі талаптарға сәйкес келмесе, онда экологиялық жағдайы бұзылған аймақтарда тұрғындардың өмір сүруі қиындайды немесе мүмкін болмайды.

Қоршаған ортаның бұзылуына адамдар мен техногендік апаттар салдарынан болуы мүмкін. Адам әсері көбінесе су мен ауаның ластануы, таулы және тау бөктеріндегі ормандарды құрту, өзен бассейндері, дала аудандардың ластануынан көрінеді.

Қоршаған ортаға мониторинг жасау жүйелері арқасында шешім қабылдауға қажетті ақпаратты өңдеу және талдау негізінде қоршаған ортаның мақсатты көрсеткіштерін және қоршаған ортаға әсер етуші өндірістік үдерістерді реттеу құралдарын анықтау жаңа деңгейге көтерілуде.

Қазақстан Республикасының қоршаған ортаны қорғау министрлігінің 2010-2014 жылдар аралығына арналған стратегиялық жоспарына сәйкес министрлік Қазақстан Республикасының гидрометеорологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету және қазіргі заманғы экологиялық мониторинг жүйелерін ендіру үшін арнайы іс-шаралар кешенін ұсынды.

Қоршаған ортаның жай-күйі мониторингінің 141 бабында қарастырылғандай оларға мыналар жатады:

1. Атмосфералық ауаның жай күйі мониторингі
2. Атмосфералық жауын-шашын мониторингі
3. Су ресурстарының сапасының мониторингі
4. Топырақтың жай күйі мониторингі
5. Метеорологиялық мониторинг
6. Радиациялық мониторинг
7. Транс шекаралық ластану мониторингі
8. Фондық мониторинг

Жоғарыда айтылған мақсаттар мен міндеттерді шешуге, мониторинг жүйелерінің өнімділігін арттырып, алынатын мәліметтердің сапасын арттыруға электрониканың, микроэлектрониканың, цифрлық жүйелердің, микроконтроллердің, робототехниканың, ақпараттық жүйелердің және т.б. техникалық бағыттардың дамуы мен жетілуі себеп болады.

Әдебиеттерді талдай келе, қоршаған орта күйін бақылау және мониторинг үшін жасалған ақпараттық жүйелер мен мобильді қосымшалардың қарқынды дамуымен қатар, олардағы мынадай ерекшеліктерді көруге болады:

– әртүрлі типті датчиктер (бұл бүтін сегментте алынған мәліметтерді ON-LINE режимде біріктіріп өңделуі);

– әртүрлі типті платформа (әр жүйе үшін датчиктерді өндірушіге байланысты арнайы бағдарламалық жабдықтар ортасының қажеттілігі);

– техникалық мүмкіндіктері (құрал–жабдықтар өлшемдері мен жұмыс істеу технологиясын сақтау);

– мобильділігі;

– мәліметтерді жинау және сақтау (нақты уақыт режимінде талдау және орындалатын іс–шараларды алдын ала анықтау);

– масштабталуы (қосымша аппараттық ресурстар қосылған уақыттағы жүйенің өз еңбек өнімділігін арттыра алуы);

– сенімділігі (жүйенің жұмыс барысында өзінің шекті параметрлерін берілген режимдерде толық қамти алуы);

– құны (құрал–жабдықтарды сатып алуға, құруға, персоналды оқытуға, техникалық және сервистік қызмет етуге кететін шығындар).

Электрониканың, микроэлектрониканың, сандық жүйелердің, микроконтроллерлердің, робототехниканың, ақпараттық технологиялардың және т.б. бағыттардың дамуы мен жетілуі арқасында бақылау мен мониторинг жасау үшін ақпараттық жүйелер мен ұялы қосымшаларды жасаудың қарқынды дамуы байқалады.

Қазіргі уақытта ауаның, температураның сапасын, көмір қышқыл газының немесе ауадағы уытты заттардың деңгейін, ылғалдылықты және т.б. өлшеу мүмкін болатын тасушы құрал түріндегі технологиялық экологиялық жеке датчиктер саны айтарлықтай өсті. Бұл құрылғылардың мөлшері шағын және жиналған деректер талдау мен оларды бастапқы жиналған ақпараттармен салыстыруға мүмкіндік беретін қосымша Bluetooth и Wi-Fi-мен жабдықталған. Дегенмен, халық саны 1 миллион және одан да көп қалалар үшін атмосфералық ауа сапасының мәселесі, мегаполистің табиғи-климаттық шарттары ластанған түтін, тұман мен шаң қоспаларының қалыптасуына алып келетін атмосфераның жер бетіне жақын қабатта ластаушы заттардың шектен тыс жиналуымен сипатталатындықтан, талдау жасауды барынша көп талап етеді. Желсіз ауа райында немесе әлсіз табиғи желдету жағдайында атмосфералық ауаның ластануы халық денсаулығына кері әсерін тигізетіні және жедел шешуді талап ететін анағұрлым өзекті экологиялық мәселе болып табылатыны белгілі.

Қоршаған ортаның ағымдағы жай күйін анықтау үшін, нәтиженің дәлдігін арттыратын терең талдау мүмкіндігі бар дұрыс мәліметтер мен нақты уақыт режиміндегі жүйелер қажет. Дәл мәліметтер алу үшін көбінесе берілгендерді тіркеу жиілігін арттыру және жүйенің датчиктері мен элементтерінің ақпаратты өңдеу жылдамдығын аз қателіктермен арттыру қажеттілігі туындайды, бұл көптеген ҚО БМЖ техникалық шешімдерге байланысты (ақпаратты жинақтау, сақтау, тасымалдау, өңдеу) мүмкін емес немесе қосымша үлкен шығындарды талап етеді.

Қоршаған ортаның бұзылуы адамдар мен техногендік апаттар салдарынан болуы мүмкін. Адамдар әсері көбінесе су мен ауаның ластануы, таулы және тау

бөктеріндегі ормандарды құртудан, өзен бассейндері, дала аудандардың ластануынан көрінеді.

Техногендік апаттар бірінші кезеңде тау және таулы аймақтардың сейсмикалық белсенділігіне, сонымен қатар өзендердегі су тасқыны, қардың еруі теңіз, көл суларының толуы мен тасқындауына байланысты, нәтижесінде аймаққа айтарлықтай экономикалық залал келтіріледі [1, 2].

Қазақстан бойынша табиғи сипаттамалары бар ТО келген шығындар көбінесе сел құбылыстарына тиесілі. Сел ағындары, ереже бойынша кенеттен және қысқа уақытта болады, негізгі жағдайларда апатты салдарлы – өте үлкен қаржылық шығындар және кейбір кездері адам өлімі болады [3, 4].

Әлемде қоршаған ортаны қорғау және бақылауда, экологиялық жағдайды тұрақтандыруда экологиялық мониторинг жүйелерін құрау ерекше орын алады, олардың негізгі міндеті– табиғат қорғау және экологиялық қауіпсіздік аумағында қабылданатын шешімдерді ақпараттық қамтамасыз ету және қолдау.

Осылайша, көпдеңгейлі ҚО БМЖ бұлтты және мобильді технологияларды қолдана отырып жасау тек Қазақстан үшін ғана емес, барлық елдер үшін де өзекті мәселе.

Диссертациялық зерттеу жұмысының өзектілігіне, негізгі стратегиялық және ғылыми бағытқа сәйкестігіне мыналар дәлел бола алады:

- «Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі» 9 қаңтар 2007 жылғы № 212-III Қазақстан Республикасының кодексі (өзгерістері мен толықтырулары бойынша 27.02.2017 ж.).

- Диссертация тақырыбының өзектілігін ҚР «Табиғи және техногенді төтенше жағдайлар туралы» Заңы растайды [5]. Заңда авария, апаттар және апаттар қауіпі бар жағдайларды ғылыми-зерттеу, бақылау, болжау және ескерту жасау қарастырылған. Сонымен қатар қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жасау жүйесінің негізгі міндеттеріне табиғи және техногендік сипаттағы төтенше оқиғалар аймағында мониторинг тәсілдерін әзірлеу және төтенше оқиғалар деректер банкін жасау, жобалау тәсілдері, ескерту жасау, бақылау шаралары мен қорғаныс құралдары, төтенше оқиғалар салдарларын бағалау, алдын алу және жою жұмыстары бойынша мақсатты және ғылыми-техникалық бағдарламалары кіреді.

Атап көрсеткендей, қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жасау жүйесін құру тым қиын және көп еңбекті қажет ететін міндет, оны дәстүрлі тәсілдермен шешу тек арнайы мамандандырылған құрамында аппараттық бөлім, бағдарламашылар, құрастырушылар, технолог және т.б. мамандары бар әзірлеме дайындайтын ұжымның қолынан ғана келеді. Бірақ замануи ақпараттық өлшеу жүйелері, технологиялық үдерісті басқарудың автоматтандырылған жүйесі, СКАДА және басқада басқару және бақылау жүйелерінің теория және тәжірибе жүзінде дамуының нәтижесінде стандартты технологиялық платформаны, стандартты интерфейсті қолданатын ашық жүйелер қабылданды, ол ҚО БМЖ әзірлемесін орталықсыздандыруға мүмкіндік береді [6, 7].

ҚО БМЖ-ның негізгі деңгейі төменгі деңгей болады: датчиктер – физикалық шамаларды түрлендіру деңгейі, олардың сенімділігі, дәлдігі және ақпараттығынан бүкіл мониторингілеу жүйесінің жұмысы тәуелді болады [8].

Бұл жағдайда ақпараттылық толымдылығын арттыру және ФШД типтері мен санын төмендету үшін олар көпқызметті болуы керек, бұл бір датчикпен бір уақытта бірнеше шамаларды өлшеу болып табылады [9, 22, с. 54].

Жоғарыда айтылған мәселелерді шешу үшін қоршаған орта күйін бақылау және мониторинг үшін ақпараттық жүйе жобалау қажеттілігі туындайды.

Бұл мәселеге оң әсерін тигізетін факторлардың бірі - электронды конструктор және электронды құрылғыларды жедел жасаудың ыңғайлы платформасы - Arduino. Бұл платформа бағдарламалау тілінің ыңғайлылығы мен қарапайымдылығының, сонымен қатар түрлі техникалық салалардағы ашық архитектурасы мен бағдарламалық кодының арқасында кең қолданымға ие.

Диссертациялық зерттеу жұмысында анықталған проблемаларды шешу үшін біздер АЖ мобильді бағдарламалық жабдығын жобаладық және ұсындық, оның негізін әртүрлі көпқызметті датчиктерді пайдалана отырып қоршаған орта туралы ақпарат алуға, қосымша құрылғыларды басқаруға мүмкіндік беретін Arduino базасындағы құрылғы мен мобилді қосымша және техногенді объектілер өндіретін, қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін жүргізетін жүйе құрайды.

Қоршаған орта күйін бақылау және мониторинг мәселелерімен «Қаз сел қорғау» кәсіпорны, Қазақстан Республикасының ұлттық академиясының автоматика және ақпараттық технологиялар институты, Ломоносов атындағы ММУ және ТМД елдерінің бірнеше жобалау ұйымдары мен институттары, басқада ұйымдар белсенді жұмыс жасайды. Осы бағытта жұмыс жасайтын отандық және шетел ғалымдары: Замай В.И., Добровольский Н.С., Медеу А.Р.

Жұмыстың мақсаты Қоршаған орта күйін көппараметрлі интеллектуалды жиіліктік датчиктерін пайдалана отырып, ON-LINE бақылау жүйесін және техногенді объектілер өндіретін, қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін жүргізетін жүйені жобалау болып табылады.

Зерттеудің міндеттері мыналар болып табылады:

–Қоршаған орта күйін бақылау жүйелерінің даму ерекшеліктері мен қазіргі жағдайын талдау.

–Табиғи және өнеркәсіптік объектілерді мониторингтеу жүйелерін іске асыру әдістері мен міндеттерін талдау.

– Қоршаған орта күйін бақылау жүйелеріндегі көппараметрлі датчиктердегі физико-химиялық шамалардың түрлену принциптерін зерттеу және таңдау.

– Екінші ретті электронды жиілік түрлендіргіштері бар көппараметрлі датчиктердің құрылымдық және ақпараттық ерекшеліктерін зерттеу және талдау.

–ҚО БМЖ ақпараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету құрылымдарын жобалау.

–Жинақталған ON-LINE жүйелер үшін көппараметрлі интеллектуалды жиіліктік датчиктердің жұмыс алгоритмдері мен бағдарламаларын жобалау.

–Техногенді объектілерден өндірілетін, қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін жүргізетін жүйені жобалау.

–Жобалау нәтижелерінің эксперименталды апробациясы.

Жұмыстың негізгі болжамы ұсынылған көппараметрлі жиіліктік ФШД мен бұлтты және мобильді технологиялар негізіндегі бағдарламалық жабдықтарды пайдалана отырып, қоршаған ортаның күйін бақылау және мониторинг үдерістерінің өткізілу сапасын көтеру болып табылады.

Зерттеу нысаны көппараметрлі жиіліктік ФШД бар қоршаған ортаның күйін бақылау және мониторинг жүйесі болып табылады.

Зерттеудің әдістемелік негізі. Диссертациялық ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу барысында зерттеу жұмысының міндеттері квалиметрияның математикалық аппараты, қатты дене физикасы теориясы, математикалық модельдеу әдістерін, жоспарлау теориясы және ғылыми танымның өзге әдістері арқылы (өлшеу, салыстыру, талдау, синтездеу) шешілді. Алынған ғылыми тұжырымдар мен қорытындылар көпқызметті датчиктердің эксперименталды үлгілерін тексеру арқылы расталды.

Зерттеудің теориялық негізін қоршаған орта күйі, қоршаған орта күйін бақылау және мониторинг жүйелерінің өзекті мәселелерін зерттеген отандық, жақын және алыс шетел ғалымдарының талдаулары мен тұжырымдары құрайды.

Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы

1. Қоршаған орта күйін бақылау жүйелерінің техникалық және бағдарламалық құрылғыларының қазіргі жай-күйі мен дамуының талдауы мен зерттеуі жүргізіліп, негізгі құраушылары анықталған.

2. Қоршаған орта күйін бақылау жүйелерінде қолданылатын физикалық шамалар датчиктеріне қатысты техникалық талаптар жобаланған.

3. Физикалық шамалардың көппараметрлі интеллектуалды датчиктерінің физико-математикалық моделдері жобаланған.

4. Көппараметрлі интеллектуалды датчиктердің сапасын көтерудің құрылымдық және бағдарламалық әдістері зерттелген және талданған.

5. Көп параметрлі датчиктерді сынақтау және метрологиялық аттестаттау әдістемесі жобаланды.

6. Табиғи және өнеркәсіптік объектілерді мониторингтеу жүйелерін іске асыру әдістері мен міндеттерін талдау негізінде ҚО БМЖ ақпараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету құрылымдары жобаланған.

Диссертациялық жұмыста қорғалатын қағидалар:

1. Қоршаған орта күйін бақылау және мониторинг жүйелері мен техникалық құрылғылар кешендерінің қазіргі заманға жай күйі мен дамуы жайлы зерттеулер нәтижелері.

2. Жинақталған ON-LINE қоршаған орта күйін бақылау және мониторинг жүйелерінің элементтері, құрылу және қызмет ету принциптері.

3. Қоршаған ортаны ластауды бақылаудың жинақталған ON-LINE жүйелерінде қолданылатын физикалық шамалар датчиктерінің негізгі техникалық ерекшеліктері мен номенклатурасына арналған шарттарды жобалау.
4. Көппараметрлі жиіліктік датчиктер негізіндегі қоршаған ортаны ластауды бақылаудың жинақталған ON-LINE жүйелерінің іске асырылу нәтижелері.

Алынған ғылыми нәтижелердің сенімділігі негізгі жорамалдардың дұрыстылығымен, математикалық модельдеудің сынақталған әдістерін қолданумен, сынақтамалар нәтижелерімен, алынған патентпен, халықаралық және республикалық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда және шетел журналдарында апробациясымен расталды.

Зерттеу жұмысының практикалық маңызы

– Жобаланған ақпараттық жүйеге арналған Arduino базасындағы мобильді қосымша әртүрлі көппараметрлі датчиктер негізінде ақпаратты алуға, жинақтауға, өңдеуге мүмкіндік береді, бұл ақпараттық және робототехникалық жүйелер құрушы студенттер, инженерлер және құраушылар үшін жақсы практикалық мысал болып табылады.

– Құрылған қоршаған орта күйін жинақталған ON-LINE бақылау жүйелерінің нәтижесіне сүйене отырып «Техногенді объектілерден өндірілетін қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін алу жүйесі» атауымен №29649 инновациялық патент алынды

– Диссертациялық зерттеудің нәтижелері Қ.И. Сатбаев атындағы ҚазҰТЗУ-дың “Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары” кафедрасының оқу үдерісінде, К.Г. Разумовский атындағы Мәскеу мемлекеттік технология және басқару университетінің Пензадағы филиалында және ЖШС “Бақылау өлшеу технологиялары” ғылыми-өндірістік орталығында лекциялар оқуда және зертханалық жұмыстар орындауда қолданылды.

Диссертация жұмысының нәтижелерін апробациядан өткізу

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері: Қ.И. Сатбаев атындағы ҚазҰТЗУ-дың “Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары” кафедрасының семинарларында, «Инновациялық зерттеулердің ғылыми аспектілері» 5-ші халықаралық ғылыми–практикалық конференциясында (Самара, 2013), The 12th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (Belfort, France, 2015), «АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР: БІЛІМ, ҒЫЛЫМ, ТӘЖІРИБЕ» атты II Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясында (Алматы, 2015), «Жастар. Ғылым. Инновациялар (Youth.Science.Innovation)» атты XII халықаралық ғылыми–практикалық интернет–конференциясында (Пенза, 2016) баяндалды және талқыланды.

Ғылыми жарияланымдар: Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым министрлігінің ғылым саласындағы бақылау комитетімен ұсынылған басылымдарда, сондай-ақ халықаралық және республикалық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда

және шетел журналдарында жарияланған. Атап айтсақ, оның ішінде 6 уәкілетті орган ұсынған ғылыми басылымдарда, Scopus компаниясының деректер базасына кіретін 3 нөлдік емес импакт-факторға ие халықаралық ғылыми журналдар мен конференцияда, 6 халықаралық конференция материалдарында жарияланған. «Техногенді объектілерден өндірілетін қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін алу жүйесі» атауымен №29649 инновациялық патент алынған, жарияланымы 16.03.2015, бюллетень № 3. «Технические измерения в технологии и производстве радиоэлектронной аппаратуры и измерительных систем» атауымен оқу құралы баспадан шығарылған.

Жұмыс құрылымы мен көлемі. Диссертация төмендегідей бөлімдерден тұрады: кіріспе, негізгі 4 бөлімі, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі, қосымшалар.

1 ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН БАҚЫЛАУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГ ЖАСАУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ МЕН АЛДАҒЫ ДАМУЫ

1.1 Қазіргі уақыттағы қолданыстағы қоршаған ортаның жағдайын бақылау жүйелерінің талдауы

Кез келген зерттеу және бақылауды жүргізуді белгілі нысанның қандайда бір тобын зерттеуде жалпы нысанды табудан бастау мақсатты болады. Яғни жіктеуіштен бастау оның зерттеудегі қателігін азайтады, шартты түрде алғанда кезекті «велосипедті» ойлап табу қажет еместігін, сонымен қатар еңбек сыйымдылығын төмендетуге мүмкіндік береді.

Атап көрсететіндей, әдебиет көздерінде қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг жасау жүйесінің әртүрлі жіктелуі сипатталған, олар архитектурасы, шешетін мәселелері, аймақтық тиістілігі және т.б. бойынша бөлінеді (кесте 1.1).

Кесте 1.1 - Мониторинг жүйесінің (ішкі жүйелер) жіктелуі

Жіктелу принциптері	Іс жүзіндегі немесе жасалынған мониторинг жүйелері /ішкі жүйелер/
Әмбебап жүйелер	Ауқымды мониторингі (негізгі, аймақтық, импактты деңгейлі) Ұлттық мониторингі Ұлт аралық мониторингі
Биоортаның негізгі құраушыларының реакциясы	Геофизикалық мониторингі Биологиялық мониторингі Экологиялық мониторинг (жоғарыда аталғандарды қосқанда)
Әртүрлі орта	Атмосфераның өзгеруі және ластану мониторингі , гидросфералық, топырақтың ластануы
Әсер ету факторлары мен негіздері	Қоспалар мониторингі (радиоактивті өнімдер, шуыл). Ластану негіздерінің мониторингі
Мәселенің ауқымдылығы мен өзектілігі	Мұхит мониторингі Озонды орта мониторингі Тұқым/генетика мониторингі
Бақылау тәсілдері	Физикалық, химиялық, биологиялық көрсеткіштер бойынша мониторинг Жер серіктік (қашықтық) мониторинг
Жүйелік қатынау	Дәрігерлік-биологиялық мониторинг Экологиялық мониторинг Белдеулік мониторингі

Осы деректерге сүйене отырып қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг жасау жүйесінің бірнеше жіктелу сызбасын келтіреміз. Олар

қызметі, деңгейі, техникалық құралдар кешенінің құрамы бойынша жіктеледі. [6, с. 65; 11-12].



Сурет 1.1 - Мониторингтің мемлекеттік жүйесі

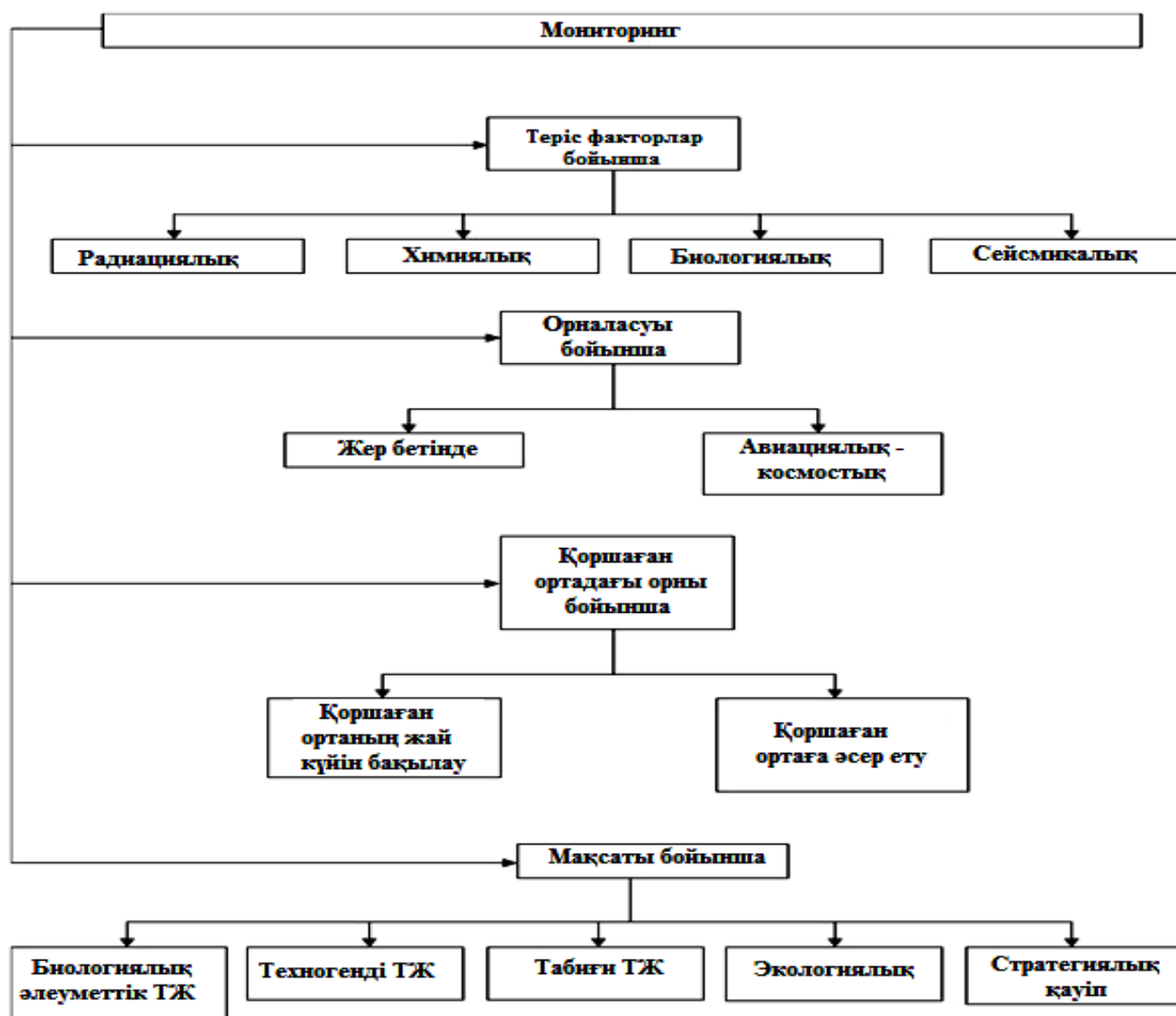
Сурет 1.1 мониторинг жүйесінің жоғары деңгейі – мемлекеттік ірілендірілген құрылымы бейнеленген. Бұл сызбада мониторинг жүйесінің аймақтары, ортасы және нысаны белгіленген.

Сурет 1.2 мониторингтің бөліктелінген сызбасы, қоршаған ортаны бақылау түрі бойынша көрсетілген.

Атап көрсеткендей төтенше оқиғалар мониторингі өзінің мақсатты функциялары, бақыланатын аймақты игеру дәрежесі, техникалық ерекшеліктеріне табиғи, техногендік, биологиялық-әлеуметтік төтенше оқиғалар, экологиялық мониторинг кірістіріледі.

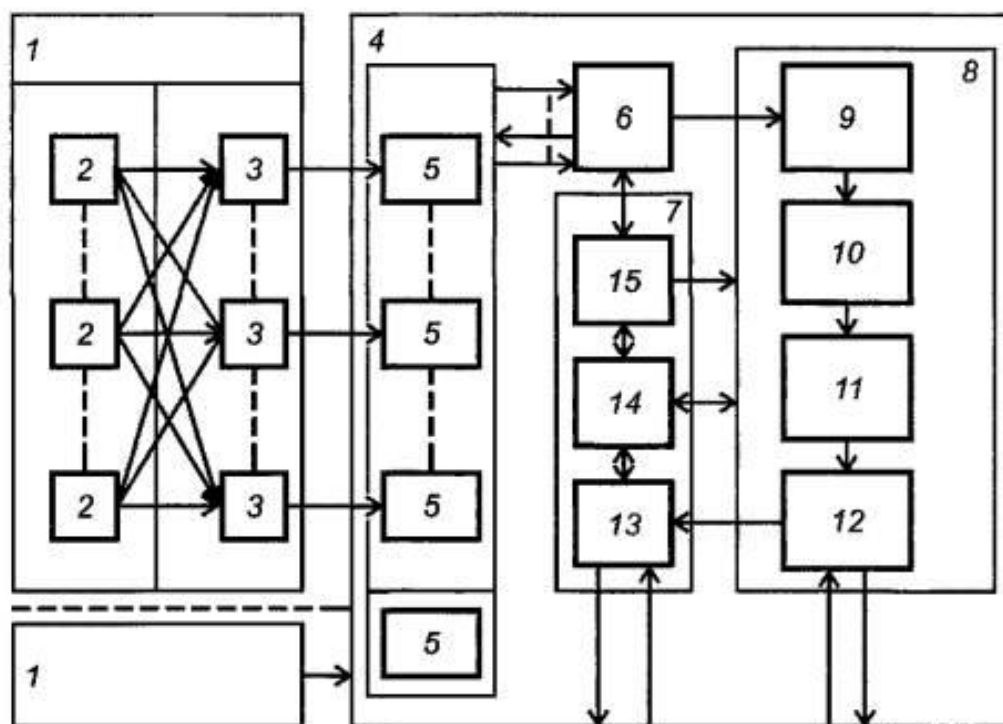
Қоршаған ортаның ақпаратты және көріністі саны мен қабылданатын түрі бойынша назарға алынатын нысандарының бірі экологиялық мониторинг жүйесі. Ол геофизикалық және биологиялық аспектілерді қамтиды. Экологиялық мониторинг биосфераның абиотивтік құраушылар жағдайының өзгерістерін жобалауды, бағалауды және бағалауды қарастырады. Оның ішінде табиғи орталардың зиянды химиялық, биологиялық және радиоактивті

заттармен ластану деңгейінің өзгерістерін және осы өзгерістерге экожүйенің қайтарымды жауаптары қарастырылады.



Сурет 1.2 - Қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг түрлері

1.1 және 1.2 суреттерде көрсетілген құрылымдық сызбалар бақылау және зерттеу жүргізілетін орталар мен салаларға қатысты. Бұдан басқа адамдар мен табиғатқа жоғары қатерлі нысандар мен технологиялық үдерістер жергілікті мониторинг жүйесі болады, олар стратегиялық және ерекше қауіпті нысандар жүйесіне тиісті. 1.3. суретте қауіпті нысандардың мониторинг жүйесінің жалпы құрылымдық сызбасы келтірілген.



1 – бақылау агрегаты; 2 – диагностикалау буыны; 3- тарату арнасы; 4 - система мониторинг жүйесі; 5- датчик; 6 – үйлесу буыны; 7 – басқару буыны; 8 – тану буыны; 9- талдағыш; 10- диагностикалау белгілерін қалыптастыру буыны; 11– шешім қабылдау буыны; 12 – бейнелеу және тіркеу буыны; 13 –желілік интерфейстер буыны (Intranet/Internet); 14 - ақпараттық деректер базасы мен білімі; 15 – басқару және синхрондау буыны

Сурет 1.3 - Қауіпті нысанның мониторинг жүйесінің жалпы құрылымдық сызбасы

Стратегиялық және ерекше қауіпті нысандардың мониторинг жүйесін күрделі нысандарды техникалық қолдау және мониторинг жүйесіне аударылады. Ол көптеген ақпарат көздерінен ақпаратты жинау және талдау бойынша тиімді басқару шешімдерін жасауға бағытталған әдістемелік және техникалық құралдар жиынтығы.

БМЖ автоматтандырылған, ақпараттық, адам-машина жүйесіне жатады. Онда техникалық күрделі нысандардың жағдайы туралы ақпарат, жинау, тасымалдау және өндеудің замануи математикалық тәсілдері мен ақпараттық-коммуникациялық технологиялары іске асырылады.

Мониторинг кеңістіктегі нысандардың физикалық орналасу жағдайын ұзақ, тұрақты бақылау жүйесі, ол нысанның ағымдағы жағдайын бағалау және болжау құру үшін нысан туралы ақпаратты жинақтауға мүмкіндік береді. Жүйенің жалпы теориясынан білетініміз, көп жағдайда табиғи және жасанды нысандар күрделі жүйелер тобына жатады, яғни бұл жүйелер құрамына көптеген өзара әрекеттесетін элементтер (ішкі жүйелер) кіреді. Бұл жағдайда күрделі жүйе өз элементтерінде жоқ қасиеттерге ие бола алады, осылайша жүйе қасиеттері оның элементтерінің қасиеттеріне келтірілуі мүмкін емес [13].

Пайдалану шартындағы өлшенуге жататын сызба параметрлерінің ақпараттары және сызбаның орналасу топологиясы, нысанды бақылау туралы түсінік негізінде ақпараттық өлшеу жүйелерінде жобалау кезеңінде анықталады. Мұндай тәсіл жүйе концепциясы жағдайы мен кезеңдер мазмұнын анықтауды қарастырады.

Атап өткендей, бақылау, басқару және мониторинг нысандары келесілер болып табылады : техногенді салалық объектілер, технологиялық процесстер, қауіпсіздік және өмірді қамтамасыз ету ішкі жүйелері: жылу, желдету және салқындату, сумен қамтамасыз ету және кәріз, электрмен жабдықтау, газбен жабдықтау, нысанның өрт қауіпсіздігінің инженерлік – техникалық кешені, ескерту жүйесі, сонымен қатар нысанның инженерлік-техникалық құрылымы (құрылымдық элементтер), (мысалы тұрғын үй ғимараттары, көпірлер т.б.)

Мониторинг анықтамасы мен қызметі мемлекеттік стандарттар тізімінде, сонымен қатар техникалық әдебиеттерге сілтемелерде белгіленген.

ТМД елдерінде нақты уақыт режимінде мониторинг деректерінің негізінде ескерту хабарламалар автоматты түрде іске асырылады. Ол хабарламалар: ғимараттар мен құрылыстардың жағдай туралы параметрлер, қауіпсіздік және өмірді қамтамасыз ету жүйесінің жабдықтарының параметрлері, сонымен қатар жүйеден өрт, химиялық қауіп, газбен улану және т.б. Мониторинг жүйесінің жабдықтарының жұмыс қабілеттілігіне және нысанның кезекші қызметкерлерінің қабілеттілігіне кезекті бақылау автоматты түрде жасалып отырады. Мониторинг жүйесінің мәтіндік хабарламаны тасымалдайтын қатарынан басқасы нақты уақыт кезеңінде қателік жасалған орыннан бейнехабарлама жіберілуі қамтамасыз етіледі. Мониторинг жүйесінің нысанынан қалыпты пайдалану бұзылғандығы, инженерлік-техникалық жағдайда апатты жағдайдың өзгерістері болғандығы туралы ескертпе хабарлама келіп түскен жағдайда, атаулы орындар осы ақаулардың белгілерді жоюдың сәйкес іс шараларын жүргізуді және құрылыстарды зерттеп, оның техникалық жағдайы туралы қорытынды мен оны нығайтуға ұсыныстар беруді қарастырады.

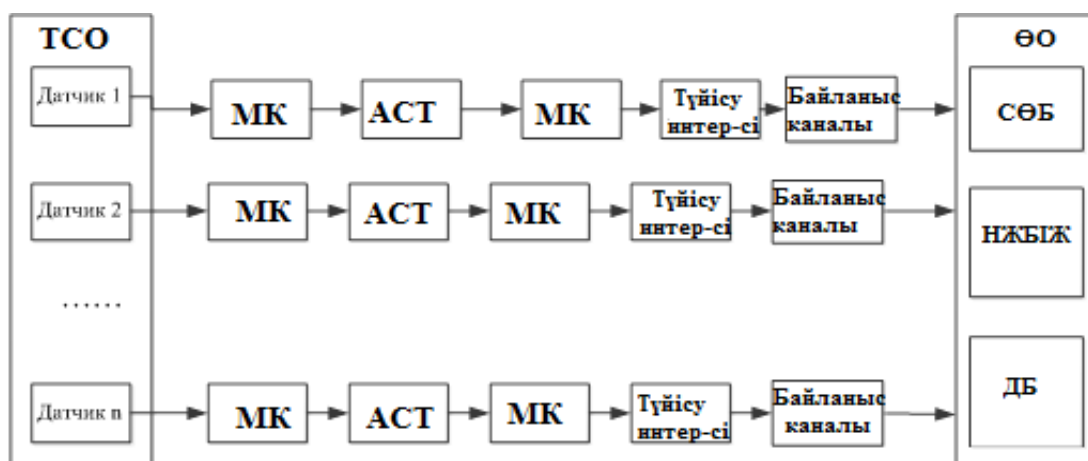
Көрсетілген қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жүйесінің концепциясын қолдану мысалы ретінде 1.4 суретте көрсетілген көпір құрылысының жағдайы мен қолдануының көпарналы аналогты-сандық мониторинг жүйесін қарастырамыз.

Қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жүйесінің ерекшелігі болып нейрожүйелік белгілеу ішкі жүйесі буынында іске асырылатын көпір қалпының нейрожелілік сәйкестендіру рәсімдері табылады [10].

Замануи көп құраушылы орналасу сызбалы көппараметрлі датчиктерді ендіру өлшеу міндеттерін шешумен қатар жалпы сәйкестендіру міндеттерін шешу қажеттілігін тудырады.

Нақты техногенді салалық объектілерде күрделі үдерістер болып жатады. Датчиктер арқылы алынатын ақпараттар сигнал түрінде мөлшерлі күшейткіштерге (МК) тасымалданады, ол датчиктен түскен сигналдарды бірыңғай сигналға түрлендіреді. Ол кернеу түрінде түсіп, АСТ сандық код

ретінде түрленеді. Алынған сандық код өңделіп және сандық өңдеу буынында (СӨБ) сақталады. Сызбада сонымен қатар жүйенің аралық буындары белгіленген: микроконтроллерлер (МК) және түйісу интерфейстері. Көрсетілген буындар жиынтығы көпарналы БМЖ жалпы құрылымдық сызбасын көрсетеді. Оның негізгі қызметі ақпараттық емес алаңда ақпараттық құраушыларды бөлу, сондықтан дәстүрлі көпараналы өлшеуіш БМЖ және жүйе құрылымына белгілі жердің бірінен түскен ақпараттың ақпараттық құраушысын сәйкестендіру міндетін орындайтын нейрожелілік белгілеу (НБ) ішкі жүйесі кіреді. 1.5 суретте осындай жүйелерді іске асыру мысалы келтірілген.



МУ-мөлшерлі күшейткіші, АСТ – аналогты-сандық түрлендіргіш, МК – микроконтроллер, ӨО – өңдеу орталығы, СӨБ – сандық өңдеу буыны, НЖБЖ – нейрожүйелік белгілеу ішкі жүйесі, ДБ – деректер базасы

Сурет 1.4 - Көпірлі құрылыстағы БМЖ жалпы құрылымдық сызбасы



Сурет 1.5 - БМЖ–де ФШД қолданылатын көпірлі құрылыс мысалы

Көпірлі құрылыстағы БМЖ қызметі:

- діріл деңгейін және жойылуын болдырмау мақсатында көпір ақауларды басталғаннан бастап бақылау;
- Көпір нысандары мен периметрлеріне рұқсатсыз енуден қорғау.

1.2 Қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг жасау жүйелерінің бағдарламалық-аппараттық кешендеріне шолу және талдау жасау

Қазіргі кезде мониторинг және бақылау жүйелерін әзірлеушілер стандартты техникалық шешімдерді, базалық технологиялық платформаларды және сымсыз интерфейсті қолдануды қолайлы көреді, өйткені БМЖ дайындау және монтаждау жұмыстарын жылдамдатады, шығындарды азайтуға, сонымен қатар оларды кейіннен пайдалануын жеңілдетуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда негізгі басымдылықты ON-LINE жүйелерге береді.

Осы кезеңде интеллектуалды жүйелер мен құрылғылар жылдам дамуда, ол бұйымдар, жүйелер мен кешендердің оның ішінде арнайы техника нысандарының жағдайы туралы ақпараттар беру және өңдеу, жинау үдерісін басқаруға және бақылауға мүмкіндік береді. Ереже бойынша нақты уақыт ішінде күрделі нысандарды басқару және диагностикалау үшін әртүрлі физикалық арналардан: радио, өткізгішті, оптикалық арналардан түскен жылдам өзгеретін өте үлкен массивті телеметрикалық ақпараттарды өңдеу қажет [13, с. 3].

Ақпаратты тасымалдау және жинау тәсілдері мен қолданылып жүрген арналарды пайдалану қиындығының екінші сипаттамалық мысалы болып басқарылатын нысанның «көріну» аймағының басқару нүктелеріне қатынасы бойынша тәуелділігі жатады. Мұның мысалы ретінде космос аппараттарының жағдайының мониторингін алуға болады, бақылау жердегі радиолокациялық бақылау станциялары көмегімен іске асырылады. Олар тек анықталған аймақты «жабады», бірақ барлық орбиталық жолдағы нысанмен телеметрикалық ақпаратпен алмаса алмайды. Бұл жерде нысанды бақылауды жоғалтып алу қатері болады, бұл апатты жағдайға әкелуі мүмкін (соңғы кездегі тасығыш зымырандардың құлауы осынған дәлел бола алады).

Қазіргі кезеңде кездесетін БМЖ әртүрлі нысандар мен үдерістердің кейбір техникалық шешімдерін қарастырайық.

Өндірістік мониторинг

Ресей мен Қазақстанның экономикаларының шикізат саласына бағытталуы ақпаратты жинау және тасымалдау үшін сымсыз жүйесі төмендегі кешендерде іске асырылады:

- Технологиялық үдерістерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерінде (ТУБАЖ);
- Мұнай және газ өндіру аудандық нысандарының автоматтандыру;
- Мұнай және газ өндіруді бақылау жүйесі;

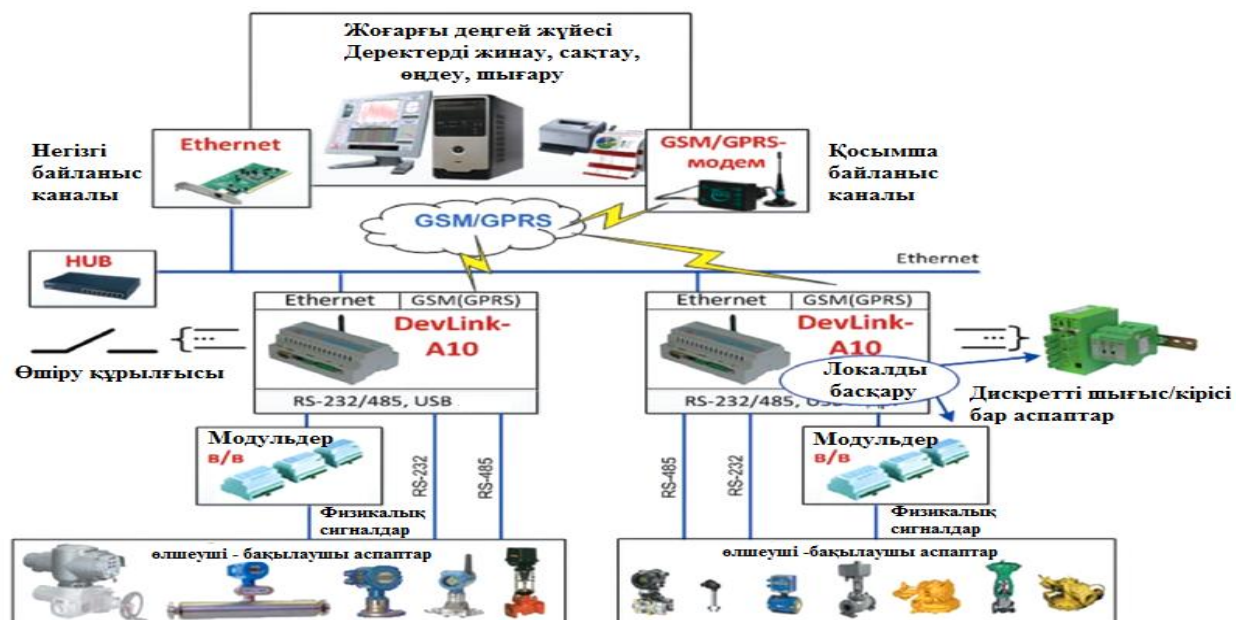
- Мұнай-газ құбырлар өткізгіш магистралында мұнай және газ шығынын\ ағып кетуін анықтаудың мониторинг жүйесі;

- Өткізгіш құбырларын рұқсатсыз кесудің мониторинг жүйесі және т.б.

Сымсыз технологияға негізделген технологиялық үдерістерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерінде ендіру басқарудың шұғылдылығын арттырады, қосылыс қиындықтарын болдырмайды, қол жетпейтін орындарға өлшеуші-бақылаушы аппаратура орнату мүмкіндігі болады және т.б.

Мұнай және газ құбырларын бақылау және диагностика жасауда сымсыз жүйесін іске асыру перспективті және экономикалық тиімді болып табылады. Бұл жағдайда негізгі экономикалық тиімділікке реттеу-бекіту арматуралар ақауларын қашықтан диагностикалау, ресурстарды және апатты жағдайларды жобалау есебінен жетуге мүмкін болады.

Технологиялық үдерістерді басқарудың автоматтандырылған жүйелері (сурет 1.6) үшін ON-LINE мониторинг жүйесін іске асыратын көп деңгейлі әмбебап технологиялық платформасын Пенза қаласының «Круг» ғылыми-өндірістік орталығында жасап шығарды [14].



Сурет 1.6 - Технологиялық үдерістерді басқарудың автоматтандырылған жүйесі

ТКШ және құрылыс нысандарының мониторинг жүйесі

Тұрғын-үй коммунальдық шаруашылық (ТКШ) нысандарының жағдайынан адамдардың қауіпсіздігі және олардың өмір сүруі мен жағдайының қолайлығы тәуелді болады, сондықтан ТКШ, ғимараттар мен құрылыста ON-LINE жүйелері мен технология мониторингінің қажеттігі туындайды (сурет 1.7).

Тұрғын-үй коммунальдық шаруашылықта сымсыз технологияны ендіру мына жұмыстарды іске асыруға мүмкіндік береді:

- сыртқы ыстық және суық сумен жабдықтау және кәріз үшін құбыр жүйелерін, газ ағып, т.б. апатты орындарын анықтау және бекіту;

- Жеке тұтынушылар (үй , пәтер бойынша есепке алу) үшін, сондай-ақ «адам факторының» әсерін азайту үшін басқарушы компаниялар үшін де энергия ресурстарды тұтынудың сенімді және нақты коммерциялық есепке алуды жүргізу;

- Энергетикалық ресурстарды пайдалануды бақылау, оның ішінде төтенше жағдайлар мониторингін қоса алғанда қала бойынша жедел деректер негізінде энергия бөлу, тұтынуды жоспарлау және автоматтандырылған есепке алу;

- қалалық электр жүйесі бойынша жылу, су, газ, электр нақты және қазіргі жағдайы туралы ақпаратты біріктіретін, есептік ақпараттық көрсеткіштерді көрсететін бірыңғай ақпараттық кеңістігін құру;

- Ақпараттық қауіпсіздіктің қажетті деңгейіне сәйкес барлық мүдделі пайдаланушыларға қажетті ақпаратқа қол жеткізу.



Сурет 1.7 - Тұрғын үй – коммунальдық шаруашылық мониторинг жүйесі

Тұрғын-үй коммунальдық шаруашылықтарда сымсыз технологияны ендірудің техникалық – экономикалық артықшылығы:

- Тұрғын-үй коммунальдық шаруашылық жүйесінде апатты және төтенше жағдайларды анықтаудың жылдамдылығын арттыру;

- Энергетикалық ресурстардың жойылуын қысқарту (салқын және ыстық сумен қамтамасыз ету) , ол жарылыс пен ағып кетуды шұғыл табу және оларды уақытылы қалпына келтіру есебінен болады (20% жуық);

- Жылумен жабдықтау шығындарын «су басуды» шұғыл табу және жылумен жабдықтау ұйымдарымен жылу пайдалануды келісу есебінен азайту;
- барлық операцияларды автоматтандыру.

Құрылыс саласындағы өзекті міндеттері механикалық жүктемелер, діріл, биік ғимараттар ауытқулар өрт жағдайын бақылауды қоса алғанда, ғимараттар мен құрылыстардың жай-күйін, бақылауды жүзеге асырады.

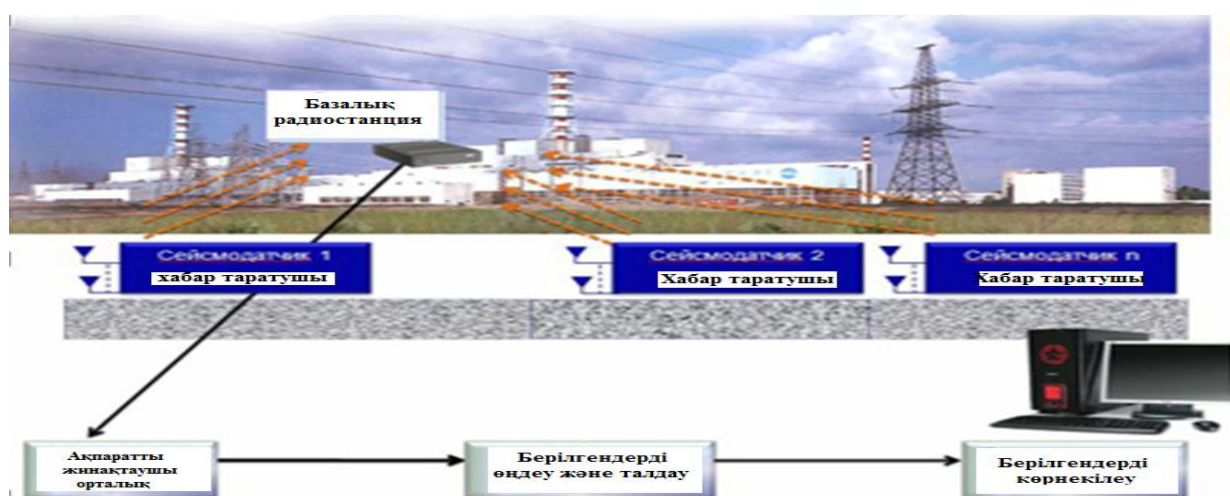
Құрылым нысандарының жағдайының мониторинг удерісінің нақтылығы тек аумақтық үзіндісі ғана емес, сонымен қатар ұзақ уақыт бойы мониторинг жүргізу қажеттілігі, сондықтан өлшеу құралдарына олардың сипаттамалық тұрақтылығына ерекше талаптар қойылады. Одан басқа мұндай жүйелер қашықтан байланысты қамтамасыз ету мүмкіндігі болу керек және «ұйқы» режиміне өту арқылы жұмыстың ұзақ ресурсына ие болады.

Ұсынылған тұрғын-үй коммуналдық шаруашылық мониторингтеу жүйесінің ең маңыздылығы DevLink-M50 қолдану GSM/GPRS-арнасы арқылы RS-485/232 (COM-порт) порты бар кез келген құрал мен жоғары деңгей жүйелері арасында байланыс арнасын жасауға мүмкіндік береді. Бұдан басқа кірістірілген модем арқылы қашықтағы нысандарды басқару және бақылау жүйесін жасауға қолданылады.

Ақпараттарды қабылдау және командаларды тасымалдау MODBUS хаттамасы арқылы жүзеге асырылады, бұл жоғары деңгейдегі қосымшалар мен әртүрлі контроллерлер және технологиялық жабдықтармен ақпарат алмасуды мүмкін етеді.

Аса қауіпті нысандар жағдайын сымсыз қашықтан басқару мониторинг жүйесі

Радиобайланысты атом электростанцияларының, көпірлер мен бөгет жағдайын мониторинг жүргізу мысалы ретінде сымсыз арналарды қолданып, аса қауіпті нысандарды сейсмикалық қорғау жүйесінің сызбасы келтірілген (сурет 1.8).



Сурет 1.8 - Сымсыз арналарды қолдана отырып аса қауіпті нысандарды сейсмикалық қорғау мониторингтік жүйесі

Мұндай жүйе келесі міндеттерді шешуге мүмкіндік береді [15-17]:

- нақты уақыт ішінде пайдалану кезеңінде АЭС орналасқан аймағына және болуы мүмкін сейсмо оқиғаларды бағалау және жобалау үшін ақпараттар алуға сейсмомониторинг жүргізу;

- сейсмикалық үдерістерге жақын және апатты болғанда реакторды өшіру туралы ескерту және хабарлама сигналдарын беру;

- Сейсмикалық үдерістерді жобалауды зерттеу, бақылайтын әлемдік, Ресей жүйелерімен ішкі-жергілікті мониторинг желілерін интеграциялау деңгейін арттыру;

- Аса қауіпті нысандар орналасқан аймақтағы сейсмикалық жағдайдың өзгеруін жобалау, талдауды ертерек алдын ала жүргізу мүмкіндігін қамтамасыз ету және апатты жағдайдың туу мүмкіндігінің алдын алу туралы шешімдер қабылдау.

1.3 Қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг жасау жүйелерінде қолданылатын физикалар шамалар датчиктеріне шолу және талдау жасау

1.3.1 Физикалық шамалар датчиктерінің жіктелуі және құрылымдық сызбалары

Өртүрлі белгілері бойынша жүргізілетін физикалық шамалар датчиктерінің жіктелуін қарастырайық: құрылымы, технологиялық, жұмыс принципі, қолдану аймағы, жұмыс аумағы және т.б. бойынша (кесте 1.2) [18].

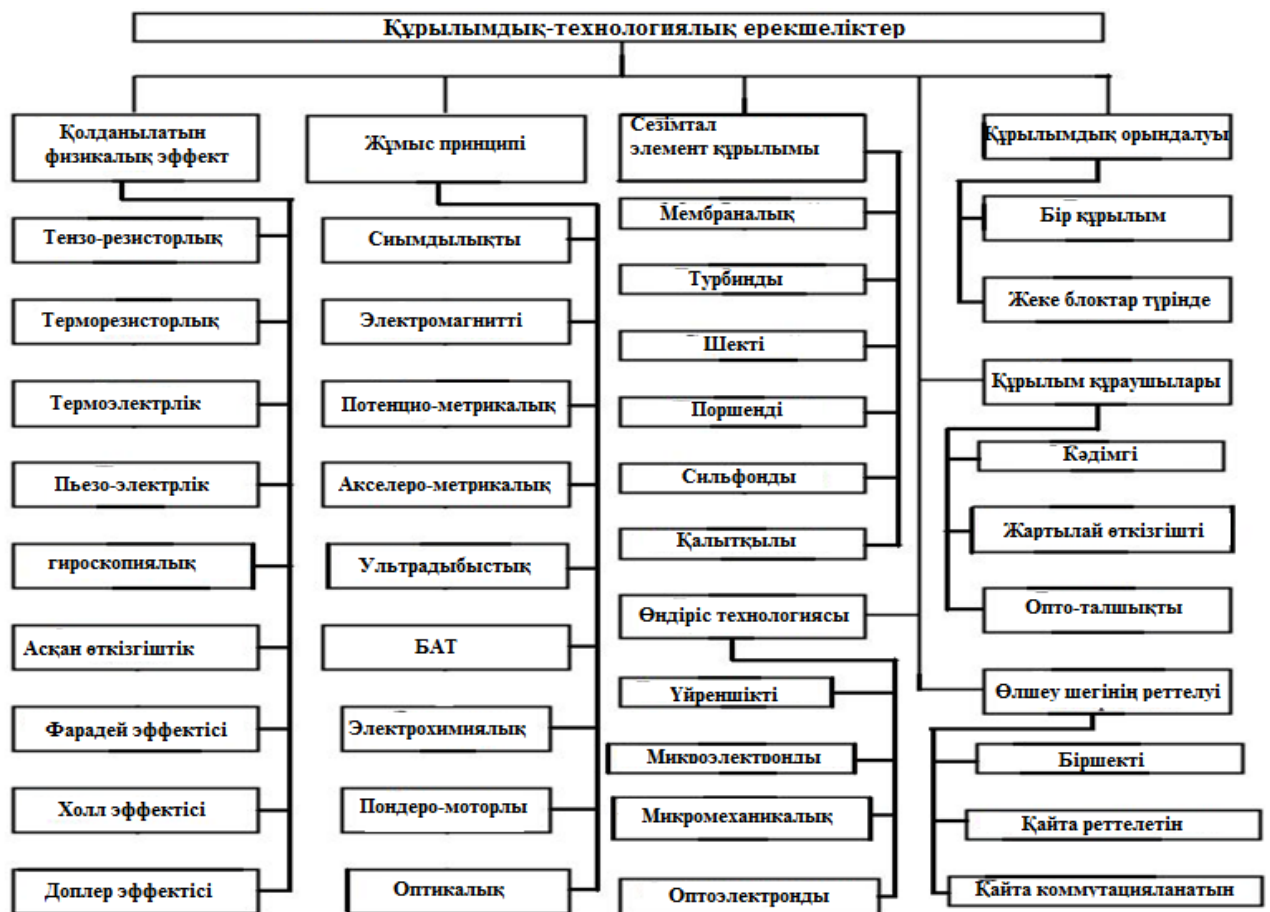
Кесте 1.2 - Физикалық шамалар датчиктерінің жіктелуі

Өлшеу параметрлері бойынша	
1	2
Қысым датчиктері – Абсолютті қысым – артық қысым – вакуумды – қысымды-вакуумды – айырма қысымы – гидростатистикалық қысым	Шығын датчиктері – Механикалық шығын есептегіші – Перепадомерлер – Ультрадыбысты шығыс өлшегіші – Электромагнитті шығыс өлшегіші – Кориолисті шығыс өлшегіші – Құйынды шығыс өлшегіші
Деңгей – қалытқылы – Кондуктометрлік – сыйымдылықты – Радарлы – Ультродыбысты	Температуралар – термопара – Кедергі термометрі – пирометром – жылу ағыны датчигі
– Концентрация - Кондуктометрлер	Шығыс сигналы ерекшелігі бойынша – Иондық камера – тікелей заряд датчигі
– орын ауыстыру - Абсолютті шифратор	Орналасуы -байланысты

1.2 – кестенің жалғасы

1	2
- салыстырмалы шифратор - LVDT	-байланыссыз – Фото датчиктер -Фотокедергі -Фотодиод – Фотосенсор
- діріл датчигі - Пьезоэлектрлік датчик -Құйынды ток датчик – индуктивті датчик (велосиметр)	- бұрыштық қалып датчик – Сельсин – Бұрыш-код түрлендіргіші – RVDT
шығыс сигналының сипаты бойынша – Дискретті – Аналогті – Сандық – Импульсті	механикалық шамалар датчигі • Ротордың салыстырмалы кеңейу датчигі • абсолютті кеңейу датчигі
Кіріс шамаларының саны бойынша – бірөлшемді – көпөлшемді	Сигналды тасымалдау ортасы бойынша – өткізгішті – сымсыз
Дайындалу технологиясы бойынша – Элементті – интегралды	Радиоактивтілік іс әрекеті бойынша – опто-талшықты – Оптикалық датчиктер (фотодатчик) – Магнитті электрлік датчик (Холл әсері негізінде) – Пьезоэлектрлік датчик – Сыйымдылықты датчик
Ылғалдылық датчигі – Тензотүрлендіргіш – Потенциометрлік датчик – Индуктивті датчик – Индукциондық датчик	

Көрнекілік үшін ФШД жіктелуін құрылымдық сызба түрінде келтірейік, онда әрбір датчик (сенсор) тобына сызбадан жеке іріленген ұяшық сәйкес келсін (сурет 1.9, 1.10), олардың әрқайсысы өз кезегінде әрі қарай терең жіктелуге ашыла алатын мүмкіндігі болсын (сурет. 1.11).



Сурет 1.9 - Датчиктерді құрылымдық-технологиялық көрсеткіштері бойынша жіктелуі

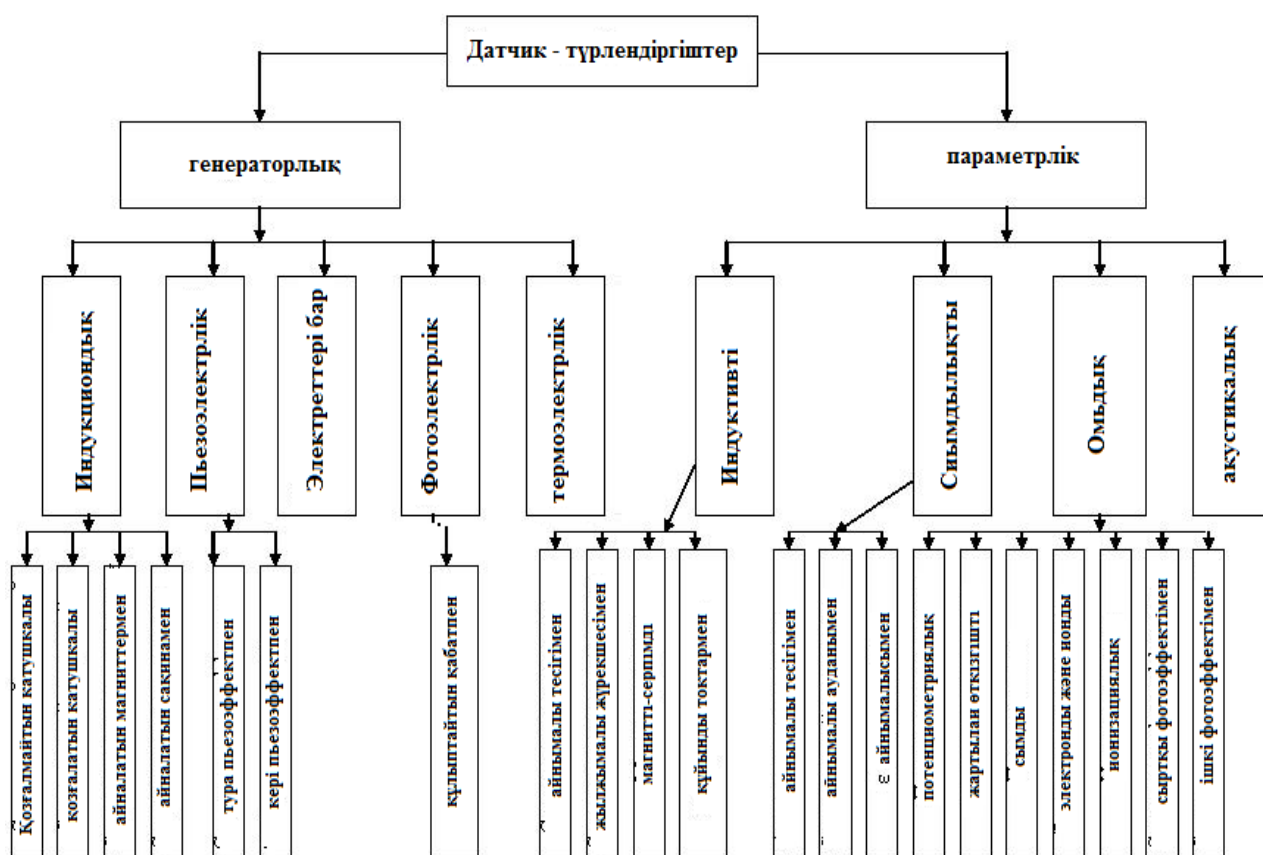


Сурет 1.10 - Датчиктердің іс әрекеті бойынша жіктелуі



Сурет 1.11 - Механикалық датчиктердің ақпараттық сигналдардың физикалық табиғаты бойынша жіктелуі

ФШД физикалық принциптері бойынша түрленуінің толық жіктелуі 1.12 суретте келтірілген. Онда қазіргі кезеңде дәстүрлі сонымен қатар жаңа микроэлектронды датчиктерде, ФШД қолданылып жүрген түрлендірудің физикалық принциптері бейнеленген [19,20].



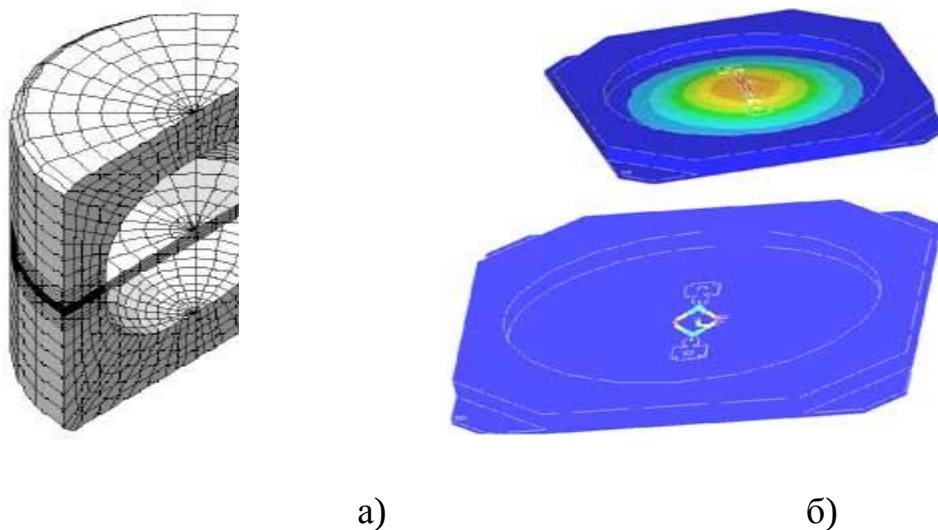
Сурет 1.12 - Физикалық шамалардың физикалық принциптері бойынша датчик–түрлендіргіштердің жіктелуі

1.3.2 Жиіліктік физикалық шамалар датчиктері құрылымына шолу және талдау жасау

Ресей және басқада шет ел фирмалары шығарған ФШД әртүрлі типтері мен түрлерінен датчиктер жиілік типтерін қарастырамыз. Бұл датчиктер типі жоғары уақыттағы тұрақтылығы мен жиілік сигналды сандық сигналға қарапайым түрлендіруі бойынша ерекшеленеді. Мұнымен қоса атап өтетін болсақ, жиілік сигналдың бір тиімді жағы, кең таралған электронды жиілік өлшеуіштер мен осциллограф көмегімен тура дәлдікпен өлшеу және визуалдау мүмкіндігінің болуында [20, с. 60].

Жиілік датчиктер тобына, дәстүрлі топтардан – металдық резонаторлар негізінде өзгеше – жолдық және цилиндрлік–кварцтік те кіреді [21].

«ЭлПА» фирмасы Зеленоград қаласында шығаратын пресептивті механикалық параметрлі кварцтік пьезорезонансті датчиктерді қарастырайық [22]. Мұндай датчиктердің СЭ ретінде монокристаллды кварцтан жасалған пьезоэлектрлік резонаторлар қолданылады, ол тура және кері пьезоэффектті құбылысты электромеханикалық жүйені құрайды, олардың амплитудасына кері болатын, механикалық тербеліс пен электр сигналының электрлік қозғау жүйесін біріктіреді. Әдетте кварцтік пьезоэлемент (КПЭ) күш беруші мембрана немесе балка(бөрене) периметрі бойынша немесе екі нүктеге бекітіледі. Қысым әрекетінен мембрана өзгеріске ұшырайды, сәйкесінше КПЭ жиілік тербелісі өзгеріске кері өзгереді. 1.13 суретте кварцтік СЭ құрылымының моделдері келтірілген.



- а) - Quartzdyne (США) фирмасының жоғары жиілікті (ЖЖ) көлем сығу;
б) - СКТБ ЭлПА (Ресей) фирмасының төмен жиілікті камертонды мембрана типі

Сурет. 1.13 - Кварцтық ПЭСЭ моделі құрылымы

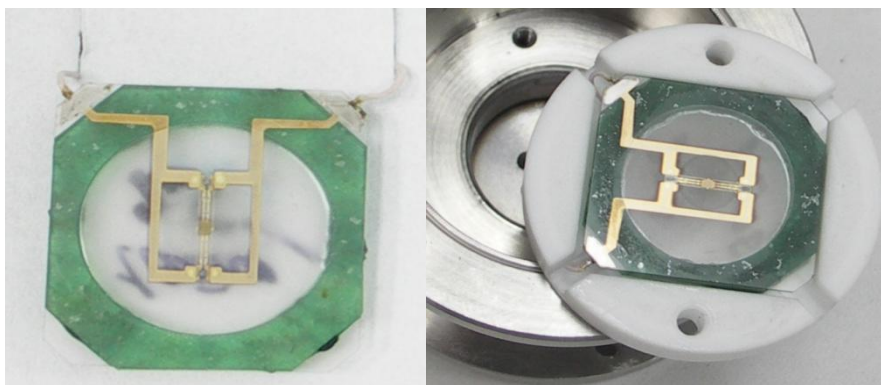
Кварцті СЭ пайдаланып, жиілігі оларға қысым әсер еткенде өзгереді, шетел фирмалары (бұлар: Quartzdyne, Spartek Systems, EpsonToyocom және т.б.) прецизионды қысым датчиктерін әзірлеп және өндіруде.

Қысымның кварцтік датчиктері сиымдылықты және пьезорезистік СЭ алдында бірқатар артықшылықтары бар. Бұл артықшылықтар СЭ датчиктер дайындалған монокристаллды кварцтің ұзақ уақытты тұрақтылығына, 60°C дейін $+150^{\circ}\text{C}$ аралығында кең диапазонды температурамен әсер еткенде СЭ жиілік тербелісінің аз өзгерісі мен шығыс сигналдарының жиілігінің болуымен туындалады. Бұл өз кезегінде мынадай артықшылықтарға алып келеді:

- Жоғары шешімді қабілеттілігі 0,001 % ;
- Қысым өлшеудің жоғары дәлдігі (температураның кең диапазоны 0,01 % ;
- Ұзақ уақытқа тұрақтылығы (жылына 0,01%);
- Кең диапазондағы температурада жұмыс жасау мүмкіндігі 250°C дейін;
- Қосымша қателіктер көзі болатын АСТ өлшеу арнасынан алып тастау мүмкіндігі;
- Микропроцессор көмегімен сигналмен жұмыс жасау мүмкіндігі.

Өнеркәсіп игерген және манометриялық және термосезімтал кварцтік СЭ—ді жалпылама шығарады, олардың негізінде жоғары техникалық сипаттамаларға ие температура және қысым датчиктері дайындалады.

ООО «СКТБ ЭлПА» 0,0007 - 25 МПа қысым аралығындағы мембраналық типті абсолютті қысымның кварцтік манометрлік СЭ және өлшеу модулін шығарады - сурет 1.14;



Сурет 1.14 - Кварцтік СЭ (а) және ИМ (б) мембрана типті термосезімтал пьезоэлементті ЖЖ

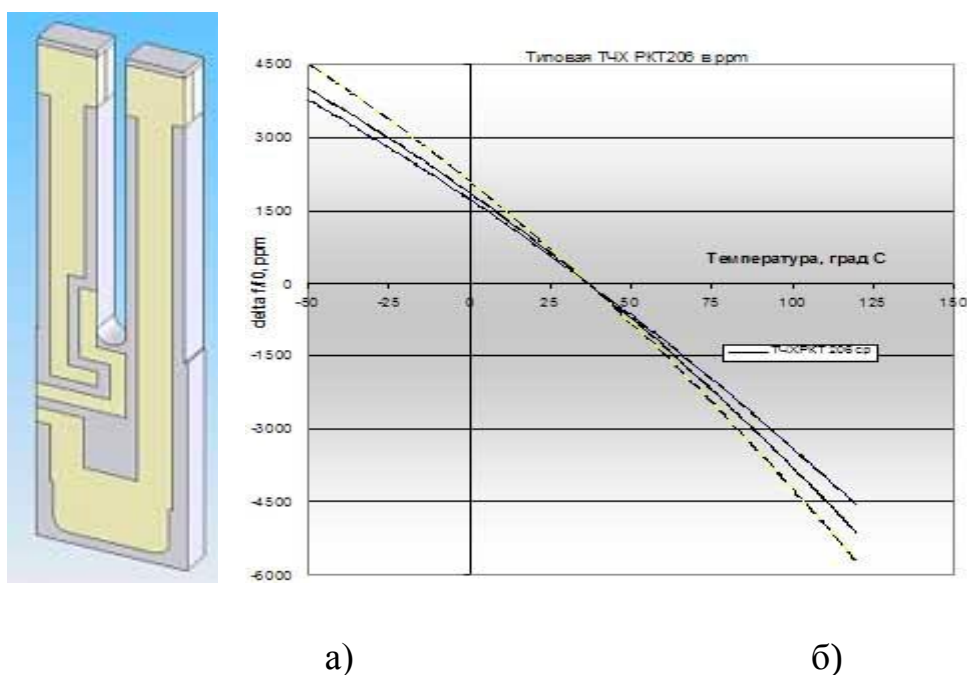
Оларда тензосезімтал элемент ретінде екі еселенген камертонды төмен жиілікті пьезоэлемент жиілігі 40 дейін 50 кГц немесе жолақтық ЖЖ жиілігі 10 МГц пьезоэлемент қолданылады,

Шығарылатын серпінді қасиетті және кіші шығарылатын температураға тәуелді тензосезімтал элементтерді күш беруші мембранамен қосатын немес балкамен монокристаллды кварцтан жасалған СЭ—тің вакуумдық корпусында орналасады.

СЭ элементтерінің барлық қосылысы жылдам балқытылатын шынылы таңдалған ТСҰК жүргізіледі. Шыныны балқыту температурасы 500°C жуық. Қосылыс шынының қалыңдығы 30 мкм аспайды.

Манометрлік СЭ қосымша температуралық қателігі температураның жұмыстық диапазонында құрылысынан тәуелді болады және 220 ppm до 1330 ppm аралығында болады, сәйкесінше 0,5 % және 3% құрайды, қысымның жұмыстық диапазонында жиіліктің салыстырмалы өзгерісіне сәйкес.

Қысымның кварцтік датчиктерінде манометрлік СЭ қосымша температуралық қателігін орнына қалыптастыру үшін, сонымен қатар температураны өлшеу үшін жиілігі температураға байланысты өзгеріп отыратын кварцтік термосезімтал резонаторлар қолданылады (КТР). 1.15 суретте парабодалық тәуелділіктегі электродты жүйелі термосезімтал пьезоэлемент (а) және КТР типтік терможиілік сипаттамалары (б) көрсетілген.



Сурет 1.15-Кварцтік терморезонатордың құрылымдық (а) және терможиілікті (б) сипаттамалары

Жалпы кварцтік СЭ кеңінен өнеркәсіпте қолдану оның көлемдік өлшемдерінің шектелуімен, мембрандық буындағы сапалы бөлгіш май толтырғының болмауы, оларды агрессивті ортаның датчиктерінде қолдануға және олардың негізіндегі дифференциальды және артық қысымды датчиктерді іске асыру күрделілігі болады.

Қазіргі кезеңде май толтырылған мембрандық буынға кірістірілген дифференциальды кварцты СЭ жасау жүргізілуде.

Басқада кварцқа қарағанда +400 - 500 С жоғары температурада жұмыс жасайтын қабілеті бар пьезоэлектрлік материалдардан –лангасит және лангатат СЭ әзірлеу жүргізілуде.

Өртүрлі қимадағы кварцтік резонаторлардан прецизиондық температура, қысым, ылғалдылық, күш, үдеу датчиктері жасалуда. Кварцтік датчиктерді әзірлейтін және өндіретін компаниялар арасында атап көрсетуге болады:

Paroscientific Inc., Quartzdyne, PCB Piezotronics (АҚШ), Kistler (Швейцария), Chell Instruments (Ұлыбритания), Seiko (Жапония) ООО «СКТБ ЭлПА».

Сезімтал пьезоэлементтер термосезімтал қималы, Ø2×6 және Ø3×10 мм өлшемді корпусқа монтаждalған – төмен тұрақты уақыттағы жылу инерциясы 0,5 с болатын камертонды аз көлемді термосезімтал кварцті резонаторлар. Мұндай резонаторлар ұқсас болатын Seiko (Жапония) фирмасының термо сезімтал резонаторларын атауға болады. Аз тұрақты уақытылы сол корпуста корпус ішін гелмен толтыру арқылы температура сенсорларын жасау мүмкіндігі болады (сурет 1.16).

Кесте 1.3 - Термосезімтал резонаторлардың сипаттамалары

Сипаттамалары	Резонатор типі			
	PKT206-32K	PKT310-64K	PKTB206-32K	HTS-206 (Seiko)
Номиналді жиілігі, кГц	32-39	60-64	32-39	40
Орташа сезімталдығы, Гц/°C	1,9	4,0	2,0	1,0
Динамикалық кедергісі 25°C, кОм	<75	<50	<70	<30
жұмысшы температура аралығы, °C	-55...+100	-55...+100	-55...+370	-40...+85
Сыртқы көлемі, мм	Ø2x6	Ø3x10(Ø2x6)	Ø2x6	Ø2x6

Осы типті термосезімтал резонаторлардың калибрлеу сипаттамасы екінші және үшінші дәрежелі полиноммен сипатталады (орташа алғанда аппроксимация жуықтау қателігі –градустың жүздік бөлігі):

$$T = T_o + A_1(f_T - f_o) + A_2(f_T - f_o)^2 \quad (1.1)$$

немесе

$$T = T_o + A_1(f_T - f_o) + A_2(f_T - f_o)^2 + A_3(f_T - f_o)^3 \quad (1.2)$$

Онда f_T - резонатордың термосезімтал жиілігі; f_o –тірек жиілігі; A_1, A_2, A_3 - полином коэффициенті; T - температур; T_o – тірек жиілігіне сәйкес температур f_o .

Соңы жылдары сезімталдығы 0,01 °C және (дейін 0,0001 °C) одан жоғары және тұрақтылығы 0,05–0,01 °C болатын датчиктерге сұраныс өсті, бұл кристалл көлемін арттыру және резонатор корпусына кристалл бекітуде жаңа материалдар мен технологияны қолдану есебінен іске асты.



Сурет 1.16 - Кварцті термосезімтал резонаторлар РКТ206 және РКТВ206

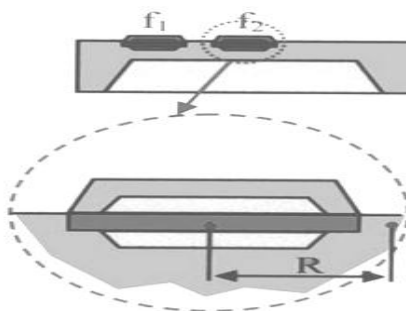
Микроэлектромеханикалық жиілікті датчиктер

Атап көрсеткендей дәстүрлі жиілікті ФШД металл жолдар, камертон және де басқа резонанциялау құрылымдарды қолдануға негізделген. Бірақ олардың көптеген кемшіліктері бар: көлемі үлкен, энергияны көп қолдануы және т.б. мұның бәрі мониторингтеу жүйесінде оларды қолдануды қиындатады. Дәстүрлі жиілікті датчиктер орнына микроэлектромеханикалық жүйелерді (МЭМС) қолданатын ФШД келді, олар ерекше тұтынушы мүмкіндіктерімен сипатталады [24]. Көптеген МЭМС ФШД түрлендірудің пьезорезонансты және сиымдылықты принциптеріне негізделген. Бірақ 80 жылдардың аяғында жапонның *Yokogawa* компаниясы жаңа жиілікті-резонансты датчиктер жасап шығарды, оның аббревиатурасы *DPHarp*.

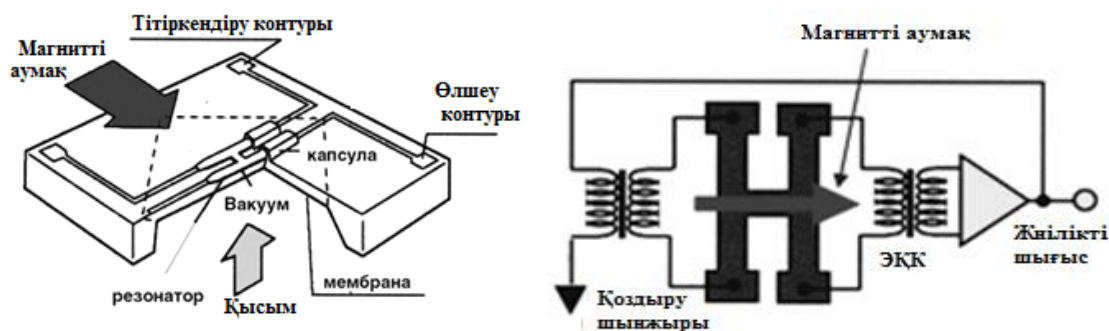
DPHarp – датчиктер құрылымы

DPHarp – датчик ерекшелігі оның құрылысы өте шағын көлемде (он микрон) бірыңғай монокристаллды кремний түрінде ешқандай тігіссіз, түйісусіз орындалған.

Серпінді элемент ретінде кремний диафрагмасы қолданылады, онда екі СЭ орналасқан, олардың өзгеруі сенсордың қысым айырмасының белгілері бойынша ажыратылады (сурет 1.17). электрлік жиілік сигналдағы тербелістің қозғалуы және механикалық тербеліс жиілігін тасымалдау тұрақты магнитті өрісте екі кескінді резонансты орналастыру және айнымалы токты қозғалыс кескінінде резонанс денесіне айнымалы электрлік токты жүргізу арқылы орындалады (сурет 1.18).



Сурет 1.17 - *DPHarp* – датчиктің жұмыс принципі



Сурет 1.18 - *DP Harp* – датчик құрылымы мен қозғаушы сызбасы

Электромагнитті индукция әсеріне сүйене отырып, өлшеу кескінінде айнымалы жиілікті ЭҚК пайда болады, ол өлшеу кескініндегі резонатор тербелісінің жиілігіне тең.

Қозғау кескінінің өлшеу кескіні бойынша кері байланысы мәжбүрлеу тербелісінің жиілігі әсерімен резонанстық жиілік жағына кетіп, электрлік тербеліс жиілігі резонатор денесінің механикалық тербелісінің резонанстық (жеке) жиілігіне тұрақты сәйкестігін қамтамасыз етеді. Мұндай жүктелмеген резонатордың жеке жиілігі әдетте 90 кГц жуық болады. Резонатордың жеке жиілігінің өзгеруі жинақтағы қысымға тікелей кері болады.

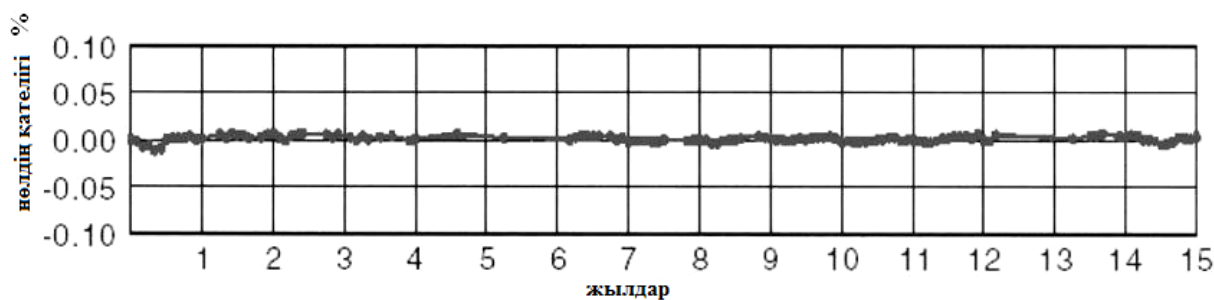
Атап көрсеткендей, кең қолданылатын қысымның электр сигналына түрлену тәсілі қайта жүктеуге қатысты алғанда тұрақтылығы бойынша шектеулі болып келеді:

- сиымдылық тәсілі үшін – сиымдылық сенсорының орталық мембранасының механикалық шаршауы мен қалдық өзгерісі ;
- пьезорезистік тәсіл үшін – материалдағы қосылыстардың диффузиясына байланысты шыны табандардың және пленканың кедергісінің тұрақсыздығы.

Кремний резонатор жағдайында *DP Harp* жеке жиілігін екі параметр бойынша анықтайды – салмағы, геометриялық өлшемі мен формасы бойынша.

Резонатор салмағының өзгеруі мүмкін емес. Геометриялық өлшемі мен формасы кристаллдық тормен нақты бекітілген – нағыз тұрақты және серпінді физикалық құрылым. *Yokogawa* компаниясының бұл барлық жиынтығы қысым бойынша барлық жұмыстық диапазонда шартты да шартсыз да, қайта жүктелуді қосқанда тұрақтылыққа кепілдік береді.

Кремний резонаторының жоғары тұрақтылығы тәжірибе жүзінде де расталды: бұны циклдік жүктемелер бойынша тұрақты сынаулар, термоциклдену растайды. 1.19 суретте 15 күнтізбектік жылда жүргізілген датчиктерді сынаудың фирмалық нәтижелері көрсетілген [23].



Сурет 1.19 - *DPHarp* – датчиктің нөлдік уақытша тұрақтылығының кестесі

Кез келген ФШД қасиетін сипаттайтын келесі маңызды факторлары сыртқы ортаның әсерлеріне тұрақтылығы болып табылады (температура және статистикалық қысым). Сиымдылықты және пьезорезистік сенсорлар үшін бұл дәстүрлі мәселелі бағыт болып табылады:

- сиымдылықты датчиктерде нөлдік дрейф белгісіз нәрседен де бола береді, дәл өлшемдер үшін, сенсор пластинасынның өзгеріске ұшырауы (дәл симметриялы құрылым болмайды)

- пьезорезистік датчиктер үшін негізгі фактор пьезорезистор материалдарының кедергісі температураға және статистикалық қысымға тәуелділігі болып табылады.

Кремнийлі жиілік резонаторлары серпінді элементті монокристалдарға байланысты мынадай артықшылықтары болады:

- геометриялық өлшемдері электрлік сипаттарына (кедергі, сиымдылығы) қарағанда температура мен статистикалық қысым әсеріне аз ұшырайды (10 және 100 есе);

- датчикте бір емес екі ұқсас резонаторлар қолданылады, олар қысым өзгеруіне әртүрлі әсер алатындай қылып орналастырылған (сурет 1.17). Осыған байланысты сигнал жинақтарын пайдалы және паразитті деп бөлу мүмкіндіктері бар (резонатор жиілігінің айырмасы қысымның төмендеуіне кері болады, ал жиілік қосындысы- температура бойынша жөнделген статистикалық қысымға). Осылайша аппараттық компенсация болады, біруақытта қосымша ақпарат алу мүмкіндігі бар;

- резонатор денесінің кедергісі температураның индикаторы болып табылады.

Датчиктің жеке сипаттамалары электроника жадысына жазылып, алдағы уақытта сенсордың температурасы да, температура мен статистикалық қысымның қалған әсерлерінің компенсациясы жүргізіледі.

Кремнийлі жиілік резонаторлардың тағы бір айтарлықтай артықшылықтарының бірі болып өлшеу диапазондарын қайта құрылуының дәлдігі мен қарапайымдылығы жатады. Бұл жиілік сигналының болуы мен аралық түрлендіргіштердің болмауына байланысты болады, ол қосымша калибровка жасауды және диапазонды нөлдік жолға қайта баптауды талап етпейді.

DPHarp – датчиктің негізгі кемшілігі төмен сезімталдығы болып табылады, бұл балкалардың бірінен енді пайда болған Лоренц күші айнымалы тоқ өтетін балканың өзінде ғана емес, бірінші балкамен жалғастырушы желі арқылы байланысқан екінші балкада да тербелісті қамтамасыз етеді. Осылай индуцирленген электромагнитті күш бір уақытта екі балкада тербелісті қоздырғыш жұмысын орындайды, бірінші тербеліс балкасынан өтетін айнымалы токты көбейтуді талап етеді, бұл түрлендіргіштің сезімталдығын төмендетеді.

Бұдан өзге, тұрақты магнитті және орауышты кірістірілген қоздырғыштың магнитті жүйесі датчиктің көлемін және қолданылатын қуатын ұлғайтады.

Көрсетілген электромагнитті қоздырғышты жиілікті жолдық датчиктермен қатар нарықта жылу қоздырғышты жартылай өткізгішті жиілік ФШД болады, оларда ақпараттық сигналдар шығыс сигналдар жиілігін моделдейді. Серпінді элементтің механикалық тербелісі реттелетін жылу өзгерістерін дәлдеу жолымен іске асырылады.

БАТ –түрлендіргіштерге негізделген жиілік датчиктер

Бұл датчиктер типі микроэлектромеханикалық датчиктер тобына жатады, олар өз құрамында пленкалы элементтер және құрылымы пленкалы микротехнологияны пайдалану арқылы қалыптасады [25].

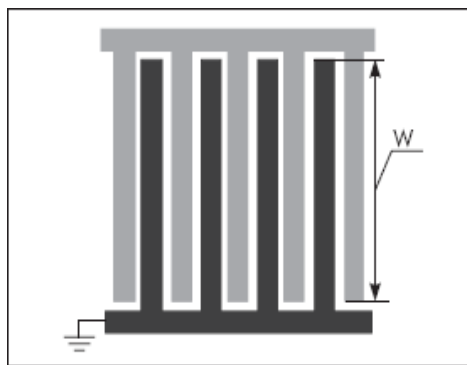
БАТ аббревиатурасы беттік акустикалық толқындар деп шешіледі, жұқа монокристаллды пьезоэлектрлік пленкада жинақталады. Мұндай толқындар жиілігі гигагерцтік диапазонға сәйкес келеді, сондықтан оларды радиоарна көмегімен басқару (жинақтау, есептеу, түрлендіру т.б.) мүмкіндігі бар, ол көбінесе әртүрлі нысандарды сәйкестендіру жүйесінде жиі қолданылады.

БАТ –датчиктер құрылысы мен мониторингтеу жүйесінде қолданудың бірнеше мысалдарын келтірейік [26]. 1.20 суретте радиосигнал көмегімен іске асатын белсенді режимдегі БАТ құрылымының жұмыс принципі көрсетілген.



Сурет 1.20 - БАТ-құрылымды резонансты белсенділеудің радиоарналы тәсілі

Мұндай құрылымның негізгі қалыптастыру элементі болып СЭ болады, қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер қалыптастыратын беткі пленкалы жолақтарды құрайды (сурет 1.21).



Сурет 1.21 - Аралық түрлендіргіш сызбалық бейнесі

Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер жұмыс принципі төмендегідей болады. Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер бекітілген электрлік импульс кері пьезоэлектрлік әсерге байланысты әртүрлі өрісті электродтар арасындағы беттік төсеніштің механикалық өзгерісіне түрленеді. Бұл электр өрісіне кері болады және электродқа перпендикуляр, екі бағытты беттік акустикалық толқын ретінде таралады.

Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер қоздырушысы әртүрлі клеммаға қосылған электродтар арасындағы аймақта болады. W электродтың өзара қабаттасатын бөліктерінің ұзындығы БАТ қоздырылған сәуле енін анықтайды.

Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер артықшылығы БАТ қоздырылатын параметрлердің кең шегінде өзгерту енгізу мүмкіндігі болып табылады. Бұл Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер геометриялық көлемін өзгерту арқылы қол жеткізіледі және импульстік жауап беру және жиіліктік сипаттамаларының формаларын өзгерту түрінде пайда болады.

Беттік қабатта механикалық және электрлік біртексіздікті кездестіре отырып, БАТ бөлігі көрсетіледі. Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер кері қайтатын беттік толқын оның шинасында тікелей пьезоәрекет әсерінен электрлік сигналды жинақтайды. Осы қасиет радиожиілікті сәйкестендіру жүйесінде беттік акустикалық толқында қолданылады. БАТ параметрлерін басқару үшін пьезоэлектрик бетінде рефлекторлар қалыптасады (сурет 1.22), УЗ толқынды бағытты көрсетеді, оның фазасы мен жиілігін өзгертуге ықпал етеді.



Сурет 1.22 - Шағылыстырғыштар топологиясының сызбалық бейнесі

Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер және дефлекторды біріктіріп қолдану БАТ негізделген жаңа типті құрылғының жасалуына әкелді: транспондер [26, с. 18].

БАТ негізіндегі транспондер – бұл бір портты құрылғы, пьезоэлектрлік төсеніште жазық электродтар құрылымы көмегімен жасалған қарсы түйреуішті түрлендіргіш пен бірнеше көрсетілген жолақтардан тұратын рефлектор. БАТ негіздегі транспондердің қарапайым төсеніші LiNbO_3 ниобат құйылым болып табылады. Транспондер электродтары фотолитография көмегімен жасалады, олар микроэлектроникада интегралдық схемаларды жасауда кеңінен қолданылады.

Транспондердің сызбалық бейнесі мен жұмыс принципі 1.23 суретте көрсетілген. Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер пьезоэлектрлік төсеніш соңында орналасады. Оның шинасына транспондердің дипольді антеннасы жалғасады. Антенна ридерден сұраныс сигналын қабылдап және БАТ транспондер жинақтайтын жауап сигналын шығарады,

БАТ транспондердің қалған ұзындығында жеке электродты-рефлекторлар орналасады. Оларды транспондер бетінде уақыт бойынша кідірісті, амплитуданы және фазаны қолдана отырып транспондер деректерін кодтау үшін орналастырады.



Сурет 1.23 - БАТ транспондердің құрылымы мен жұмыс принципі

Транспондер ридердің әрекет аймағына түскен кезде, ридер шығаратын энергияның бөлігі транспондер антеннасына қабылданады және жоғары жиілікті кернеу жиілігі түрінде қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер шығыстарына түседі.

Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер осы қабылданған энергияның бір бөлігін беттік акустикалық толқынға түрлендіреді, ол қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер электродына тікелей бұрышты кристалл түрінде түседі. Транспондер қабылдаған саны көп электромагнитті энергияны акустикалық энергияға көп түрлендіру үшін ридердің тасымалдау жиілігі қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер жинақталатын беттік толқындар тербелісінің жиілігіне сәйкес болуы қажет.

БАТ пьезоэлектрлік кристалл бетінде әрі қарай дамуы үшін рефлектор әрекетін жасайды. Әрбір рефлектордан шағылысатын беттік толқынның кішігірім бөлігі және қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер бағытында кристалл бойымен кері қозғалыста болады. Беттік толқынның қалған бөлігі табанның соңына дейін қозғалысын жалғастырып және сол жерде өшеді.

Осылайша бір импульс сұранысынан бірнеше жауап импульстар жинақталады, бұл жағдайда әрбір рефлектор транспондердің жауап сигналына өз импульсін жасайды.

Қарсы-түйреуішті түрлендіргіштер алынған импульстер тізбегі және жоғары жиілікті электромагнитті импульстар тізбегіне түрлендірілген транспондер антеннасында сәулеленеді және ридерде қабылданады. Қабылданған импульстер саны табандағы рефлекторлар санына сәйкес болады.

Транспондер табанына қандайда бір физикалық шама әсер еткенде, мысалы күш, температура немесе жылдамдық, ол өзгереді, жауап сигналдарының уақыт бойынша жылжуына, фаза және жиіліктің, амплитуданың бақыланатын өзгеруіне әкеледі, оларды өзгертін физикалық шамалармен сәйкестендіріп және бекітуге болады. Мұндай көп функциялы СЭ негізгі артықшылығы оның энергиядан тәуелсіздігі және қоректену элементтерінің болмауы болып табылады.

1.4 Қоршаған ортаның жағдайын бақылаудың жинақталған ON-LINE жүйелеріне арналған көппараметрлі интеллектуалды датчиктер кешенін негіздеу және міндеттерін тұжырымдау

Әртүрлі көздерде жүргізілген замануи ФШД зерттеу және талдау кезінде анықталды, қолдану негізіне қарастырсақ жиілік датчиктердің көптеген бағалы қасиеттері уақытша тұрақтылығы, түрлендіру және жиілік сигналды өлшеу қарапайымдылығы болса да, қолдану аймағын қысқартатын кемшіліктері бар. Негізгі кемшілігі, жиілік-резонансты датчиктерде қолданылатын физикалық шамаларды түрлендіру тәсілінің аз әмбебаптығы, жиілік датчиктерінің санын қолдану саласын қысқартады, тарылтады.

Іс жүзінде қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторингтеуде әртүрлі параметрлердің көп санын өлшеуге тура келеді, мысалы, ылғалдылық, қысым, температура, күн сәулесінің қарқындылығы, судың деңгейі мен шығыны, қар ағынының қалыңдығы, сейсмикалық және басқалар, олар датчиктер типін және мүмкін болатын түрлендіру принциптерін анықтайды [28, 29]. Осы көрсетілген барлық параметрлерді өлшейтін жалпылама, әмбебап түрлендіру принципі бар және бірыңғай датчик жоқ, сондықтан мониторингтеу жүйесінде негізгі параметрлерді өлшейтін, бақылау нысаны мен аймақтар жағдайын сипаттайтын датчиктер кешені болуы керек.

Мониторингтеу технологиясының тиімділігі тәжірибе жүзінде жоғары дәрежеде сыналған және де кең пайдаланған әмбебап принципті түрлендіргіштерді қолдану болып табылады: тензометриялық, сиымдылықты, потенциометриялық және терморезистивті шығыс сигналдары аналогты формада кернеу және ток түрінде болады, және жиілік немесе сандық кодқа

жеңіл түрлене алатындай болуы мүмкін. Мұндай түрлендіргіштер ретінде қарапайым түрлендіргіш «кернеу-жиілік» болуы мүмкін [30].

БМЖ бірінші деңгейінде бақылау техникалық қызметтерді жетілдіру үшін біруақытта бірнеше параметрлерді өлшеп, (ON - LINE) қашықтан қатынауды қолданып жұмыс жасау қабілеттілігі бар және реттелген энергия қолданатын көпқызметті физикалық шамалар датчигі болуы қажет.

Бірінші бөлім бойынша тұжырым

1. Қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жүйелерінің қазіргі уақыттағы жағдайы мен болашақтағы дамуы туралы талдау жүргізілген.

2. Қазіргі кездегі қолданыстағы физикалық шамалар датчиктерінің, оның ішінде жиілік датчиктерінің зерттеулері жүргізілген.

3. Ерекше маңызды стратегиялық объектілерді жай күйін сымсыз қашықтықтан мониторингтеудің жүйелері талданған.

4. Қоршаған орта күйін жинақталған ON-LINE бақылау жүйелері үшін көп параметрлі датчиктердің кешенін негіздеу және жобалау жүргізілген.

2 ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЖАҒДАЙЫН БАҚЫЛАУ ЭЛЕМЕНТТЕРІ МЕН ЖИНАҚТАЛҒАН ON-LINE ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ЖӘНЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУ, ҚЫЗМЕТ ЕТУ ПРИНЦИПТЕРІН ӘЗІРЛЕУ

2.1 Қоршаған орта мен стратегиялық нысандарды бақылау және мониторинг жасау жүйелерін құру концепциясы

Қоршаған орта мен стратегиялық нысандарды бақылау және мониторингдің автоматтандырылған жүйесін тұрғызу концепциясы мемлекет және салалық министрліктер қабылдаған тиісті заңдар мен стандарттарға негізделеді және аймақтық аппараттық бағдарламалық құрылымнан тұрады.

Қоршаған ортаның жағдайын мониторингтеудің автоматтандырылған жүйесін жасау және төтенше оқиғалардың шығуы концепциясы мемлекет және салалық министрліктер қабылдаған заңдар мен стандарттарға негізделуі қажет және аймақтық таратылған аппараттық-бағдарламалық құрылым болып табылады, ол тұрақты бақылауды қамтамасыз етеді және тұрғындарға төтенше оқиғалардың шығуы немесе болу қауіпі туралы сонымен қатар мұндай жағдайда қорғану тәсілдері мен адамның қозғалыс ережелері туралы жедел ақпаратты уақытылы жариялау және әрбір адамға сигналдың жеткізілуіне кепілдікті қамтамасыз етеді.

Атап өткендей, қоршаған ортаның жағдайын мониторингтеу жүйесінің дамуының қазіргі кезеңінде бақылау және жариялау ақпараттылығы мен шұғылдылығын арттыру мынадай жолдармен қол жеткізіледі:

- Ақпараттық үдерістерді компьютерлендіру;
- Адамның әсер ету факторларын мейлінше азайту;
- Қолданылап жүрген және жаңа аппараттық-бағдарламалық құралдар мен ақпараттық технологияларды бірыңғай жүйеге біріктіру және іске асыру.

Бұндай концепция төмендегідей бағдарламалық-аппараттық элементтермен жабдықталған жағдайда іске асырылып және қалыптасуы мүмкін:

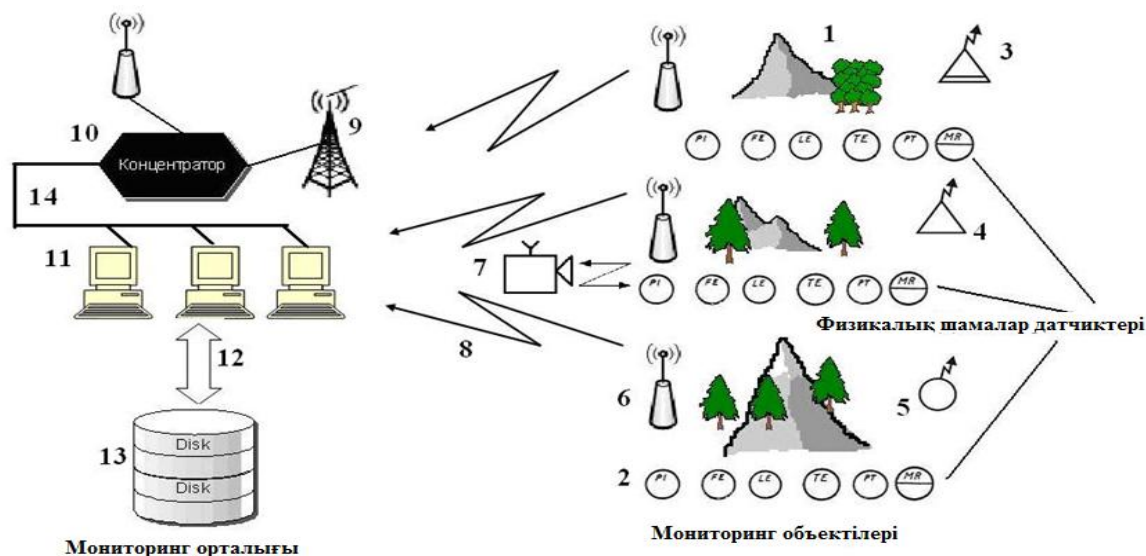
- Бақыланатын аймақта немесе нысанда төтенше оқиға пайда болуын және қалыптасуын сипаттайтын математикалық моделдер, оның ішінде динамикалық кешені;

- Іс жүзіндегі табиғи және техногендік төтенше оқиға көздерін диагностикалау және бақылаудың жергілікті жүйелері, таратылған телекоммуникациялық желілер, Интернет, ұялы байланыс, көпқызметті датчиктер және өлшеу жүйелері, жоғары деңгейдегі аппаратты-бағдарламалық жүйелермен үйлесімді болуы;

- Бақыланатын нысан көп факторлы жағдай туралы ақпаратты қабылдау-жөнелтудің автоматтандырылған жүйесі болуы;

- Жұпсыз жиындардың математикалық аппараты және жасанды нейрондық желілер технологиясын қолдануға негізделген шешімді қабылдайтын бағдарламалық аппараттық эксперттік жүйе болуы.

Келтірілген қоршаған ортаның жағдайын мониторингтеудің автоматтандырылған көпдеңгейлі жүйесінің құрылымы Қазақстанның таулы және тау аймақтарына қолданылады және 2.1 суретте көрсетілген [3, с.38].



1-мониторинг объектілері; 2-физикалық шамалар датчиктері; 3- стационарлы радиостанция; 4-қозғалмалы радиостанция; 5- тасымалданатын радиостанция; 6-радиомодем; 7- радиоканал арқылы хабар тарататын видеокамера; 8-радиоканал; 9-УҚТ-байланыстағы базалық станция; 10- радиосигналдарды таратушы – түрлендіргіш; 11-ТЖ мониторинг орталығының ақпаратты өңдеу бөлімдерінің мониторлары; 12- ішкі интерфейс; 13 – берілгендер құрылымы; 14 – ішкі байланыс желісі.

Сурет 2.1 - Мониторингтеу жүйесінің нысандық моделінің құрылымдық сызбасы

2.1 суретте көрсетілген мониторингтеу жүйесі шартты түрде үш иерархиялық деңгейден тұрады:

- бірінші, төменгі деңгей физикалық шамалар датчиктері (қысым, температура, деңгей, ылғалдылық т.б.) орнатылған нақты бақыланатын нысан
- екінші, антенналы радиоқабылдағыш және радиотаратқыш құрылғылары, төтенше оқиғалар туралы ақпаратты қабылдайтын және өңдейтін мониторингтеу орталығы мен датчиктер арасында тұрақты ақпараттық арнаны ұйымдастыру функциясын орындайды;
- үшінші, жоғарғы деңгей, мониторингтеу орталығынан түсетін барлық ақпаратты қабылдайды, жинақтайды және талдау жасайды.

Қоршаған ортаның жағдайын бақылау мен мониторингтеу аппараттық – бағдарламалық жүйесінің барлық деңгейінің ерекшеліктері мен функциясын көрсетілген техникалық талаптары мен іске асу мүмкіндіктері бойынша қарастырайық [27].

Бірінші, төменгі жүйелік деңгей

Бірінші деңгейден бүкіл жүйенің бүтіндей жұмысы өте көп тәуелді болады, яғни сол физикалық шамалар датчиктері (ФШД) негізгі ролді орындайды – кез келген көптеген сыртқы факторлардың әсері кезіндегі мониторинг нысанының

жағдайы туралы нақты алғашқы ақпаратты алу. Осыған байланысты, ФШД негізгі параметрлеріне қойылатын сапалық талаптарды және оған жету жолдарын қалыптастырамыз:

1. ФШД номенклатурасы қоршаған ортаның негізгі факторларын өлшеу үшін жеткілікті болуы керек, мысалы, сел қауіптілігінің мониторингі үшін: теңіз-өзен және су қоймаларындағы су деңгейі, ауа және қар жабындысы, ауа мен топырақ ылғалдылығы, су, ауа және қар жабындысының температурасы, тау алқаптарындағы су шығыны, су қоймаларындағы судың қысымы және т.б.

Көрсетілген талаптарды мониторингтену жүйесінің тікелей өзіне немесе жанына тарату үшін келесі ФШД орнату ұсынылады:

- Атмосфералық қысымның
- Ауа температурасының
- Ауа ылғалдылығына қатысты
- Жауын-шашынның санына
- су температурасының
- су деңгейінің
- су шығыны
- қар биіктігі
- су лайлығы
- қар қабатының температурасы
- қар бетінің температурасы,
- қар қабатының биіктігі.
- Сейсмодатчиктер

Осы көрсетілген және басқада ФШД қойылатын нақты техникалық талаптар келесі бөлімдерде баяндалған.

Мониторинг нысандары мен мониторинг орталығының ФШД желілері арасындағы ақпарат алмасу радиоарна арқылы жүргізіледі, сонымен қатар пилотсыз ұшу аппаратын (ПҰА) да қолданады. Аппарат мониторинг аймағында ұшу кезінде датчиктер жинаған ақпаратты сканерлеп және еске сақтайды. Бұл нұсқа көбінесе таулы аймақтарда қолданылады, себебі бұл мониторинг аймағында радиосигналдар өте әлсіз болады және тез өшеді.

Мониторинг нысанының жағдайының ақпараттығын және нақтылығын арттыру мақсатында пилотсыз ұшу аппаратын көбінесе вэб–камералармен жабдықталады, ол нақты уақыт ішінде мониторинг нысанында бейне жүргізеді, онда түсірілім уақыты мен жүргізілген жердің координатасы көрсетіледі [31].

Екінші интерфейстік деңгей

Мониторингтеу орталығына ФШД деректерін тасымалдау ортасы ретінде жоғары жиілікті радио модем байланыс линиясын қолдану тиімді болады. Бұл тасымалданатын ақпараттың көлемінің үлкендігіне, әсіресе бейнежазбалық ақпарат көлемінің үлкендігіне байланысты болады.

Төтенше оқиғалар пайда болуы туралы хабарлама жасайтын дауыс күшейткіштер мен сигналды басқару үшін радио байланыс ультра қысқа толқынды қолданылады, яғни олар аз шығынсыз болып табылады. Сонымен қатар төтенше оқиғалар мониторингі құрылымында тасымалданатын ультра

қысқа толқынды радиостанциялар кеңінен қолданылады. Басқа да замануи байланыс құралдары: ұялы, жер серіктік және т.б. қымбаттылығына байланысты қолдану тиімсіз болады, себебі жүйенің қабылдағыш-таратқыш құрылғылары тәулік бойы жұмыс жасауы керек. Байланыстың сенімділігі мен тұрақтылығын арттыру үшін, радио тасымалдалдау модулдарымен жабдықталған ФШД үшін, тәжірибе жүзінде апробация жасалған *ZigBee* типті стандарт және жұлдыз типті жүйелер қолданылады [26, с.18]. Интерфейс параметрлерін қолдану шартына байланысты жетілдіру үшін, жергілікті жердің рельефін және ара қашықтығын ескере отырып, бұл мәселе жеке қарастыруды талап етеді.

Үшінші жоғары деңгей

Бұл деңгейде бірінші жүйелік деңгейден түскен сигналдарды қабылдау және өңдеу жүргізіледі. Осы жерде түпнұсқа әдістеме, алгоритм мен бағдарламаны қолдана отырып бақыланатын нысанның параметрлеріне талдау жасалады (бірлік факторлар мен критериилер) және жалпы критерии жасалынады, олар бақыланатын жүйенің жағдайы мен қалпының негізгі көрсеткіштері ретінде қызмет жасайды. Жинақталған белгілер жасау механизмі жасанды нейронды жүйенің математикалық аппараттарын және тақ жиындар мен эксперттік тәсілдеріне негізделеді [31, с. 30].

Көрсетілген концепцияны көпдеңгейлі құрылым түрінде іске асыру күрделілігі мен қымбаттығына байланысты әрқашан тиімді болмайды, сондықтан егер мониторинг міндеті мен нысаны өте үлкен болмаса, онда күрделі емес апараттық және бағдарламамен жабдықталған жергілікті жүйелер қолданылады. Мониторингтің күрделі емес, арзандау және ұялы жүйесі жергілікті міндеттерді шеше алады, мысалы, ағын сулар, мұнайдың ағуы, газ кетуі және басқада жерлерге дәрі-дәрмектерді тастаудың жергілікті уақыты мен орынын анықтау. Мұндай мониторингтік жүйе автономды қалыптаса алады, сонымен қатар анағұрлым күрделі көп деңгейлі төтенше оқиғалардың мониторингтік жүйесіне кірістіріле алады.

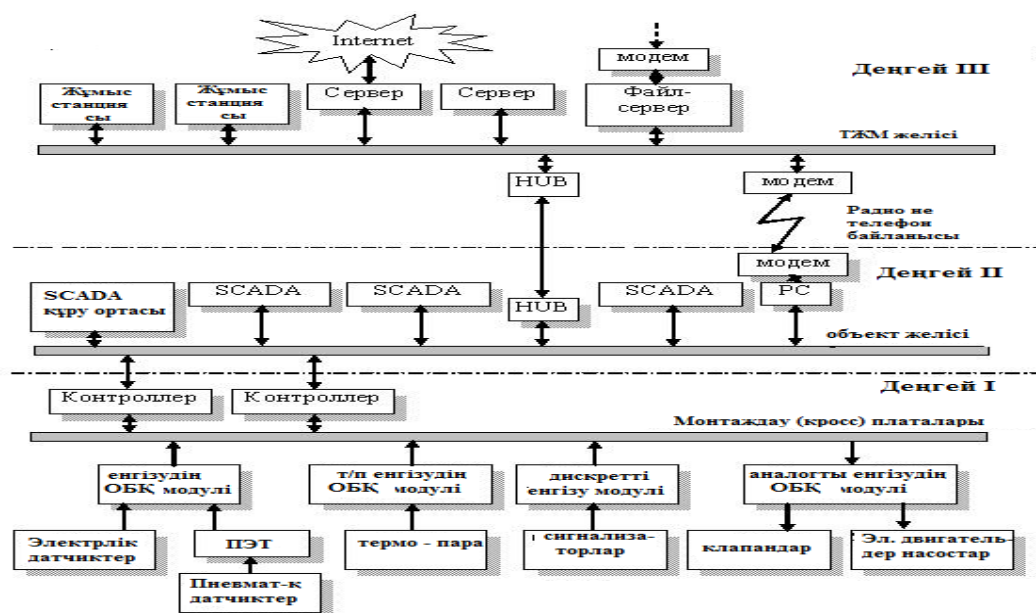
Мұндай жергілікті жүйенің мысалы ретінде қазіргі кезде ҚР БҒМ гранттық жобасы шеңберінде жасалынып жатқан «Ағын суды антибиотиктер мен дәрі препараттарымен ластауды мониторингтеудің өткізгішсіз таратылған жүйесі» жобасы жатады [31, с. 3].

Мұндай жергілікті мониторингтік жүйелер жүретін ақпараттық – энергетикалық ағынды көрнекі көрсету үшін әртүрлі математикалық моделдер (ММ) қолданылады, осы бойынша мониторингтік жүйелерді жобалаудың алғашқы кезеңінде оның ақпараттығын бағалап және жүйенің жалпы түрін жасауға болады.

Мұндай математикалық моделдердің бірі – мониторингтік жүйелердің нысандық моделінің UML–диаграммасы, ол бойынша мониторингтік жүйелерде жүргізілетін үдерістер мен ақпараттық ағындар түсіндіріледі [31, с. 25].

Мониторингтің күрделі жүйесінің нақты уақыттағы аймақтық тарату нысанының жағдайы туралы ақпаратты қабылдаудың ұжымдық орталығының

бір мысалы ретінде 2.2 сурет келтірілген. Берілген жүйеде адам-машина SCADA – технологиясы қолданылады, ондағы шешім диспетчер арқылы жүзеге асырылады. Мұндай жүйенің төменгі деңгейінде ФШД өзге орындаушы механизмдер қолданылады, олар амадан тыс жағдайлардың реттеуші ролін атқарады. Мысалы, бөгеттегі шлюзді ашады немесе жабады, қар көшкінін хабарлайды, басқада қауіпті жағдайлар туралы хабарлама береді және т.б.



Сурет 2.2 - SCADA – технологияны қолдана отырып құрылған көпдеңгейлі төтенше оқиғаларды бақылау және мониторинг жүйесі

2.2 Көппараметрлі датчиктердегі физикалық-химиялық шамаларды түрлендіру принциптерін таңдау және зерттеу

Жалпы табиғатта физикалық әсерлердің саны көп, олар сапалы да санды интерпретациялы болады, соның ішінде ФШД жуықтап алғанда 500 түрі қолданылады, соның ішінде 100 шақтысы жиі пайдаланады [20, с. 60].

Солардың кейбір топтары:

- механикалық (күштік);
- электрлік ;
- электростатикалық;
- электромеханикалық;
- гальваномагниттік;
- электромагниттік;
- жылулық;
- электрохимиялық;
- оптикалық;

2.2.1 Физикалық шамалар датчиктері үшін түрлендірудің базалық принциптерін талдау және таңдау

Мониторинг жүйесі мен әртүрлі нысандарда төтенше оқиғалар бағалау және қарап отыру үшін физикалық шамалардың саны өте көп және

параметрлері әртүрлі болады, мысалы судың деңгейі мен лайлануы, қар қабатының деңгейі мен температурасы, су ортасының химиялық және биологиялық құрамы және т.б. түрлендіру принциптерін таңдауды күрделендіреді.

Осыған байланысты, көптеген бақыланатын ФШ арналған түрлендірудің жалпы принципін қолдану қажет, сонымен қатар түрлендірудің үйлесімді тәсілдерін қолданады, ол бір ФШД біруақытта бірнеше шамаларды өлшеуге мүмкіндік береді. Бұдан өзге бір корпуста бірнеше ФШД құрылымдық біріктіру нұсқасы болуы мүмкін, бұл жағдайда жеке өлшеу түрлендіргіштерінің көлемі мен энергия қолдануы аз болуы мүмкін. Атап өтейік, көптеген көрсетілген шешімдерді орындауға болады, ФШД дайындауда микроэлектрондық технологияны қолдансақ, нәтижесінде микроэлектрондық датчиктерді (МЭД) аламыз [24, с. 102; 32].

Басқада белгіленген талаптарға ең сәйкес келетін түрлендіру тәсілдерін қарастырайық, жеке алғанда Қазақстанның таулы және тау бөктеріндегі аймақтарда сел қауіпті мониторингі жүйелеріне арналған жарияланған параметрлерін қамтиды. Бұл жағдайда түрлендірудің базалық тәсілдерін іздестіруде анықтаушы кіріс әрекеттер болып табылады, ол теріс факторлардың күшейюіне әсер ететін табиғи факторлар немесе адам әрекетіне әсер етумен шартталады.

Кіріс әрекеттерге негізделген физикалық әсерлердің жіктелуі (кесте 2.1).

Кесте 2.1 – Кіріс әсерлері бойынша физикалық әсерлердің жіктелуі

Әсері (электрлік немесе электрлік емес шамаға)	Әсер ету нәтижесі (электрлік немесе электрлік емес шамаға)	Физикалық әсер атауы
1	2	3
Қысым	Күш Деформация Электрлік заряд Температура Жылдамдық	Күштік әсер Қысым әсерінен деформациялану Соққылы иондау әсері Газдың жылу өткізгіштігінің қысымнан тәуелділігі Ортаның сұйықтық қасиеті
Деформациясы	Электрлік өріс Өткізу Магниттік заряд Күш Сыну көрсеткіші	Пьезоэлектрлік әсер Деформациялану әсері Магнитті серпінді әсер (Виллари әсері) Кері Гук заңы Сыну көрсеткішінің деформациядан тәуелділігі
Деформациясы + Электрлік ток	Электрлік ток	Тензорезистік әсер

2.1 - кестенің жалғасы

1	2	3
Деформациясы + Электрлік ток + магниттік өріс	- " -	Кернеудің ферромагниттер электр кедергісіне әсері
Деформациясы + электромагниттік сәулелену	- " - Электрлік өріс	Гальваносерпінді әсері Фотопьезоэлектрлік әсер
Деформация + магниттік заряд	Магниттік өріс	Индуктивтіктің өзгеруі
Дыбыстық өріс	Электрлік заряд Электрлік өріс	Акусттікэлектрлік әсер Акустикалық түйіншектер әсері
Өткізу	Электрлік өріс Дыбыстық өріс	Электроосмостың кері әсері Дыбыс өрісінің және ультродыбыстың қалыптасуы
Өткізу + Магниттік заряд	Тығыздық	Конденсаторда диэлектриктің тығыздығының өзгеруі
Өткізу + Магниттік өріс	Магниттік өріс	II индуктивтілікті өзгерту
Өткізу + электрлік заряд	Электрлік өріс	Электромагнитті I индукция II электросиымдылықты өзгерту
Күш моменті	Жеделдету	Айналмалы қозғалысты динамиканың негізгі теңдеуі
Күш	Деформация Жеделдету	Серпінді деформация Ньютонның екінші заңы
Күш + Өткізу	Күш моменті Өткізу	Күш моменті Шектің тербелісі
Жылдамдық	Өткізу	Дененің өткізуі
Жылдамдық + электрлік заряд	- " - Электрлік ток	Дененің қозғалысы Электрлік токтың қалыптасуы
Температура	Электрлік өріс	Бенедикс әсері
Температура + электрлік заряд	- " - Электрлік ток	Зеебек құбылысы Терморезисті әсер
Жеделдету	Жылдамдық	I дене жылдамдығы
	- " -	II дене жылдамдығы
Электрлік ток	Магниттік өріс	Электр тоғы арқылы магниттік өрістің пайда болуы
Электрлік ток + деформация	Электрлік ток	Тензорезистивті әсер
	- " -	Терморезистивті әсер

2.1 - кестенің жалғасы

1	2	3
Электрлік ток + Магниттік өріс	- " -	Магнитрезистивті әсер
электрлік заряд	Электромагнитное излучение	Катодолюминисценция
электрлік заряд + тығыздық	Электрлік өріс	1 электросиымдылықты өзгерту
Электрлік заряд + жылдамдық	Электрлік ток	Электр тоғының пайда болуы
Электромагнитті сәулелену	Электрлік өріс	Фотоэлектрлік әсер
	- " -	Вентилді фотоәсер
	Электрлік өріс	Кикоин-Носков әсері
Электромагнитті сәулелену + Өткізу	Электромагниттік сәулелену	Ағында екілік сыну
Электромагнитті сәулелену + электрлік өріс	Сыну көрсеткіші	Поккельс әсері (сызықтық электрооптикалық)

Төтенше оқиғаларды мониторингтеу жүйесінде бақыланатын ФШ қолданылады, мысалы, сел қауіпін бақылауда, электрлік емес ФШ электрлікке түрлендіруде өңдеу және алдағы кезеңде қолданудың ең қолайлысы ретінде 2.2 кестені алуға болады. Өлшеу техникасының алдағы дамуында, жеке алғанда датчик жасауда, белгілі және жаңадан ашылып жатқан физикалық әсерлер мен құбылыстар, әсіресе нано өлшемді элементтер мен құрылымдары, оның ішінде тірі табиғат зерттеуде қолданылады. Бұндай барлық жаңашылдық өлшеудің ақпараттығын жылдам арттырады, ал датчиктерді кең қолданысты етіп әртүрлі салада ыңғайландырады, оның ішінде арнайы қолданыста болады: ашық космос, ядролық реакторлар, өртке қауіпті орталар т.б.

Мысал ретінде 2.2. кестеде ашылып жатқан және өлшеу тәжірибесі жүзінде қолданылатын физикалық әсерлер мен құбылыстар келтірілген. Айта кету керек, кестеде ФШ аз бөлігі келтірілген, себебі даму шамасына қарай олардың саны үнемі өсуде, атап, айтқанда, ғылым мен техниканың мынадай салалары, материал жүргізу, қатты дене физикасы, электроника, химия т.б.

Кесте 2.2 - ФШД тәжірибе жүзінде қолданылатын және жарияланған физикалық әсерлер мен құбылыстар

№ р\н	Тәжірибе жүзінде қолданылатын және жарияланған физикалық әсерлер мен құбылыстар
1	2
1	Сиымдылықты
2	Пьезоэлектрлік

2.2 - кестенің жалғасы

1	2
3	Дифференциалды-трансформаторлық
4	Термоэлектрлік
5	Тензорезистивті
6	Потенциометрлік
7	Ток айналмалы
8	Термисторлы
9	Холл эффектісі
10	Пьезорезистивті
12	Магниторезистивті
13	БАТ
14	Пьезорезонансты
15	Индукционды
16	Кориолис әсері
17	Виганд әсері

2.3 кестеде төтенше оқиғалар мониторингінде қолданылатын нақты физикалық әсерлер келтірілген.

Кесте 2.3- Төтенше оқиғаларды мониторингтеу жүйелерінің физикалық шамалары, түрлену әдістері

Физикалық параметрі	Қабылданатын элемент	ФШ түрлендіргіш / эл. парам	Электрлік параметр
1	2	3	4
Атмосфералық қысым	Серпінді мембрана, анемометрлік қорапша	Жоғары жиілікті резонатор (деформация / резонанстық жиілік)	Жоғары резонанстік жиілік
Жел жылдамдығы	Пропеллер	Синхронды электрлік генератор	Импульстер жиілігі
	Қыздырылған терморезистор	Термоанемометр	Терморезисторлардың кедергі айырмасы
Жарықтылығы	Фоторезистор	Фоторезистор	Электрлік кедергі
Температура	Терморезистор	Терморезистор	Электрлік кедергі

2.3 - кестенің жалғасы

1	2	3	4
Азимут (бұрыштық орын ауыстыру)	Кодтық бетперде	Жоғары жиілікті резонатор	Жоғары жиілікті резонатордың резонанстық жиілігі
Ылғалдылығы	Гигристор	Гигристор	Электрлік кедергі
Акустикалық шуыл деңгейі	Серпінді мембрана	Жоғары жиілікті резонатор (резонанстық жиілік деформациясы)	Жоғары резонанстік жиілік

Физикалық шамалардың базалық әдістері мен құрылымдық түрлендіру формулаларын қарастырмас бұрын, төтенше жағдайлардың негізгі құбылыстары мысалы су деңгейі мен қар қалыңдығы, жартасты массивтердегі кернеу, жел жылдамдығы, су шығыны және т.б. күштік параметр ретінде, дербес алғанда деформация мен қысым ретінде, ал өзге параметрлер, күн сәулесі радиациясы, қар, су температурасы және т.б. жылулық параметр ретінде түрлендіруге болады. Осыған байланысты, негізгі зерттеулерді көпқызметті қысым мен температура датчиктеріне байланысты жүргіземіз [35, 36].

2.2.2 Қысымды өлшеу тәсілдері

Қарастырылатын базалық түрлендіру тәсілдері толығырақ, ал тәжірибе жүзінде аз қолданылатындар аз көлемде қарастырылған.

1. Түрлендірудің сиымдылық тәсілі.

Жалпы алғанда түрлендірудің бұл тәсілі түрлендірудің құрылымдық формуласы түрінде берілуі мүмкін:

$$X (P_X) \rightarrow Z_{\text{пр}} \rightarrow (C_x, q_x) \rightarrow U_x \rightarrow Y (\Delta C_x, \Delta C_{\text{п}}), \quad (2.1)$$

мұндағы X , Y —сәйкесінше, кіріс және шығыс шамалар; $Z_{\text{пр}}$ —аралық шамалар; C_x —ЭС сиымдылықты өзгерту (параметрлік түрлендіру); q_x —ЭС зарядын өзгерту (генераторлық түрлендіргіш).

Өз кезегінде, жылжымалы электродты жазық конденсаторлы түріндегі қарапайым сиымдылықты түрлендіргішке құраушылар (2.1) түрінде көрсетіледі:

$$C_x = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot P \cdot s}{h} \quad (2.2)$$

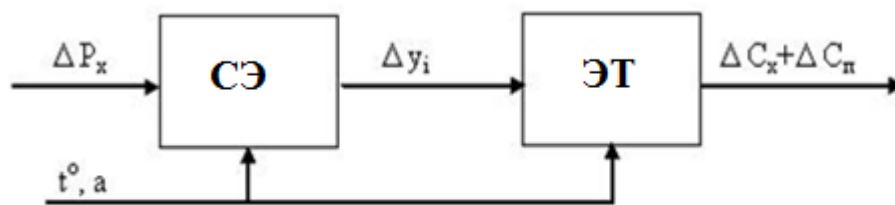
Сиымдылық датчиктің сезімталдығы қозғалмалы электрод орналасуы бойынша анықталады:

$$S_{\text{дат}} = \frac{\partial C}{\partial h} = -\frac{\varepsilon_0 \cdot S_{\text{эл}}}{h^2} \quad (2.3)$$

мұндағы P – өлшенетін қысым, C – ЭС сиымдылығы, S – СЭ электрод ауданы;

h – СЭ электродтар арасындағы ойық қалыңдығы; ε_0 – диэлектрлік тұрақты.

Сиымдылық өзгергендегі қысымды түлендірудің құрылымдық сызбасы 2.3 суретте келтірілген, мұнда кіріс ақпараттық шама ретінде белгіленген (P_x) қысым өзгеруі, сыртқы әсер ететін факторлар ретінде (t) температура және (a) виброжылдамдату, аралық шама - (ΔY) серпімді элемент ауытқуы, шығыс ақпараттық шама- (ΔC_x) жұмыс және тірек (ΔC_{Π}) сиымдылықтарды өзгерту.



СЭ – сиымдылықты сезімтал элемент, ЭТ – электронды түрлендіргіш

Сурет 2.3 - Қысымның сиымдылықты түрлендірудің құрылымдық сызбасы

2. Түрлендірудің тензометрлік тәсілі

Өлшеу технологиясында кеңінен қолданылатын қысымды түрлендіру принципі ол, металл (тензорезистивті әсер) мен жартылай өткізгіштегі (пьезорезистивті әсер) тензоәсер.

Қысымды түрлендірудің келесі принципі өлшеу технологиясында кеңінен қолданыс тапқан металлдағы (тензорезистивтік әсер) және жартылайөткізгіштегі (пьезорезистивтік әсер) тензоәсер болып табылады.

Тензоәсердің мәні, деформация және механикалық кернеу әсерінен металл элементтерінің (өлшемдік әсер) сызықтық және көлденең өлшемдері және жартылайөткізгіштің (электрофизикалық әсер) өткізгіштігі өзгереді. Бұл олардың электрлік кедергісінің өзгеруіне әкеледі:

$$P_x \rightarrow \sigma_x \rightarrow \varepsilon_{x \text{ TP}} \rightarrow \Delta l_{x \text{ TP}} \rightarrow \Delta R_x \quad (2.4)$$

Көрсетілген әсерлердің базалық теңдеулері болып екі аналитикалық өрнек табылады [49].

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2.5)$$

мұндағы l , S – тензосымның көлденең қимасының ұзындығы мен ауданы; ρ – материалдың меншікті кедергісі.

(2.5) дифференциалдап, аламыз:

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{dS}{S} \quad (2.6)$$

(2.6) теңдеуі құрамына кіретін құраушылар, келесі физикалық мағынасы болады: $dl / l = \varepsilon$ – салыстырмалы деформация; $d\rho / \rho = m \cdot \varepsilon$, мұндағы m – деформация әсер ететін меншікті кедергінің өзгеру коэффициенті.

Дөңгелек қималы өткізгіш үшін $\frac{dS}{S} \approx \frac{2\pi r dr}{\pi r^2} = \frac{2dr}{r} = -2\mu\varepsilon$, мұндағы μ – Пуассон коэффициенті.

Енгізілген белгілерді (2.6) қойып, тензоәсерге арналған негізгі өрнекті аламыз:

$$\frac{dR}{R} = (1 + 2\mu + m)\varepsilon = K \cdot \varepsilon, \quad (2.7)$$

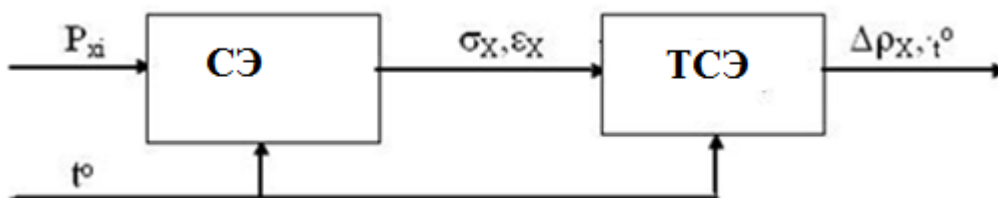
мұндағы $K = 1 + 2\mu + m$ – тензосезімталдық коэффициенті, тензорезистор тасымалдаушы сипаты болады.

Соңғы өсімдерге өткенде, тензоәсерді сипаттайтын қарапайым өрнек аламыз:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \varepsilon \quad (2.8)$$

мұндағы R – деформация болмаған тензосымның кедергісі, а ΔR – деформация болғандағы кедергінің абсолютті өсімі.

Жоғары омыды металл материалдардың K тензосезімталдық коэффициенті (хром негізіндегі қосылыс) 1,9 – 2,9 шегінде болады; платина – 4, жартылай өткізгіш 100 дейін және одан жоғары [28, с. 102].



СЭ – серпінді элемент; ТСЭ – тензосезімтал элемент

Сурет 2.4 - Қысым түрленуінің тензометриялық әдісінің құрылымдық сызбасы

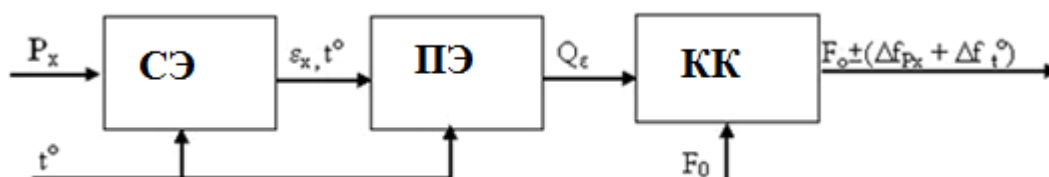
2.2.3 Беттік-акустикалық толқындарды (БАТ) пайдалана отырып қысым мен температураны түрлендіру

Келешекте механикалық шамаларды түрлендіретін жиілік тәсілдің бірі БАТ қолдану тәсілі болып табылады. Ол энергияны шығындамай қашықтан датчиктерден ақпарат алуға мүмкіндік береді. Бұл әсер жоғары жиілікті ультродыбысты толқындармен басқарылатын монокристаллды пьезоэлектриктердің беттік аймақтарында жинақтауға негізделген [21, с. 53; 25, с. 16]. Сонымен қатар БАТ түрлендірудің жақсы жақтарының бірі – шығыс сигналының жиілік формасы, ол шығыс сигналдарын оңай өлшеуге және сандық формаға келтіруге мүмкіндік береді.

Қысымды жиілікке БАТ түрлендірудің құрылымдық формуласы мен сызбасы сәйкесінше (2.9) теңдеуінде және 2.5 суретінде келтірілген

$$P_X \rightarrow \varepsilon_{x,t}^0 \rightarrow Q_\varepsilon \rightarrow F_0 \pm (\Delta f_{P_X} + \Delta f_t^0), \quad (2.9)$$

мұндағы P_X – өлшенетін қысым, $\varepsilon_{x,t}^0$ – қысым мен температура әсерінен пьезопленканың деформациялануы, Q_ε – жинақталатын заряд, F_0 – тірек жиілік, Δf_{P_X} – қысым әсерінен жиіліктің ауытқуы, Δf_t^0 – температура әсерінен жиіліктің ауытқуы.



Сурет 2.5 - Қысымның БАТ- түрленуінің құрылымдық сызбасы

БАТ түрлендіру тәсіл болып табылғандықтан, онда шығыс шамалар жиілігі немесе фазасы бойынша модулданатын жиілік сигнал болады. Онда мұндай түрлендіру тәсілі жоғары уақытты және параметрлік тұрақтылығымен ерекшеленеді. Бұдан өзге БАТ датчиктерде біруақытта жоғары дәлдікпен (қателік 10^{-6} %) қысым мен температураны жиілік өлшеуішпен өлшеу мүмкіндігі бар.

Жалпы жағдайда МЭД БАТ шығыс сигналы температура мен өлшенетін механикалық параметрден тәуелді болады (қысым немесе күш):

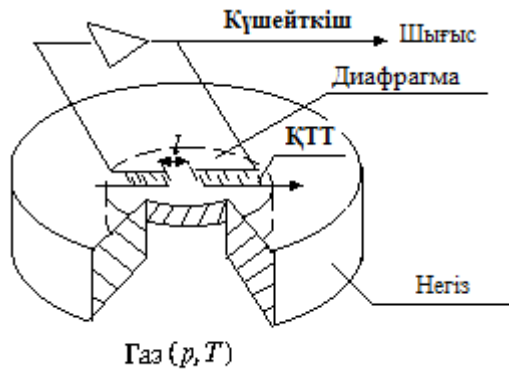
$$f(P,T) = n/\tau_a (P,T) \quad (2.10)$$

мұндағы f –БАТ жиілігі; n – тербеліс модына тәуелді тұрақты; τ_a – дыбыс өткізу ортасында БАТ кідіріс уақыты; P және T – қысым мен температураға сәйкес.

Келтірілген тәуелсіздіктен көрінеді, БАТ – түрлендіру біруақытта қысым мен температураны өлшеуді жай салыстырмалы орындайды. Мысал ретінде 2.6

суретте микроэлектронды датчиктердің сезімтал элементтерінің қысым мен температураның бөліктері сызбада көрсетілген.

Бір ғана параметрді немесе олардың селекциясын өлшеу қажеттігінде электродтың орны өзгереді (қарсы түйреуішті түрлендіргіш): температураны өлшеуде қарсы–түйреуішті түрлендіргіш қалың бөлікте, қысымды өлшеуде – диафрагманың жіңішке бөлігінде орналасады.



Сурет 2.6 - БАТ –түрлендіруге негізделген қысым және температураның СЭ

L ұзындықты жолдағы акустикалық толқынның кідіріс уақыты

$$\tau_a = L/v, \quad (2.11)$$

Мұндағы v – БАТ таралу жылдамдығы

(2.11) өрнегін дифференциалдағанда, аламыз

$$d\tau_a / \tau_a = \alpha_p \cdot dP + \alpha_T \cdot dT, \quad (2.12)$$

мұндағы α_p , α_T – қысым мен температураның акустикалық кідіріс уақытына сәйкесінше әсер ету коэффициенті, олар сонымен қатар сәйкес дифференциальдық теңдеулерден анықталуы мүмкін:

$$\alpha_p = (1/L) \cdot dL/dP - (1/v) \cdot dv/dP, \quad (2.13)$$

$$\alpha_T = (1/L) \cdot dL/dT - (1/v) \cdot dv/dT \quad (2.14)$$

(2.11...2.14) теңдеуін ескере отырып, БАТ – түрленуге арналған соңғы қызметтік тәуелділік мына түрде беріледі

$$f(P, T) \approx f_0 [1 - \alpha_p \cdot P - \alpha_T \cdot (T - T_0)], \quad (2.15)$$

мұндағы f_0 —генератор жиілігі, $P = 0$ және $T = T_0$ болғанда.

Жиіліктің салыстырмалы өзгерісі келесі түрде болады:

$$1 - f(P, T) / f_0 = \alpha_p \cdot P - \alpha_T \cdot (T - T_0). \quad (2.16)$$

Тұрақты температура $T = T_0$ болғанда (лабораториялық жағдайда) аламыз:

$$1 - f(P, T) / f_0 = \alpha_p \cdot P. \quad (2.17)$$

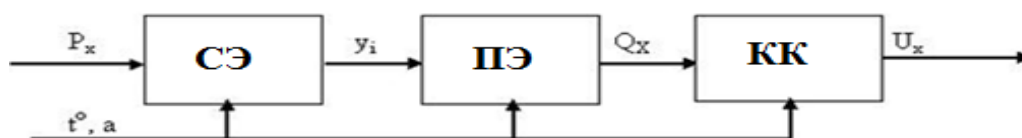
Бұдан өлшенетін қысым

$$P = \alpha_p^{-1} \cdot [1 - f(P, T) / f_0]. \quad (2.18)$$

Өйткені α_p және f_0 — бұл материалға арналған тұрақты, кері байланыс тізбегіндегі СЭ БАТ автогенератордың ақпараттық шамасы болып табылады. Қалған тәсілдерді, іс-әрекет принциптерін және формулаларын шығармай қысқаша қарастырамыз.

5. Түрлендірудің пьезоэлектрлік тәсілі

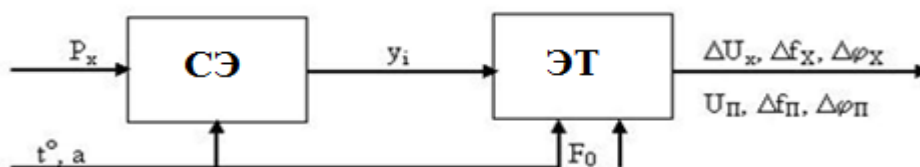
$$P_x \rightarrow y_i \rightarrow Q_x \rightarrow U_x \quad (2.19)$$



Сурет 2.7 - Қысымды түрлендірудің пьезоэлектрлік тәсілінің құрылымының сызбасы

6. Түрлендірудің пьезорезонанстық көлемдік тәсілі:

$$P_x \rightarrow y_i \rightarrow Y \in \Delta U_x + U_{\Pi} \cap \Delta f_x + \Delta f_{\Pi} \cap \Delta \varphi_x + \Delta \varphi_{\Pi} \quad (2.20)$$



Сурет 2.8 - Қысымды түрлендірудің пьезорезонанстық тәсілінің құрылымдық сызбасы

$$f_p = \frac{n}{2 \cdot h} \cdot \sqrt{\frac{C^*}{\rho}} \quad , \quad f = f_0 \cdot \sqrt{1 + k \cdot \sigma \cdot x} \quad (2.21)$$

7. Опто–талшықты

Түрлендірудің осы типін қолданатын ФШД өте алдыңғы қатарлы болып табылады, өйткені олар қашықтан жұмыс жасай алады және жеке өлшеу қабілеттілігі бар (бір оптикалық талшыққа бір уақытта бірнеше датчик жұмыс жасай алады) [37].

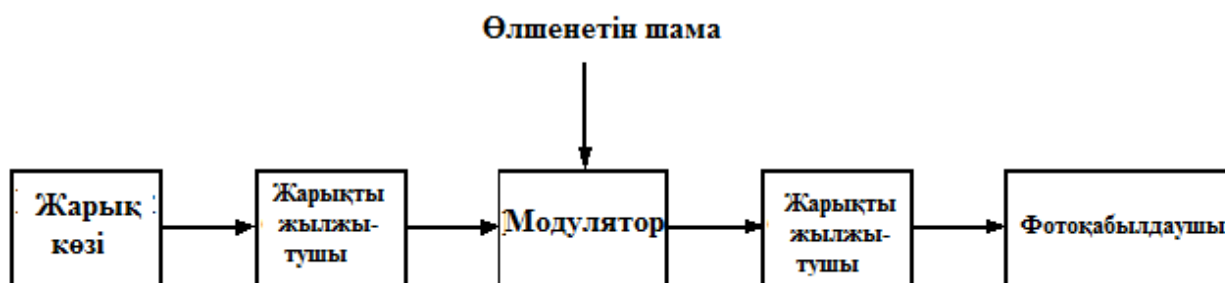
$$P_X \rightarrow y_i \rightarrow \Delta J \cap \Delta \Phi \quad (2.22)$$

$$J_s = \frac{dT}{dP} \cdot J_0 \cdot \delta_p \Phi = \beta \cdot L_s = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot n_l \cdot L_s \quad (2.23)$$

$$\frac{\Delta \Phi}{P \cdot L} = -\frac{\beta \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{E} + \frac{\beta \cdot n^2}{2 \cdot E} \cdot (1 - 2 \cdot \nu) \cdot (2 \cdot P_{12} + P_{11}) \approx -\frac{\beta \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{E}$$

Мұндағы T -температура, P - электрлік өріс векторы, R_T фотоэлемент кедергісі, β - оптикалық толқын жылжыту толқынының температуралық коэффициенті, λ - сәулелену толқынының ұзындығы, n -сыну коэффициенті.

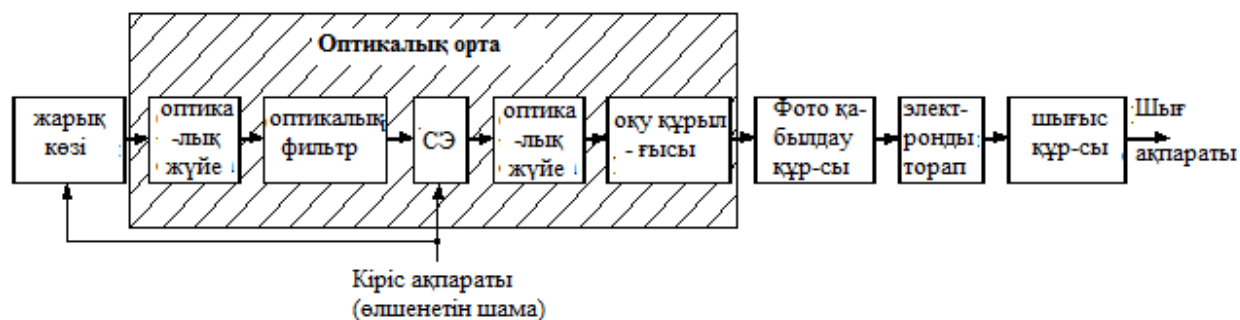
Өлшенетін ақпараттың тасымалдаудың оптикалық арнасының типтік құрылымы және түрлендіргіштің опто–талшықты сызбасы 2.9 суретте көрсетілген [38].



Сурет 2.9 - Өлшенетін ақпаратты тасымалдаудың оптикалық арнасының типтік құрылымы

Оптоэлектронды физикалық шамалар датчиктердің жалпы құрылымдық сызбасы 2.10 суретте келтірілген. Бір немесе бірнеше сәулелену көздерінің оптикалық көздері оптикалық орта арқылы өтеді, ол өзіне оптикалық жүйені, оптикалық сүзгіні қосып алады. Сезімтал элемент шығысында өлшенетін нысанмен кинетикалық буын немесе оптикалық байланыста болып, өлшенетін шаманың бір параметрі бойынша модулданатын, жарық сәулелерін оқитын құрылғымен қабылданады.

Әрі қарай қалыптасқан оптикалық сәулелер фотоқабылдағыш құрылғысына түсіп, өлшенетін шамаға пропорционал болатын электр сигналдары қалыптасады. Электрлік буында электр сигналдары өңделеді және шығыс құрылғысына түседі. Шығыс ақпаратты аналогтық электрлік сигнал, сандық код, бір қолданылатын командалар түрінде көрсетуге болады, ол өлшенетін ақпаратты қолданушының жұмыс сипатына және қызметіне байланысты болады.



Сурет 2.10 - Оптоэлектронды ФШД жалпы құрылымдық сызбасы

2.2.4 Температураны түрлендіру әдістері

Бұрын белгілі болғандай температураны түрлендіру көпқызметті ФШД міндетті өлшеу процедурасы болып табылады. Ағымдағы үрдіс температурасы туралы ақпарат мұндай датчиктерде екі мағынада қолданылады: біріншіден ортаның қысымын өлшеудің дәлдігін көтеру мақсатында температура қателігін түзету үшін, екіншіден, негізгі параметрді есептеуге қажетті қосымша параметр есебінде, мысалы шығын өлшегіштер мен энергия тасымалдауыштардағы газ немесе суықтықтың шығыны ретінде [41]. Экологияда температура табиғи және қоғамдық қауымдастықты сипаттайтын маңызды параметр болып табылады. Ауқымды масштабта температураның өзгеруі торнадо, боран, құйын, қар көшкінін және т.б. апаттарды тудырады. Ауа мен топырақтың температурасы егінге, өрт қауіптілігіне және т.б. тікелей әсер етеді. Тіпті адам денсаулығының басты индикаторы адам денесінің температурасы болып есептеледі. Сондықтан мониторинг ортасының температурасын бақылау және өлшеу төтенше оқиғаларды мониторингтеу жүйелерінің басты міндеті болып табылады. Атап көрсетсек, көпқызметті ФШД арналған температура түрлендіру барлық тәсілдерінде қысымды өлшеу тәсілдерімен үйлесімділігін ескере отырып екі әсерді қолдануға қолайлы болып табылады: терморезистік және жартылай өткізгішті элементтердегі p - n көшудегі жүргізілетін әсерлер [13,с.52; 28,с.102]. Аталған тәсілдерді анағұрлым нақты қарастырайық.

1. Терморезистік тәсіл.

Мұндай тәсіл тәжірибеде кең таралған және тұрақты түрде қолданылады. Ол негізінен материалдардың (өткізгіш, жартылай өткізгіш) электр өткізгіштігін өлшеуге қолданылады.

Терморезистік сенсорларда СЭ ретінде жұқа пленкалы және диффуздық термокедергілер (ТК) қолданылады. Жұқа пленкалы термокедергілер материалы болып никель (Ni), мыс (Cu), платина (Pt) табылады. Pt-термокедергілер өте нақты және өлшеу диапазоны кең болады. Көпқызметті ФШД көрсетілген термокедергілер пленка түрінде қалыптасқан жартылай өткізгішті немесе пьезокерамикалық СЭ, СЭ материалына шаңдалған немесе СЭ тыс дискретті элемент түрінде беріледі.

Жеке алғанда платиналық термокедергісінің температурадан аналитикалық тәуелділігі мына түрде болады:

$$R_T = R_0(1 + AT + BT^2), \quad (2.24)$$

мұндағы R_T және R_0 кедергілері Pt–ТС жұмыс және бөлме температураларына сәйкестігі; A , B , C – аппроксимацияланатын функцияның кестелік коэффициенттері.

Мыс пен никель негізіндегі термокедергілер анағұрлым арзан және технологиялық болып табылады, температура диапазонында платиналық термокедергілер қарағанда мыс пен никель негізіндегі термокедергілер аз қолданыста болады.

Жұқа металлдық пленкалардың кедергісінің температурадан $R_{TC} = f(T)$ температуралық тәуелділігі сызықтық болады, сондықтан олардың сызбасында сызыктанатын элементтер қажет етілмейді.

Металл пленкалы негіздегі термокедергілердің жалпы кемшілігі, термокедергілер кіші номинальды кедергісі және аз термосезімталдығы болып табылады, ол меншікті кедергісінің аздығына баланысты болады.

Қазіргі кезде резистік паста негізінде жасалған қалың пленкалы ТК кеңінен қолданыс табуда. Пасталар ТК аз номинальдан (ондаған және жүздеген Ом) теріс және оң ТКС (-4 тен $0,5$)%/°C дайындауға мүмкіндік береді, ол жұқа пленкалы термокедергілерде қол жетімсіз.

Қалың пленкалы термокедергілерінің температурадан тәуелділігі сызықсыз болады, сондықтан олардың сипаттамаларын сызықтау үшін оларды көпірлік сызбаға енгізуді немесе тұрақты резисторлы термокедергілерді тізбектей-параллель байланысты қолданады.

Жоғары температуралық сезімталдық дискретті және интегральды жартылай өткізгішті термокедергілер болады, олар ФШД корпусына тікелей орналасады. Дискретті жартылай өткізгішті термокедергілерінің температурадан тәуелділігі мына өрнекпен жеткілікті нақты сипатталған:

$$R_T = R_N \exp(-B/T), \text{ одан } T = B/(\ln R_T - \ln R_N) \quad (2.25)$$

мұндағы T – абсолютті температура; R_N және R_T – N және T градустағы сәйкес кедергілер; B – термокедергілер материалының тұрақтысы (анықтамалық шама), өлшемі абсолюттік градуста беріледі (K).

(2.25) теңдеуден көргендей, термокедергілердің термосипаттамалары азғана сызықтық емес болады. Одан басқа берілген термокедергілердің коэффициентінің нөлі аз болады, сондықтан олардың кедергісі температураның жұмысын азайтады, және де тым жылдам.

Термокедергілердің температуралық сипаттамаларын сызықтандыру үшін тұрақты резисторларды параллель тізбектей және/ немесе тізбектей қосылыста қолданылады, $R = f(T)$ тәуелділікті сызықтайды, бірақ сол мезетте олардың термосезімталдығын азайтады [28, с. 104].

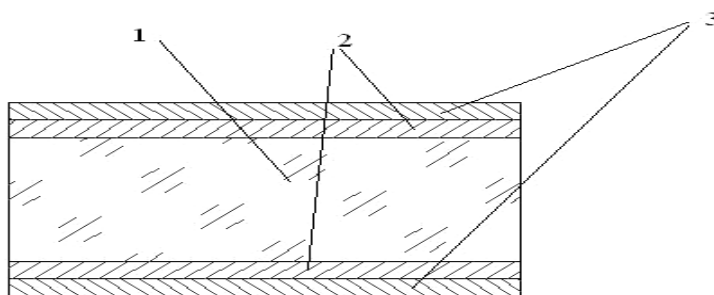
Келешекте шағын біріктірілген ФШД диффузиялық және иондық-легирленген терморезисторлар қолдану тиімді болады. Номиналдардың кең қолданысына байланысты, дайындау үдерісінде олардың термокедергілік сезімталдық мүмкіндігі болады, сонымен қатар өте аз өлшеміне және инерциясының аздығынан олар қысым мен температураның көп қызметті датчиктерінде кеңінен қолданыс табуда.

Диффузиялық және иондық-легирленген терморезисторлардың (ТР) келесі негізгі сипаттамалары болады:

- ТКК 0,5 кем емес (минус 0,05 тен 0,5 дейін)%/°C;
- Шекті кедергісі (ρ_s): 100÷1300 Ом/Ү;
- Жұмыс істеу температура диапазоны минус 60÷180°C;
- Термо сипаттамасының сызықсыздығы: диффузиялық терморезисторлар үшін – 1% артық емес және иондық-легирленген терморезисторлар үшін – 0,5% артық емес.

Мұндай терморезисторлар бұрын қарастырған дискретті жартылай өткізгішті термокедергіге қарағанда өте үлкен сызықты болады.

Микроэлектронды технологияның және микрокіші элементтердің дамуына байланысты қазіргі кезде кіші «чиптік» жұқа пленкалы, қалың пленкалы және диффузиялық терморезисторлар шығарылуда, олар ФШД СЭ немесе кабельдік түйістіргішке тікелей енгізіледі. Чиптік термокедергі ереже бойынша корпуссыз орындауда дайындалады және ары қарай өлшеу құрылғысына, жүйесіне, блок құрамына монтаждалуға және герметизациялануға арналған (сурет 2.11).



1 – монокристаллды кремний *p*-типті өткізгішті; 2 – активті металлдың байланыс пленкасы;
3 – «Sn – Vi» құйманың пленкасы

Сурет 2.11 - Диффузиялық кремнийлі чип-резистор

Терморезисторлы-чипті датчиктер температурасына пайдалану, оның ішінде көпқызметті қолдану, салмағы мен өзіндік құнын төмен түсіруге мүмкіндік береді, ал лазерлік немесе терморезисторлық номиналды құнын электроэрозиялық түзету олардың дәлдігін жылдам арттырады. Терморезистор өлшемін және жылу сиымдылығын азайту температура мен жылу ағынының динамикалық өлшемдерін жүргізуге және инерциялығын айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді.

2. Жартылай өткізгішті құрылымдағы байланыс құбылыстары

Жартылай өткізгішті құрылымдағы болып жатқан электрофизикалық әсерлер: әртүрлі типті өткізгішті кремний (nSi - pSi) және кремний металл (Si-Me) өте жиі әртүрлі аспаптар мен бұйымдарда, оның ішінде интегральдық сызбаларда температураны өлшеуге қолданылады.

Тәжірибе жүзінде байланыс құбылыстар тобынан электротасымалдау, заряд тасымалдаушылар диффузиясы және байланыс потенциалының пайда болуы қолданылады [41,с.92]. Көрсетілген құбылыстың негізгі электрофизикалық моделі болып p - n көшудің вольтамперлік сипаттамалары жатады [42].

$$I = I_0 \left(\ell^{q_e \frac{U}{kT}} - 1 \right), \quad (2.26)$$

мұндағы I – p - n көшу арқылы тура ток; I_0 – кері ток; U – сыртқы кернеу, көшуге қолданылатын; T – температура (K); k – Больцман коэффициенті; q_e – электрон заряды.

(2.26) формуласын қысқартып, логарифмдеу және аз мәнді мүшелерін алып тастай отырып қысқартып, аламыз:

$$U = \frac{k \cdot T}{q_e} \cdot \ln \frac{I}{I_0} \quad (2.27)$$

(2.27) температура бойынша дифференциалдай отырып, кернеудің p - n көшуде температурадан өзгеру коэффициентінің өрнегін алуға болады:

$$\beta = \frac{dU}{dT} = -\frac{1}{T} \cdot \left(\frac{E_q}{q_e} - U \right), \quad (2.28)$$

мұндағы E_q – p - n көшудің тиым салынған аймағының ені.

Сандық модельді алу үшін (2.28) теңдеуіне нормалды температураның $T = 300^\circ K$ мәнін қойып аламыз, p - n көшуде $U = 0,5 \dots 0,8$ В кернеудің типтік құлдырауы, E_q кремний мен q_e заряд (анықтамалық деректер) мәні:

$$\beta = \frac{dU}{dT} \approx -(1,5...2) \frac{\text{мВ}}{\text{К}} \quad (2.29)$$

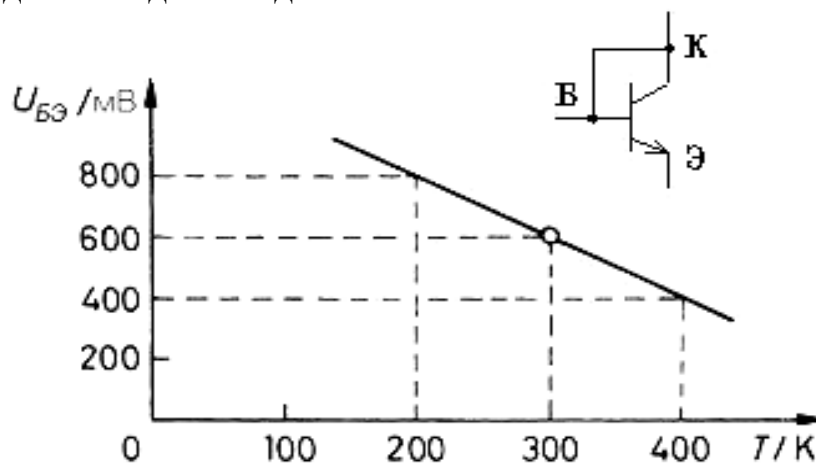
q_e теріс белгі температура жоғарылағанда, кернеудің төмендеуі тікелей аралас $p-n$ көшуде –азаятындығын білдіреді. Эмиттер-база көшуі бар бірлік транзистор үшін (2.35) өрнегі қайталанады:

$$U_{э-б} = BT \quad (2.30)$$

мұндағы B – тұрақты теріс шама тең $\approx -0,2$ мВ/К.

(2.30) теңдеуіне сәйкес аналитикалық моделінің графиттік тәуелділігі 2.15 суретте көрсетілген.

Температура датчигі, $p-n$ - көшу негізіндегі эталондық платиналық термометр тұрақтылығымен салыстырғанда жоғары уақыттық тұрақтылығымен ерекшеленеді, бірақ соңғымен салыстырғанда $-60-100^\circ\text{C}$ шектелген тар температуралық диапазонды болады.

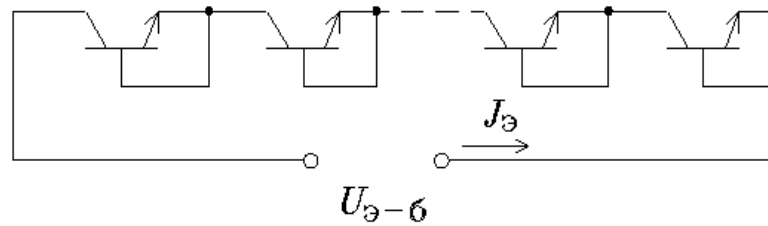


Сурет 2.12 - Планарлық транзисторлық құрылымдағы эмиттерлік көшудегі термосипаттамалы кернеу

Транзисторлы құрылымдағы бірнеше « $p-n$ » көшуді тізбектей қосқанда ($U_{э-б\Sigma}$) термометрлік параметрдің шамасы бірлік көшүмен салыстырғанда көбейеді (сурет 2.12). СЭТ 198НТЗ транзисторлы матрицаның кристалы негізінде жасалғандықтан термосезімталдық алынды:

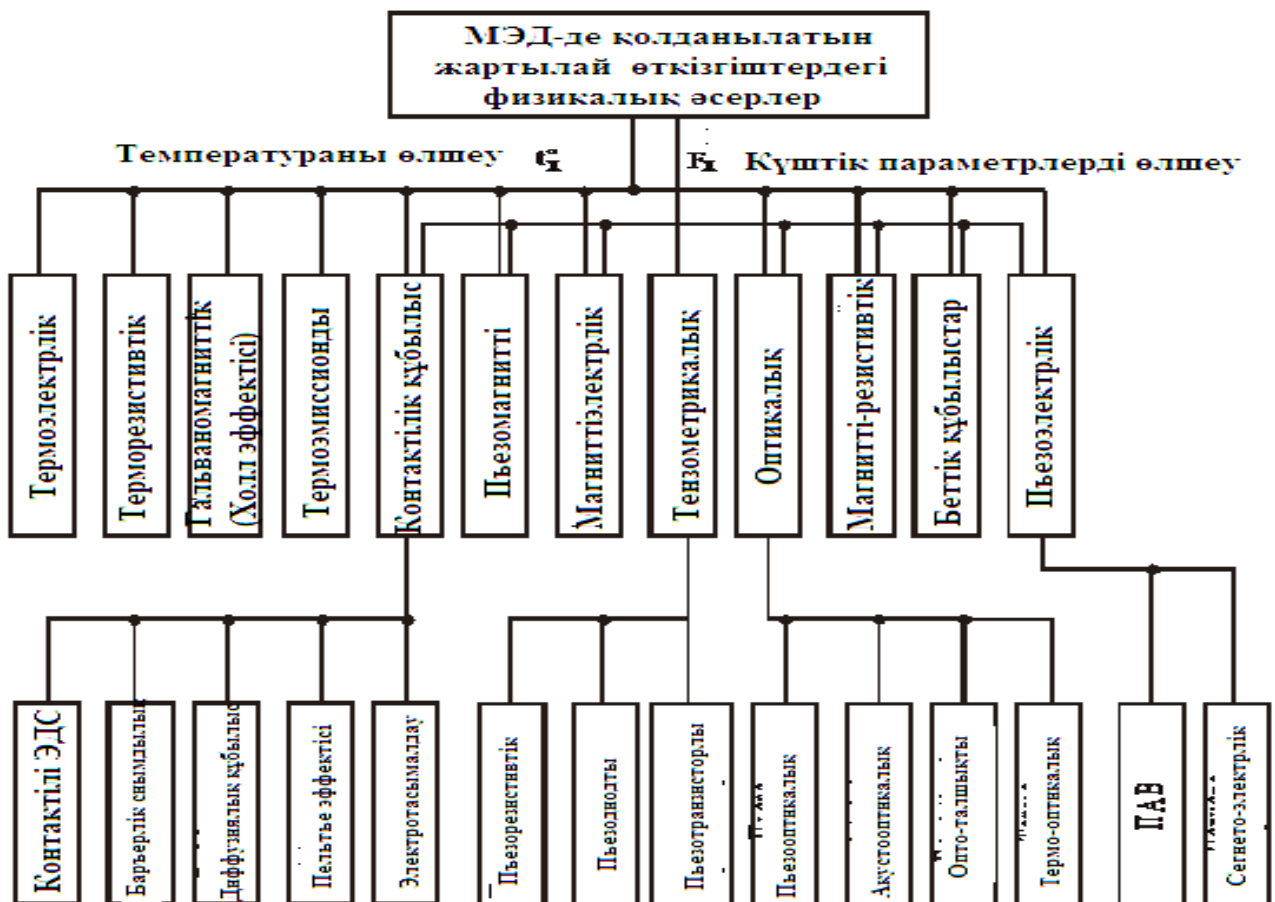
$$S_T = \frac{\Delta U_{э-б\Sigma}}{\Delta T} = -(10,5...11,5) \frac{\text{мВ}}{^\circ\text{C}}. \quad (2.31)$$

При $J_э=100$ мкА болғанда сызықтық емес термосипаттама $30...90$ °C температура диапазонында $0,8...1,3\%$ кем болмады, ал уақытша тұрақтылығы $0,03$ °C/жыл.



Сурет 2.13 - Транзисторлық матрицаның бір сезімтал элементтерін қосу сызбасы

Ертеректе көрсетілгендей көпқызметті датчиктер ішінде келешегі бар микроэлектронды ФШД болып табылады, СЭ бірінде бірнеше құрылымды кірістіруге мүмкіндік береді, мысалы сенсорлық құрылым, тензоэлементтер және термоэлементтер, газ сезімтал және магнит сезімтал құрылымдар және т.б. МЭД үшін келесі физикалық әсерлерді көрсетуге болады (сурет. 2.14).



Сурет 2.14 - МЭД–де қолданылатын температура мен қысым, физикалық әсерлердің құрылымдық сызбасы

2.3 Көппараметрлі датчиктер құрылымы мен элементтерін моделдеу

Замануи ФШД құрылымы және алдыңғы қатарлы болып микроэлектрондар, құрылымы мен қалыптасуы бойынша көптеген өзара байланыстағы жүйелер мен ішкі жүйелерден, құрылым мен элементтерден құралатын күрделі нысандардан тұрады.

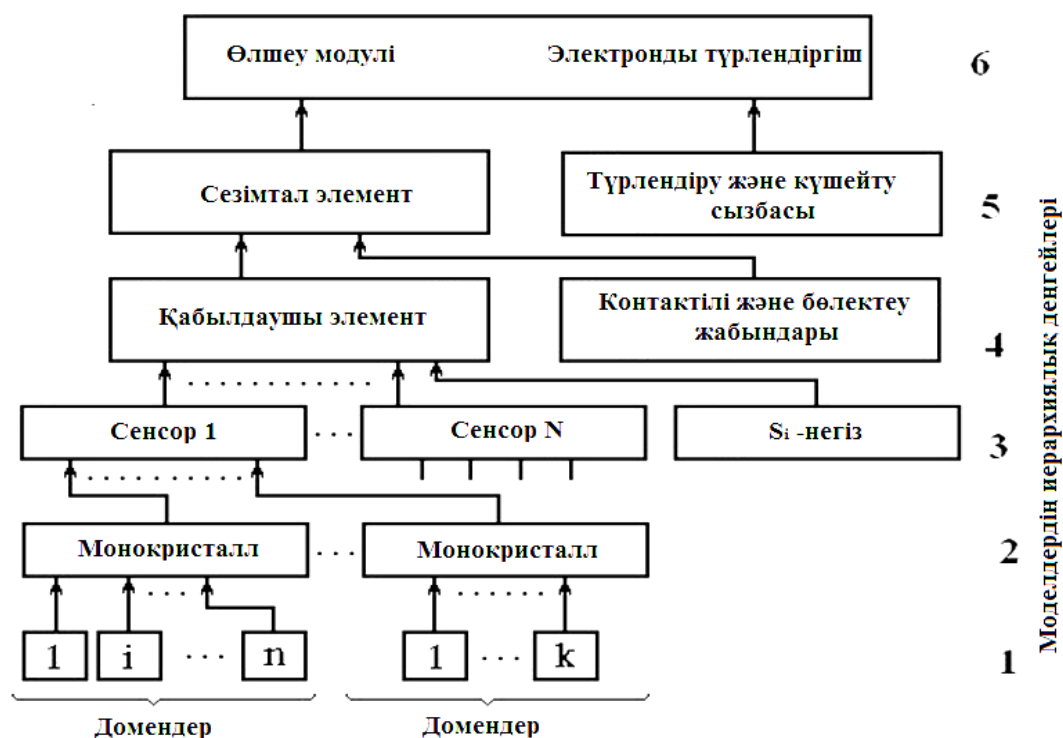
Осыған байланысты МЭД әзірлеу кешенді жүргізілуі қажет, оның барлық деңгейлерін қамту керек, төменгі деңгейден: элементтері мен құрылымынан бастап, жоғары деңгейден: өлшеу жүйесімен аяқталады [28,с.54]. Бұл жерде моделдеу замануи датчиктерді әзірлеу үдерісінің міндетті кезеңі болып табылады. МЭД, оның құрылымын, элементтерін және оларды дайындау технологиясын моделдеу оларды жетілдіру мақсатында электрофизикалық сипаттамаларын басқару механизмін анықтауға мүмкіндік береді.

МЭД құрылымы мен элементтерін моделдеу үдерісі күрделілігімен сипатталады, өйткені МЭД беткі жағында және микрокөлемде болатын көптеген құбылыстардың массивті материалдарда аналогы болмайды. Одан басқа, интегральды элементтерде құбылыстардың қалыптасуы көптеген теория мен заңдарды тарту қажеттілігімен негізделеді, олар қатты дене физикасы, физикалық химия, тензорлық талдау, ықтималдық теориясы т.б. [42,с.200]. Қорытындысында талданатын элементтер мен құрылымдардың әртүрлі масштабына байланысты, сонымен қатар олардың математикалық аппараттарының айырмашылықтарына байланысты МЭД аралық моделдеу жүргізу мүмкін емес. Осыған байланысты моделдеу үдерісіне деңгейлік технологияны қолдану ұсынылады және 2.15 суретте келтірілген МЭД құрылымын:

- 1-ші деңгей – жартылай өткізгішті құрылымды элемент (тұқым);
- 2-ші деңгей – микроэлектронды құрылым (поликристалл);
- 3-ші деңгей – алғашқы өлшеуіш элементі (пьезорезистор);
- 4-ші деңгей – құрылымдық элемент (упругий элемент);
- 5-ші деңгей – сенсор (сезімтал элемент);
- 6-ші деңгей – өлшеу жүйесі (өңдеу және келісім сызбасы).

Атап өткендей, МЭД құрылымдық –технологиялық ерекшеліктеріне байланысты деңгейлері саны бірі бірінен ерекшеленеді, мысалы, интеллектуалды датчиктерде ол ереже бойынша көп болады.

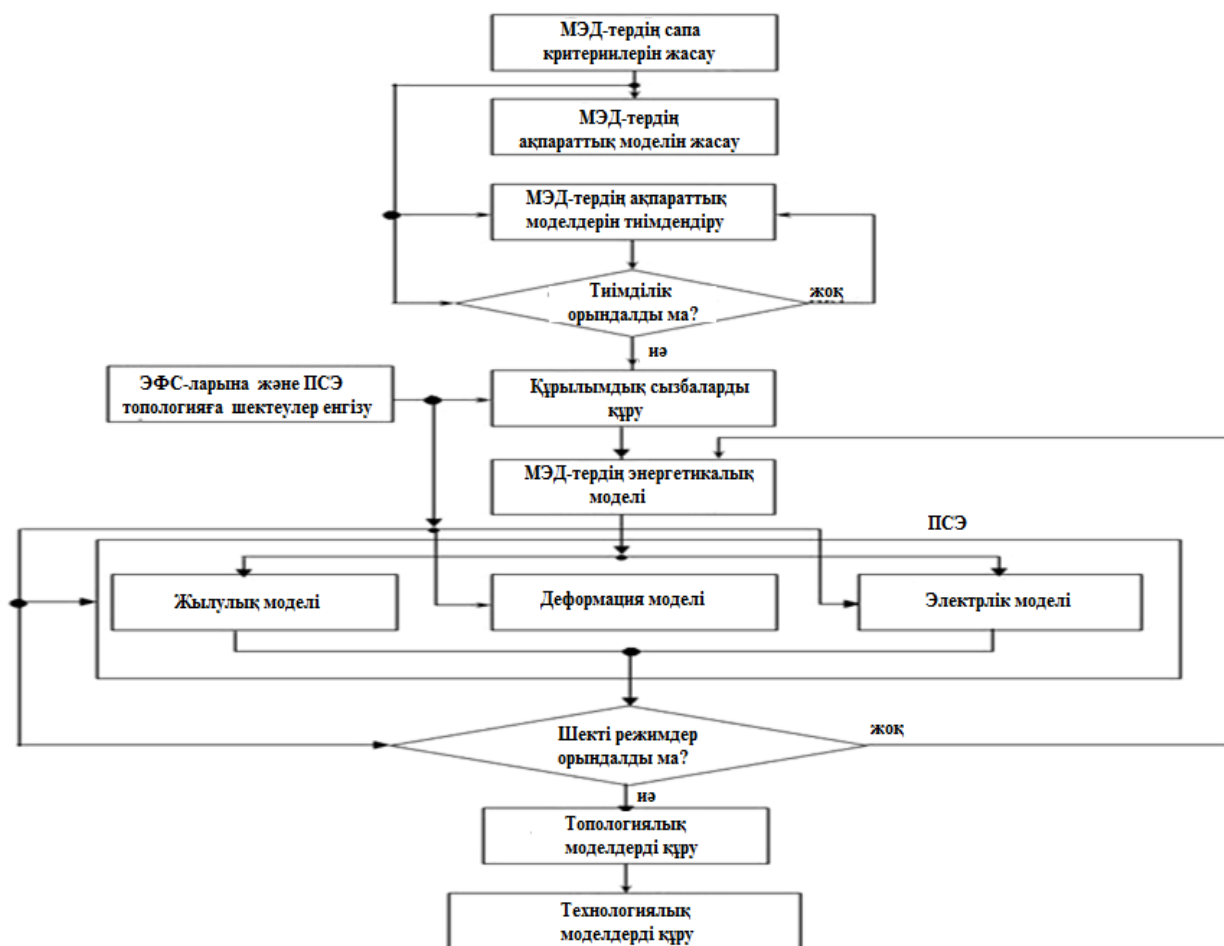
Келтірілген композиция шартты болып есептеледі, бұл МЭД бағытталған электрофизикалық параметрлері бар жүйе болып есептеледі. Іс жүзінде МЭД реттелген электрофизикалық параметрлері бар жүйе, бірақ нақты құрылымды МЭД қолдану моделдеу үдерісін күрделендіреді. Сондықтан, көп жағдайда МЭД әзірлеуде тәжірибеде бағытталған параметрлі сенсорлы құрылымды моделдеу қолданылады. Жеке жағдайларда (жылу және деформация өрістері, таратылған тоқ линиясы параметрлерін) моделдеуде таратылған параметрлер мен сәйкес математикалық физика немесе арнаулы қолданбалы бағдарламалар қолданылады [43-45].



Сурет 2.15 - Физикалық шаманың көпқызметті электронды датчигінің құрылымдық моделі

Математикалық моделдеу процесінде тізбекті дәлдеу принципі қолданылуда, алдымен «дөрекі» моделі әзірленеді, аз дәрежемен нақты нысанға жақындайды, сосын, ақпараттың жинақталуына байланысты, нақты, күрделі моделдер жасалады. Атап айтқанда дәл моделдерді әзірлеуде МЭД күрделі жүйені жасауда, қуатты есептеу техникасы мен сәйкес бағдарламалық қамтама қолданылуы қажет, бірақ бұл әрқашан да экономикалық жағынан тиімді болмайды, сондықтан әзірлеу кезінде инженерлік моделдеу тәсілі мен тәжірибе нәтижелері, оның ішінде эксперттік білім қолданылады [46,47].

Өртүрлі деңгейлі МЭД құрылымын және элементтерін математикалық моделдеу алгоритмі 2.16 суретте келтірілген.



Сурет 2.16 - МЭД математикалық моделдерінің кешенін жасау алгоритмінің сызбасы

Жалпы жоспарда МЭД элементтері мен құрылымын моделдеу датчиктің шығыс шамасы және кіріс шамалар мен сыртқы теріс факторлар болып табылатын электрлік өлшеу параметрлерінің арасында орнатылған процедуралар болып болады.

Элементтер мен құрылым мен математикалық моделдер кешенін моделдеуде маңызды параметрлерді нақтылау болып табылады, олар моделдеу үдерісінде беріледі немесе есептеледі.

2.16 суретте көрсетілген алгоритмдегі маңызды дербес математикалық моделдердің жеке синтезін жүргізейік.

2.3.1 Физикалық шамалар датчиктерінің ақпараттық моделдері

Ақпараттық моделдерді әзірлеу кезеңінде сыртқы әсер ету факторлардың жағдайында кіріс және шығыс ақпараттық ағындарының арасындағы қатынасты анықтайды, соңынан датчик құрылымын жетілдіру үшін талдау жүргізіледі [28, с. 64; 48].

Ақпараттық мағынада ФШД өлшеу ақпаратын қабылдайтын, түрлендіретін және тасымалдайтын «қара жәшік» түрінде көрсетуге болады, кірісіне $\bar{X}$ сигналы түседі, ал $\bar{Y}$ шығыс сигналы алынып тасталады.

ФШД құрылымдық сызбасы 2.17 суретте келтірілген жалпы модель түрінде келтірілген, мұндағы X - өлшеу нысанының жағдайының массиві, a_j - массив элементі, F – түрлендіру функциясы, Z әсер ету шамалары $/BV\backslash$,

Y - шығыс шамасы.

Жалпы жағдайда Y $m \times h \times l$ – өлшемді кеңістігінде вектор болып табылады. Көп жағдайда қысым датчигі үшін Y қысым мен температураға тәуелді болады. Сондықтан бұл жағдайда қарапайым моделдер қарастырылады:

– Бір арналы, датчик шығысында – «таза» сигнал, шуыл және қиылысқан сигналдардың аддитивті-мультипликатты қосылысы болып табылатын бір сигнал болады (сурет 2.18,а);

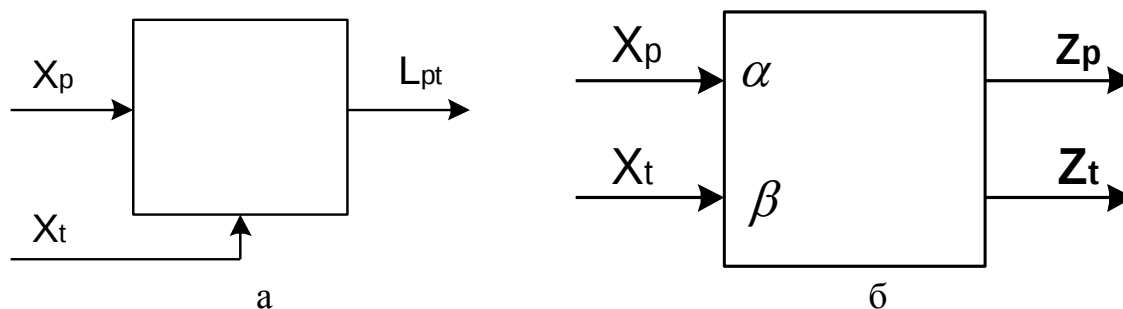
– Екі арналы, шығысында температура мен қысым туралы ақпараты бар екі сигнал болады (сурет 2.18, б).



Сурет 2.17 - ФШД жалпыланған жүйелік моделі

Бір арналы түрлендірудің моделі үшін $\bar{X} \rightarrow L_{pt}$ болады:

$$\begin{aligned} L_{pt} &= \alpha X_p + \beta X_t + (\gamma X_p) \cdot X_t + (\nu X_t) \cdot X_p = \alpha X_p + \beta X_t + (\gamma + \nu) X_p \cdot X_t = \\ &= \alpha X_p + \beta X_t + S X_p \cdot X_t = L_p + L_t + P_{pt} \end{aligned} \quad (2.32)$$



а – бір арналы; б – екі арналы

Сурет 2.18 - Датчиктің жалпы құрылымдық моделі

Бір арналы модел мысалы ретінде қысым датчигінің көпір сызбасы болып табылады, тұрақты кернеуден қоректенетін, шығыс кернеуі қысым (P_x) мен температурадан (t_x) тәуелді болады: $U_{вых}=F(P_x, t_x)$.

Бір арналы моделдер екі арналы моделдерге қарағанда әдебиеттерде кеңінен қарастырылған. Сондықтан екі арналы моделдерді тереңірек қарастырамыз.

Датчиктің жалпы екі арналы моделі үшін (сурет 2.18 б) түрлендіру формулалары мына түрде келтіріледі:

$$\begin{aligned} Y_{pt} &= \alpha X_p + \beta X_t + \gamma X_p \cdot X_t \\ Z_{tp} &= \nu X_t + \lambda X_p + \rho X_t \cdot X_p \end{aligned} \quad (2.33)$$

немесе

$$\begin{aligned} Y_{pt} &= Y_p + Pt + Ppt \\ Z_{tp} &= Z_t + Pp + Ppt \end{aligned} \quad (2.34)$$

Екі арналы датчиктің нақтыланған моделі 2.19 суретінде келтірілген, мұнда датчиктің ауыстыру буыны бейнелеген. Ауыстыру буындары сипаттамалары келтірілген:

$$G_1 = \frac{Y_p + \alpha Y_t}{X_p + X_t} = \frac{Y_p + \alpha Y_t}{X_{pt}} \quad ; \quad (2.35)$$

$$G_2 = \frac{Y_t + \beta Y_p}{X_p + X_t} = \frac{Y_t + \beta Y_p}{X_{pt}} \quad ; \quad (2.36)$$

$$G_{31} = \frac{Z_p + \gamma Z_t}{Y_p + \alpha Y_t} = \frac{Z_p + \gamma Z_t}{G_1 X_{pt}} \quad ; \quad (2.37)$$

$$G_{32} = \frac{Z_t + \nu Z_p}{Y_t + \beta Y_p} = \frac{Z_t + \nu Z_p}{G_2 X_{pt}} \quad , \quad (2.38)$$

мұндағы:

$$Z_p = \frac{G_{31}(Y_p + \alpha Y_t) + \gamma G_{32}(Y_t + \beta Y_p)}{1 - \nu\gamma} \quad ; \quad (2.39)$$

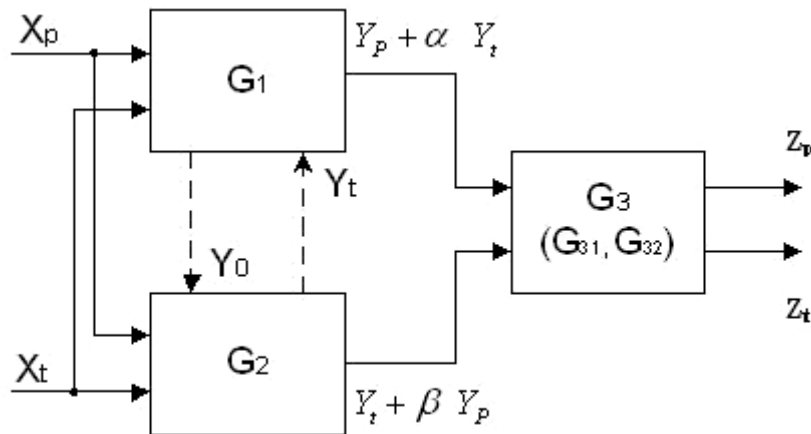
$$Z_t = G_{32}(Y_t + \beta Y_p) - \frac{\nu[G_{31}(Y_p + \alpha Y_t) - \gamma G_{32}(Y_t + \beta Y_p)]}{1 - \nu\gamma} \quad . \quad (2.40)$$

X_p және Y_p ны X_{pt} арқылы өрнектеп (бинарлық айнымалы), аламыз:

$$\begin{aligned}
Z_p &= \frac{1}{1-\nu\gamma} G_{31} \left[\frac{X_{pt}(G_1 - \alpha G_2)}{1-\alpha\beta} + \frac{\alpha X_{pt}}{1-\alpha\beta} (G_2 - \beta G_1) \right] - \\
&- \left\{ \frac{\gamma G_{32}}{1-\nu\gamma} \left[\frac{X_{pt}}{1-\alpha\beta} (G_2 - \beta G_1) + \frac{\beta X_{pt}(G_1 - \alpha G_2)}{1-\alpha\beta} \right] \right\} = \\
&= X_{pt} \frac{1}{(1-\nu\gamma)(1-\alpha\beta)} [G_{31}(G_1 - \alpha G_2 - \alpha\beta G_1) - \gamma G_{32}(G_2 - \beta G_1 + \beta\alpha G_2)] = \\
&= X_{pt} \frac{G_{31}G_1\gamma G_{32}G_2}{1-\nu\gamma}.
\end{aligned} \tag{2.41}$$

$$\begin{aligned}
Z_t &= G_{32} X_{pt} \left(\frac{G_2 - \beta G_1}{1-\alpha\beta} + \frac{\beta G_1 - \alpha\beta G_2}{1-\alpha\beta} \right) - \frac{\nu}{1-\nu} \left\{ G_{31} \left[X_{pt} \frac{(G_1 - \alpha G_2)}{1-\alpha\beta} + \alpha X_{pt} \frac{G_2 - \beta G_1}{1-\alpha\beta} \right] - \right. \\
&- \gamma G_{32} \left[X_{pt} \frac{G_2 - \beta G_1}{1-\alpha\beta} + \beta X_{pt} \frac{G_1 - \alpha G_2}{1-\alpha\beta} \right] \left. \right\} = \\
&= X_{pt} \left[G_{32}G_2(1-\gamma) - G_{31}G_1 \frac{\nu}{1-\nu\gamma} \right]
\end{aligned} \tag{2.42}$$

Атап көрсетсек, (2.41) және (2.42) математикалық моделдер өз құрамында мультипликативті құраушыларды енгізеді, олар оның нақты сызықтық еместігін анықтайды. Тасымалдау коэффициенті мен әсер ету функциясын экспериментті анықтай отырып және оларды көрсетілген қатынасқа қойып, сандық моделге өтуге болады. Бұл жағдайда датчиктер бойынша анықтамалық материалдарды қолдану тиімді болады, онда функциялар мен әсер ету коэффициенттері, әсер ететін факторлар сипаттамалары мен шамалары келтірілген.



Сурет 2.19 - Екі арналы датчиктің нақты моделі

Құрылымдық моделден полиноминальды моделге көше отырып, екі арналы датчиктерді шығыс сигналдары арқылы өрнектеуге болады:

- қысым арнасының сигналы

$$U_p(P, T) = A_0(T) + A_1(T) \cdot P + A_2(T) \cdot P^2, \quad (2.43)$$

мұндағы A_0 кернеу қысым нөл болғандағы ($P=0$), A_1 , A_2 - қысымның температурадан тәуелді болғандағы датчиктің сезімталдық коэффициенті.

- температура арнасының сигналы

$$U_T(T, P) = B_0(P) + B_1(P) \cdot T + B_2(P) \cdot T^2 + B_3(P) \cdot T^3 + \dots, \quad (2.44)$$

мұндағы B_0 - реперлік температурадағы ($T=20^0C$) кернеу, B_1 , B_2 , B_3 - датчиктің қысымнан тәуелді болғандағы температураға сезімталдық коэффициенті. Математикалық жағынан алсақ қысым мен температура сигналдарының шығуы (2.43) және (2.44) теңдеулерінің шешіміне әкеледі. $A_i(T)$ и $B_j(P)$ сезімталдық коэффициенттерінің тәуелділігі полиноммен көрсетуге болады, олардың коэффициенттері белгілі тәсілдермен табылады, мысалы, кіші квадраттар тәсілімен.

Келтірілген математикалық моделдерден физикалық шамалар датчиктері арқылы өтетін өлшеу ақпараттарының біртектілігін анықтаймыз. Мұндай ақпараттық біртектілік мынадай түрде келтіріледі: датчиктердің негізгі сипаттамаларындағы температуралық дрейф, жылулық және бөлшектік шуыл, термодетформациялық құбылыстар және т.б.. Датчиктерде гетерогендігін азайту үшін датчиктің әртүрлі деңгейіндегі термокомпенсация сызбасы мен элементтері қолданылады.

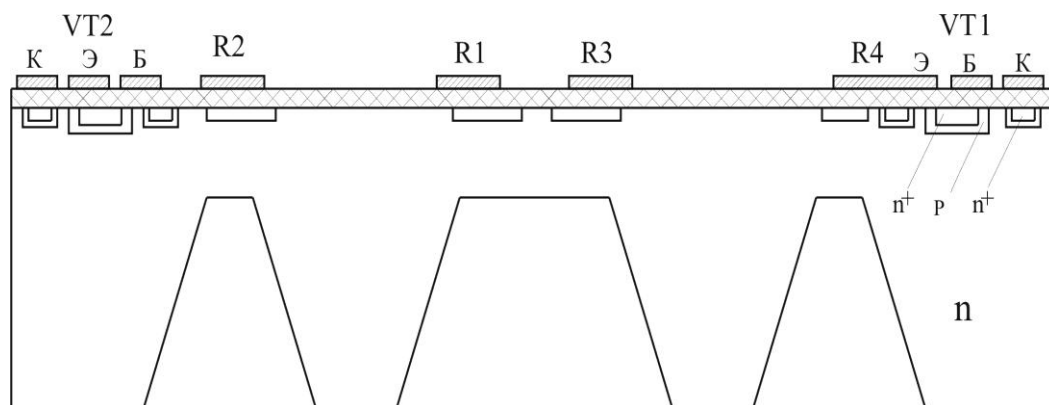
2.3.2 Таратылатын сенсорлық құрылымдардың электрлік аналогтарын қолдана отырып, жартылай өткізгішті сезімтал элементті моделдеу

Микроэлектронды датчиктердің жартылай өткізгішті сезімтал элементтері реттелген электрофизикалық параметрлі көп өлшемді құрылымды құрайды, жалпы жағдайда нақты шешімі жоқ математикалық физиканың күрделі дифференциалдық теңдеулерімен сипатталады [49, 50].

Тәжірибеге арналған жеткілікті жуықтау шешімін алу үшін, қысқартылған статистикалық модел қолданылады, жартылай өткізгішті сезімтал элементтері реттелген диодты-резистивті құрылым түріне негізделген. Мұндай құрылым элементі болып табылады: пьезорезисторлар, кристалл денесінің көлемді кедергісі, реттелген p - n көшуінің кедергісінің жоғалуы, байланыс пен металлдану кедергісі, фото-ЭДС, p - n көшуінің жабу потенциалы, компенсация элементтері (кристаллда олардың орналасуы жағдайында). Термокомпенсациялы элементі бар, кристаллдың деформацияланбайтын бөлігінде қалыптасқан, планарлы транзистор түрінде орындалған жинақталған жартылай өткізгішті сезімтал элементтері мысалында электрлік реттелген құрылымды моделдеу үдерісінде қарастырамыз [51, 52].

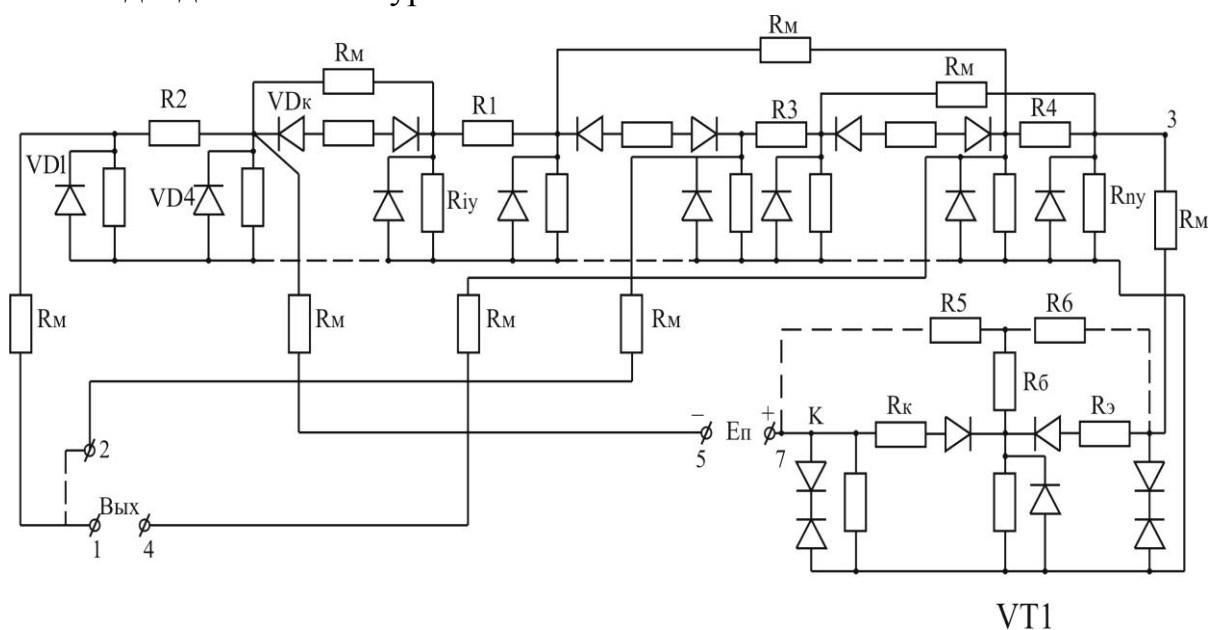
2.23 суретте жартылай өткізгішті бар пьезосезімтал элементті бар микроэлектронды датчиктің 2D – моделі көрсетілген, құрамында профильді серпінді элемент механикалық кернеулі және жұқа түйіскішті концентратор, денеде пьезорезисторлар $R1...R4$ қалыптасады. Кристалдың қалыңдатылған

бөлігінде $VT1$ және $VT2$ планарлы транзисторлар орналасады, олардың біріншісі сезімталдық дрейфіне температуралық компенсация, екіншісі – термосезімтал элемент болып табылады. Пьезорезисторлар байланыстың алюминий металдануына көпірлік сызбаға біріктіріледі, ал термокомпенсация сызбасына датчиктің корпусына орнатылған сыртқы тақшаға енгізілген кернеу транзистордың аралас $R5$ және $R6$ резисторлары кіреді.

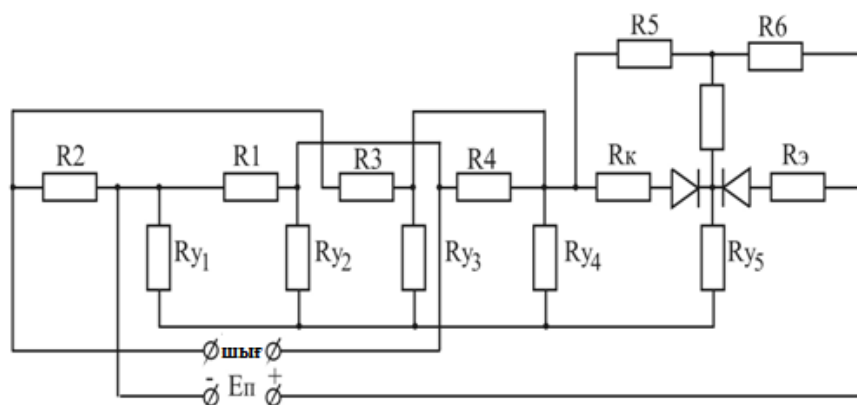


Сурет 2.20 - Жартылай өткізгішті сезімтал элементтері бар микроэлектронды датчиктің 2D-моделі

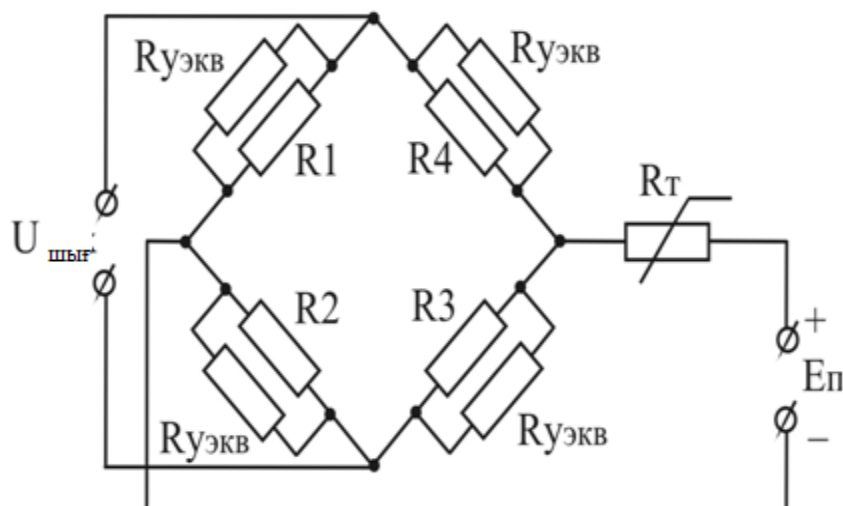
Үлестірілген параметрлі жартылай өткізгішті сезімтал элементтері жалпы электрлік моделі 2.21 суретте келтірілген. Сызбаның үлестірілген элементтерін бағытталғанмен ауыстырып, 2.22 суреттегі эквивалентті моделді аламыз. Әрі қарай $R_{уэқв}$ эквивалентті жылысу кедергісін шунттаушы пьезорезисторлармен, ал $VT1$ транзисторды – R_T айнымалы кедергімен ауыстыра отырып, соңғы есептік моделді аламыз - сурет 2.23.



Сурет 2.21 - Үлестірілген R – VD құрылымы түріндегі жартылай өткізгішті сезімтал элементтері МЭД моделі



Сурет 2.22 - Бағытталған параметрлі R–VD құрылымды жартылай өткізгішті сезімтал элементтері МЭД моделі



Сурет 2.23 - Жартылай өткізгішті сезімтал элементтері қарапайым микроэлектронды датчиктердің электрофизикалық моделі

2.23 суреттегі қарапайым моделден бастап көпірлік сызбаның шығыс кернеуіне аналитикалық және сандық есеп жүргіземіз, ол жартылай өткізгішті сезімтал элементтері ақпараттық-электрлік параметрлерінің негізі болып қызмет етеді:

$$U_{\text{шығ}} = \frac{U_M \cdot R'_1 \cdot R'_3 - R'_2 \cdot R'_4}{(R'_1 + R'_4) \cdot (R'_2 + R'_4)}, \quad (2.45)$$

Өз кезегінде,

$$R'_i = \frac{R_i \cdot R_y}{R_i + R_y} \quad (2.46)$$

$$R_1 = R_3 = R_0 + \Delta R, \quad R_2 = R_4 = R_0 - \Delta R \quad (2.47)$$

(2.46 және 2.47) өрнегін (2.45)-не қоя отырып, түрлендіруден кейін аламыз:

$$U_{\text{шығ}} = U_{\text{м}} \frac{\Delta R}{R_0} \cdot \frac{R_y}{R_0 + R_y} \quad (2.48)$$

Осылайша жартылай өткізгішті сезімтал элементтері моделдеу үдерісінде біз реттелген электрлік моделді оның құрылымын реттелгеннен нақтыланғанға көшіре отырып, қысқартамыз.

Мұндай процедура моделдеу үдерісін қысқартуға және электротехниканың теориялық негізі мен өлшеу тізбегінде [51, с.300] қолданылатын математикалық аппаратты пайдалануға мүмкіндік береді, сонымен қатар Electronics Workbench и Multisim, Elcut секілді тиімді және көрнекі моделдеу бағдарламаларын қолдануға да болады [53].

2.4 Көппараметрлі датчиктердің құрылымдық және технологиялық ерекшеліктерін зерттеу және талдау

2.4.1 Төтенше оқиғаларды мониторингтеудегі қолданылатын физикалық шамалар датчиктеріне қажетті техникалық шарттарды жобалау

Физикалық шамалар датчиктерінің құрылымдық және технологиялық нақты талаптарын түйіндеу үшін, олардың қоршаған орта күйін бақылау және мониторинг жүйелерінде қолданылатын көрсеткіштерін белгілейік:

1. Физикалық шамалар датчиктерінде өлшеу дәлдігі жоғары болуы керек.
2. Датчиктердің ток көзі күндіз күн панелінен және түнде орнатылған аккумулятордан алынуы және алмасу автоматты не радиокоманда негізінде жүзеге асуы тиіс.
3. Физикалық шамалар датчиктерінің құрылымдық орындалуы герметикалық және вандалға қарсы болуы керек.
4. Ұзақ мерзімді жұмысты қамтамасыз ету үшін физикалық шамалар датчиктері көп каналды, яғни бір каналда ақау болғанда да жұмысты қамтамасыз ете алуы қажет.
5. Физикалық шамалар датчиктерінен алынатын ақпарат дәл болуы үшін, оларда өзін-өзі тексеру элементі не бақылау орталығынан берілген белгілі бір тестілік сигнал арқылы өзін-өзі тексеру мүмкіндігі болуы қажет.
6. Өлшеудің көпқызметтілігін қамтамасыз ете білуі, яғни бір датчикпен әртүрлі типтес шамаларды, мысалы қысым және температура, температура және ылғалдылық, және т.б. өлшеу мүмкіндігі.
7. Автономды ток көздерін қолдану режимінде жұмыс жасау үшін физикалық шамалар датчиктерінің тұтынатын ток қуаты активті режимде аз болуы және күту режимінде өте аз болуы қажет.

Физикалық шамалардың көпқызметті микроэлектронды қысым және температура датчиктері үшін бұл шарттар мынадай түрлендірулерге алып келеді [54]:

1. Қысым және температура каналдарының минималды өзара әсерлесуі;
2. Пьезосезімтал және термосезімтал сенсорлық құрылымдардың конструктивті сәйкестігі;

3. Күшке сезімтал және термосезімтал сенсорлық құрылымдарды құрау үдерісінің технологиялық сәйкестігі;

4. Каналдардың ақпаратты–энергетикалық сәйкестігі.

Бірінші принцип қиылыс ақауларының пайда болу мүмкіндігін анықтайды. Қиылыс ақауларын азайту келесі құрылымдық-технологиялық шешімдерді қолдану көмегімен шешіледі [28,с.180]:

1. Күштік және жылу параметрлерін түрлендіру тәсілдерін таңдау арқылы, онда ақпараттық параметрлер өзара корреляция болмайды немесе өте әлсіз болады;

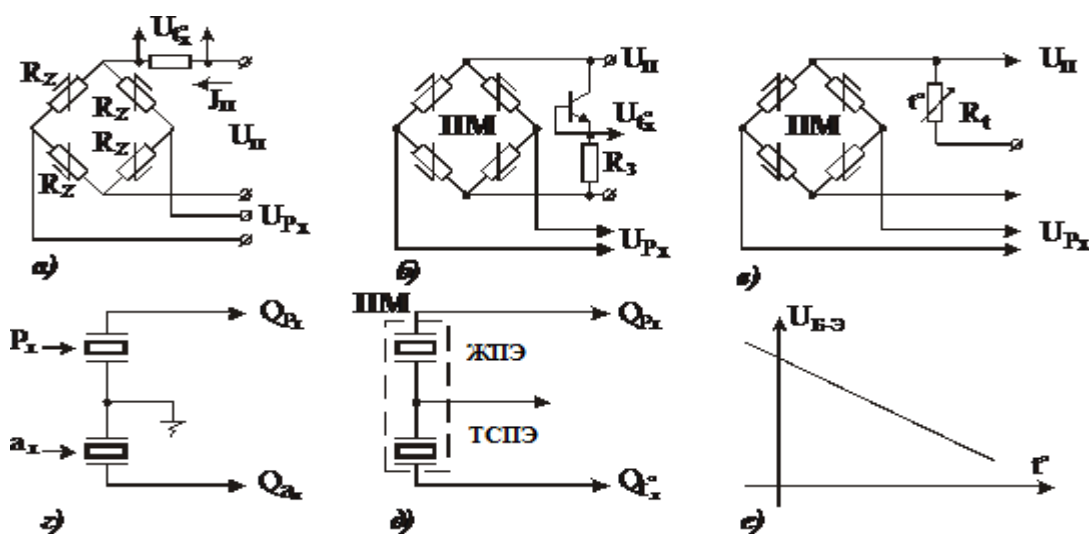
2. ПСЭ күш сезімтал (КСЭ) және жылу сезімтал элементті (ЖСЭ) орналастыру мына түрде болады, жылу және деформация өрістерін орналасу аймағында КСЭ және ЖСЭ сәйкес оқшаулау;

3. Арнаның кірісі мен шығысына қиылыс ақауларын өткізбейтін, әрбір арнада сүзгі қолдану;

4. Ақауларды өшіретін теріс кері байланысты қолдану (ТКБ)

2.4.2 Көпқызметті МЭД (КҚ МЭД) құраушыларын жасауда қолданылатын құрылымдық шешімдер

КҚ МЭД құрылымдық және қалыптасу сызбаларын қарастырайық.



ТсПЭ-термосезімтал пьезоэлемент; ПМ – пьезорезистивті модуль, R_z – пьезорезистор, $U_{тх}$ - температураға тәуелді кернеу, $J_{п}$ – керектену тоғы, $U_{рх}$ қысымға тәуелді кернеу, $U_{п}$ – керектенетін кернеу, R_t - терморезистор, R_3 – ығысу кедергісі, t_x – өлшенетін температура, $Q_{рх}$ қысым жинақтайтын заряд, Q_a – жеделдету арқылы жинақталатын заряд, $U_{б-э}$ – «б-э» көшудегі кернеу

Сурет 2.24 - КҚМЭД функционалды сызбасы: ЖПЭ-жұмысшы пьезоэлемент

2.24, а суретте екі арналы біріктірілген қысым мен температура датчиктерінің сызбасы келтірілген, онда температура туралы ақпарат қоректену

тізбегіне жалғанған резистордан алынады, қысым туралы ақпарат тензокөпірдің өлшеу диагоналынан алынады.

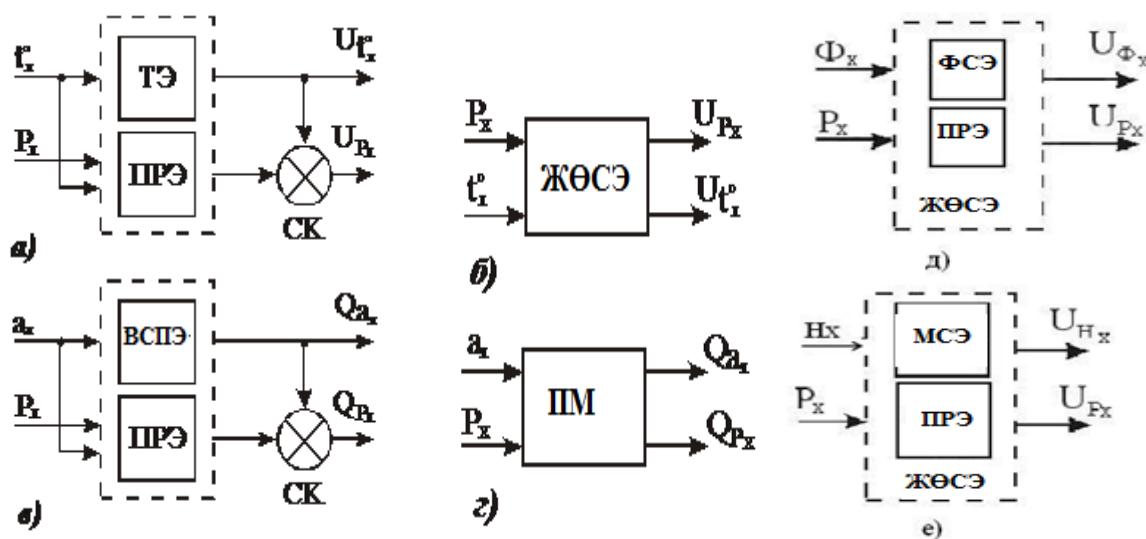
2.24, б суретте екі арналы біріктірілген қысым мен температура датчиктерінің сызбасы келтірілген, онда температура туралы ақпарат транзистордың эмиттер тізбегіне жалғанған резистордан алынады, қысым туралы ақпарат тензокөпірдің өлшеу диагоналынан алынады.

2.24, в суретте екі арналы біріктірілген қысым мен температура датчиктерінің сызбасы келтірілген, онда температура туралы ақпарат СЭ орналасқан терморезистордан алынады, қысым туралы ақпарат тензокөпірдің өлшеу диагоналынан алынады.

2.24, г суретте екі арналы біріктірілген қысым мен діріл жылдамдатқыш датчиктерінің сызбасы келтірілген, онда температура туралы ақпарат жеке пьезоэлементтен алынады, қысым туралы ақпарат басқа пьезоэлементтен түседі, онда қысым лүпілі әсер етеді.

2.24, д суретте екі арналы пьезоэлектрлік біріктірілген қысым мен діріл жылдамдатқыш датчиктерінің сызбасы келтірілген, онда температура және қысым туралы ақпарат интегралданған пьезомодульдан алынады.

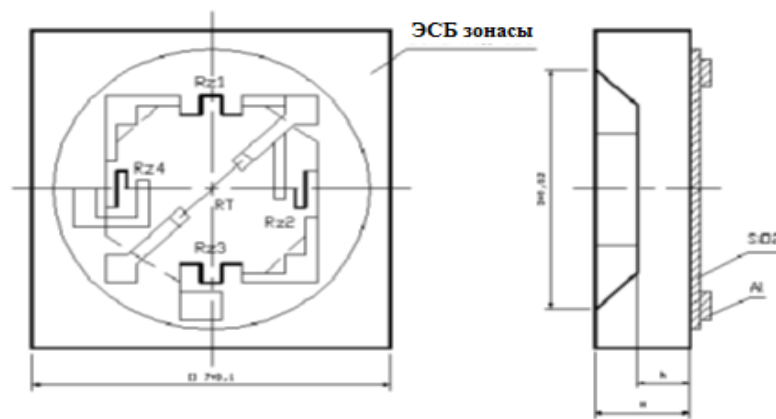
2.24, е суретте транзистордың «б-э» көшу кернеуінің оған әсер ететін температураға тәуелділігі көрсетілген.



ТЭ - термоэлемент; КС - термокомпенсация сызбасы; ПРЭ – пьезорезистивті элемент; ЖЭСЭ – жартылай өткізгішті сезімтал элемент; ФСЭ - фотосезімтал элемент; МСЭ – магнитті сезімтал элемент; ПМ – пьезомодуль, ВСПЭ – вибро сезімтал пьезоэлемент

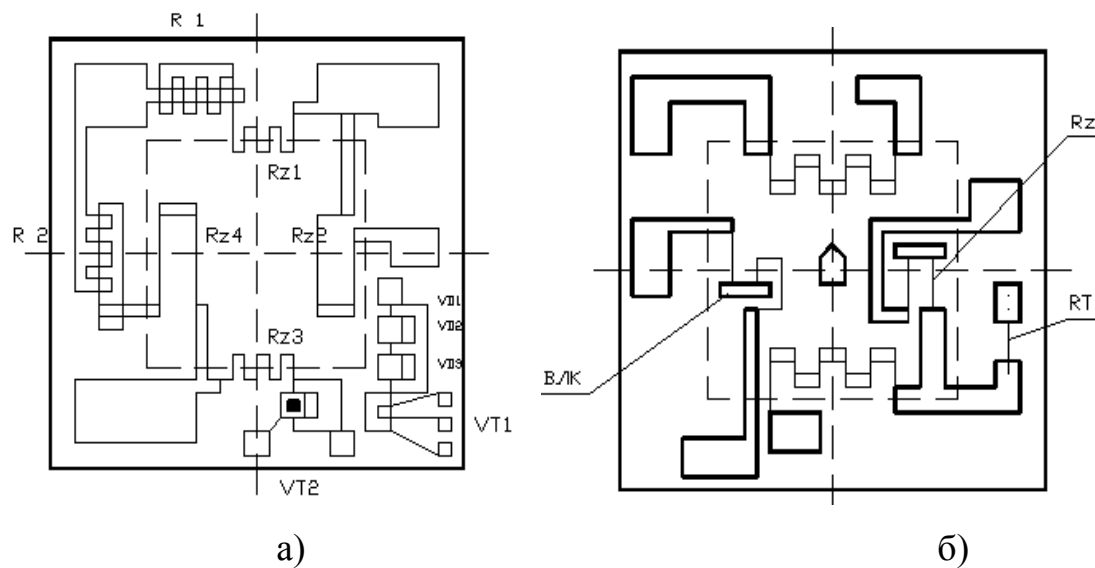
Сурет 2.25 - КҚ МЭД құрылымдық сызбасы

КҚ МЭД дайын модульдік құрылымында көрсетілген сызбалар СЭ және ӨМ түрінде іске асады, сонымен қатар датчиктерді баптау тақшасы, екінші электрониканы қосқанда. КҚ МЭД СЭ мен ӨМ базалық құрылымын қарастырайық (суреттер 2.26-2.28).



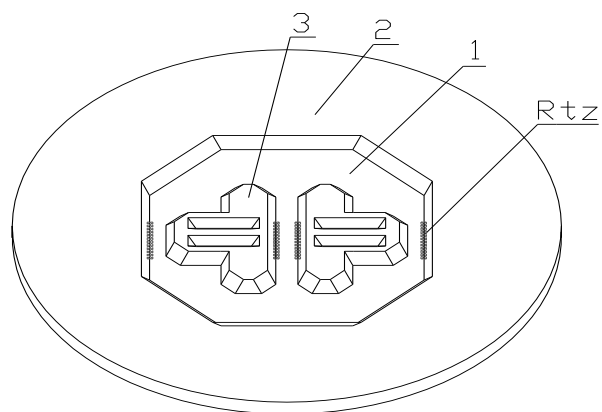
$R_{Z1} \dots R_{Z4} = 500 \pm 75 \text{ Ом}$; $\rho_S (R_Z) = 11 \pm 1 \text{ Ом/}\mu\text{м}$; $R_T = 4000 \dots 9000 \text{ Ом}$; $\rho_S (R_T) = 1000 \dots 1700 \text{ Ом/}\mu\text{м}$;
 $H = 300 \text{ мкм}$ болғанда $h = 35 \dots 95 \text{ мкм}$; $H = 400 \text{ мкм}$ болғанда $h = 110 \dots 310 \text{ мкм}$

Сурет 2.26 - Сегіз қырлы профилді және деформацияланған –өтелген терморезисторлы жартылай өткізгішті сезімтал элементтер (R_T)



а– баптау және термокомпенсациялы элементі; б– иондалған терморезисторлы және жоғары қоспаланған коммутациялық бөгет

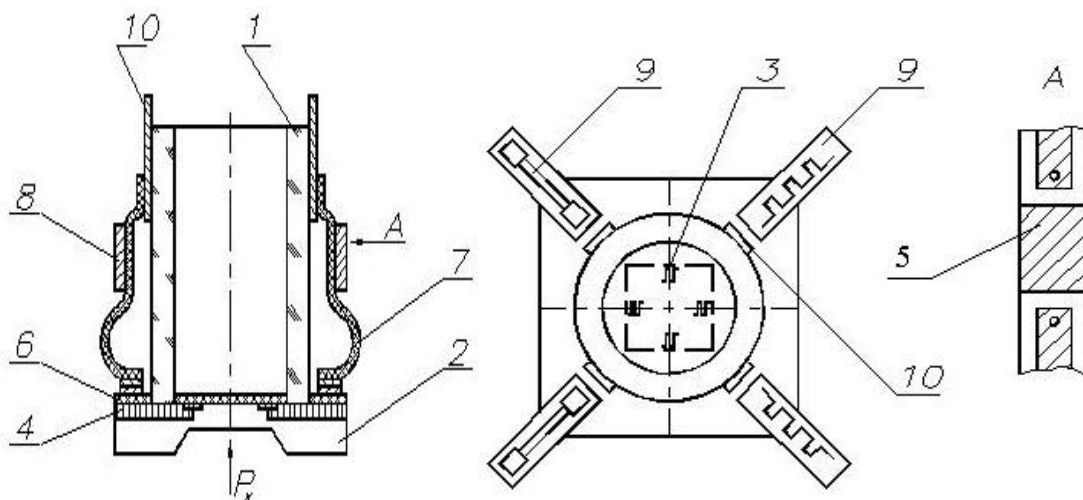
Сурет 2.27 - Жартылай өткізгішті сезімтал элементтер



1 – мембрана; 2 – қалыңдатылған шалғай негізі; 3 – концентраторлы механикалық кернеу

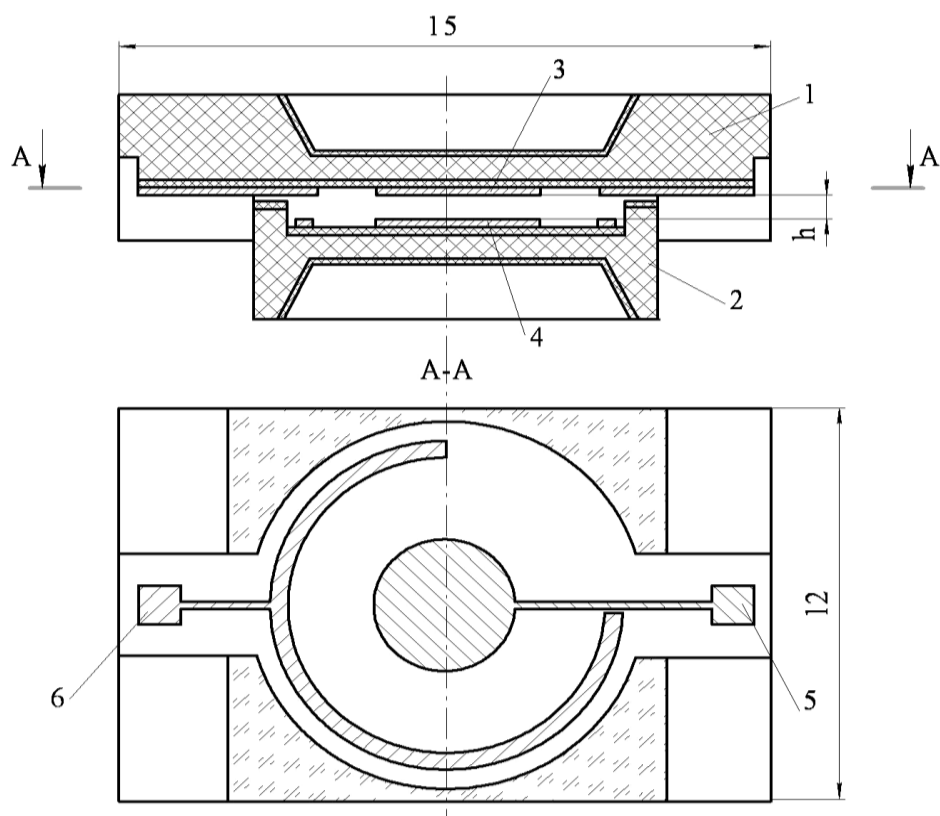
Сурет 2.28 - Профилденген мембрананың сыртқы түрі

МСЭ иерархиясын жасаудың келесі деңгейлері (5 немесе 6) құрылымы мен қалыптасуы аяқталған өлшеу модулы (ӨМ) болып табылады. Конфигурациясы мен бағасы әртүрлі корпустарға орнатыла алатындығы ӨМ бағалы қасиеті болып табылады. Әртүрлі ФШД арналған негізгі құрылымды ӨМ келтірейік (сурет 2.29-2.34).



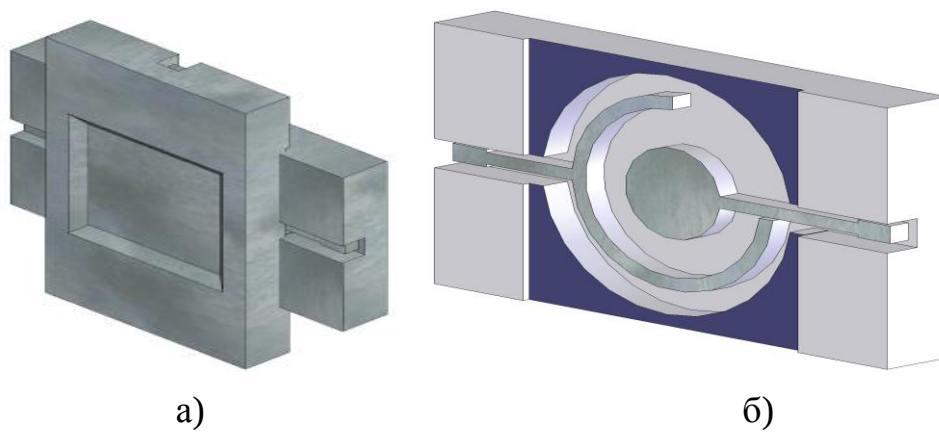
1-шыны втулка-ұстатқыш; 2-СЭ; 3-тезосызба; 4-ВЛК; 5- жұқа пленкалы өткізгіш; 6-байланыс ауданы; 7-иілгіш өткізгіш; 8- жұқа пленкалы баптау элемент; 9-жұқа пленкалы резистор; 10- шығыс өткізгіштер

Сурет 2.29 - Қысым датчигінің әмбебап өлшеу модулы



1, 2 – мембраналар; 3, 4 – конденсатор қаптамалары; 4, 5 – байланыс аудандары

Сурет 2.30 - Абсолюттік қысымның сиымдылық датчигінің
микромеханикалық өлшеу модулы



а – жинақталған ЖМ; б – сиымдылықты СЭ

Сурет 2.31 - Сиымдылықты қысым датчигінің 3D – моделді
микромеханикалық өлшеу модулы



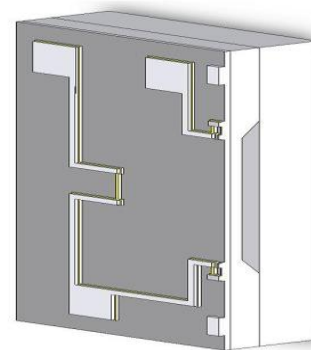
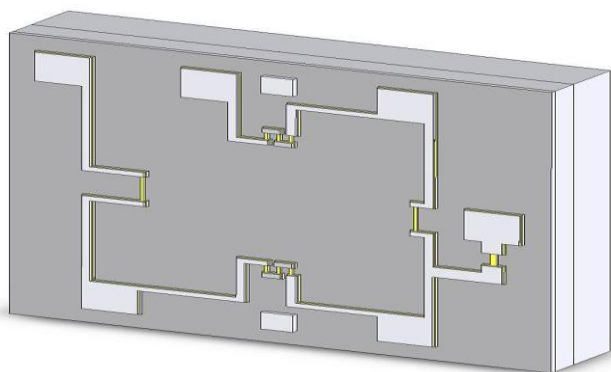
а)



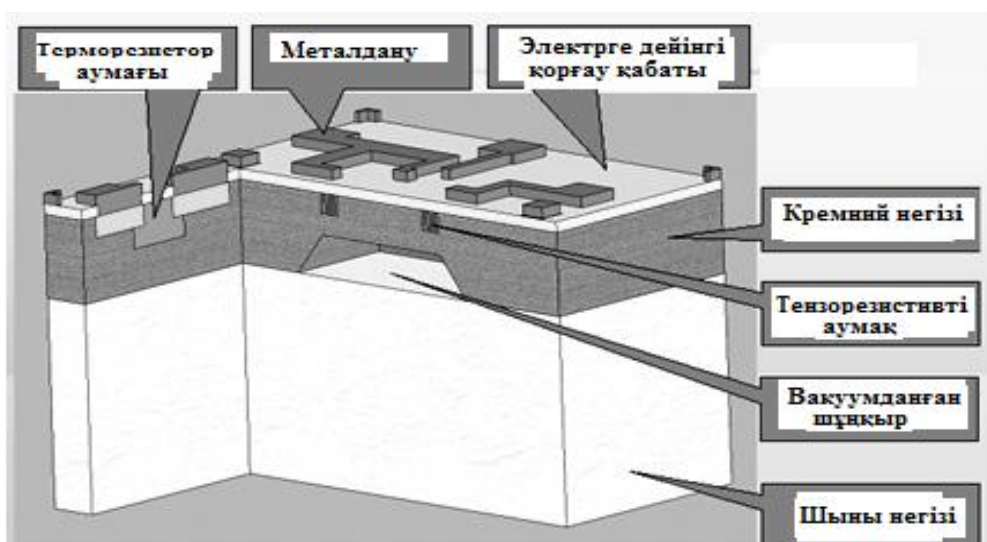
б)

а – салыстырмалы қысым; б – дифференциалды қысым

Сурет 2.32 - Жоғары тұрақты пьезорезистивті өлшеу модулдарының сыртқы түрі



Сурет 2.33 - Абсолюттік қысым датчигінің 3D – модельді жартылай өткізгішті өлшеу модулі



Сурет 2.34 - Абсолюттік қысым мен температураның аралас датчигінің жартылай өткізгішті өлшеу модулінің құрылымы

Екінші бөлім бойынша тұжырым

1. Әртүрлі конфигурациялы стратегиялық объектілер мен қоршаған ортаны бақылау мен мониторинг жүйелерінің көп деңгейлі құрылу концепциясы ұсынылды.

2. Көп параметрлі датчиктердегі физикалық шамаларды түрлендірудің базалық принциптеріне талдау және таңдау жүргізілді.

3. Датчиктердің ақпараттық, құрылымдық, электрлік ерекшеліктері мен элементтерінің әртүрлі моделдеріне синтез және талдау жүргізілді.

4. Қоршаған ортаны бақылау мен мониторинг жүйелеріне қатысты көп параметрлі датчиктердің құрылымдық-технологиялық ерекшеліктері зерттелді және осы жүйелерде пайдаланылатын датчиктерге арналған техникалық талаптар жобаланды.

5. Көп қызметті микроэлектронды датчиктердің құраушыларын жасауда қолданылатын құрылымдық шешімдер анықталды.

3 КӨППАРАМЕТРЛІ ДАТЧИКТЕРДІҢ СЫЗБА-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ОРЫНДАЛУ НҮСҚАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ

3.1 Көппараметрлі датчиктерді іске асырудың сызба-техникалық шешімдерін зерттеу және талдау

Бұрын белгіленгендей, көппараметрлі және интеллектуалды датчиктері бар көптеген қызметтер электрондық түрлендіргіштер (ЭТ) арқылы пайда болады. Олардың құрамына күшейткіштер, түрлендіргіштер, мультиплексорлар, микропроцессорлар және басқалары ендірілген. Сонымен қатар, осындай микропроцессорлық датчиктер тораптар мен ЭТ элементтерінің өзара байланыстарын, сондай-ақ оларды басқаруды қамтамасыз ететін мамандандырылған бағдарламаларсыз қызмет ете алмайды [55].

Бірінші бөлімде біз жоғары деңгейде өлшеуге мүмкіндік беретін жиілік шығыс сигналын генерациялау мүмкіндігі бар жиілік датчиктерінің ерекше тобын қарастырып өттік. Сонымен қатар, жиілік сигнал кіріс параметрінен модуляцияның: амплитудалық, жиілік, фазалық алуан түрлеріне өзгеріп, ФШД көп параметрлік етіп жасауға мүмкіндік береді. Төтенше оқиғаларды мониторингтеу жүйелеріне қатысты жиілік шығысы бар ФШД қысымды, температура мен ылғалдықты бір уақытта өлшеуі мүмкін [56]. Сонымен қатар, датчиктің жылдам әрекет етуі мен өлшем қателігінің белгілері бойынша бағаланатын жиілік датчиктерінің жоғары деңгейдегі ақпараттық қабілеті бар [57].

Қарастырылған мысалда жоғары деңгейдегі ақпараттық қабілетті қамтамасыз ету аспектісінде жоғары жиілікті резонаторлық датчиктердің (ЖЖРД) негізгі басылымдықтары нақты көрінеді. Осы датчиктерде негізгі ақпараттық параметрі ретінде 10^7 Гц-тен 10^{10} Гц дейінгі шегінде таңдалатын шығыс жоғары деңгейлі сигналдың f_p өте жоғары резонансты жиілігі болып табылады. Жоғары жиілікті резонатордың Q_H төзімділігінің бірнеше жүздік шегінде нақты жүктемелеу кезінде резонансты жиілікті бір мәрте өлшеу ара

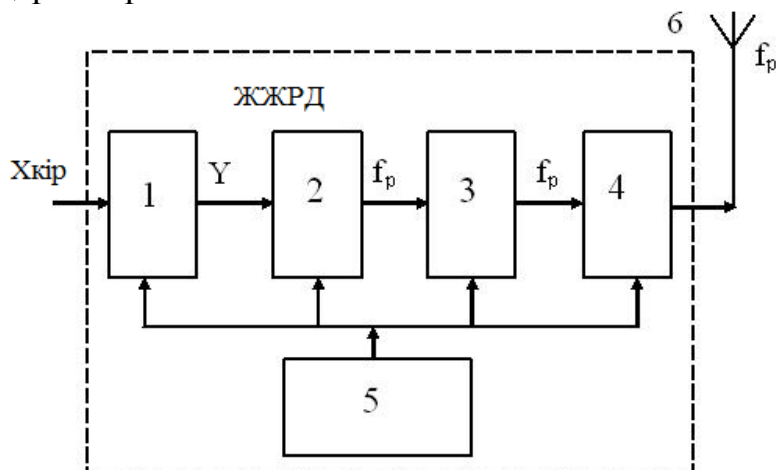
кашықтығы $t_E = \frac{Q_H}{f_p}$ белгісі бойынша таңдалуы мүмкін. Мәселен, $Q_H = 250$ және $f_p = 2,5 \cdot 10^7$ кезінде $t_H = 10^{-5}$ болады, ал δ_d дискредитацияның қателігі 0,4% құрайды.

Осы датчиктің салыстырмалы қателігінің мәні $\delta_H = 1\%$ аспағаны белгілі болса, дискредитацияның қателігін есепке ала отырып, $\delta = (\delta_H + \delta_d)^{0,5} = 0,012$ жиынтық салыстырмалы түріндегі қателікті аламыз, бұл ЖЖРД ақпараттық қабілеті $V = (\delta \cdot t)^{-1} = (0,012 \cdot 10^{-5})^{-1} = 8,33 \cdot 10^6$ құрайды.

Датчиктердің көптеген басқа түрлеріне қол жеткізімсіз ЖЖРД ақпараттық қабілетінің соншалықты жоғары деңгейдегі мәндері есебінен ЖЖРД басымдылығына өту үдерістерін бақылау мүмкін болады. ЖЖРД жоғары деңгейіндегі шығыс жоғары жиілік сигналы қуатты импульстік кедергілеріне төзімді, эфир бойынша кең жолақты радио қабылдайтын құралдарымен

жабдықталған қосымша аппаратураға тікелей берілуі мүмкін. Сонымен қатар, бірқатар қолданулар ЖЖРД құрылымына бақыланатын нысанның қуат инверторын жоғары жиілікті датчиктің электр тізбектерін қуаттандыруға арналған электр қуатына ендіруі мүмкін. Мысалы, авто көліктік құралдары шиналарындағы қысымды бақылау датчиктерін қуаттандыру үшін шиналардың механикалық түрін өзгертулерін электр қуатына түрлендіргішті қолдануға болады.

Жоғары жиілікті датчиктің өлшеу арнасының жеңілдетілген құрылымдық сызбасы сурет 3.1-де көрсетілген. ЖЖРД оның резонанстық f_p жиілігі мен Q_n арттырылған төзімділігі тәуелді болатын X_{BX} өлшемді кіру шамасын қабылдайтын және 2 жоғары деңгейдегі жиілік резонаторының параметрлеріне әсерін тигізетін 1 элементі бар. 2 жоғары деңгейлі жиілік резонатор 3 автогенератордың жиілік беретін желісіне қосылғандығына байланысты оның шығысында 4 буферлік күшейткіш арқылы 6 байланыстыратын антеннаға берілетін f_p жоғары деңгейдегі жиілік сигналы қалыптасады. ЖЖРД барлық белсенді элементтерді қуаттандыру үшін оның құрылымында 5 қуаттандыру көзі алдын-ала қарастырылған.



1- қабылдағыш элемент (мембрана), 2- ЖЖ –резонатор, 3 – автогенератор, 4- күшейткіш, 5- қуаттандыру көзі, 6 – қабылдағыш-таратушы антенна

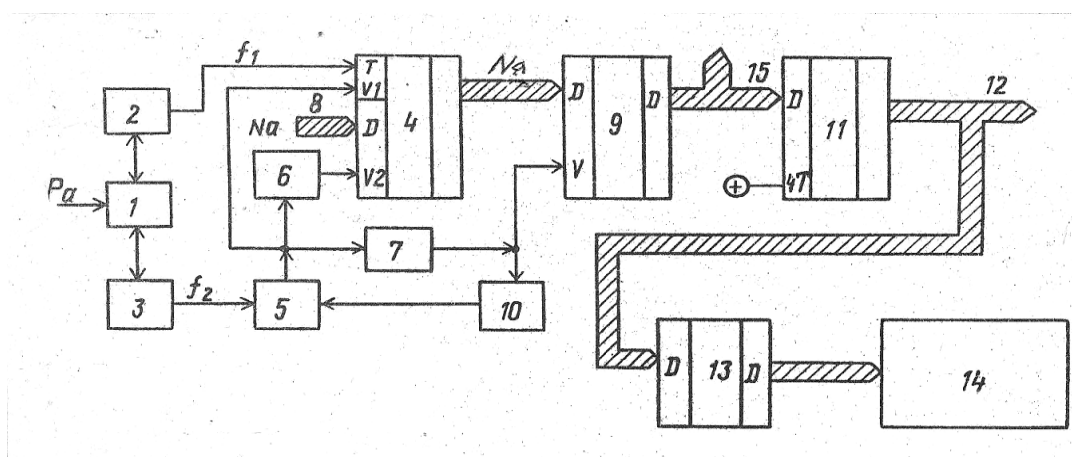
Сурет 3.1 - ЖЖРД құрылымдық сызбасы

ФШД-те жоғары жиілікті резонансті қолданудың маңызды жағы жиілігі осы электр параметрімен модуленетін жоғары деңгейдегі генераторымен электр параметріне ФШ-мен әр түрлі бастапқы түрлендіргіштердің үйлесімділігі болып табылады.

Электр кедергісін жиілікке түрлендіру нұсқалары белгілі жұмыстарда ұсынылған [58]. Жүйелі қателіктер – гистерезис, температураның, ылғалдықтың және т.б. әсері оның сипаттамасы берілген, айтарлықтай аз көлемдегі, өлшенетін ФШ бар есте сақтау құрылғысының тұрақты жадының ұяшықтарына ендірілген кезде, ФШД-ны қалыптандыру кезінде қарапайым есепке алынады. КТӨ-нің тиімділігіне қарамастан, ол кезде жүздеген

мегабайттағы талап етілген есте сақтау көлемі бар есте сақтау құрылғысының тұрақты жадының бағасы өте жоғары еді. Электрондық базасы мен метрологияның заманауи деңгейі бағасы жағынан қол жетімді және нақтылығы, аумағы және қуатты тұтыну жағынан тиімді, өндіріске арналған жадысы бар және шығыс жағында өлшенетін көлемнің тікелей сандық коды бар интеллектуалды ФШД жобалауға мүмкіндік береді.

Мысал ретінде сурет 3.2-де КТӨ жүзеге асырылған қысымды өлшеуге арналған құрылымның қызметтік сұлбасы салынған [59]. Заманауи технологиялық деңгейінде осы құрылымды датчиктің құрамына ендірілген микрочип түрінде жасауға болады.



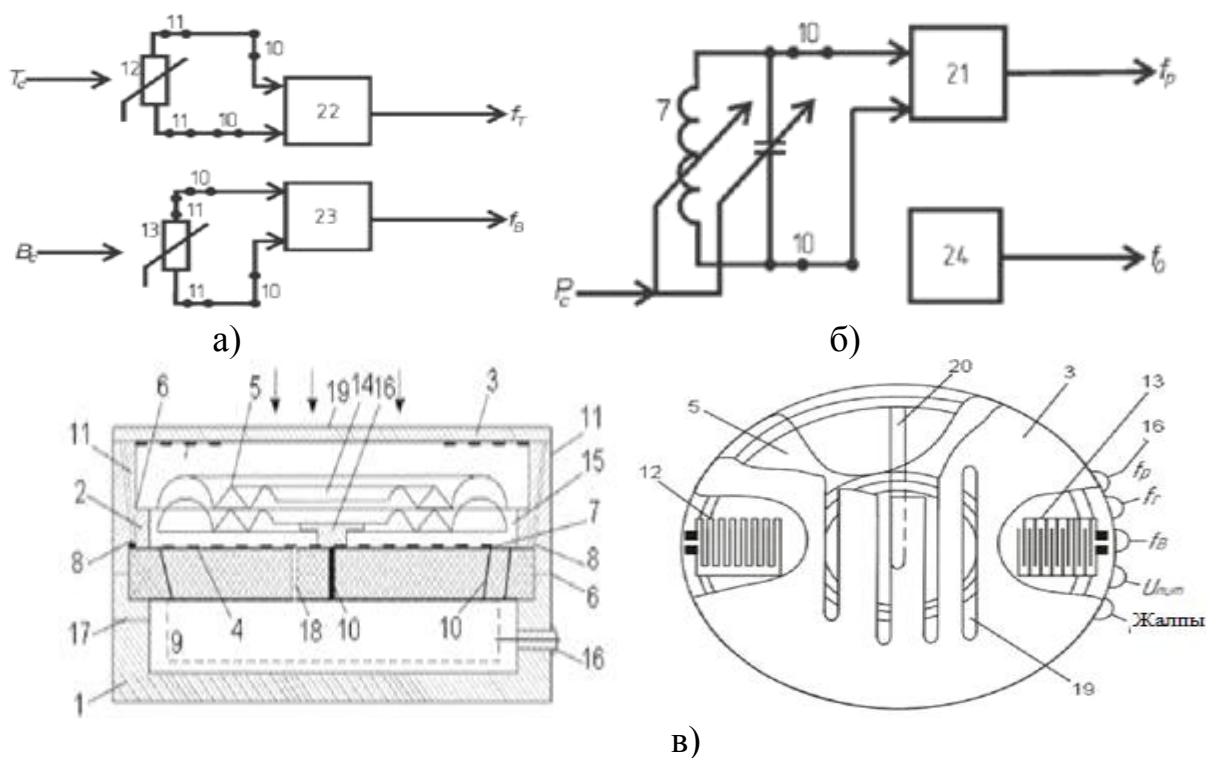
Сурет 3.2 - КТӨ-ны қолдана отырып дифференциалды қысым өлшегіштің қызметтік сызбасы

2 және 3 екі автогенераторлары бар қысымның дифференциалды датчигі шығыстары жағынан 4-8 элементтерде жүзеге асырылған адрестік кодын (нақты айтқанда – жиілікті өлшегішті) сандық қалыптастырушының кіретін жағына қосылған. Адрестік ұяшығының N_a қалыптасқан коды 9 регистрінің мекен-жайлық кіруіне қосылады және өлшенетін қысымның тікелей сандық кодтары сақталатын кідірудің 10 элементінен сигнал бойынша регистрге ендіріледі. f_1 және f_2 жиіліктердің әр комбинациясына датчиктің шығыс жақтарында шиналарға 12 және дешифратор 13 арқылы (немесе бір нұсқасы ретінде тікелей) регистраторға (немесе бір нұсқасы ретінде шығару ажыратқышқа) берілетін есте сақтау құрылғысының тұрақты жадының 11 шығыстарына шығарылатын өлшенетін көлемі кодының өз мәні сай келеді. КТӨ-ны жүзеге асыратын өлшегіштерде интеллектуалды ФШД қалыптандыру үрдісінде температуралық және басқа жүйелік қателіктерді толықтыру нұсқалары бар.

Қысымның дифференциалдық датчигінің негізі ретінде қызметтік сызбасы және құрылымы 3.3-суретінде көрсетілген датчик қызмет ету мүмкін [59,с.44].

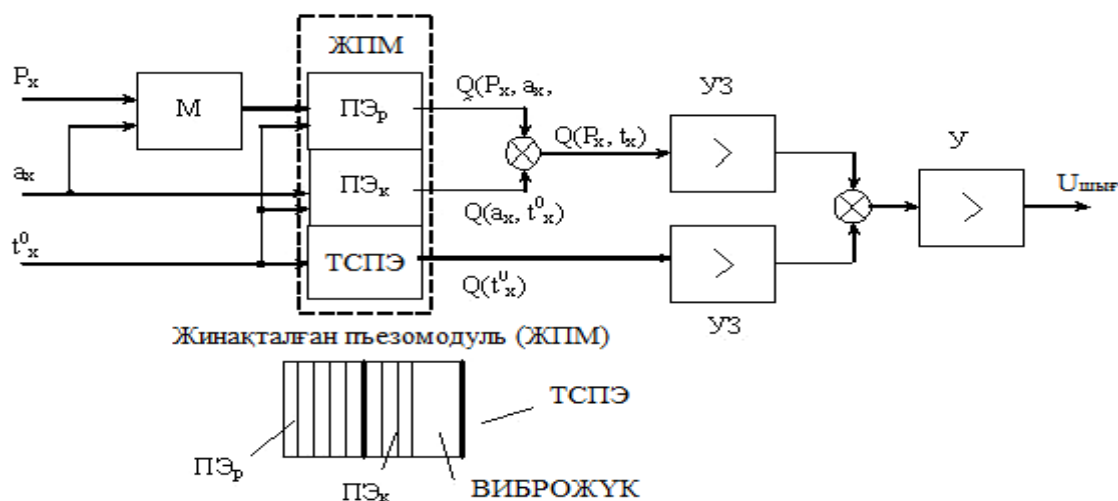
Ауа ортасының P_c қысымының қабылдағыш элементі ретінде қорғаныс қақпағы (3) астында орналасқан және тұрқының (1) жоғары бөлігінде (2) саңлаусыз бекітілген серпінді мембрана (5) қызмет етеді. Серпінді

мембранамен (5) бірге өзекше арқылы оның астында ортасында қосэлектр платасында (4) орындалған және электрондық блоктағы (9) автогенераторға (21) жалғастырғыштармен (10) резонатордың (7) шиыршықты жоғары жиілікті жерге қосылмаған шығысмен бекітілген көлемдік электрод (15) орналасқан. Қақпақтың (3) ішкі жағынан электрондық блогтың (9) соған сай автогенераторларға (21) және (22) қосылған терморезистор (11) мен гигристор (12) қапталған. Электрондық блогтың (9) құрамында қысымды өлшеу арасында f_0 тірегiш жиілікті қалыптастыру үшін автогенераторға (21) ұқсас тірегiш автогенератор (24) алдын-ала қарастырылған.



Сурет 3.3 - Көпқызметті қысым, температура мен ылғалдық датчигінің сызбасы және құрылымы

Пьезоэлектрлік интегралдық пьезомодуль негізіндегі көпқызметті датчиктің тағы да бір нұсқасы 3.4-суретінде көрсетілген [60]. Интегралды пьезомодуль негізіндегі датчигі бір уақытта қысым, тербеліс және температураны өлшеуі мүмкін.



ТСПЭ термосезімтал пьезоэлемент, М-мембрана

Сурет 3.4 - Монолиттік (интегралды) пьезомодулі бар көпқызметті пьезодатчиктің құрылымдық модулі

Бұрын айтылғандай, микроэлектрондық технологиялардың жылдам өсуі ақпараттық–мониторингтік бақылау жүйелеріне арналған ФШД саласындағы бұрын ұсынылған перспективалық ғылыми-техникалық шешімдерді жемісті жүзеге асыруға мүмкіндіктерді ашып жатыр. ФШД құрамындағы жоғары жиілікті датчиктерді, жиілікті түрлендіргіштер мен КТӨ қолдану, микроуатты пайдаланатын миниатюралық құрылымы бар жоғары метрологиялық және пайдалану сипаттамалары бар автокөлікті техникаға арналған заманауи ФШД бағасымен құны бірдей, интеллектуалды микроэлектрондық сандық өлшегіштерді жасауға мүмкіндік береді. Нақты айтқанда, бұл ақпараттық–мониторингтік бақылау жүйелеріне арналған датчиктік аппаратураны қолдану салаларын ғылыми, конструкторлық-технологиялық дамыту мен кеңейтудің жаңа бағыты. Бұл бағытта:

- Метрологиялық негіздер, схемотехника мен автогенераторлар және қарсыласу мен көлемді жиілікке түрлендірулерде тұрақтылығы бар жоғары жиілікті микрочиптерін жасау технологиясы;
- Метрологиялық негіздер, схемотехника мен шығысында өлшенетін көлемінің тікелей коды және датчиктердің жүйелік қателіктерін орын толықтыруы бар жиілік-сандық микрочиптерін жасау технологиясы;
- Бірнеше физикалық шамаларды өлшеудің барлық қызметтері бар интеллектуалды ФШД құрылымы мен жасау технологиясы;
- Өз құрылымында КТӨ қолданатын интеллектуалды ФШД автоматты қалыптандыру жүйесін салудың технологиясы мен әдістемелік негіздері;
- Интеллектуалды ФШД негізінде жаңа түрдегі жинақталған ақпараттық–мониторингтік бақылау жүйелерінің метрологиялық негіздері мен салу идеологиясы анықталуы тиіс.

3.2 Қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жүйелерінде интеллектуалды датчиктер мен электронды түрлендіргіштерді қолдану

3.2.1 Қоршаған ортаны бақылау және мониторинг жүйелерінде интеллектуалды датчиктерді қолданудың ерекшеліктері

Қысымның интеллектуалды датчиктерінің (ҚИД) әрекетінің үдерісі шақпақтас тілімінің оған жасалған қысымның өзгеруіне байланысты электр әлеуетін алмастыру мүмкіншілігінде жасалған [61, 62].

Өте қарапайым түрінде құралдың жұмысын мына бейнеде сипаттауға болады: монокристалдық шақпақтас элементі негізінде жасалған СЭ қысымды күшейтіп құралдың өзінде орналастырылған микропроцессорға (МП), классикалық схемалардағыдай, орталық контроллерге емес, берілетін электр сигналына түрлендіреді. Сондықтан да олар «қысымның интеллектуалды датчиктері» деп аталады.

Интеллект құрылымы МП – ақпаратты математикалық өндеуді тікелей қысымды өлшеу үдерісінде жүргізеді, сондай-ақ өлшеу үдерісін белсенді түрде басқарады. Қысымды өлшеуге арналған басқа құрылғыларға қарағанда интеллектуалды датчиктерінің негізгі айырмашылығы– деректерді құралдың өзінде өңдеуі.

Шығыс кезінде қысымның интеллектуалды датчиктеріне ұқсас электр сигналы мен HART (ең кең таралған), Modbus, FieldBus және басқа хаттамаларымен үйлесімді сандық сигналды береді. Немесе шығыс сигналы аналогты да, сандық та болу мүмкін.

Қысымның интеллектуалды датчиктері оның динамикасын есепке ала отырып, нақты өндірістің талаптарына байланысты бағдарламалануы мүмкін. МП бар болуы тек өлшемдердің дәлдігін жоғарлатуға емес, құралдың қызметтерін айтарлықтай кеңейтуге мүмкіндік береді. Бұндай қысым датчиктерінің ақпараттың үлкен көлемдерін өндеу мен есте сақтауға, автономиялық режимде уақыттың айтарлықтай кезең бойында (бірнеше айға дейін) жұмыс істеуі, сенсордың жұмысына өзіндік диагностикасын жүргізу және пайда болған қателіктерді өз бетінше жөндеу мүмкіндіктері бар.

Қысымның интеллектуалды датчиктерінің жасанды интеллектің элементтері бар өздігінен оқу қызметтері болуы мүмкін. Оларда кең коммутация (деректерді беру), параметрлерді көп мәрте өлшеу мүмкіндігі ендірілген. Мәнінде бұл сенсорге тікелей қосылған микрокомпьютер болып табылады. Интеллектуалды датчиктер қызметтері мен сипаттамалары Ресей Мемстандартында нақты баяндалғанын айта кету керек [63, 64].

Интеллектуалды датчиктердің басымдылығы

«Интеллектуалды» датчиктерді қолданудан алынатын ерекшеліктер мен басымдылықтар есептеу ресурстарын датчиктің өзіне тартумен байланысты. Олардың негізгілерін атап кетейік.

Деректерді өндеу, жүйенің орталық тексерушілеріне өндеуге қарағанда, көптеген дәстүрлі жүйелердегідей, әр жеке датчикте жүргізіледі. Сонымен қатар, кәдімгі пайдалы ақпаратты алумен қатар интеллектуалды датчиктер

тұтынушылардың талаптарындағы өзгерістерге қарағанда қарқынды бағдарламаланған болуы мүмкін. Бұл осы қосымшаға арнайы бағытталған қымбат датчиктердің қажеттігін кемітеді, өйткені арзан бағдарланатын жалпы мақсатты датчиктер көптеген қосымшаларға жеткілікті.

Ақпаратты өңдеудің сандық әдістерін қолдануы тек өлшеулердің сапасын жоғарылатуға ғана емес, сонымен қатар құралдардың қызметтерін айтарлықтай кеңейтуге мүмкіндік береді. Белгілі мүмкіндіктерден (өлшеулердің шектерін күйіне келтіру, сигналды сүзгілеу, қателіктерді түзету) басқа өзге де қызметтер (реттеушілердің қызметтерін жүзеге асыру, рұқсат етілетін мәндерін тапсыру, өз-өзін тексеру, алаңдық шиналар бойынша тапсырылатын ақпараттың көлемін көбейту және б.) пайда болады.

ИД түрлері мен әртүрліліктері

ИД келесі жалпы жіктеуді ұстану қажет:

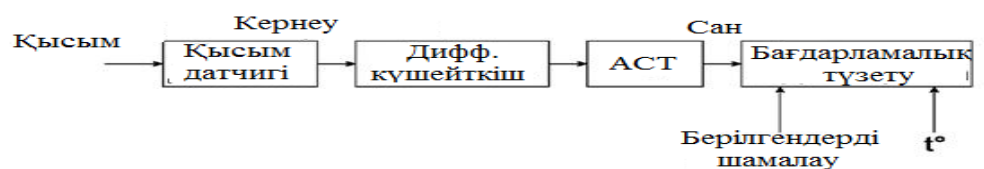
1. Аналогты–сандық түрлендіргіш (АСТ) мен RS–232, RS–422, RS–485 түріндегі компьютермен байланысуға арналған интерфейсі бар датчиктер. Осы түрдегі құралдарының ендірілген шағын тексерушілері жоқ және олар компьютерге сигналды сандық түрде одан әрі беруді жүзеге асырады [65-66].

2. АСТ, шағын тексерушілері мен байланыс интерфейсі бар датчиктер. Мұндай құралдар алынатын ұқсас сигналдың ішкі коррекциясын жүзеге асырады, ал олардың бір қатары Hart, Modbus және т.б. түрдегі байланыс хаттамаларын бұрыннан қолданып келеді. Осы датчиктердің параметрлерін дәлдеу негізінде бір жердің шеңберінен аспай (қолмен әр түрлі типтегі коммутаторлардың көмегімен) жүзеге асырылады.

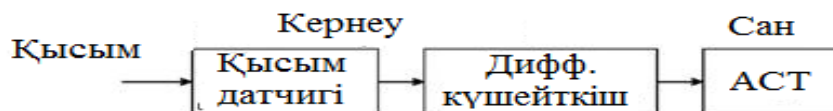
3. АСТ, шағын тексеруші (немесе мамандандырылған МП) және компьютермен дуплексті байланысы бар датчиктер. Бұндай құралдардың негізінде RS485 интерфейсі бар және олар компьютермен байланысты Profibus, Fieldbus Foundation және басқа да жоғары деңгейдегі хаттамалары бойынша жүзеге асырады. Осы құралдар операторға олардың параметрлері мен жұмыс режимін басқару пультінен дәлдеуді жүзеге асыруға, диагностикалау мен мөлшерлеуге мүмкіндік береді. Бұл реттелген жүйелер тізбегінде аралық тізбектерін – бағдарламалық-логикалық контроллерлерді жоққа шығаруға, сымды, байланыс қосылуларды жүргізуге шығындарын қысқартуға және қашықтықтан диагностикалау мен конфигурациялау есебінен техникалық қызмет көрсетуді қарапайымдатуға мүмкіндік береді. Сондықтан осы топтағы датчиктерді «интеллектуалды» деп атауға болады.

Интеллектуалды датчиктердің құрылымы мен қызметтері

Заманауи интеллектуалды датчиктер көп нұсқалы блоктік құрылымы бар. Негізгі блоктар ретінде сезімтал элемент (сенсор) пен түрлендіргіш болып табылады. Бір датчикте бір түрлендіргішпен өзара әрекет ететін бірқатар сенсорлар болуы мүмкін. Қосымша блок ретінде жергілікті көрсететін құрал болуы мүмкін (3.5, 3.6-сурет).



Сурет 3.5 - Термокомпенсацияланған датчикті қосудың құрылымдық сұлбасы



Сурет 3.6 - Стандартты шығыс сигналы бар датчикті қосудың құрылымдық сызбасы

ИД СЭ әдеттегідей өлшенетін және қоршаған орталардың әр түрлі қасиеттеріне есептелген орындаудың көптеген нұсқалары мен өлшеу нысанының әр түрлі құрылымы бар:

- әр түрлі қысым, температуралар, әсерлер мен кедергілерге арналған арматуралар (сенсордың корпусы) нұсқасы;
- қалыпты, химиялық жағынан агрессивті, абразивтік және басқа орталарға арналған өлшенетін ортамен байланысатын арматуралар материалдарының нұсқалары;
- қалыпты, гигиеналық, жарылысқа қауіпті орталарға арналған сенсорды орындау нұсқалары;
- фланецтік, жапсырылған, резбалық және т.б. түрдегі өлшеу нысанның құрылымымен СЭ біріктіру нұсқалары.

Электрондық түрлендіргіш (ЭТ) СЭ бір құрылымда икемді бірлесуі мүмкін, не болмаса, бөлек құрылымда орындалу және бір қатарда немесе сенсордан аздаған қашықтықта орналасуы мүмкін.

ЭТ-тің өзі, кем дегенде, есте сақтаудың оперативтік және тұрақты модульдері, ұқсас сандық қайта жасаушы, типтік алаңдық желілері бар байланыстың желілік контроллері бар бағдарламаланатын МП-ден тұрады. Әдетте оның орындаудың бір қатар нұсқалары бар:

- қоршаған ортаның әр түрлі қасиеттері мен әр түрлі қолданыстағы сыртқы кедергілерге ЭТ корпусының нұсқалары;
- ондағы қуаттандыру блогының бар болуы немесе оны алаңдық желі арқылы бөтен көзден қуаттандыру бойынша құралдың қуаттандыру нұсқалары;
- әр түрлі алаңдық желілерімен байланыстың саны, параметрлері, коммуникациялық мүмкіндіктері бойынша ЭТ шығыс сигналдарының нұсқалары.

Көптеген өндірушілер датчиктерді өлшеудің бір әдісінің СЭ әр түрлі нұсқаларының СЭ осы топтамасымен жұмыс істеуге есептелген ЭТ әр түрлі нұсқаларымен үйлестірумен жинақтайтыны өте маңызды болып табылады. Осыған байланысты құралдарға қойылатын бөлек нақты талаптарын дәлірек

және толық қанағаттандыруға мүмкіндік туады. Осындай ИД жасаудың техника жағынан тиімді серпіндік, сонымен қатар, бірқатар жағдайларда таңдап алынған оның блоктарының құрамдас нұсқаларын нақты талдаусыз ИД құруға мүмкіндік бермейтінін назарда сақтау керек.

Интеллектуалды датчиктердің қызметтері

Қарастырылып жатқан ИД олар үшін тек дәстүрлі түрде «датчик» деген атау сақталған көп қызметтік құралдар болып табылады, ал орындалатын қызметтері бойынша олар датчик пен контроллердің жиынтығына жақындап келе жатыр. Оларға ендірілген МП одан әрі кеңейіп келе жатқан мүмкіндіктерімен байланысты олардың даму үрдісі оларға контроллерлерден бақылау мен басқарудың қарапайым типтік қызметтерінің көптеген санын тапсыруда болады. Сонымен қатар, заманауи ИД өз МП – өлшеу үдерісін жетілдіруге арналған түрлендіргіштің дәлдікті жоғарлату, сенімділікті көтеру, өлшеу диапазонын таңдау, қателік шығыс деректерін болдырмау, сенсор жұмысын қашықтықтан басқару қызметтерін кеңейту мүмкіндіктерін кеңінен пайдаланады.

Ақпараттық қызметтер.

ИД өз есінде сақтайды және тұтынушының қашықтықты сұранысы бойынша осы нақты құралдың барлық деректерін, анықтайтын қасиеттерін, сипаттамаларын, параметрлерін: оның типін, зауыт нөмірін, техникалық көрсеткіштерін, өлшеудің мүмкін болатын диапазондарын, орнатылған шкаласын, сенсордың дәлдеуінің берілген параметрлерін, бағдарламалық камтамасыз етудің жұмыс істеп жатқан бағдарламасын, датчикті келесі тексерудің мұрағатын және т.б. береді. Сонымен қатар, ИД берілген уақыт аралығындағы ағымда өлшенетін және есептелетін мұрағатты болу мүмкін.

Конфигурациялаудың қызметтері.

Тұтынушының ИД негізгі дәлдеу параметрлерін ара қашықтықтан қалыптастыру немесе өзгерту: құралдың нөлге орнату, өлшеудің берілген диапазонын таңдау, ағымдағы мәндерін сүзгілеу, датчик ақпаратты беруі керек өлшеу бірліктерінің атауларын таңдау және т.б. әрекеттер.

Форматизациялау қызметтері.

Өлшенетін көлемнің өзгеруі мен өлшеу ортасының ағымдағы жағдайын автоматты түрде талдау: өлшенетін көлемнің берілген нормалар сыртына шығысының мәнін анықтау, өлшенетін көлемнің өзгерілетін мәндері туралы әр түрлі хабарламалар беру, өлшенетін орта параметрлерінің рұқсат етілген диапазондарында болуын тексеру. Тұтынушы барлық осы қызметтерді ара қашықтан дәлдейді.

Өз-өзін тексеру қызметтері.

Жұмыс барысында ИД өз жұмысына талдау жасайды: әр түрлі ақаулар, бұзылулар және жарамсыздықтар пайда болған жағдайларда олардың пайда болған орны мен себебін тіркейді, қателіктің төлқұжаттық нормадан тыс шығысын анықтайды, ИД деректер базасының жұмысын талдайды, ИД шығыс деректерін тексеретін факторларды есепке алудың дұрыстығын қарастырады.

ИД бір қатарында оларға ендірілген температураның СЭ бар. Олардың көрсеткіштері бойынша ИД МП өлшенген қысымды немесе басқа ФШ (температуралық қатені толықтыруды) тексеру жүргізеді, ал дифференциалды қысым датчиктерінде кейбір кезде ортаның статистикалық қысымы бойынша тексеру жүргізіледі. Бұл тексеру есептер қысымның интеллектуалды датчиктері жұмысының дәлдігін жоғарлатады.

Түрлендіру қызметтері

ИД ЭТ СЭ (әдетте, төмен вольтты ұқсас, немесе жиілік, немесе импульстік сигнал) шығыс кезінде электр сигналын өлшеу бірлігінің атауында берілген мәнінде қайта жасайды; сонымен қатар ол өлшенетін ортаның (мысалы, оның температурасы және/немесе қысымы бойынша) жағдайының жолдамалы ағымдағы көрсеткіштері бойынша шығыс мәнінің дәлдігін тексеруі мен жоғарлатуын орындайды, егер ИД көрсеткіштері олардан да тәуелді болса. ИД ЭТ өлшеу ақпараттының қажетті түрлендірулері жасалады: СЭ сигналдарын күшейту, шығыс ұқсас сигналдарының диапозондарын стандарттау, өлшенген мәндерін желілендіру мен сүзгілеу, берілген алгоритмдер бойынша шығыс мәндерін есептеу, өлшенетін ФШ мәндерін ұқсас сандық қайта өзгерту, ИД шығыс көрсеткіштерін тексереді.

Датчиктердің интеллекті, мынадай ішкі қызметтерді де орындауды қамтамасыз етеді:

- бірнеше сағаттан бірнеше айларға дейінгі уақыттық кезеңдер ішіндегі жұмыстың автономиялық (қызмет көрсетуді қажет етпейтін) режимі;
- уақыттың ұзақ аралығы ішінде метрологиялық сипаттамалардың жоғары деңгейдегі тұрақтылығы;
- ішкі, сыртқы кедергілер мен тоқтаулардың әсеріне тұрақтылық;
- өз-өзін тестілеу;
- жасанды интеллект элементтері бар өзіндік оқуы;
- коммутация (деректерді тасымалдау интерфейстері).

Интеллектуалды датчиктердің қосымша қызметтер қатарына мыналар жатады:

- ауыр климаттық жағдайларда жұмыс істеу кезінде жоғары деңгейдегі сенімділікті қамтамасыз етуі;
- қуаттанудың автономиялық ток көздерінен қуат алуды азайту;
- кедергілерді кеміту мақсатында кіру сигналын аппараттық және бағдарламалық сүзгілеу;
- қуаттануды кезеңдік беру және ажыратудың режимін жүзеге асыру;
- бағдарламалық басқаруды жоғалтуды болдырмау үшін қарауылдық таймерді қолдану;
- қуаттануды резервтеумен бірге статикалық оперативті есте сақтайтын жадыны қолдану;
- параметрлерді көп рет өлшеу.

Қуатты пайдалануды келесі құралдар арқылы азайту режимін қамтамасыз етуіне ерекше назар аударылады [67, 68]:

- аз қуат пайдаланатын элементтік базаны қолдану;

- қуатты пайдалану режимдерін басқару жүйелерінің жалпы құрылымына ендіру (мәселен, қуаттандыру менеджерлерін);
- контроллердің минималды тактілік жиілігін таңдау;
- салыстырмалы түрде бәсеңдеу әрекет ететін шеткі құралдардың жұмыс істеуі кезінде қуаттандыруын аздап тоқтату, толық тоқтату немесе ажырату режимдерін қолдану;
- тұрақты кернеуді үнемдеу түрлендіргіштерін қолдану.

Заманауи ИД қолданудың техникалық ерекшеліктері

Заманауи интеллектуалды датчиктерін қарапайым дәстүрлі датчиктермен қысқаша техникалық салыстыруды келтірейік. Заманауи интеллектуалды датчиктер мынаны қамтамасыз етеді [64, с. 5; 69]:

1. Датчиктен контроллерге қарай жолында өлшеу ақпаратының қателерін күрт азайту, өйткені датчиктерді контроллермен біріктіретін кабель бойынша төмен вольттік ұқсас сигналдың орнына электр және магниттік өнеркәсіптік кедергілер салыстыруға мүмкін емес не аз әсерін тигізетін сандық сигналдар жүреді;

2. Датчиктердің өз-өзін диагностикалауға байланысты өлшеудің сенімділігін көбейту, өйткені әр датчик пайда болып жатқан бұзылу дерегі мен түрін операторға жедел түрде хабарлайды, сонымен, басқару үшін сапасыз және/немесе дұрыс емес өлшемдерді қолдануды жоққа шығарады;

3. Сенсордың шығыс сигналдарын айтарлықтай күрделі есептік өңдеуді талап ететін, бірақ дәлдігі, көрсеткіштерінің тұрақтылығы, орнатудың қарапайымдылығы мен датчикке оны пайдалану кезінде қызмет ету бойынша дәстүрлі қолданылатын өлшеу принциптері алдында бірқатар басымдылығы бар өлшеу принциптерін қолдану мүмкіндігі;

4. Қайта жасаушысы бірқатар бір түрлі немесе әр түрлі типті сезімтал элементтерінің сигналдарын қабылдайтын және қайта өңдейтін мультисенсорлық датчиктерді жасау мүмкіндігі;

5. Өлшеу ақпаратты барлық қажет бастапқы қайта өңдеуді датчикте жүргізу және оның өлшеудің берілген бірліктерінде өлшенетін көлемнің іздестірілген ағымдағы мәнін беру мүмкіндігі;

6. Автоматизация жүйесіне өлшенетін көлемінің ағымдағы мәнін ғана беру емес, сонымен қатар оның бекітілген нормалары шегінен шығыс туралы қосымша сигналдарды беру мүмкіндігі, сондай-ақ желі бойынша ағымдағы өлшенетін мәнің әрқайсысын емес, ал алдындағысымен салыстыру бойынша өзгертілгенін немесе басқаруды талап ететін мәнін ғана беруі мүмкіндігі;

7. Датчикте берілген ұзақ уақыт аралығында өлшенетін көлемнің мәнін сақтауға арналған деректер базасының бар болуы;

8. Қашықтан оператордың пультінен жедел режимде датчиктің өлшеу диапазонын таңдау, құралды нолге орнату мүмкіндігі;

9. Датчиктің жұмысын айтарлықтай қарапайым технологиялық тілде бағдарламалау жолымен, онда реттеудің, бағдарламалық басқару, механизмдерді блокқа қоюдың қарапайым алгоритмдерін жүзеге асыру мүмкіндігі;

10. Реттеу, бағдарламалық басқару, блокқа қоюдың айтарлықтай қарапайым тізімдерін басқарудың ең төмен деңгейінде үш құрамдас бөліктерінен: интеллектуалдық датчиктерден, аландық желіден және интеллектуалдық орындаушы механизмдерінен, осы есептік операцияларымен контроллерлерді толтырмай жасау мүмкіндігі, ол контроллерлердің қуаттылығын оларда айтарлықтай күрделі және жетілдірілген басқару алгоритмдерін жүзеге асыру үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Заманауи интеллектуалдық датчиктерінің даму үрдістері

Қарастырылып жатқан датчиктер класының даму үрдістерін жетекші құрал жасайтын фирмалардың зерттемелерінің бағыттары бойынша, сонымен қатар кәсіпорындарда ендіруі басталып жатқан құралдардың жаңа түрлері бойынша байқауға болады.

Датчиктің көпқызметтік қасиеттерінің дамуы. Перспективалық зерттеулер датчикте өлшенетін көлемнің мәнін болжамдау қызметін жүзеге асыру бойынша, датчиктің ағымдағы өз-өзін тексеруді тереңдету бойынша және оның базасында датчиктің өзінде оның қателік жұмысын болжамдау және оны қызмет ету бойынша ұсыныстарды жасау бойынша, сондай-ақ датчик шкаласын өлшенетін көлемнің өзгерілу диапазонына бейімделуі бойынша жүргізіліп жатыр. Сонымен қатар, көрсеткіштерді есептеу, берілген оқиғаларды анықтау, басқару міндеттемелерді жүзеге асыру бойынша міндеттемелердің көптеген көлемі контроллерден датчикке ауыстырылады. Сондықтан "датчик" терминінің өзі де толық емес және шартты болып келеді.

Датчик көлемін азайту. Көлемі бойынша азаюды МП қолдана отырып бірқатар танымал және ішінара жаңа өлшеу әдістері негізінде миниатюралық датчиктерді жасау ендірілген датчиктері бар өнеркәсіптік құрал-жабдықты шығаруға және құрал-жабдықтың бөлек тораптарының ағымдағы тозуын анықтайтын және, соның арқасында оның жұмысының сенімділігін жоғарылататын және кәсіпорында бар құрал-жабдықты қызмет көрсету және жөндеу жүйесін жетілдіретін машиналар мен механизмдердің автоматты мониторингтеудің жүйесін жасауға мүмкіндік береді.

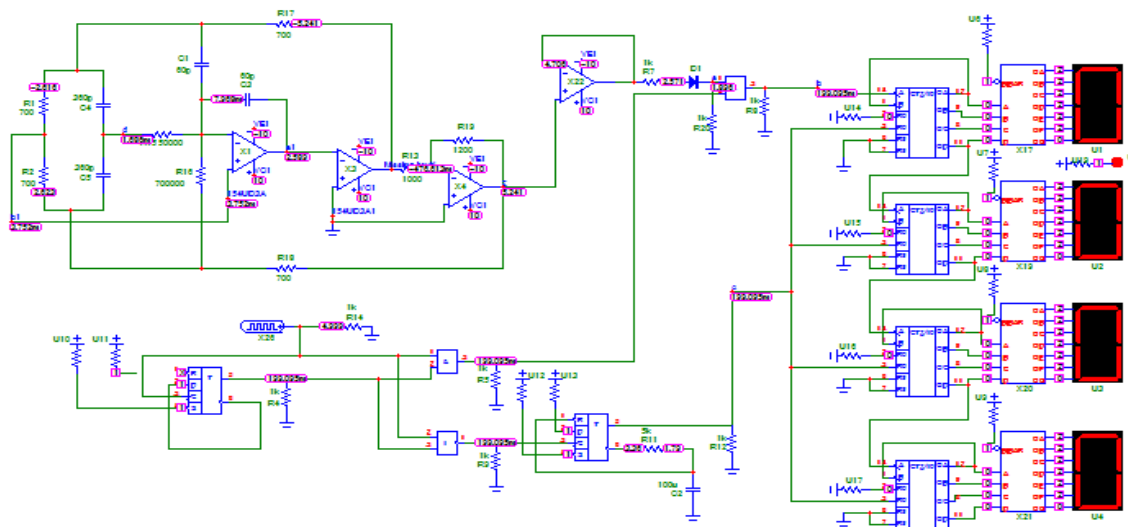
Датчиктің контроллермен байланыс түрлерін кеңейту. Осы кезде датчик контроллермен немесе ұқсас сигналдардың өзіндік сымдық арнасы арқылы, немесе бірқатар датчиктер үшін жалпы сандық сымдық желісі арқылы байланысады. Датчиктердің автоматтандыру жүйесінің негізгі құралдарынан айтарлықтай қашықтау жағдайында датчик телемеханиканың бөлек арнайы құралдары көмегімен контроллермен радиоарна бойынша байланысуы мүмкін. Бірқатар фирмаларында қазір қысқатолқынды радиобайланыстың блоктары (осыған ұқсас блоктарымен контроллерлерде жабдықталған) ендірілген сымсыз датчиктерін жасау бойынша жұмыстар жүргізіліп жатыр. Көрсетілген түрдегі датчиктердің дамуының алғышарттары ретінде бір жағынан қысқатолқынды радиобайланыстық құралдарының бағасының арзандауы және осы құралдар жұмысының сенімділігінің жоғарлауы, ал екінші жағынан сымдық байланысқа жұмсалатын шығындарды үнемдеудің пайда болуы, жүйені құрастырудың

қарапайымдануы мен датчиктерді орнатуға мүмкін болатын орындарды кеңейтуге қызмет етеді.

3.2.2 Көппараметрлі датчиктерде электрондық түрлендіргіштерді пайдалану мен жобалау ерекшеліктері

Электрондық түрлендіргіштер көптеген датчиктердің, әсіресе интеллектуалды датчиктердің (ИД) ажырамас құрамдас бөліктері болып табылады [70].

Заманауи қысым датчиктері – бұл әр түрлі құрамдас бөліктер, сезімталдығы жоғары сенсорлар, электрондық сұлбалар, микропроцессорлардың күрделі кешені (сурет 3.7).



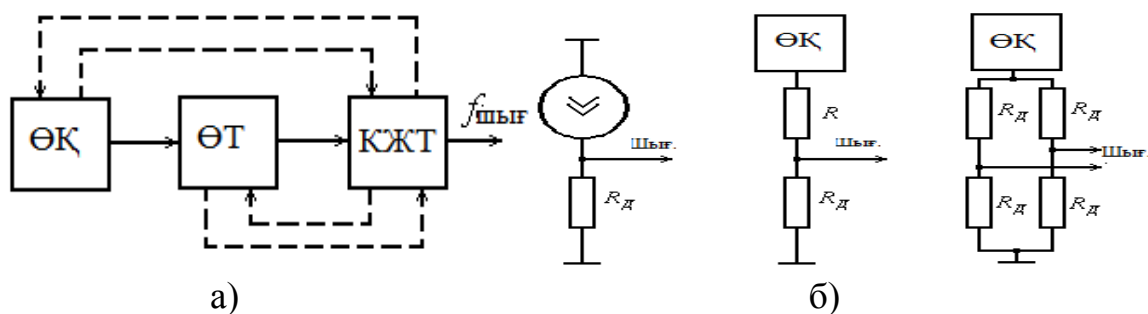
Сурет 3.7 - MicroCar бағдарламасында моделденген электрондық қайта жасаушының принциптік сұлбасы

3.3 Екінші ретті электронды жиілікті түрлендіргіштері бар көппараметрлі датчиктерді моделдеу, жобалау және зерттеу

Датчиктердің шығыс сигналының жиілік пішімі шамамен ортада, сигналдардың ұқсас және сандық пішімдері арасында тұрады.

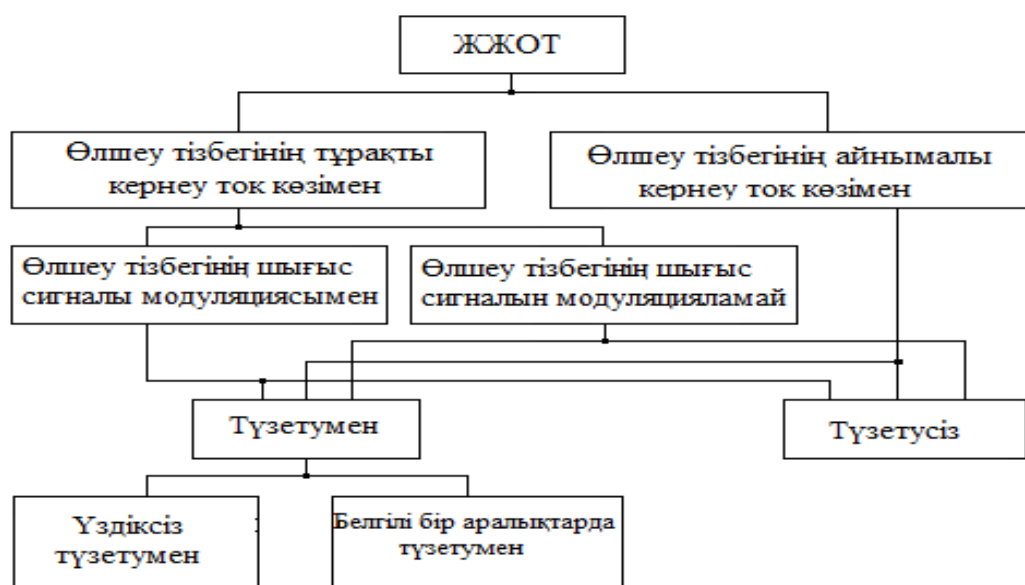
Отандық және шетелдік құрал жасаудың тәжірибесі көрсеткендей, резистивтік датчиктердің жиілік түрлендіргіштерін жасаудың ең перспективалық бағыттарының бірі оны жүзеге асырудың жалпыға белгілі мысалдары ретінде импульсті кері байланысы бар кернеу жиілік түрлендіргіші (КЖТ) және интеграциялаудың бағытын өзгертуі бар КЖТ болып табылатын интеграциялық ашылатын қайта жасау әдісінің [30,с.20] негізінде оларды жасау болып табылады. Осыған ұқсас қайта жасаушылардың құндылығы ретінде кең қызметтік мүмкіндіктері, кедергіге төзімділік, сұлбаларын жүзеге асыру мен дәлдеуінің қарапайымдылығы, технологиялылығы болып табылады. Резистивтік датчиктер параметрлерін жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштер (ЖЖОТ) (3.8, 3.9-суреттер) өлшеулердің жоғары деңгейдегі

дәл құралдардың уәкілетті тобын құрайды және практикада кеңінен қолданылады.



Сурет 3.8 - Жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштердің (а) және өлшеу тізбегінің жалпыланған құрылымы

3.9-суретінде көрсетілген жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштердің жасау әдістеріне жіктеу жүргізейік. Көптеген жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштердің екі үлкен жіктеу тармақтарына бөлетін бірінші жіктеу белгісі ретінде өлшеу тізбегін қуаттандыру түрі алынады. Осы белгі бойынша ЖЖОТ өлшеу тізбегі қуаттандыру ауыспалы кернеуі (тоғы) бар түрлендіргіштер мен өлшеу тізбегі қуаттандырудың тұрақты кернеуі (тоғы) бар түрлендіргіштерге бөлінеді.



Сурет 3.9 - ЖЖОТ жасау әдістерін жіктеу

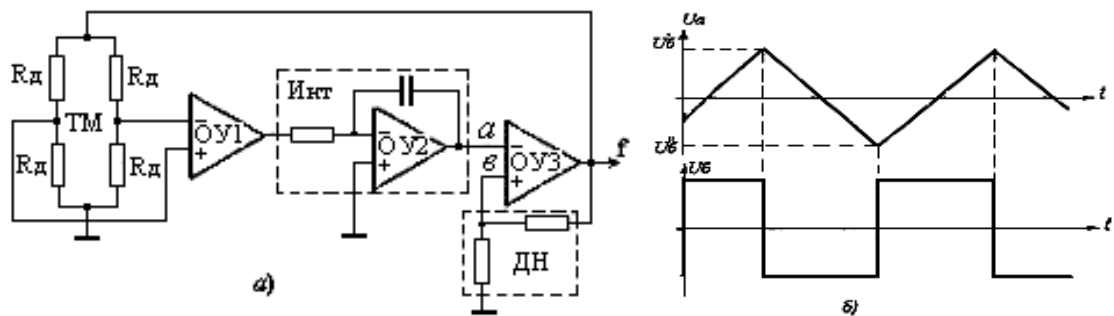
Соңғылары, өз кезегінде, өлшеу тізбегінің шығыс сигналын үлгілеу түрлендіргіштер мен үлгілеусіз түрлендіргіштерге бөлінеді. Өлшеу тізбегі ауыспалы да және тұрақты да қуаттандыру кернеу жағдайларында қарастырылып жатқан түрлендіргіштерінде өлшеу тізбегі қуаттандыру

кернеудің көлеміне байланысты нұсқалықтар қамтамасыз етілетінін, яғни оның тұрақтылығына қатаң талаптар қойылмайтынын айта кету керек.

Сезімталдық шегін барынша азайту жағынан ЖЖОТ коррекция болу белгісі бойынша бөлінеді. Сонымен қатар тексеру үзбей де және кезең бойынша жүзеге асырылу мүмкін.

ЖЖОТ принциптік схемаларының қайта ЭТ қолданылатын бірнеше түрлерін қарастырайық.

1. Өлшеу тізбегінің қуаттандырудың ауыспалы кернеуі бар резистивтік датчиктер параметрлерінің жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштері (3.10-сурет).



Сурет 3.10 - Трансформаторлық сызбасыз жиілік тензотүрлендіргіш

Бұл құралдың тензометрлік көпірі, 0Y1 дифференциалдық күшейткіші, 0Y2 базасындағы интеграторы, кері байланысқа оң тізбектегі кернеуді бөлушісі (КБ) бар ОЕҚ-ға салыстырушы құрылғы бар. Тензо көпірді қуаттандыру тік бұрышты импульстармен жүзеге асырылады. Салыстырушы құрылғы іске қосылуының жиілігі тензо көпір иықтарының салыстырмалы ε қостеңгерісінен шығыс мәніне тікелей тепе тең және келесі формуламен анықталады:

$$f = \varepsilon K_y \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{с}}} \frac{1}{4\tau_{\text{и}}} \quad (3.1)$$

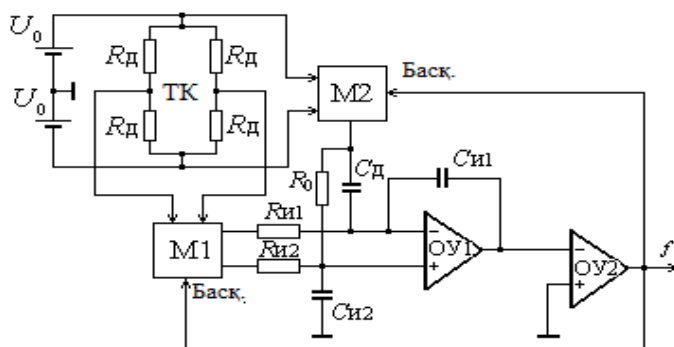
ондағы K_y - 0Y1 дифференциалдық күшейткішті тапсыру коэффициенті; $\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{с}}}$ - осы схема үшін кернеуді бөлушісі шығыс бөлгіші ретінде анықталатын оның қосылу шегінің көлеміне салыстырушы құрылғы шығыс кернеудің көлеміне қатынасы; $\tau_{\text{и}}$ - жинақтаудың уақыт тұрақтылығы.

0Y1 дифференциалдық күшейткішке оның тапсыру коэффициентін тұрақтандыру үшін теріс кері байланысты ендіру кезінде түрлендіргіштің шамамен 0,1% қателігін алу мүмкін.

2. Өлшеу тізбегінің шығыс сигналы модуляцияланатын резистивтік датчиктер параметрлерінің жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштері

Осы топ тармағының түрлендіргіштерін екі топқа бөлуге болады: бірінші топтағы түрлендіргіштерінде салыстырушы құрылғы қосылу тіреуіш деңгейлер өлшеу тізбегінің тұрақты қуаттандыру кернеуінен беріледі; екінші топтағы түрлендіргіштерге өлшеу тізбегінің қуаттандыру кернеуі салыстырушы құрылғының кернеу жиілік түрлендіргіші қосылуының тіреуіш деңгейінен беріледі.

Бірінші топқа жататын жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштері мысалы ретінде 3.11-суретінде көрсетілген сұлба қызмет ету мүмкін. Схемада: тензометрлік көпір ТК; М1 және М2 екі модуляторлары; ОК2-ге ОУ1 және салыстырушы құрылғының операциялық күшейткіштің базасындағы дифференциалдық интеграторы бар. Осы сұлбада, осы параграфта қарастырылған одан кейінгілеріндей де, тензометрлік көпірді қуаттандыруы $\pm U_0$ екі кернеу көздерінен жүзеге асырылады. Осыған ұқсас қуаттандыру көздерін қолдануы, біріншіден, интегратордың кіру жағында сигналды құрайтын синфазалықты кемітуге және, екіншіден, МОП-транзисторларды қолданумен бірге орындалған модуляторларды басқару сұлбасын қарапайымдатуға мүмкіндік береді.



Сурет 3.11 - Резистивтік датчиктер параметрлерінің жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштері

Түрлендіру үдерісі мынадай теңдеумен сипатталады:

$$U_{и} = \frac{U_0}{C_{и}} \left(\frac{2\varepsilon}{R_{и}} + \frac{1}{R_0} \right) \frac{T}{2} - 2U_0 \frac{C_{д}}{C_{и}} = 0, \quad (3.2)$$

осыдан қарастырылып жатқан құрылымды түрлендіру қызметін аламыз:

$$f_{шығ} = \frac{1}{T} = f_0 + \frac{\varepsilon}{2R_{и}C_{д}}, \quad (3.3)$$

Жоғарыда қарастырылған барлық түрлендіргіштер үшін,

- Салыстырушы құрылғы іске қосылудың тіреуіш деңгейлерінің тең болмауымен;

- операциондық күшейткіштер интеграторының нөлін жылжыту кернеуінің бар болуымен;

- операциондық күшейткіштер интеграторының кіру тоқтарының бар болуымен, сондай-ақ операциондық күшейткіштер интеграторының нөлін жылжыту кернеуі мен кіру тоқтарының кездейсоқ өзгерулерінде пайда болатын сұлба элементтерінің жеке шуларының бар болуымен ерекше қателіктер тән қасиет екенін айта кету керек.

Қателіктердің барлық көрсетілген көздері ақырында осы класс тармағынның жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштерінің сезімталдық шегін шектейді.

3. Өлшеу тізбегінің шығыс сигналының модуляциясыз резистивтік датчиктер параметрлерінің жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштері

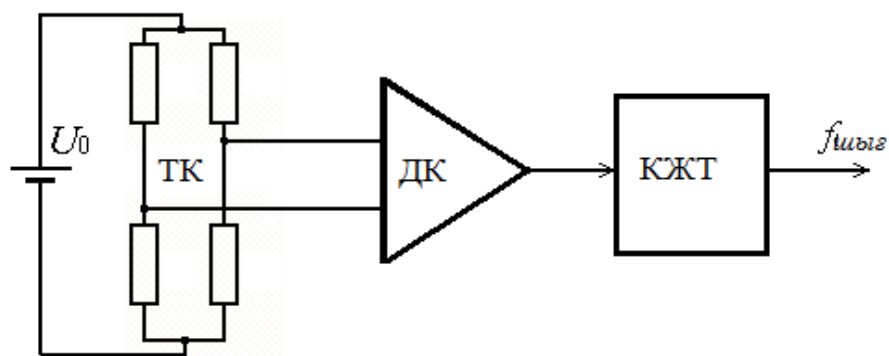
Осы класс тармағының түрлендіргіштері ұзын кабельдік желілерімен жұмыс істеуі үшін кеңінен таралған. Қарастырылып жатқан жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштері дәстүрлі құрылымы 3.12-суретінде көрсетілген және онда бір-бірінен соң қосылған қуаттандыру көзі, тензометрлік көпір, дифференциалдық күшейткіш (ДК) және кернеу жиілік түрлендіргіші бар. Құрылғының түрлендіру қызметінің жалпы түрі мынадай:

$$f_{\text{вых}} = U_0 k S \varepsilon, \quad (3.4)$$

онда U_0 – тензометрлік көпірдің қуаттандыру кернеуі; k – ДК беру коэффициенті; S - кернеу жиілік түрлендіргіші сезімталдығы.

(3.4) формуладан байқалатындай, осыған ұқсас түрлендіргіштің нәтижелік қателігіне толық салмақта қуаттандыру көзінің тұрақсыздығы, дифференциалдық күшейткішті беру коэффициентінің тұрақсыздығы және кернеу жиілік түрлендіргіші сезімталдығының тұрақсыздықтары енген. Сонымен, оларды жүзеге асыру бірқатар техникалық қиындықтарымен: тензометрлік көпірдің қуаттандырудың жоғары тұрақты көзін, тұрақты тоқты дрейфсіз күшейткішті және кіру кернеуді өзгертудің милливольттік диапазонында жұмыс істеуге қабілетті нақты кернеу жиілік түрлендіргіші жұмысымен байланысты.

Қуаттандыру көзі кернеуінің тұрақтылығына қойылатын талаптарды азайту үшін жоғарыда сипатталған кернеу жиілік түрлендіргіші тіреуіш деңгейлерін қуаттандыру диагоналінің кернеуінен қалыптастыру тәсілімен пайдалануға болады. Сонымен қатар өлшеу тізбегі қуаттандыру кернеуге қатысты түрлендіргіш қызметінің инварианттылығына қол жеткізіледі.



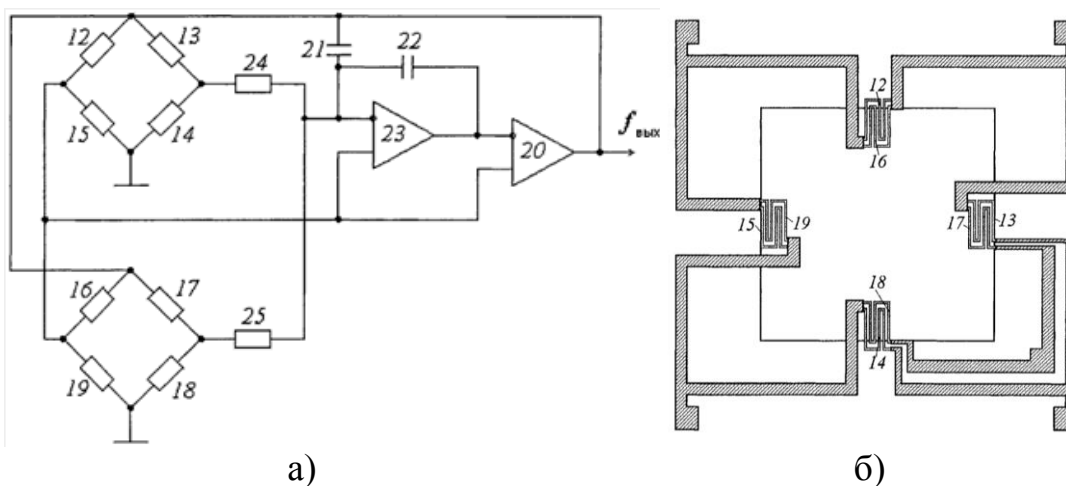
Сурет 3.12 - Өлшеу тізбегінің шығыс сигналын модуляциялаусыз жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштерінің кәдуілгі сұлбасы

Шағын мультипликативтік қателіктерге жету мүмкіндіктері кернеу жиілік түрлендіргіші құрылымын таңдаумен анықталады. Мультипликативтік қателіктердің ең кемін қамтамасыз ету үшін импульстік кері байланысы бар КТЖ таңдау қажет екені баршаға белгілі. Сонымен қатар өлшеу тізбегінен (ӨТ) алынатын төмен деңгейдегі сигналдарды түрлендіру үшін шағын дрефті бар дифференциалдық күшейткішті пайдаланудан бас тартуға, кернеу жиілік түрлендіргіші құрылымында аддитивтік қатені түзететін арнаны қолдануға болады.

Қысымның микроэлектронды датчиктерімен бірге ЖЖОТ қолдану нақты мысалдары [71, 72] көрсетілген. ЖЖОТ негізіндегі электронды түрлендіргіш металды пленкалық датчиктерімен қосылу ерекшеліктерін қарастырайық (3.13-сурет).

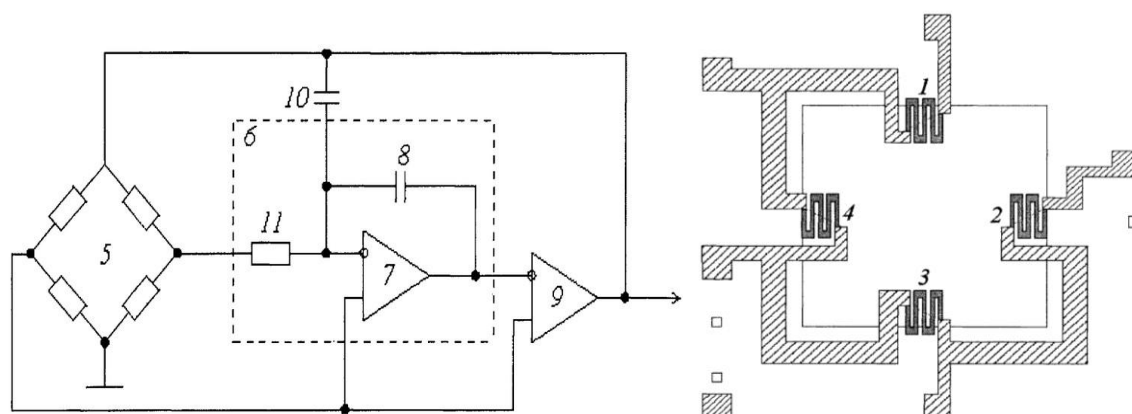
Жиілік шығыс сигналы бар қысым датчигінде корпус, тензокөпірдің иықтарын қалыптастыратын меандр пішіміндегі тензорезисторлар қалыптасқан мембрана, теріс кері байланыс тізбегіндегі алғашқы конденсаторы бар операциялық күшейткіште орындалған компаратор мен интеграторы бар жиілік түрлендіргіштер бар. Интегратордың операциялық күшейткішінің түрлендіретін кіру жолы екінші конденсатор арқылы тензокөпірдің қуаттандыру диагоналінің бірінші төбесімен және интегратордың бірінші резисторы арқылы тензокөпірдің өлшеу диагоналі төбелерінің бірімен біріктірілген. Басқа төбесі интегратордың операциялық күшейткіштің түрлендірмейтін кіру орнына және компаратордың екінші кіру орнына қосылған. Интегратордың екінші резисторы мен қуаттандыру диагоналінің бірінші төбесі компаратордың шығыс орнымен, ал екіншісі – «жер» шинасымен бекітілген екінші тензокөпір ендірілген. Екінші тензокөпірдің иықтары сондай-ақ меандр пішімінде орындалған және оларға ұқсас иықтарына «қондырылған» болып орналастырылған.

МЭД екі көпірлік тензосызбасы бар СЭ топологиясы 12-19 позициялары тензорезисторлар болып табылатын 3.13-суретінде көрсетілген.



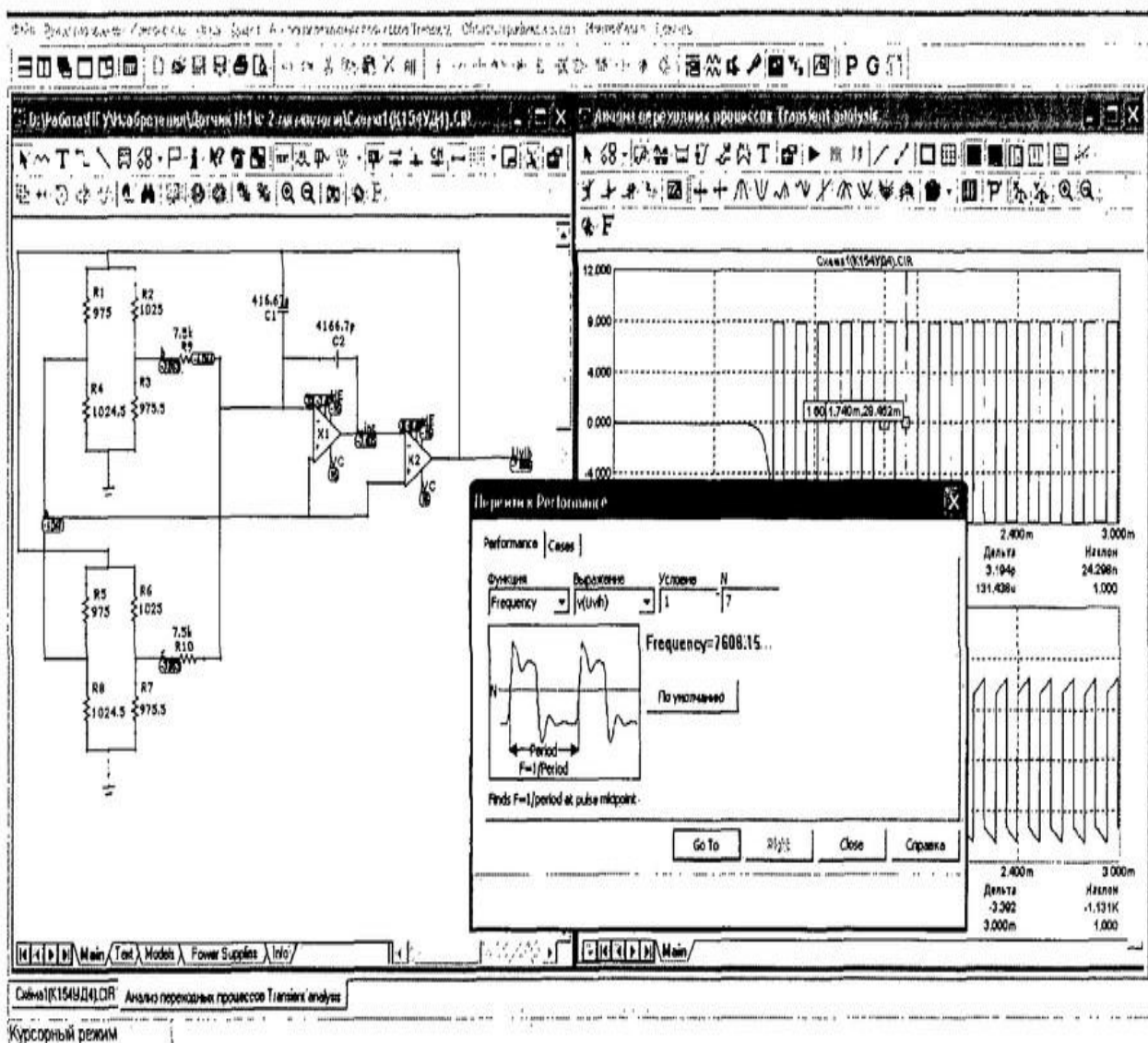
Сурет 3.13 - ЖЖОТ бар қысым датчикті қосуы, екі көпірлік схема (а) және СЭ (б)

1-4 позициялары тензорезисторлар болып табылатын МЭД жалғыз көпірлік тензосызбасы бар СЭ топологиясы 3.14-суретінде көрсетілген.



Сурет 3.14 - Жалғызкөпірлік тензосызбасы бар СЭ топологиясы және ЖЖОТ

3.15 суретте жиілік жинақтайтын орналастырушы түрлендіргіштері бар екі көпірлік схеманы MicroCap бағдарламасында моделдеудің скриншот нәтижесі көрсетілген.



Сурет 3.15 - ЖЖОТ түрлендіргіші бар екі көпірлік схеманы MicroCap бағдарламасында моделдеу

3.4 Жинақталған ON-LINE жүйелерде көппараметрлі жиілік датчиктерінің жұмысына арналған алгоритмдер мен бағдарлама жобалау

Ерекше маңызды нысандардың СМК ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында «өзіміздікі-бөгде» принципі бойынша датчиктерді кезең бойынша сәйкестендіруді жүргізу керек, мұндай сәйкестендіру үшін автордың қатысуымен жасалған ақпараттық жүйе қызмет ететінін айта кету қажет [59, с. 44]. Оны нақтырақ қарастырайық.

Ұялы байланыс құралдарының таратылуының заманауи деңгейі метеорологиялық, фискалды, медициналық және радиациялық бақылаудың жинақталған ON-LINE ақпараттық-өлшеу жүйелерін (ары қарай мәтін бойынша - АӨЖ) қолдану мүмкіндіктерін ашады. Бұл жүйелер ұялы байланыс құралдарын тұтынушыларға, мысалы, орын мен уақытқа байланысты метеопараметрлерін болжамдауы бар қоршаған ортаның жағдайы туралы

ақпаратты беру мүмкін. Сейсмикалық және радиациялық бақылау АӨЖ ТЖМ қызметтеріне радиациялық жағдай мен жер сілкінісін алды-ала бақылауды жүргізу үшін қажет. Медициналық бақылаудың АӨЖ медициналық қызмет көрсетудің сапасы мен жеделдігін жоғарылатудың, сонымен қатар экстремалды оқиғаларда адамдардың жағдайын бақылау перспективаларын ашады. Сонымен қатар, жанартаулардың атқылауы, жарылыстар, су тасқындары мен т.б. әр түрлі табиғи және техногендік құбылыстардың қарқынын бақылау және тіркеу АӨЖ қолдану перспективасы бар. Құру идеологиясы бұрын негізделген техногендік нысандарымен қоршаған ортаны ластандыруын бақылаудың аймақтық жинақталған АӨЖ өзін жүзеге асыру кезегін күтіп тұр.

Осы жинақталған ON-LINE ақпараттық жүйелерінің сезім органдары ретінде метрологиялық және басқа параметрлерін бүкіл жүйенің квалиметрлік және метрологиялық сипаттамалары нақты беретін физикалық шамаларының әр түрлі датчиктері болып табылады. 3.1-кестесінде көрсетілген датчиктердің шығыс электр сигналдарының белгілі түрлерінен бірқатар объективті жағдайлар бойынша ФШД шығыс сигналдың пішімі ретінде жиілікті таңдау ең қолайлы болып табылады:

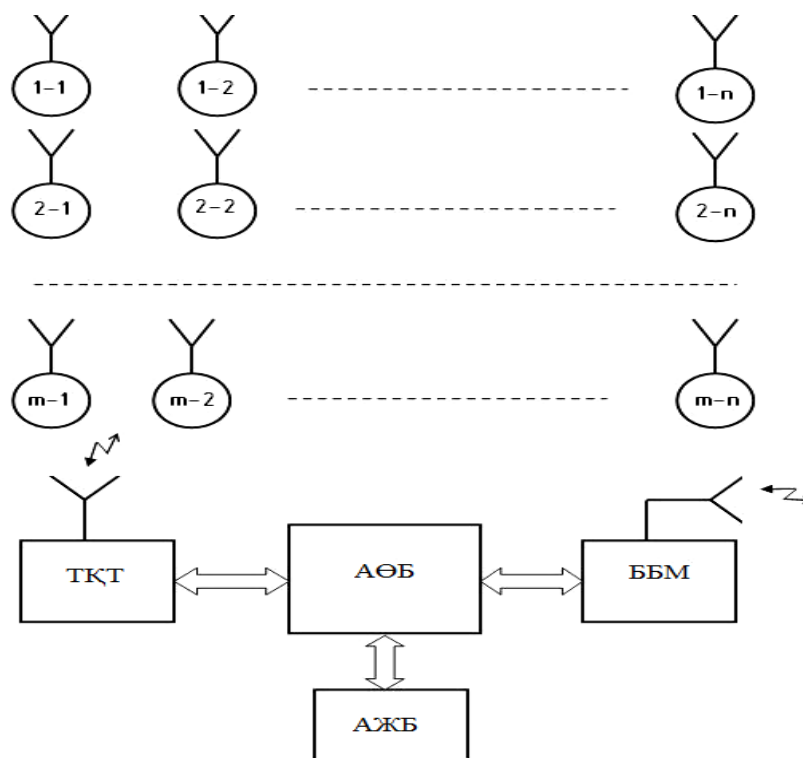
- жиілікті сигналдың электромагниттік кедергілердің әсеріне аумалы күйде болмауы;
- өлшенетін көлемнің тікелей сандық кодын қалыптастыру мүмкіндігі;
- қателіктің көрсетілген шегі бар өлшеудің аз уақыты.

Кесте 3.1

ФШД шығыс электр сигналының түрі	Шығыс сигналының шектері	өлше мі	Кедергіге төзімділігі	Бір дүркін өлшеу уақыты, секундтар
Кернеу (амплитуда)	0 – 1; 1 – 99; 1 - 999	V	Төмен	0,01- 1
Ток	0 – 4; 4 – 20; 0.1 - 99	A	Орташа	0.1 - 1
Төмен деңгейдегі жиілік	$10^3 - 10^6$	Гц	Жоғары	0,001 - 1
Жоғары деңгейдегі жиілік	$10^7 - 10^9$	Гц	Жоғары	$10^{-4} - 10^{-6}$

Ұжымдық қолданудың жинақталған ON-LINE ақпараттық жүйесінің жалпыланған құрылымы 3.16-суретінде көрсетілген. Кез келген алаңдағы мен конфигурациядағы жердің көрсетілген бөлігінде (немесе жылжымалы нысандарда) нысаналық модульдер (НМ) орналасқан, әрқайсысы бір немесе бірнеше ФШД, басқару модулі мен барлық НМ үшін жалпы болатын топтық қабылдаушы тапсырғышпен (ТҚТ) байланысты қабылдаушы тапсырғыш құрамында. ТҚТ НМ-нен алынатын да, мобильдік байланыспен байланыс блогынан модульден түсетін де ақпаратты басқару мен өңдеу блогына АӨБ

қосылған. Уақыттың сол немесе басқа интервалында өлшеу ақпаратты өңдеу нәтижелері ақпаратты жинау блогында (АЖБ) жиналуы мүмкін.



Сурет 3.16 - Ұжымдық пайдаланудың жинақталған ақпаратты-өлшеу жүйелерінің жалпы құрылымы

Жүйенің мақсатына байланысты ондағы НМ саны $2x$ ден 10^4 дейін және одан артық болу мүмкін. Сонымен, мысалы, Мәскеу мен 50×40 км квадраттағы оның айналасы үшін метеожүйені салу үшін жергілікте 250 метр қашықтықта орналасумен 22 мың НМ ($m=160$, $n=200$) қажет. Бұл ақпаратты-өлшеу жүйелеріне ұялы құрал тұтынушысының сұранысы бойынша нақты көрсетілген мекен-жайы мен уақыты бойынша ауа-райы туралы ақпаратты, олардың болжамы мен ретроспективасын беру мүмкін. Барлық НМ ақпаратты бірлесіп өңдеу есебінен бақыланатын жердің кез келген нақты нүктесіндегі ауа райының болжамы мен жағдайы туралы нақтырақ деректер қамтамасыз етіледі.

Ақпаратты-өлшеу жүйелерінің ерекшелігіне байланысты басқару алгоритмінің әр түрлі нұсқалары болу мүмкін, соның ішінде:

- НМ жағдайын кезекпен сұраумен;
- мобильдік байланыс желісіне кезеңдік немесе спорадикалық сұраныспен белгілі НМ-нен ақпаратты берумен;
- НМ-нен оның басқару модуліне ендірілген бағдарлама бойынша ақпаратты автоматты түрде берумен.

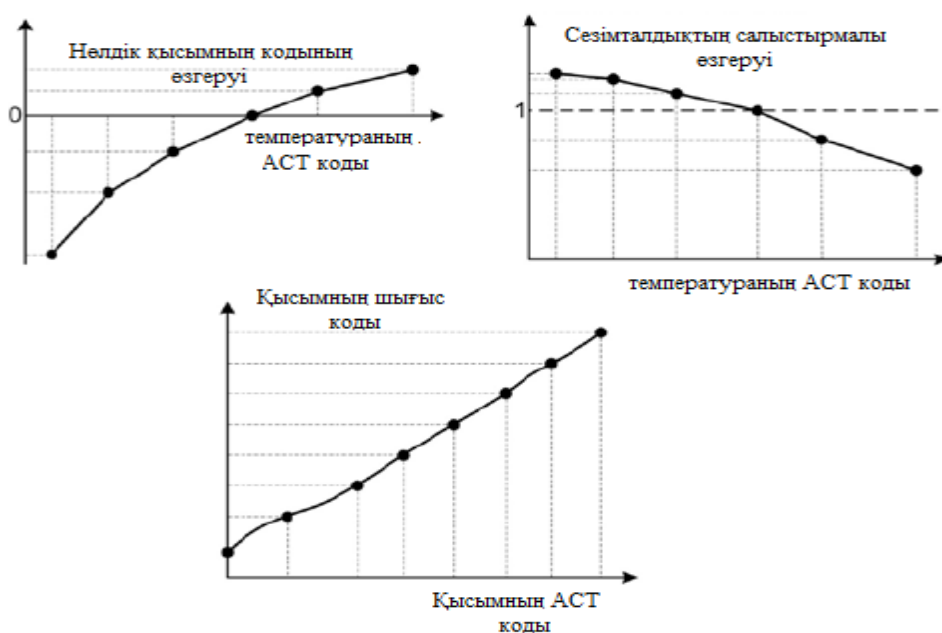
3.5 Физикалық шамалардың көппараметрлі датчиктерінің бағдарламалық жүзеге асырылуы

Қазіргі уақытта, қысым және температура датчиктерінің дәлдігін және параметрлік тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік беретін алгоритмдік-бағдарламалық процедуралар қолданылады [73]. Олардың бірнешеуін атап өтейік:

- түрлендіру функциясын линеаризациялау;
- температура туралы ақпаратты пайдалана отырып термокомпенсациялау.

3.17 суретте көрсетілген қателіктерді азайтудың бағдарламалық жүзеге асу әдісін талдайық.

АСТ-тың бастапқы кодтар сигналынан және температураның АСТ кодтарынан сезімталдығының салыстырмалы өзгеруі АСТ кодтарының өзгеруінің тәуелділігі, сонымен қатар қысым АСТ кодтарының қысымға тәуелділігі екінші ретті түрлендіргіштер мен датчиктерді бірге баптау кезеңінде эксперименталды анықталады. АСТ соң бірінші не үшінші дәрежелі полиномдармен не кубтық сплайндармен аппроксимацияланады. Айта кету керек, қысым АСТ кодтарының қысымнан тәуелділігі емес, қысымның шығыс кодтарының қысым АСТ-нің кодтарынан тәуелділігі аппроксимацияланады.



Сурет 3.17 - Датчиктерден шығатын сигналдардың температураға тәуелділігінің графикалық моделдері

Температуралық және сызықтық емес қателіктерді түзету алгоритмі температуралық қателіктердің аддитивтік және мультипликативтік құраушыларын түзету үшін түзетулерді тізбекті есептеуде, қысымның шығыс кодының алдын ала берілген шекті өзгерістеріне қалыптандыра отырып, сызықтық еместікті түзету және оларды қысымды өлшеу нәтижелеріне енгізу болып табылады. Кубтық сплайнмен градуирлеу және температуралық

ерекшеліктерді екінші дәрежелі полиномдармен аппроксимациялау алгоритмінің Си тіліндегі іске асырылу мысалын көрсетейік:

```
// Аддитивтік құраушыны түзету үшін түзетулерді есептейік
dx = EvalParabola (t,AddParabola);
// Мультипликативтік құраушыны түзету үшін түзетулерді есептейік
k = EvalParabola (t,MultParabola);
// Қысымның аралық кодын есептейік
dp_t = ((dp – dx) – ZeroNcc)*k + ZeroNcc;
// Шығыс кодын есептейік
Out_code = EvalSpline (dp_t,9,Grad,SG).
```

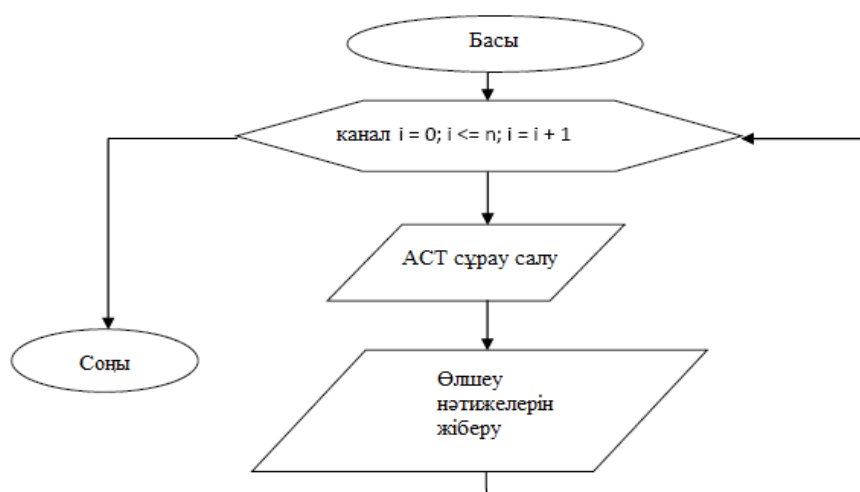
Бұл тәріздес алгоритм абсолютті және артық қысым датчиктерінде және біржақты айырма қысым датчиктерінде де қолдануға болады. Айырманың таңбасы ауыспалы қысым датчиктері үшін бұл алгоритмді қолдана алмаймыз, себебі біріншіден, бұндай датчиктерде бастапқы сигналға градуирлеу ерекшелігінің орта нүктесі сәйкес келеді, екіншіден, жалпы жағдайда бір біріне ұқсамайтын (өлшеудің оң және теріс шектеріне) температуралық қателіктің екі мультипликативті құраушылары болады.

Келесі алгоритм барлық ерекшеліктерді кубтық сплайндармен аппроксимациялау жағдайына арналған.

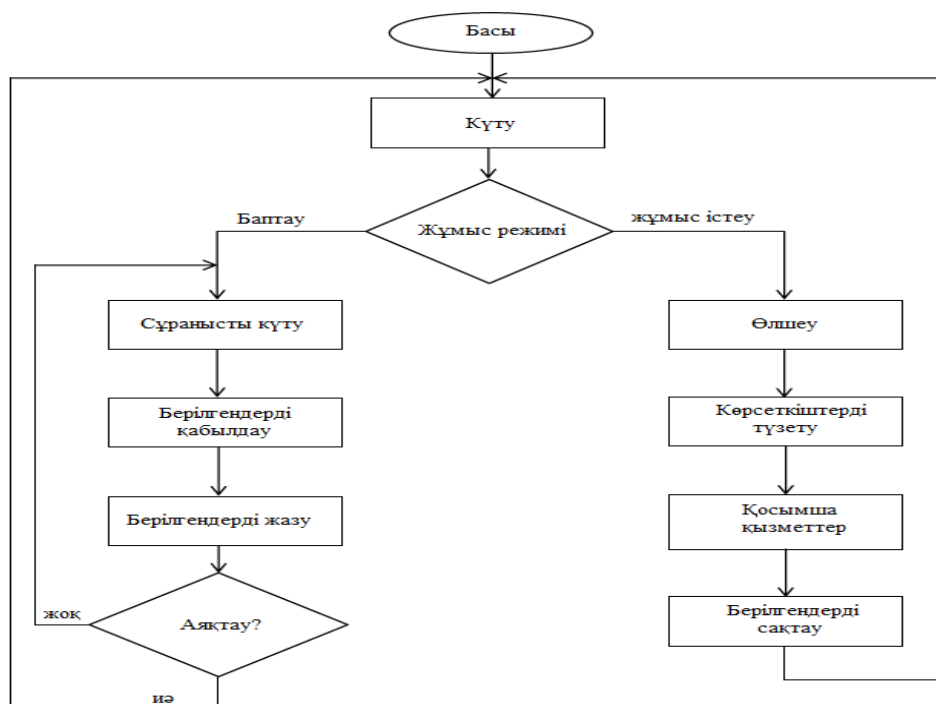
```
// Аддитивті құраушыларды түзету үшін түзетулерді есептейік
fx = SplineAdd (temp);
// Аддитивті құраушыны түзету
adc_code -= fx;
// мультипликативті құраушыларды түзету коэффициентін есептеу
шарты
if (adc_code >= ZERO_NCC_DP) k = SplineMultPos
(temp);
else if (adc_code < ZERO_NCC_DP) k = SplineMultNeg
(temp);
// мультипликативті құраушыны түзету
adc_code = (adc_code – ZERO_NCC_DP)*k + ZERO_NCC_DP;
// Шығыс кодын есептеу
Out_code = SplineGrad (adc_code).
```

Бағдарламалық әдістермен басқарылатын көп қызметті интеллектуалды датчиктер үшін бұл алгоритмдер аса қажетті және күрделі болады [74-76].

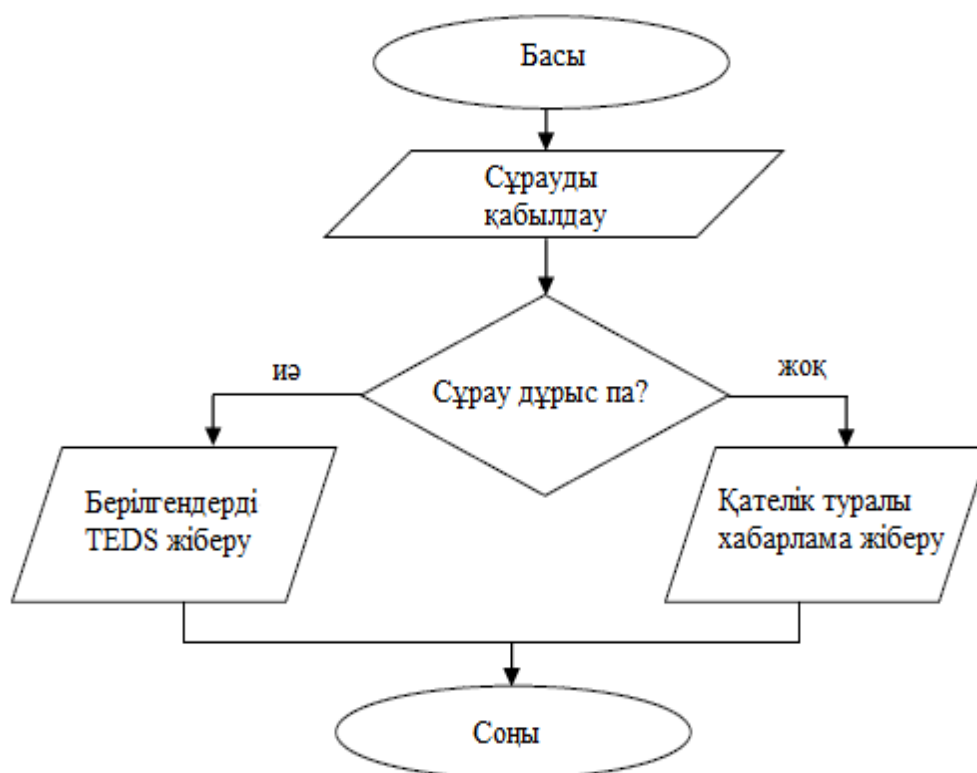
ФШД–нің жұмысын сипаттайтын, бірнеше ерекше алгоритмдер мысалдарын келтірейік (сурет 3.18 – 3.20).



Сурет 3.18 - Өлшеу нәтижесін алудың сұранысын өңдеу алгоритмінің блок–сызбасы



Сурет 3.19 - Интеллектуалды датчиктің жұмысының блок–сызбасы



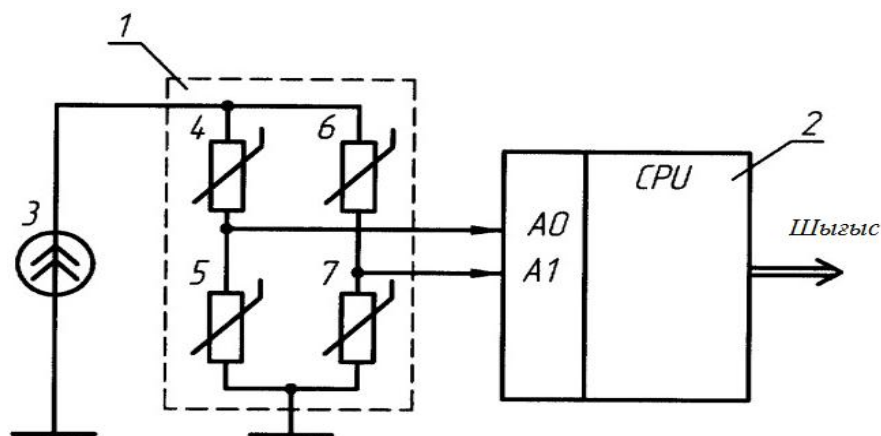
Сурет 3.20 - Датчиктің идентификациялық тану мәліметтерін алу сұранысы алгоритмінің блок–сызбасы

ФШД ерекшеліктерінің температуралық компенсациясының бағдарламалық–аппаратты орындалуын сезімтал элементтердің температураға электрофизикалық ерекшеліктерінің физикалық тәуелділігін қолдана отырып, қосымша термодатчикті пайдаланбай жүзеге асыруға болады [77].

ФШД–нің ауыстыру қызметінің температуралық түзету әдісінің негізі мынада: датчикке ток түрінде электрлік қоректену көзін құрау арқылы, датчиктің электрлік кедергісін өлшеу жолымен оның температурасын анықтау не оның сезімтал элементінің, датчиктің шығыс кернеуін аналогты–сандық түрлендіру және оның алмасу (сезімталдық) коэффициентін бағдарламалық түзету, шығыс сигналын датчикті калибровкалау кезінде орнатылатын, температураға тәуелді болатын, өлшенетін шаманың нақты мәнін датчиктің шығыс сигналының сандық мәнімен байланыстыратын, қызметті бағдарламалық жүзеге асыру негізінде шығыс сигналын ауыстыру. Аналогты–сандық түрлендіру датчиктің дифференциальдық және дифференциальдық емес шығыстық кернеулерінде жүзеге асады, ал датчик температурасын шығыс кернеуінің дифференциальданбаған қосындысының шамасына қарай есептейді.

Физикалық шамаларды өлшеу датчик шығыстарын АСТ кірістеріне коммутаторсыз тікелей қосу және термокомпенсациялау кезінде жүзеге асырылады.

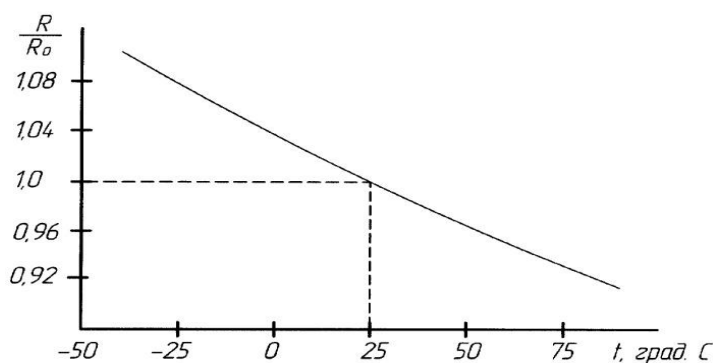
3.21 суретінде түзетуді іске асыру сызбасы, 3.22 суретінде көпірлік сызба пьезорезисторларының кедергілерінің температурадан типтік тәуелділігі көрсетілген



1 – тензодатчик, 2 – микроконтроллер, 3- тұрақты ток көзі, 4-7 – пьезорезисторлар

Сурет 3.21 - Микропроцессорлық термокомпенсацияланған қысым датчигі

Микроконтроллер құрамында күшейткіш, АСТ және калибровка лаудың коэффициенттері жазылған тұрақты есте сақтау құрылғысы болады.



Сурет 3.22 - Пьезорезисторлардың кедергілерінің температурадан тәуелділік графигі. R_0 нормалды температурадағы пьезорезистордың кедергісі

1 датчигі сиымдылықты болуы мүмкін. Бұл жағдайда 4 және 5 не 5 және 7 элементтері дифференциалдық конденсатор элементтерін береді, ал қалған элементтер—көпірлік сызбаға қосылған тұрақты конденсаторлар немесе кәдуілгі резисторлар, ток көзі ретінде айнымалы синусоидальдық ток көзі қолданылады. 3.21 суретте қолданылған электрорадио бұйымдар: ADuC814 микроконтроллері немесе Analog Devais фирмасының ADuC816 микроконтроллері, КЖ101 типтес ток көзі.

Температуралық тәуелділікті түзету үшін 3.22 суретке сәйкес түйірлі-сызықты не полиноминальды аппроксимациялау қолданылады:

$$T = A + B U_{\pi} + C U_{\pi}^2 \quad (3.5)$$

Бұл жердегі: где T – 1 датчик температурасы; U_n – 1 датчиктің 5 және 7 сезімтал элементтерінің кернеуінің жартылай не толық қосындысы; A , B , C – тұрақты коэффициенттер (кез келген таңбалы болуы мүмкін).

U_n шамасынан құралатын, калибровкалау мәліметтері кестесіне сұрау салу арқылы да T температураны анықтауға болады.

1 датчиктің 5, 7 жеке сезімтал элементтеріндегі кернеуді өлшеумен бірге 2 аналогты–сандық құрылғы 1 датчиктің U_d дифференциальдық шығыс сигналын (температураны өлшеу мақсатында) өлшеуді және сандық формаға түрлендіруді жүзеге асырады.

Өлшенетін физикалық шама (Y), датчиктің шығыстық дифференциальдық кернеуі U_d және датчик температурасы T өзара функционалды тәуелділікпен байланысқан

$$Y = C_0 + C_1 U_d T + C_2 U_d T^2 \quad (3.6)$$

Бұндағы: Y – өлшенетін физикалық шама (қысым, күш және т.б.); U_d , T – датчиктің сәйкесті дифференциальдық шығыс кернеуі және температурасы; C_0 , C_1 , C_2 – коэффициенттер, олардың температураға тәуелділігі квадраттық полиномдармен сипатталады:

$$\begin{aligned} C_0 &= a_0 + b_0 T + c_0 T^2 \\ C_1 &= a_1 + b_1 T + c_1 T^2 \\ C_2 &= a_2 + b_2 T + c_2 T^2 \end{aligned} \quad (3.7)$$

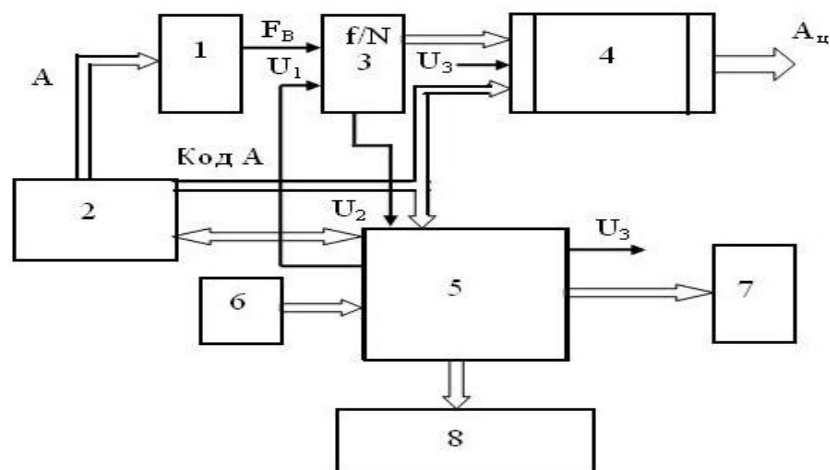
Полиномдардың тұрақты коэффициенттері a_i , b_i , c_i , ($i=0, 1, 2$), с (3.7) әр датчикке эксперименталды түрде анықталады және аналогты–сандық құрылғының микроконтроллерінің тұрақты есте сақтау жадында калибровкалау коэффициенттері кестесінде сақталады.

Микроконтроллер, T температураны өлшеу және U_d датчиктің дифференциальдық шығыс кернеуінің нәтижесін алғаннан кейін, тікелей (3.6) и (3.7) формулалары негізінде немесе 1 датчиктің ерекшеліктерінің түйірлі–сызықты аппроксимацияны қолдана отырып өлшенетін физикалық шама Y нақты мәнін табады.

Мониторинг жүйелері үшін интеллектуалды радиожиілікті датчиктерде сандық сәйкестендіру әдісін қолдану

Дәлдікті арттыру проблемасы көп параметрлі интеллектуалды радиожиілікті датчиктерінде де осыған ұқсас шешіледі. Атап айтатын болсақ, ИРД–дің негізгі және қосымша ақпараттық параметрлерін бірге математикалық өңдеу, құрылымдық және алгоритмдік артықтығымен (көпканалдылығымен) шешіледі [56, с. 84].

Технологиялық түрде бұл ИРД шығыс ерекшеліктерін метрологиялық сәйкестендіру не тексеру үдерісі кезінде сандау арқылы шешіледі. 3.23-суретінде физикалық көлемдегі A радиожиілік датчигін 1 метрологиялық сәйкестендіруді жүзеге асыратын жеңілдетілген құрылым бейнеленген.



Сурет 3.23 - Жиілік датчиктің сипаттамасын сандық сәйкестендіруге арналған орнатқыштың жеңілдетілген құрылымы

Құрылымда физикалық көлемдегі A үлгілі беруші 2, жиілік-сандық қайта жасаушы (ЖСК) 3, есте сақтау құрылғысының тұрақты жады 4, клавиатурасы 6, дисплейі 7 мен принтері 8 бар процессор 5 алдын-ала қарастырылған. Процессордан 5 автоматты режимінде беруші 2 жұмысын, жиілікті-сандық түрлендіргіш 3 іске қосуды, ақпаратты есте сақтау құрылғысының тұрақты жады 4 жазуды, датчиктің 1 метрологиялық сәйкестендіру (тексеру) хаттамасын принтерде 8 рәсімдеу мен басуды басқаруы қамтамасыз етіледі. Тексеру үдерісінде үлгілі беруші 2 датчиктің кіру орнында дискретизациялаудың көрсетілген қадамымен физикалық көлемінің A мәндерін қалыптастырады. Физикалық көлемінің A әр мәніне тексерілетін датчик 1 $F_{\text{в}}$ шығыс жоғары деңгейдегі жиіліктің белгілі мәнін береді, жиілікті-сандық түрлендіргіш 3 шығысында бұл мәннен үлгілі задатчик 2 көрсеткен физикалық көлемінің A сандық мәні ендірілетін есте сақтау құрылғысының тұрақты жадының 4 ұяшығының мекен-жайы ретінде қолданылатын $F_{\text{в}}$ жиіліктің K_A сандық эквиваленті қалыптасады. Үлгілі беруші 2 физикалық көлемінің A барлық дискреттік мәндерін қалыптастырғаннан кейін есте сақтау құрылғысының тұрақты жады 4 датчик 1 тексерілетін нұсқасына тән идеалды талдау тәуелдігінен барлық оның ауытқуларымен бірге датчиктің 1 нақты сипаттамасы сақталады.

3.6 Жинақталған ON-LINE жүйеге арналған көппараметрлі жиілік датчиктердің элементтік базасын тандау және талдау

Бүгіндері радиоарна бойынша сымсыз байланыстың үш стандарты жиі қолданылады: GSM, WiFi және Bluetooth. Бірақ стандарттардың бұл жиынтығы барлық желілік міндеттемелерді оңтайлы шешу үшін жеткілікті емес. Болашағы мол ретінде қолдануында өндіріс, көлік, өмір сүруді қамтамасыз ету, қорғау, қуаттандыру, экологияда және т.б. заманауи сымсыз желілері негізделетін ZigBee стандарты болып табылады.

«Сенсорлық желілер» (СЖ) ретінде танылатын 802.15.4/ZigBee, қайта таратылатын жақын радиобайланыс технологиясы ресурстар мен үдерістерді бақылау және басқарудың өзін-өзі ұйымдастырушысы болуға реттелген жүйелерді дамытудың заманауи бағыттарының бірі болып табылады. Бүгіндері СЖ сымсыз технологиясы датчиктердің жұмыс уақытына қиын мониторинг пен бақылау міндеттерін шешуге мүмкіндік беретін жалғыз сымсыз технология болып табылады. Сымсыз СЖ-ге біріккен датчиктер ақпаратты жинау, өңдеу және таратудың аймақтық-реттелген өз-өзін ұйымдастыратын жүйесін жасайды.

Сенсорлық желілердің өзекті ерекшелігі ретінде хабарламаларды бір элементтен екінші элементке қайта тарату қабілеті болып табылады, бұл хабарлағыштардың аз қуаттылығы кезінде айтарлықтай ұзақ ара қашықтыққа таратуға мүмкіндік береді.

Осы күндері сенсорлық желілер дамуына кедергі болып табылатын мәселелерге мыналарды жатқызуға болады:

- Микроэлектромеханикалық жүйелер негізіндегі физикалық шамалардың әр түрлі сенсорларын өңдеу мәселелері;
- жаппай параллелизм мәселелері (жаппай-таратылатын сенсорлар деңгейінде);
- жасанды интеллект, шешімдерді қабылдау жүйелерінің және т.б. мәселелері;
- сымсыз бақылау және мониторингтеу жүйесін жасауға арналған аппараттық-бағдарламалық кешендерді өңдеу;
- Сенсорлық желілермен қарым-қатынасты қамтамасыз ету бағдарламасын өңдеу;
- Сенсорлық желілердің тораптарына арналған өлшеудің (ұқсас деректерді алу) жаңа әдістерін өңдеу;
- сөйлеу деректерін қысу мен кезеңдік ұқсас сигналдардың тиімді алгоритмдерін жүзеге асыру;
- әр түрлі датчиктерден ұқсас деректерді ендіру үшін жаңа сызбалық-техникалық шешімдерін жасау.

Икемді архитектура, монтаждау кезінде шығындарды төмендету интеллектуалды датчиктердің сымсыз желілерін деректерді берудің басқа сымсыз және сымды интерфейстер арасында ерекшелендіреді, әсіресе, бір-бірімен бекітілген құралдардың көптеген саны туралы әңгіме қозғалған кезде, сенсорлық желілер құралдардың көптеген санын қосуға мүмкіндік береді. Сымсыз шешімдердің құнының үнемі төмендеуі, олардың пайдалану параметрлерін жоғарылатуы телеметрикалық деректерді жинау, қашықтықтан диагностикалау құралдары, ақпаратты алмасу және т.б. жүйелеріндегі сымды шешімдерден біртіндеп қайта бейімдеуге мүмкіндік береді.

Кесте 3.2 - Деректерді сымсыз берудің негізгі стандарттарын жалпы топтастыру

	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi	434/868 МГц	GSM/GPRS/EDGE	3G
Жиілік диапазон, МГц	2400–2483	2400–2483	2412–2484	434/868	900/1800	1885–2025; 2110–2200
Деректерді беру жылдамдығы, кбит/с	250	721	11000/54000	500	14,4/171/473	144/384/2048
Байланыс тың алыстығы, м	200	класс 1 — 100; класс 2 — 10; класс 3 — 1	100	1000	Қамту аймағының барлығында	Қамту аймағының барлығында
Тоқты пайдалану, active мА/sleep мкА	30/1	70/20	450	30/1	350/3500	350/3500
Модульде, ортаға кіру рұқсаты	DSSS	FHSS	DSSS	FHSS	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA/CDMA
Жүйенің топологиясы	«нүкте – нүкте», «жұлдыз», желі	«нүкте – нүкте», «жұлдыз», желі	«нүкте – нүкте», жұлдыз	«нүкте – нүкте», «жұлдыз», желі	Ұялы желі	Ұялы желі
Жиілік диапазоны, МГц	2400–2483	2400–2483	2412–2484	434/868	900/1800	1885–2025; 2110–2200

Тұтынушының нақты қосымшасында Short Range RF тобындағы қандай да стандарттың қолдану саласын жиі анықтайтын үш техникалық параметрлері бар: қуатты пайдалану (немесе тоқты пайдалану), байланыстың ұзақтығы мен деректерді беру жылдамдығы. Осы параметрлердің мәні бойынша келесі көшбасшыларды шартты түрде белгілеуге болады:

- Wi-Fi-да деректерді берудің шекті жылдамдығы бар.
- ZigBee және 434/868 МГц технологияларында ең аз қуатты пайдалануы бар.
- 434/868 МГц технологияларында тіке көру мүмкіндігінде шекті ұзақтығы бар.

Bluetooth стандарттың негізгі басымдылықтарының бірі оның стандарттауының жоғары деңгейі мен тұтынушылық электрондық құралдар құрамында кеңінен тарауында болады. Бұл бірқатар жағдайларда деректерді жинау, телеметрия немесе Bluetooth негізінде басқарудың кейбір жүйелерін жобалау кезінде өңдеу үшін уақыт пен шығындарды шамамен екі есе үнемдеуге

мүмкіндік береді, өйткені деректерді сымсыз алмастырудың бір тарапы ретінде, мысалы, кәдімгі топталып шығарылатын ноутбук немесе деректерді қолдауы бар коммутатор болу мүмкін.

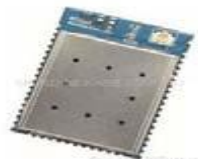
Bluegiga финдік компания Bluetooth-ды мүмкін болатын қолданудың шамамен бүкіл диапазонын жабатын модульдердің кең қатарын (3.3-кесте) ұсынады. Осы компанияның өнімдер қатарында WT41модулін ерекше көрсетуге болады. Дискреттік құрамдас бөліктерінде жиналған жоғары сапалы радиожиилікті бөлігі мен күшейтудің жоғары коэффициенті бар ендірілген арнайы антеннаның есебінен ол байланыс ұзақтығын 1000 метрге дейін қамтамасыз етеді. Бұл модульдің 434/868 МГц технологияларымен жемісті бәсекелесуге мүмкіндігі бар екенін білдіреді. Бұл Short Range RF топтағы екі технологияларының қиылысудың әдеттегі мысалының бірі.

Кесте 3.3

WT41	1-класс .1000 м.қашықтығына дейін. Көлемі 35,3×14×5,65 мм	iWRAP 16 стандарттық бейіндер	
------	---	----------------------------------	---

Ақпаратты беру үшін сымсыз Wi-Fi құралдары IEEE 802.11 стандартымен анықталған жиіліктер спектрінен радио толқындарды пайдаланады. Wi-Fi стандарттың төрт түрі бар (3.4-кесте). 802.11n төрт антеннаға бір уақытта екі жиілік диапазондарында жұмысты қолдайды. Сонымен қатар деректерді берудің қосынды жылдамдығы 150–600 Мбит/с жетеді.

Кесте 3.4

WizFi220	WizFi210 ұқсас Pin-to-pin, бірақ көбейтілген қуатталығымен (17 дБм дейін).	Тек қана Serial-Wi-Fi.	
----------	--	------------------------	---

ZigBee стандартының ерекшеліктерінен шыға отырып, оның жетістіктері мен кемшіліктерін қалыптастырамыз.

Жетістіктері:

- берілетін деректерді қорғау;
- күрделі сымсыз желілерді қолдау;
- ультратөмен қуатты пайдалану (батареядан 10 жылға дейін автономды түрде жұмыс істеуі мүмкін).

Кемшіліктері:

- стандарттаудың төмен деңгейі және күрделі қосымшаларды өңдеу үшін бірыңғай бағдарламалық-аппараттық платформасының жоқтығы;

– деректерді берудің төмен жылдамдығы. ZigBee трафигінің көптеген бөлігі адрестік ақпаратты, синхрондау пакеті және т.б. бар пакеттерді беруіне жұмсалады. Деректерді берудің пайдалы жылдамдығы шамамен 30 кбит/с құрайды (кесте 3.5).

Кесте 3.5

ZE61	Шығыс қуаттылығы 100 мВт (ендірілген күшейткіш); сезімталдығы – 99 дБм; жақсартылған RF-бөлігі; ұзақтығы 4000 м дейін.
ZE51	Шығыс қуаттылығы 2,5 мВт; сезімталдығы – 97 дБм; жақсартылған RF-бөлігі; ұзақтығы 1000 м дейін.

ZigBee стандарттың үлкен қашықтықтарда радиобайланыс үшін арналған 434/868 МГц жиілік диапазондар технологияларымен бәсекелесуге әрекет жасауы көрініп тұр.

Кейбір кезде практикада Short Range RF сымсыз байланыстың қолданыстағы стандарттарының біреуі де өңдеуші қосымшасының талаптарына сай келмейтін жағдайлар кездеседі. Осындай жағдайлар үшін бүкіл әлемде сымсыз байланыс стандарттары жоқ, еркін пайдалану үшін ашық 434/868 МГц радиожілік диапазондардың арнайы тобы бар. Осы РЖ деректерді беруге арналған құралдардың келесі ерекшеленетін белгілері бар:

- Стандарттаудың болмауы. Әр өндіруші радиожелінің құралдары арасындағы өзара қарым-қатынас хаттамаларының өз стегін жасауы мүмкін.

- Құрамдас бөліктерінің көптеген әртүрлілігі. Өндіруші бағасы, интеграция дәрежесі, монтаждау тәсілі және т.б. бойынша жобаның талаптарына оңтайлы түрде сай құрамдас бөліктерін әр кезде таңдау мүмкін.

- 2,4 ГГц диапазонының құралдарымен салыстыру бойынша әрекетінің аса ұзақтығы. ЖЖ-диапазонындағы радио толқындар әр түрлі орталарда таратылу кезінде төмен қарқындылықта өшеді және физикалық кедергілерді жақсы айналып өтеді.

- 2,4 ГГц диапазонының құралдарымен салыстыру бойынша салыстырмалы түрде төмен жылдамдығы.

Short Range RF 434/868 МГц даусыз жетістіктері:

- аса ұзақтығы (10 шақырымға дейін);
- ультратөмен қуатты пайдалануы (батареядан 10 жылға дейін автономды түрде жұмыс істеу мүмкін);
- жеке стекті кедергісіз жасау мүмкіндігі.

Кемшіліктері:

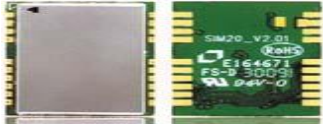
- деректерді берудің төмен жылдамдығы (бірнеше ондық кбит/с дейін).

Sim20 — бұл ендірілген бағдарламалық стеки бар модульдер тобындағы ең бюджетті шешімі деп сенімді айтуға болады.

1. Төмен қуатты пайдалануды сақтай отырып кең аймақтарды сымсыз желімен қамтамасыз ету мүмкіндігі. Бұл тұрғыдан ең болашағы бар ZigBee стандарты болып табылады.

2. Деректермен сымсыз алмасудың жеке бағдарламалық стегін тегін жасау мүмкіндігі. Мұндай мүмкіндікті өндірушіге 434/868 МГц радиожілік диапазондар технологиялары береді (кесте 3.6).

Кесте 3.6

Sim20-A (SimCom)	434 МГц жиілігі. 100 мВт дейін қуаттылығы. Ендірілген бірегей стек. Көлемі 21×13,8×2,6 мм.	
Sim20-B (SimCom)	868 МГц жиілігі. 100 мВт дейін қуаттылығы. Ендірілген бірегей стек. Көлемі 21×13,8×2,6 мм.	

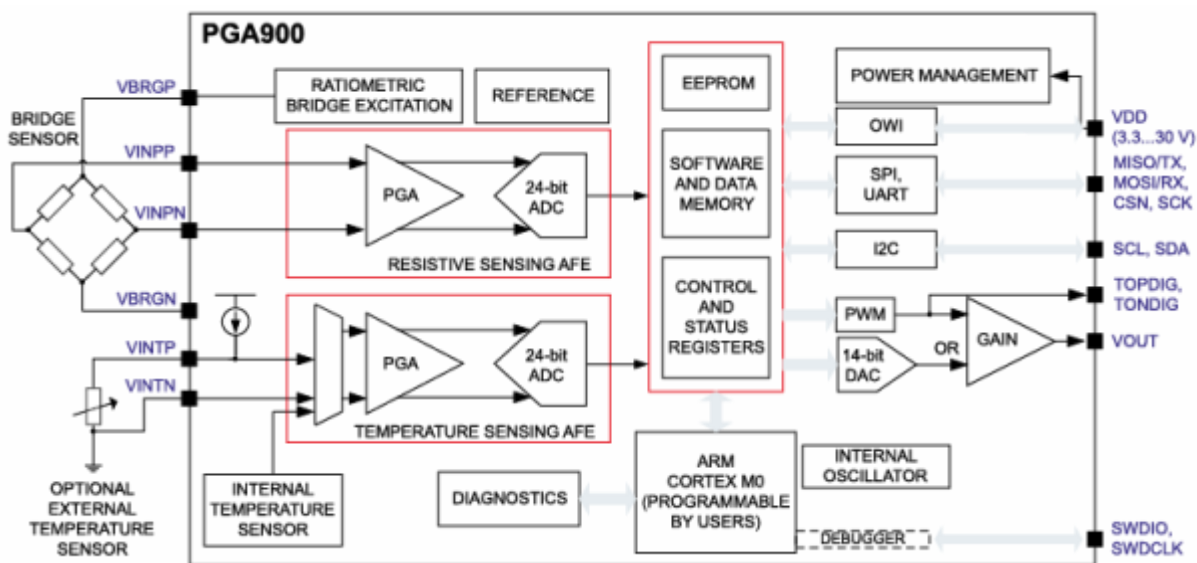
Микропроцессорлық элементтер

Нарықтағы түрлі үлгілер мен түрдегі шағын процессорлар, дабалдық та, өлшеулік те ретінде жеткілікті үлкен мөлшерде ұсынылды, олардың схемотехникалық шешімдерді жүзеге асыруда пайдаланылуы мүмкін болатын олардың кейбірін келтіреміз.

Ішінара, PGA900, PGA300 және PGA400 резистивтік көпіршелі датчиктің сигналын өндеудің толық айналымының мүмкіншілігін ұсынатын жаңа микросхемалар назар аударуды қажет етеді. Ол микросхемалар өлшеу дәлдігін үлкейтіп, ауытқушылық үдерісін қарапайым етуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, оған қойылатын талаптар әлсірегендіктен, датчиктің өзін таңдау үдерісі оңайлатылады.

PGA900 микросызбасы (3.24-сурет) өзімен резистивтік датчиктердің алуан түрлерінен алынатын сигнал өзгеруі үшін қисынды шешімді білдіреді (1-сурет). Микросхема VQFN (6×6 мм) 36-шығару корпусында орындалады және қуаттану кернеуі (3,3...30 В) мен жұмыс температурасының (-40...150°C) кең диапазонында жұмыс істеуге арналған. Датчик сигналының түрленуі кезінде PGA900 АУП 24-бит бастапқы өндеумен және күшейтудің ауыспалы коэффициенті бар бастапқы күшейткішмен екі арнасы ықпалдандырылған. АЦП максималды жиілігі 15,6 кГц сандық ағымды қамтамасыз етеді. АЦП шығар алдында нөмірленген сигнал жайлы алынған ARM Cortex M0 енгізілген контроллер көмегімен пайдаланушы берген бағдарламаға сай өңделуі мүмкін. Енгізілген код көмегімен желілендіру, температуралық компенсация жүргізуге және ықтимал интерфейстердің бірі бойынша жіберу үшін қажетті пішімге сигнал жіберуге болады. шығыс интерфейсі ретінде PGA900-де көптеген шығыстардың бірін қолдану қарастырылды: әлеуетті шығыс, ұзақ импульсты модуляция шығысы, тоқтық шығыс 4...20 мА. бұдан басқа, барлық ішкі регистрлер стандарт интерфейстер арқылы қолжетімді: SPI, I2C, UART. Стандарт интерфейстерге қосымша жалаңсымды интерфейс (OWI) қолдану

ықтимал. OWI деректер алуға және қандай да бір желілерді пайдаланусыз қуат шығару арқылы микросхема параметрлерін конфигурациялауға мүмкіндік береді.



Сурет 3.24 - Блок-схема PGA900

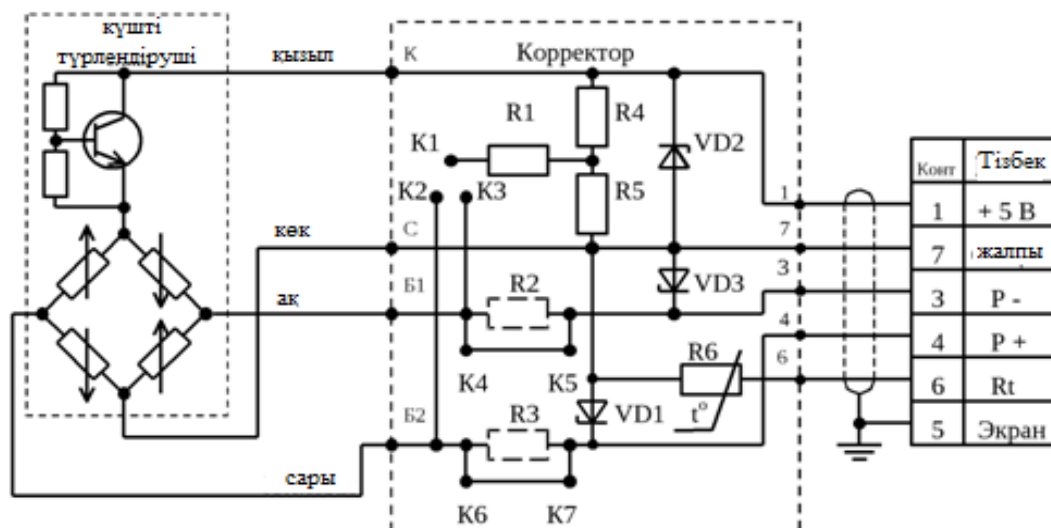
Үшінші бөлім бойынша тұжырым

1. Көп параметрлі датчиктердің сызба–техникалық шешімдерін зерттеу және талдау нәтижесінде қосарланған ИД бағыты таңдалды.
2. Бақылау және мониторинг жүйелерінде қолданылатын ИД болуы тиіс ерекшеліктер мен қызметтердің шарттары анықталды.
3. Температуралық каналды және сенсорлық элементтердің электрофизикалық қасиеттерінің температураға тәуелділігін пайдалана отырып ИД температуралық қателіктерін түзетудің алгоритмдері мен бағдарламалары жобаланды.
4. Кернеу жиілік түрлендіргіші модулін қолдану арқылы жиілік шығысының іске асырылуының түрлі нұскалары ұсынылды.
5. Датчиктердің дербес метрологиялық ерекшеліктерін ескере радиожіілікті датчиктердің дәлдігін арттыру әдістері ұсынылды.
6. Жинақталған ON-LINE бақылау және мониторинг жүйелері үшін көп параметрлі датчиктердің элементтік базасы таңдалды: сымсыз модульдар, микропроцессорлық элементтер.

4 ЖИНАҚТАЛҒАН ON-LINE ЖҮЙЕЛЕРГЕ АРНАЛҒАН КӨППАРАМЕТРЛІ ЖИІЛІК ДАТЧИКТЕРІНІҢ ІСКЕ АСЫРЫЛУЫ ЖӘНЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫ ЗЕРТТЕУЛЕР НӘТИЖЕЛЕРІ

4.1 Көппараметрлі жиілік датчиктерінің іске асырылуы нәтижесі

Диссертацияны орындау үдерісінде кейбірі төменде берілген көпфункционалдық датчиктердің эксперименттік үлгілерінің сызбалық-техникалық және құрылымдық шешімдері сыналды және жүзеге асырылды [80,81-82, 85-86], олардың бірнешеуі төменде келтірілген.



Сурет 4.1 - Қысым мен температураның түрлендіргіші электрлік сызбасы

Түзеткіш тақшасында қоршаған орта температурасын өлшеуге арналған терморезистор орналасады, оның ағымдағы мәні қысым түрлендіргішінің нольдік сигналының температуралық шығу қатынасын есептеу кезінде электронды буынның контроллері қолданады.

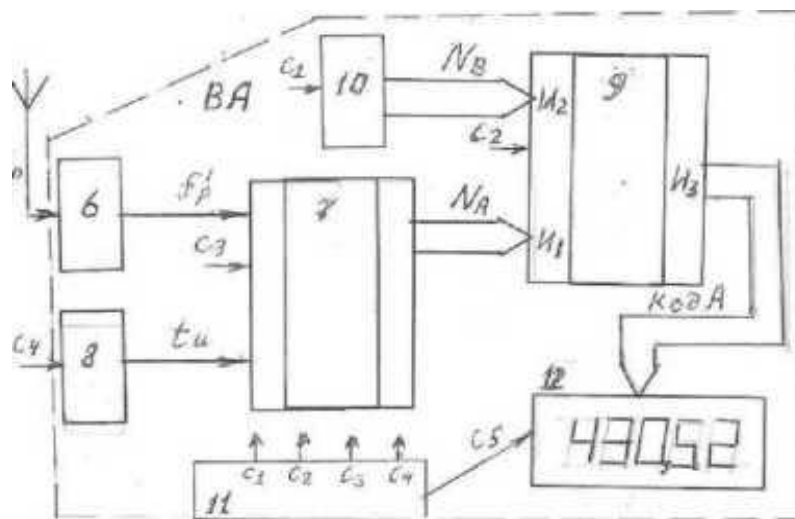
Жоғары жиілік датчигін қолданатын өлшеу арнасы

ЖЖД қолданысы бар өлшеу арнасының функциональдық құрылымдық сызбасы 4.2-суретте көрсетілді.

ЖЖД құрамында өлшенетін кіріс шамасы А қабылдайтын элемент 1 және жоғары жиілікті резонатор параметрлеріне әсер ететін 2 элемент болады, олардан резонанстық жиілік f_p және Q_n сапалылық жүктелген .

Жоғары жиілікті резонатор 2 жиі берілетін автогенератор 3 тізбегіне жалғағандықтан, оның шығысында жоғары деңгейлі жиілік сигнал f_p қалыптасады, ол буферлік күшейіткіш 4 арқылы тасымалдаушы антеннаға беріледі. ЖЖД барлық белсенді элементтері үшін қоректену оның құрылымында 5 қоректену көзінде қарастырылады [80, с. 16].

ЖЖРД таратушы антеннасы сәулелендіретін сигналы f_p екінші аппаратураның (ЕА) қабылдау антеннасының қабылдағышының кірісіне 6 беріледі, оның шығысы сандық жиілік өлшегіштің 7 есептік кірісіне жалғанған.



Сурет 4.2 - Жоғары жиілікті датчигін қолданатын өлшеу арнасының оңайлатылған құрылымдық схемасы

8 қалыптастырушы жинақтайтын есеп интервалы t_u , 7 жиілік өлшеуіш арқылы f_p жиілігінің орталау уақытын береді және нәтижесінде оның шығысында f_p жиілігінің сандық код N_A орын алады, оның мәні өлшенетін А шамасының мәнімен қатаң байланысты болады. Сандық код N_A 9 жад блогының I_1 ақпараттық шығысында да болады.

Ақпараттық кірістердің I_1 тобына жад блогы 9-дан жасаушының 10 шығыстарына ағымдағы уақытында сандық N_A коды түседі. ҚА құрылымдық элементтерінің жұмысын басқару ҚА жұмысының қандай да режімін тапсыратын микропроцессорлық блок 11-мен қамтамасыз етілді.

Екінші аппаратураның жұмысының келесідей нұсқалары болуы мүмкін:

- жад 9-да өту үдерісінің «бейнелер» жазуымен өту үдерістерін бақылау;
- өлшенетін А параметрлерінің мәндерін астрономиялық уақытқа жалғастырумен бақылау;
- астрономикалық немесе ағымдағы уақытқа осы «шығып кетулердің» байлануымен шектік мәндері үшін өлшенетін параметрдің А мәндерінің «шығып кетуін» бақылау;
- арналардың жиілікті немесе адрестік бөлінуі бар бірнеше ЖЖҚ ақпараттарды қабылдау және өңдеу;
- екінші аппаратураның жұмысының басқа да нұсқалары.

Техногендік нысандар шығаратын қоршаған ортаны ластануын бақылаудың және есепке алудың жеке жүйесі

Берілген элемент төтенше оқиғалар және қоршаған ортаны мониторингтеудің жеке элементі, жалпы мониторингтеу жүйесінің аралық элементі болып табылады, ол 4.3 суретте көрсетілген, және белгілі бір жерде қозғала алатын, белгілі бір жағдайларда төтенше оқиғалар негізгі көзі болып табылатын ұялы нысандарға қолданылады [81]. Мұндай нысандарға мұнай өнімдерін және мұнайдың өңделген өнімдерін, сұйытылған газдар, әртүрлі сұйықтарды тасымалдайтын бензин тасушылар, теміржол цистерналары

жағдайы жатады. Мұндай нысандарға төтенше оқиғалар мынадай апатты оқиғаларда болады: мұнай мен мұнай өнімдерінің төгілуі мен жануы, газдың ағып кетуі мен атылуы және т.б., олар қоршаған ортаға материалдық және басқада зияндар әкеледі.

Мұндай мониторингтеу жүйесінің артықшылығы, олар автономды болуы мүмкін, сонымен қатар жалпы ауқымды автоматтандырылған мониторингтеу жүйесінде аралық буынды болады, бұл жағдайда жеке міндетті орындай алады, мысалы, жылжымалы нысанды қоршаған ортанының ластану мониторингі – экологиялық ластанудың нақты көздерін есепке алу жұмысы.

Оразан зор және көбейген техногендік нысандар (ТН) паркі, оның ішінде жердегі, судағы, ауадағы, космостағы көлік құралдары қоршаған ортаға теріс әсер етеді. Тәжірибе жүзінде ластау көзі иесінің әрекетіне әсер ететін қоршаған ортаның ластануын (ҚОЛ) төмендетін тиімді тәсілдер жоқ. Ластау көзі иесіне қоршаған ортаның ластауын төмендетуіне әсер ететін нұсқалардың бірі техногендік нысандар шығаратын ластануды әрбір ластау көзі бойынша белгілі уақыт аралығында жинақтық есепке алу болып табылады. Мұндай бақылаудың болуы әрбір ластау көзі иесінен ластағаны үшін салық алуды ұйымдастырып, ол техногендік нысандар шығарған ластанудың түріне және шамасына пропорционал болады.

Жеке есепке алу міндетін шешу үшін қоршаған ортаны ластауды бақылау жүйесіндегі датчиктер қоршаған ортаны ластауды бақылауға және есепке алу нысандық буынына адаптер арқылы қосылады. Адаптер ажыратудан, блоктаудан қорғанысы бар және техногендік нысанда датчиктермен бірге орнатылған, қоршаған ортаны ластау көзінде процессор, пернетақтамен қоса алғанда дисплей, белгілі уақыт аралығындағы бақылау нәтижелерін жазу және сақтау үшін энергияға тәуелсіз жадымен жабдықталған, астрономиялық уақыт кодымен, сәйкес өлшеулер жүргізілген уақыт интервалы жазылған.

Мониторингтеу жүйесі бірнеше нысандардан тұрады- ластау көзі, әрқайсысына антеналы қабылдағыш-таратқыш енгізілген және ластау көзі әрқайсысы қоршаған ортаны ластаудың мониторингтеудің орталық блогымен (ҚОЛМ ОБ) радиоарналық байланыспен байланысқан, ал қоршаған ортаны ластаудың мониторингтеудің орталық блогы процессор, пернетақта және индикация-сигналдау блоктары, принтер, антеннелы қабылдағыш-таратқыш және қоршаған ортаны ластау көздерін бақылау порттарына жалғану кірістері (сурет 4.3) [81, б. 2].

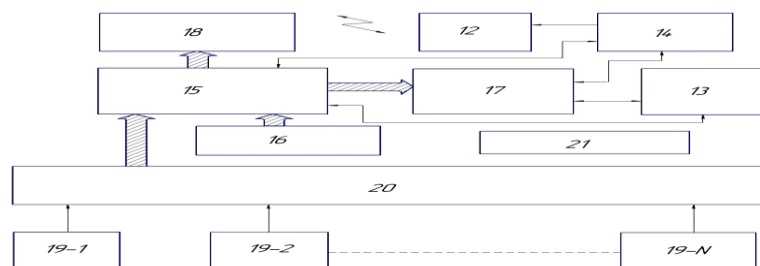
Жүйе қоршаған ортаның ластану мониторингінің орталық буынынан (ҚОЛ ОБ) -1 және ластану көздерін белгілейтін өткізгіш немесе радиоарна арқылы байланысатын көптеген нысандық буындардан тұрады: 2-1...2-N. 3- ластану көзінің адресі, 4- процессор, 5- пернетақта, 6- энергияға тәуелсіз жады, 7- монитор, 8- қабылдағыш, 9- антеналы қабылдағыш, 10-порт, 11- принтер. Ластану көздерінің саны ондаған, жүздеген және одан да көп болуы мүмкін, ал мониторинг жүйесінің өзі көптеген аймаққа қызмет ете алады.



Сурет 4.3 - Қоршаған ортаның ластануын жеке мониторингтеу жүйесінің құрылымы

Нысандық бақылау құралдары бақыланатын аймақтың барлық техногендік нысандарына орнатылады – авто және құрылыс техникаларына, котелдер, тепловоздар, теплоход, әуе транспорттарының құралдарына және т.б.

Техногендік нысанның типіне байланысты әрбір орталық блок сәйкесінше датчиктік аппаратура кешенімен жабдықталады, ол техногендік нысанның уақыт және кеңістік бойынша қоршаған ортаны ластауын жинақтық бақылау жүргізуге мүмкіндік береді. Ол үшін әрбір орталық блок астрономдық таймер және ГЛОНАСС немесе GPS жүйесінің модулымен жабдықталуы керек. Топтық буыннан орталық блогы жүйесінің кез келгенінен ON-LINE режимде немесе уақыттың бір бөлігінде ақпарат сұралады. Алынған ақпаратты тарифтеуден кейін орталық блокта төлем құжаты дайындалып, техногендік нысанның сәйкес егесіне қоршаған ортаны ластау жүргізгені үшін төлем алынады. Төтенші оқиғаларды мониторинг және техногендік нысандарды бақылаудың жергілікті жүйесінің мысалы ретінде жинақталған ON-LINE ақпараттық жүйенің нысандық буынының құрылымын және қалыптасуын қарастырайық. Жинақталған ON-LINE ақпараттық жүйенің қоршаған ортаны ластау орталық блогының құрылымдық сызбасы 4.4 суретте көрсетілген [81, б. 3]. Жүйенің нысандары мен топтық буындары арасындағы ақпарат алмасу орталық блоктың 12 антенасы мен 14 порт арқылы іске асады.

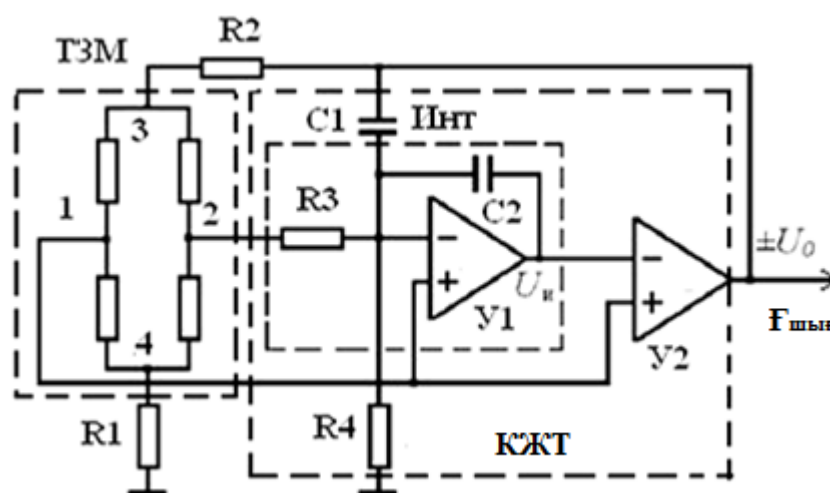


12-антенна, 13-порт, 14- қабылдағыштар, 15-үрдісор, 16-басқару буыны, 17-энергия тәуелсіз жады, 18-дисплей, 19-физикалық параметр датчигі, 20-адаптер, 21-үздіксіз қоректену көзі

Сурет 4.4 Қоршаған ортаны ластаудың жеке мониторинг жүйесінің орталық блогының жалпы сызбасы

Қоршаған ортаны ластаудың мониторинг жүйесінің көліктік нұсқасының жалпы жүйеден айырмашылығы – сымсыз байланыстың нысандық буынның борттық модулы БМ және датчик модулына арналған Bluetooth жүйесінің 22 және 23 қабылдағыштардың болуы. Қоршаған ортаны ластаудың нысандық буынының екі модулдік автомобильдік нұсқасында ДМ орналастыру қажеттілігімен шартталған. Ол ауыр жұмыс жағдайларында, пайдаланған газдар датчиктерінің жанында – автомобиль газ шығару түтікшелері. Ол кезде борттық модулы автомобиль салонында жүргізуші жанында орналасады. Автомобильдің борттық модулы және датчик модулына сымсыз байланысы автомобиль құралдары арқылы осы модулдар арасындағы өткізгішті байланыстың қажеттігін жояды.

Жиілікті түрлендіргіші бар қысым датчигі (4.6-сурет).



Сурет 4.6 - Қысым өлшеуге арналған құрылғының функционалдық схемасы

Қысым датчигінің тензокөпір (ТЗК) шығысында орнындағы сигналдың жиілікті түрлендіргіші құрамында Y1 операциялық күшейткішінде орындалған ИНТ интегратордан және Y2 операциялық күшейткішінде орындалған компаратордан, сонымен қатар теріс кері байланыс тізбегіндегі C1 және C2 конденсаторлары мен R1, R2 және R4 резисторларынан тұрады. Соған қоса R1 және R2 резисторлары қысым датчигінің ТЗК тензорезисторлары жасалған материалдардан жасалған және оның негізінде мембрананың сыртқы сызбасы бойынша орнатылған [72, с.1].

Дифференциалдық қысым датчиктерінде болатындай, ТЗК қандай да бір тараптан тепе-теңсіздік жағдайы туындағанда тензокөпір иықтарының кедергісін салыстырмалы өлшеу шамасы $-0,01$ -ден $+0,01$ -ге дейін ($\varepsilon R = 0 \div \pm 0,01$) диапазондағы өлшенетін қысымға қатысты өзгертін болады. Шаманың бірліктен айтарлықтай кіші екендігін ескере отырып, түрлендіргіштің шығыс сигналы $\Delta F_{шығ}$ жиілігі девиациясы төмендегі формула бойынша анықталатын болады

$$\Delta F_{\text{АУӨ}} \approx \frac{\pm \varepsilon_R}{2(1+2m)C1R_E} \quad (4.1)$$

мұндағы $C1$ – $C1$ конденсаторының сыйымдылығы; $Rи$ –интегратор резисторының кедергісі.

Температура әсерін есепке алмағанда $-0,01$ -ден $+0,01$ -ге дейін (салыстырмалы бірліктердің) диапазонындағы (4.1) өрнегіне сай εR тензokөпір тепе-теңсіздігінен шығатын сигнал жиілігінің тәуелділігі, схемалардың келесі параметрлері жағдайында: тензokөпір кедергісі $RT3K = 700$ Ом, интегратор кедергісі $Rи = 52\,630$ Ом және $R4 = 1250\,000$ Ом, конденсатор сыйымдылығы $C1 = 20$ пФ қосымша резисторлар $R2$ және $R1$ болмағанда ($n = m = 0$), - тепе-теңсіздіктің барлық диапазонында желілік сипатқа ие болады (оң да, теріс те салаларда), тензokөпірдің тепе-теңсіздігінен шығатын сигнал f жиілігі $\varepsilon R = -0,01$ болғанда 5033 Гц-тен $\varepsilon R = +0,01$ болғанда $15\,000$ Гц-ке дейін және $\varepsilon R = 0$ болғанда $10\,000$ Гц-ке тең болып өзгереді.

Тензokөпір иықтары кедергілерінің (өлшенетін қысымға қатыссыз) және тензорезисторға тікелей жақын орналасқан қосымша $R2$ және $R1$ резисторларының кедергілерінің өзгеретін жағдайдағы температура әсерін ескере отырып, бірақ өлшенетін қысымнан механикалық деформацияларға сезімталдығы жоқ аймақта түрлендіргіштің шығыс жиілігі үшін шығыс сигналының жиілігі келесі формуламен анықталатын болады.

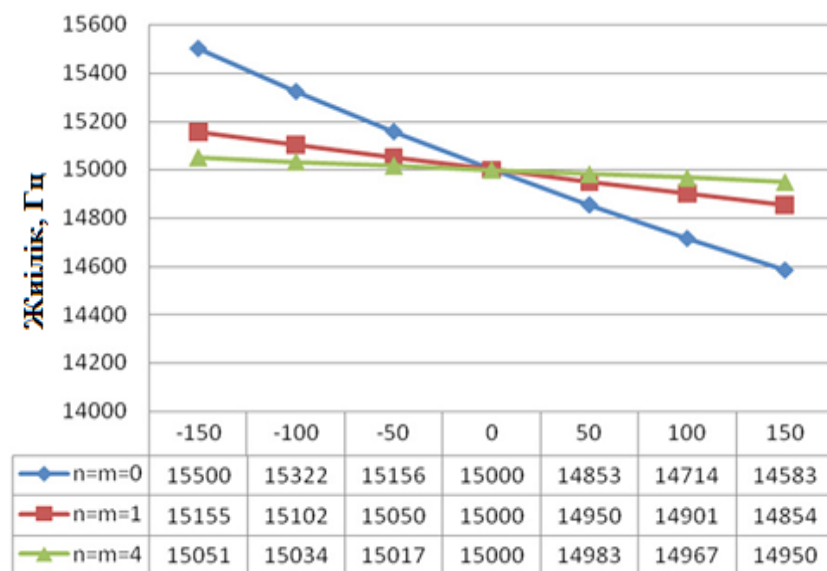
$$F(T) = \frac{1}{2(1 - \varepsilon_{RT} + 2m_T)C1} \left(\frac{\varepsilon_{RT}}{R_E} + \frac{(1 + \varepsilon_{RT} + 2n_T)}{2R4} \right) \quad (4.2)$$

мұнда $\varepsilon R = \Delta R/R$ – қысым әсеріндегі ТЗК тензokөпірдің R кедергісін салыстырмалы өлшеу; $m = R2/R$ және $n = R1/R$ – тензokөпірдің R кедергісіне $R2$ және $R1$ тең қатынастарының коэффициенттері; $Rи$ – интегратор резисторының

кедергісі, мәні $n_T = \frac{n}{1 + \varepsilon_T}$ $m_T = \frac{m}{1 + \varepsilon_T}$ $\varepsilon_{RT} = \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon_T}$ тензорезисторлар

материалының тензokөпір температурасы мен кедергісінің температуралық коэффициентінің шамасын өлшеумен байланысты тензорезисторлардың кедергілерін салыстырмалы өлшеуге тәуелді.

4.7-суретте $+0,01$ тензokөпірінің тепе-теңсіздік жағдайындағы температурадан және $R2$ мен $R1$ (n мен m) қатынасынан түрлендіргіштің шығыс жиілігінің тәуелділігі көрсетілді.



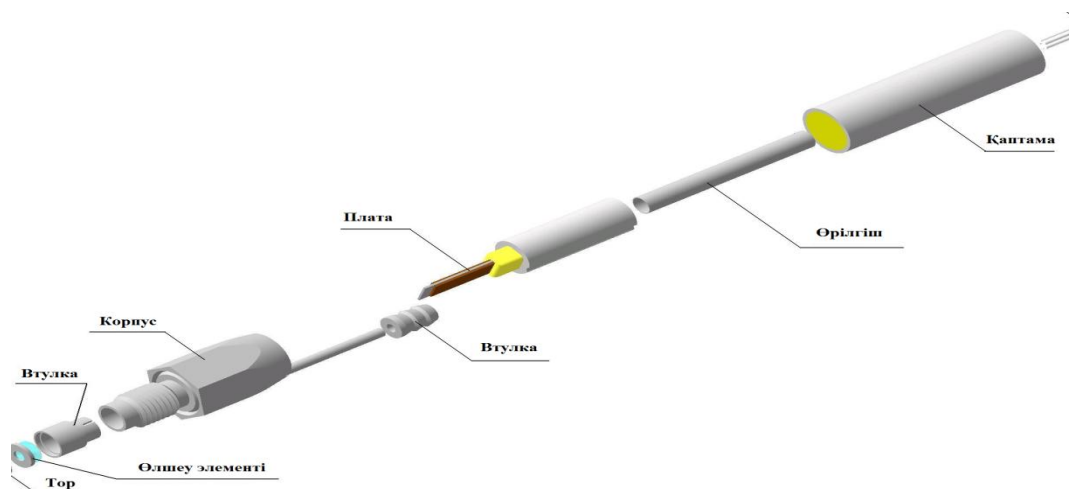
Сурет 4.7 - Температурадан және $R2$ мен $R1$ (n мен m) қатынасынан түрлендіргіштің шығыс жиілігінің тәуелділігі және тензокөпір тепе-теңсіздігі $=0,01$

$m = R2/R$ және $n = R1/R$ ($m = n = 1; 4$; және т.б.) ара қатынастарын үлкейтумен $R2$ және $R1$ құрылғыларының схемасына қосу және оларды қысым датчигі мембранасы негізіне орналастыру барысында, 4.7-суретте көрсетілгендей, шығыс сигналы жиілігінің түрленуінің температуралық қателігінің азаюы орын алады.

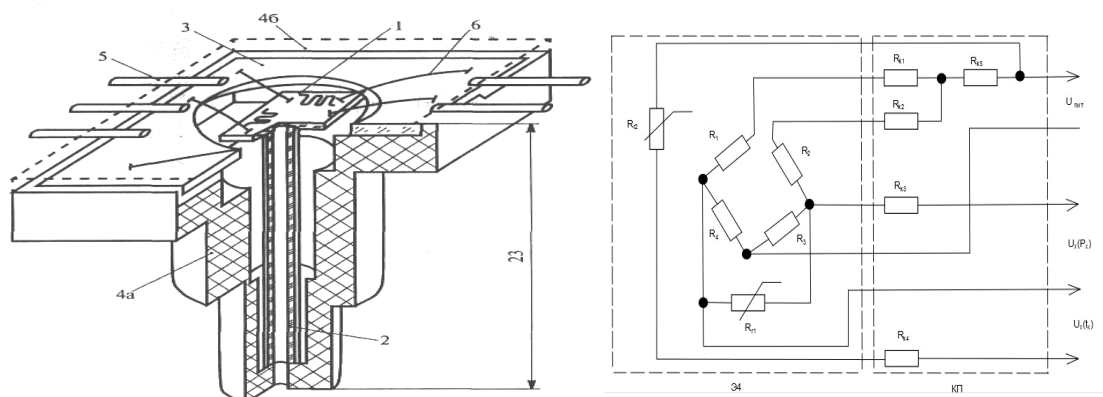
$R2$ және $R1$ шамаларын үлкейтумен, мысалы, төрт есе ($R2 = R1 = 2800 \text{ Ом}$), температуралық қателік $+0,01$ тепе-теңсіздігі жағдайында $10,34\%$ аспайды.

Көпқызметтік датчиктердің жүзеге асырылған құрылымдары

Диссертациялық жұмысты орындау барысында микроэлектронды датчиктер жасаудың құрылымдық-технологиялық шешімдерін зерттеу жүргізілді, оның нәтижесінде эксперименталды үлгілер жасалынды [82-90].



Сурет 4.8 - Қысым мен температураның шағын датчигінің электронды 3D – үлгісі



1–қабылдау штуцері, 2–ПЧЭ, 3–КП, 4а–корпус, 4б–қақпак, 5–сыртқы электр шығысы, 6–ішкі электр шығысы, 7–қуыс, 8–терморезистор (R_a), 9–пьезорезистор (R_1 – R_4), R_{k1} – R_{k5} –компенсациялық резисторлар

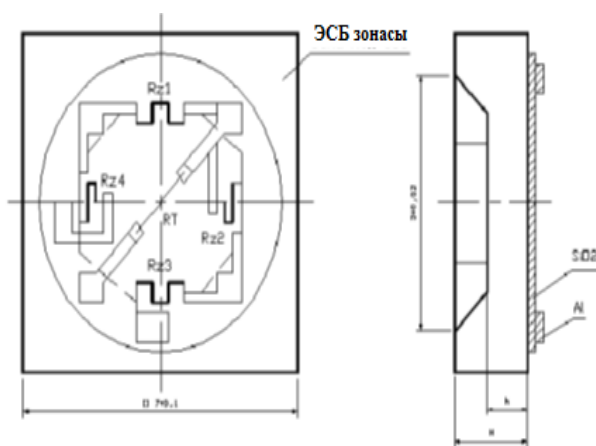
Сурет 4.9 - Қысым мен температураның микроэлектронды біріктірілген датчигі

Жартылай өткізгіш сезімтал элемент (4.9-сурет, 1-қалып) құрамы шыны шығыршықпен электростаттық тәсілмен байланысқан кремнийлі кристалдан тұрады. Кремнийлі кристалл денесінде кірістірілген технологиясы әдістерімен пьезорезисторлы және терморезисторлы элементтер қалыптасқан. Өткізгіштері бар 6 көпірлі схемасы нормаландыратын жұқапленкалы компенсациялық тақшаға бірігеді. Өлшенетін параметрге сәйкес келетін электр сигналы сыртқы электр шығысына беріледі.

Датчик корпусы мен қақпағы көпорынды қысу қалыптарды қолданумен құйма қысу-автоматта поликарбонаттан дайындалады. Қысым мен температураны қабылдайтын элемент Уинстон көпіріне байланысқан пьезорезисторлары бар және бірі термокомпенсациялау үшін қызмет ететін, ал екіншісі термодатчик болып табылатын терморезисторлары бар шағын кремний бейінді кристалл болып табылады. Датчик дәлдігіне өту кедергілерінің әсерін азайту үшін кристалдағы барлық аралық элементті қосылулар жоғары легирленген аймақтар түрінде орындалған.

Бір датчиктегі қысымды және температураны өзгерту қызметтерін байланыстыру датчиктер санын азайту бойынша басымдық алып қана қоймайды, өлшеу ортасымен жанасатын сезімтал элементте болатын нақты температуралар бойынша сандық әдіспен қысымның температуралық қателіктер арнасын түзетуге мүмкіндік алады [31, с. 38; 73].

Зерттеу жұмысын жүргізу барысында бірі термо және пьезорезисторлар негізінде 4.10-суретінде көрсетілген қысым мен температураның біріктірілген датчиктеріне арналған бірқатар СЭ мен ӨМ жасалды.



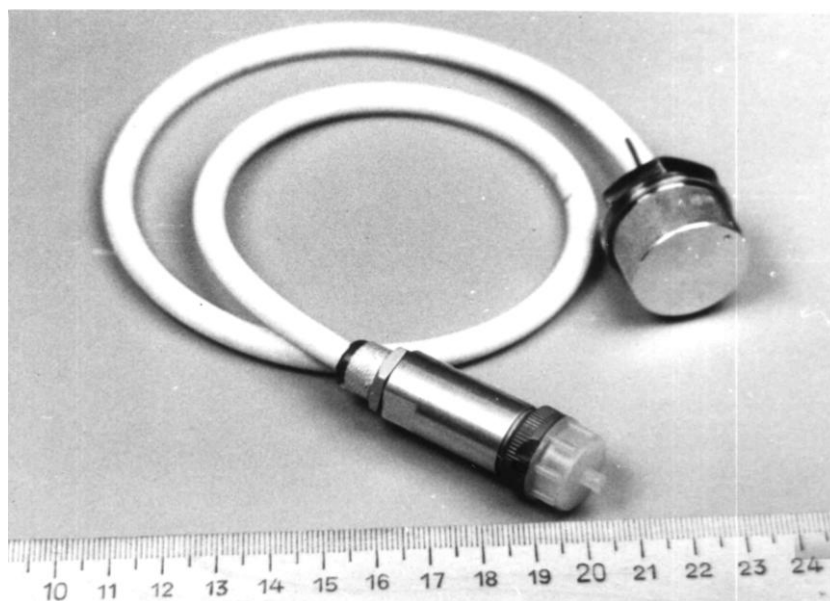
а)



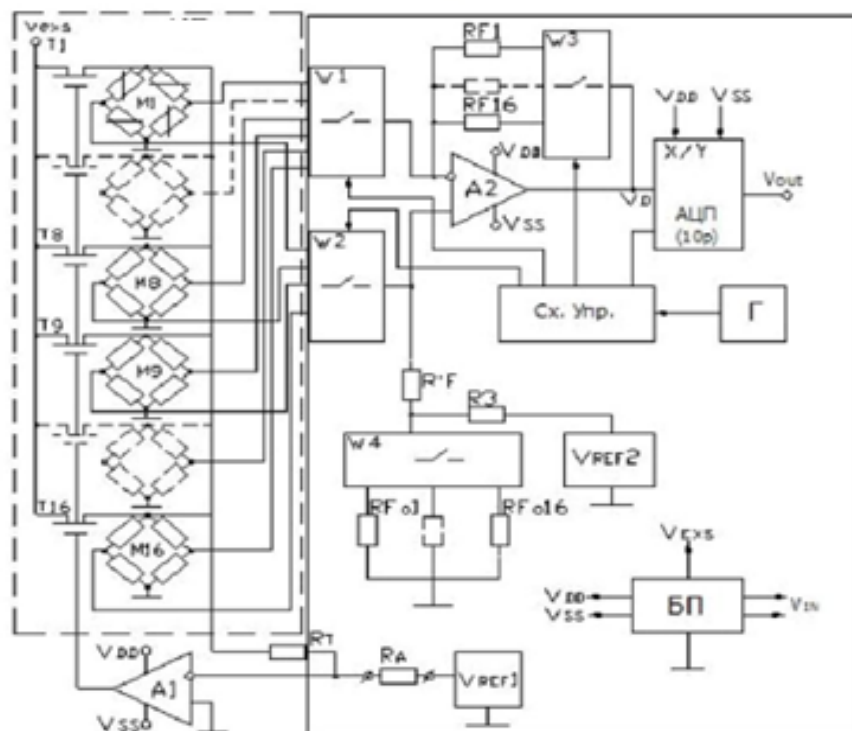
б)

Сурет 4.10 - Қысым мен температураның ФШД ПСЭ: а – топологиясы, б – сыртқы түрі

Жүргізілген жұмыстарға сүйене отырып, жинақтау негізінде арналарды электронды сканерлейтін көпарналы микроэлектронды датчиктің макеті жасалынды (сурет 4.11 және 4.12) [93].



Сурет 4.11 - Арналарды электронды сканерлейтін көпарналы микроэлектронды датчиктің макеті



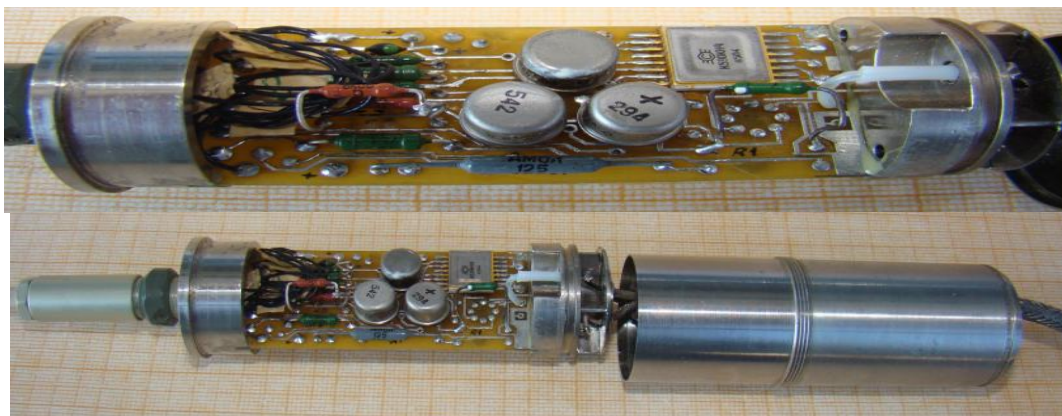
Сурет 4.12 - Көп арналы микроэлектронды датчиктің екінші ретті электронды түрлендіргішінің қызметтік сызбасы

Жүргізілген жұмыстарға сүйене отырып, жинақтау негізінде қысым және температураның сыйымдылық датчигі эксперименталды үлгілері жобаланды және жасалынды (сурет 4.13) [94].



Сурет 4.13 - Қысым мен температураның сыйымдылық датчиктерінің құрамдас бөліктері: қабылдаушы элемент, сезімтал элемент және өлшеу модулі

Жиілікті шығысы бар сиымдылықты датчиктің екінші ретті электронды түрлендіргішінің макеті жиналды және тексерілді.



Сурет 4.14 - Қысым мен температураның сыйымдылық датчиктерінің ішкі электронды түрлендіргішінің макеті

4.2 Жасалынған қоршаған ортаны қорғау мен мониторинг жүйесінің бағдарламалы-аппаратты кешені

Электрониканың, микроэлектрониканың, сандық жүйелердің, микроконтроллерлердің, робототехникалардың, ақпараттық технологиялардың және т.б. бағыттардың дамуы мен жетілуі арқасында бақылау мен мониторинг жасау үшін ақпараттық жүйелер мен ұялы қосымшаларды жасаудың қарқынды дамуы байқалады. Себепші болатын факторлардың бірі болып табылады - электронды конструктор және электронды құрылғыларды жедел жасаудың ыңғайлы платформасы - Arduino. Бұл платформа бағдарламалау тілінің ыңғайлылығы мен қарапайымдылығының, сонымен қатар түрлі техникалық салалардағы ашық архитектурасы мен бағдарламалық кодының арқасында кең қолданымға ие.

Осы кезде көмегімен ауаның, температураның сапасын, көмір қышқыл газының немесе ауадағы уытты заттардың деңгейін, ылғалдылықты және т.б. өлшеу мүмкін болатын тасушы құрал түріндегі технологиялық экологиялық жеке датчиктер саны айтарлықтай өсті. Бұл құрылғылардың мөлшері шағын және жиналған деректер талдау мен оларды бастапқы жиналған ақпараттармен салыстыруға мүмкіндік беретін қосымша Bluetooth и Wi-Fi-мен жабдықталған. Дегенмен, халық саны 1 миллион және одан да көп қалалар үшін атмосфералық ауа сапасының мәселесі, мегаполистің табиғи-климаттық шарттары ластанған түтін, тұман мен шаң қоспаларының қалыптасуына алып келетін атмосфераның жер бетіне жақын қабатта ластаушы заттардың шектен тыс жиналуымен сипатталатындықтан, талдау жасауды барынша көп талап етеді. Желсіз ауа райында немесе әлсіз табиғи желдету жағдайында атмосфералық ауаның ластануы халық денсаулығына кері әсерін тигізетіні және жедел шешуді талап ететін анағұрлым өзекті экологиялық мәселе болып табылатыны белгілі.

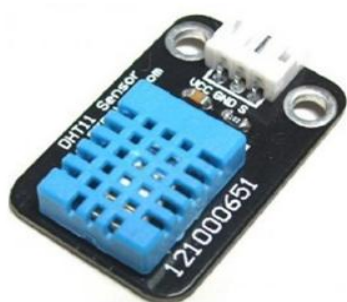
Жоғарыда көрсетілген мәселелерді негізге ала отырып, қоршаған ортаны бақылау мен мониторинг үшін АЖ жасау қажеттілігі туындайды.

Осы жұмыста белгілі мәселелерді шешу үшін біз негізі түрлі датчиктер арқылы қоршаған орта жайлы ақпарат алу мүмкіндігі болатын, сонымен қатар түрлі атқарушы құрылғылармен басқарыла алатын Arduino базасында құрылғы құрастыратын қоршаған ортаны бақылау мен мониторингтің локалды жүйесін ұсындық. Arduino негізгі басымдықтарының бірі - құрылғы программаторларды қолданусыз USB арқылы бағдарламаланады [96].

Қоршаған ортаны бақылау мен мониторингтің локалды жүйесінің құрамын қарастырайық.

Датчиктер және олардың негізгі сипаттамалары

Жүйе жасау үшін 4.15-суретте көрсетілген келесідей қызметтік жабдықтар, датчиктер:



а)



в)



с)

а)–температура датчигі, в)–Wi-fi модулі, с)–вибрация датчигі

Сурет 4.15 - Мониторинг жүйесінің блоктар жиынтығы

Модуль мен датчиктердің негізгі сипаттамаларын қарастырайық.

1. Температура датчигі сипаттамалары:

Кесте 4.1

Атауы	Өлшеу диапазоны	Ылғалдық дәлдігі	Температура дәлдігі	Ажыра- тымдылық	қосылысы
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	±5%RH	±2°C	1	бір ретті

2. Wi-Fi Modul, платформа: ESP8266EX. «Smart Connectivity платформасы (ESCP) жоғары өнімділігі жиынтығы, ғарыштық және электр шектеулі ұялы тұғырнама пайдаланушыларға арналған жоғары жиынтықты сымсыз құрылғы болып табылады.

3. Сезімталдықты реттейтін діріл датчигі (сандық және аналогты шығыстары бар)

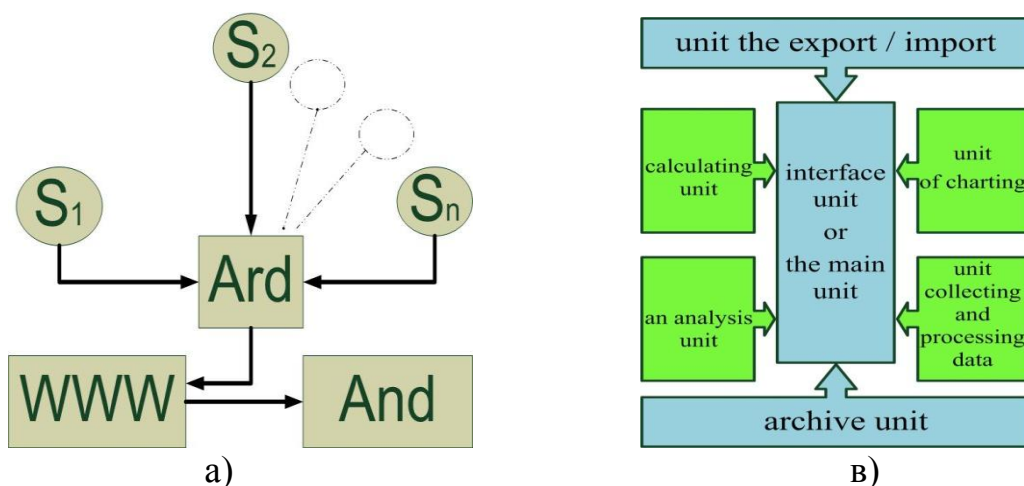
4. Arduino Uno технологиялық платформасы.

5. Ардуино платформасына температура датчигін қосу сызбасы

Көрсетілген датчиктер негізінде нақты уақыт кезеңінде берілгендерді жинау және талдаудың жүйесін, мысалы температура, ауадағы көмірқышқыл газының немесе улы заттардың концентрациясын анықтау жүйелерін құруға болады. Датчиктерді қосудың сызбалары Ардуино платформасының нұсқаулығында келтірілген [95].

Бағдарламалық қамтамасыз етудің және ақпараттық жүйенің құрылымы

АЖ алдына қойылған міндеттерге қатысты БҚ мен АЖ құрылымы да өзгертін болады, және деректерді жинау, өңдеу және сақтау әдістер де өзгеруі мүмкін. Ақпараттық жүйе құрылымы ақпараттық ресурстарды тиімді басқаруды қамтамасыз ету үшін үлкен мәнге ие. АЖ құрамының арқасында ақпараттық ағымдардың өтуін қиындататын және негізінде БҚ жұмыс істейтін қызмет ету сапасына кері әсерін тигізетін ақпаратты жоғалту қаупін өсіретін кейбір элементтерді анықтауы мүмкін.



Сурет 4.16 - АЖ (а) құрылымы және бағдарламалық жабдықтар (в) құрылымы

Бағдарламалық қамтамасыз ету мен ақпараттық жүйе құрылымы пайдаланушыларға да, жасаушыларға да АЖ жұмыс принципін түсінуге, АЖ элементтерінің санын анықтауға және оның қандай тетіктерден тұратынын білуге мүмкіндік береді.

Деректерді жинау әдістері және талдау

Жұмыстарды талдай отырып [97-100], қоршаған ортаның жағдайына мониторинг жасау мүмкін болатын ақпараттық жүйеден алынған деректерді жинау мен өңдеу әдістері анықталды. Талдау нәтижесінде өлшеулер мен қадағалаулардың мынадай әдістері анықталды:

- Стационарлық
- Ұялы

– Қашықтықтан

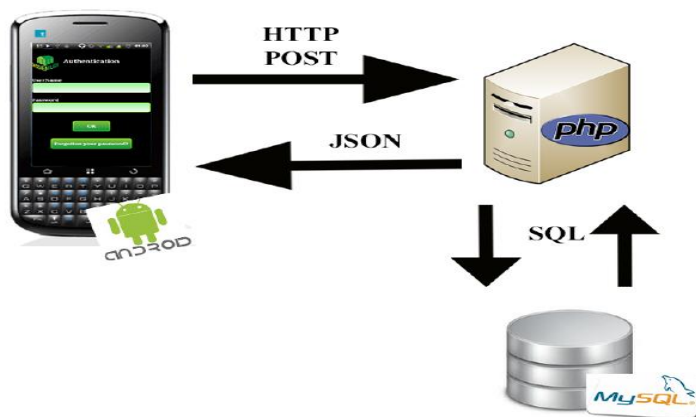
Ұсынылған әдістердің әрқайсысы параметрлерді бақылау қажеттілігіне, параметрлер санына, ортаға, қолданатын құрылғыларға, ақпараттық жүйеге және т.б. қарай өзіндік басымдықтары мен жетіспеушілігі болады.

Қазіргі уақытта кең тараған қоршаған ортаны бақылау мен мониторингтің локалды жүйелерінің мынадай түрлерін атап көрсетуге болады:

- ReliaSENS 18-12, радиация деңгейін және (қалауы бойынша) дыбыс ластануын иондаушы, электромагниттік өрістерді ауаның сапасын параметрлерді жинау және талдауға мүмкіндік береді, қоршаған ортаны мониторингтеу жүйесін орнату оңай, ықшам жүйе болып табылады.

- Poseidon2 4002 қоршаған орта жағдайларын қашықтан мониторингтеу жүйесі болып табылады. Бұл жүйе температураны, шамдар қосулы қалуын немесе есіктер сервер бөлмесінде ашық қалуын және т.б. нәрселерді тексереді. Посейдон көптеген хаттамалармен үйлесімді, деректер тіркеушіні, электрондық поштаны және SMS ескертулерін де қамтиды. Ол SensDesk онлайн порталына немесе бұлтқа датчиктерді жүйелер арқылы қосуға болады.

- WISE-MUSE жобасында қоршаған ортаны үнемі бақылап отыратын және мониторинг объектісінде болған жағымсыз өзгерістерді бақылауға, есепке алуға мүмкіндік беретін мобилді қосымша жобаланған. Ол қосымшаның клиент–серверлік архитектурасы 4.17 суретте көрсетілген.



Сурет 4.17 - Мобилді қосымшаларға арналған клиент–серверлік жүйе

Көпқызметтік датчиктер және олардың қоршаған орта мен технологиялық параметрлерді мониторингілеуге арналған жүйелері ішкі және сыртқы пайдалануға да, сонымен қатар тұрғын үй, өнеркәсіптік және үштік барлық секторлары үшін де жарамды. Датчиктер моделіне байланысты температура, байланыстағы температура, салыстырмалы ылғалдылық, жарықтандырушылық, атмосфералық қысым және электр қуатынан, газдан, судан және т.б. болатын импульстерді есептеу секілді бір немесе бірнеше параметрлерді өлшеуге болады.

Мобильдік қосымшаның көмегімен құрылғылар мен сенсорларға қашықтан қол жеткізу жүйенің бүкіл элементтерін мониторингтеу үдерісін

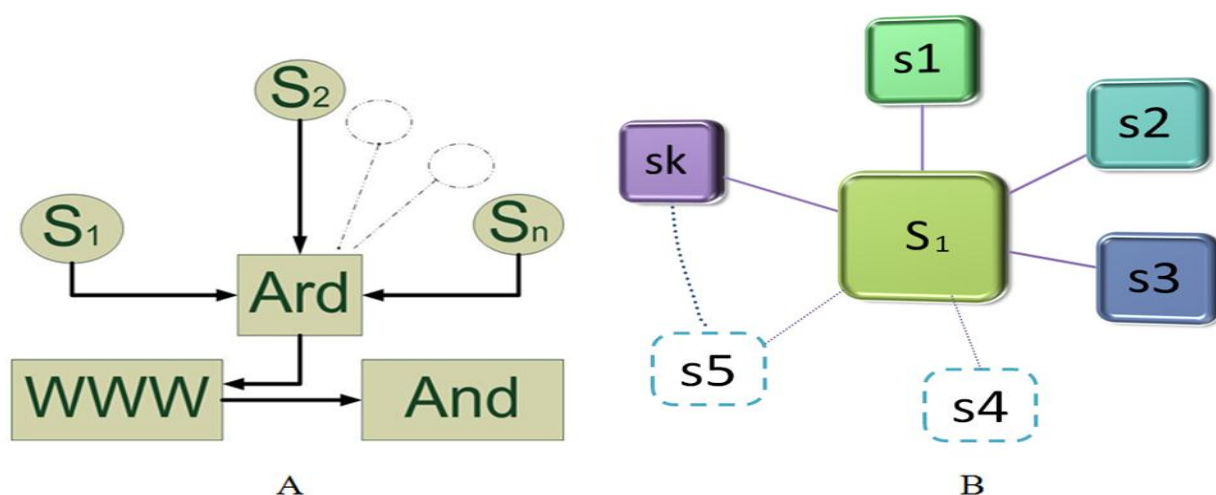
қарапайым ететін барлық жүйенің жұмыс істеу қабілетін бақылауға үлкен мүмкіндік береді. Деректерді анағұрлым күрделі статистикалық талдауды орындау үшін әр түрлі пішімдерде және бағдарламаларда экспорттауға болады.

Қоршаған ортаны мониторингтеу бойынша ақпараттық жүйе түрлі тағайындалымдардағы датчиктерден ақпараттар жинауды жүзеге асырады. Анықталған құрылымның әр элементінде ақпаратты өңдеу уақыты жүйенің әр элементінің сенімділігіне, өңдеудің жалпы уақытына және ақпараттың нақтылығына байланысты бүкіл жүйенің қызмет ету сапасына айтарлықтай әсерін тигізеді.

Қоршаған орта (жүйе) мен олардың құрылымдарын мониторингтеу бойынша заманауи жүйелерді талдау нәтижесінде негізгі параметрлер, көппараметрлік датчиктер жиі қолданылған техникалық және өнеркәсіптік бағыттар анықталды. Жүйенің элементтеріне қатысты деректерді жинау және ақпаратты өңдеу уақыттың түрлі аралығында жүзеге асырылады. Әр жүйенің мүмкіндіктері біршама ерекшеленеді, бірақ датчиктердің тіркелген деректерін жинау, өңдеу және сақтау бойынша негізгі қызметтерін толықтай орындайды.

Ақпараттық жүйе (АЖ) құрылымы ақпараттық ресурстарды тиімді басқаруды қамтамасыз ету үшін қажет. АЖ құрылымы АЖ қызметінің сапасына кері әсерін тигізетін ақпараттық ағымдардың өтуін қиындататын және ақпаратты жоғалту тәуекелдігін көбейтетін кейбір элементтерді сәйкестендіруге көмектеседі.

Көппараметрлі датчиктерді қолдану, белгілі болғандай, ондағы негізгі маңызы – көппараметрлі датчиктерді (бірнеше датчиктер біреуінің құрамында) интеграциялайтын ауқымды, тиімді және ықшам шешімді қамтамасыз ететін қоршаған ортаны бақылау және мониторингтеу бойынша жүйе құрылымын қарапайымдандырады.



WWW – Бүкіләлемдік тор; Ард - Ардуино uno; $S_1, S_2, S_3 \dots S_n$ - көпқызметтік датчиктер;
 $S_1, s_2, s_3, s_4, \dots sk$ - датчиктер; И - Android үшін қосымша.

Сурет. 4.18 АЖ құрылымы (А) және көпқызметті датчиктің қызметтік құрылымы (В)

Табиғи және өнеркәсіптік нысандарды мониторингтеудің ақпараттық жүйелерін ендірудің мәселелері мен әдістерін талдау қарастырылды. Деректерді сақтауға, интеграциялауға және іздеуге жаңа тәсіл жасалған. Тәжірибелік қолданушылық мобильдік қосымшаны пайдалана отырып, кеңістік деректерін өңдеу мен талдау үшін ақпараттық жүйелер жасау тәжірибесімен дәлелденеді. Бағдарламалық қамтамасыз ету мен ақпараттық жүйе құрылымы тұтынушыларға да, өндірушілерге де АЖ жұмысын түсінуге, оның элементтер санын анықтау мен оның қандай бөлшектерден тұратынын білуге мүмкіндік береді.

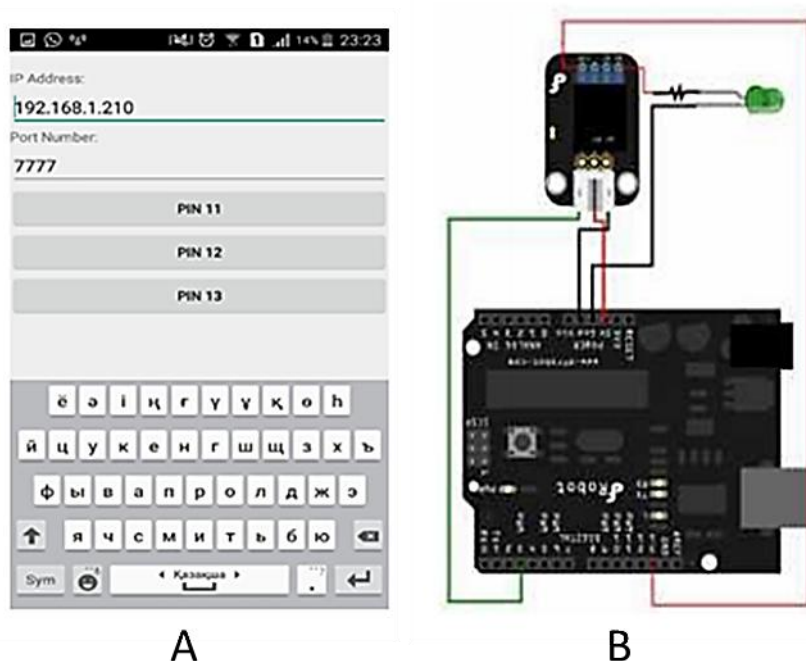
Датчиктер санын азайту және қызметтік мүмкіншіліктерді көбейту физикалық параметрлерді (көлемді, салмақты) кемітудің арқасында экологиялық мониторингтеудің жасалған және қолданыстағы жүйелеріне қатысты басымдылық береді.

Android қосымшасының бағдарламалық қамтамасыз етуін жасау

Windows Mobile, Symbian, iOS және Android секілді қосымшаларды жасауға арналған бірнеше платформалар бар. Ұсынылып жатқан жүйеде Android платформасының қосымшасы жасалды, өйткені көптеген телефондар мен ыңғайлы құрылымдар Android ОЖ-сін қолдайды. Android қосымшаларын жасау үшін SDK пакетін қолданатын Java-бағдарламалау тілі қосымшаны жасау және жүзеге асыру үшін пайдаланылған. SDK-да жөндеуші, кітапхана, құжаттамасы, код және жетекшілік мысалы бар телефон эмуляторы секілді зерттемелеу құралдарының толық жиынтығы бар.

Мобильдік қосымша датчиктер мен бұйрықтарды /мобильдік құрылғыдан сенсорға және кері деректерді жазу, жіберу және қабылдау уақытын тексеруге арналған.

Негізінде, электрондық жабдықтың релелік ауыстырып-қосқышы ретінде құрылғының бірнеше түрлерін пайдаланылуға болады, мысалы, электр жарығы, электр қозғалтқыштар мен көптеген басқа да электрондық құрылғылар. Бұл жүйеде реле микроконтроллер немесе контроллердің құрылғысы өңделген шығу мәнімен берілетін тәртіпке сай автоматты түрде ажырату үшін пайдаланылады. Құрылғы жалын релесін жөнге келтіру және электрондық құрылғыларды ажырату үшін қолданылады. Реле байланысқа Arduino Mega қосылады және сонымен қатар электрондық құрылғыға қосылған. Бұл құрылғыға AC / DC электрондық құралдар мен штырлы кабельдер мен ажыратқыштарға арналған Kit Relay құрылымын өзіне қамтиды.



Сурет 4.19 - Мобильдік қосымша (А) және ретрансляцияны конфигурациялау мысалы (В)

Құрылғыны сынау

Тестілеу үш кезеңде өтеді, дәлірек айтқанда: тестілеуді қосу/ажырату, күңгірт тестілеу және жазуларды ағымдағы электрлі тестілеу. Тестілеу Android-смартфондар (LG P500 ICS 4:04) және виртуалды iPhone-дарда жүргізілді. Біріншіден, тестілеу жүргізілер алдында ол смартфон Басты мәзірге жету үшін журналдағы уақыт деңгейін қанша уақыт алатынын білу үшін орындалады. Уақыт осы қосымшаның басты мәзірде орналасқан тоқтың кіруі мен өзгерілуі үшін қаншалықты ұзақ уақыт алатынына қарай өлшенеді. Бұл тестілеу тұтынушы күтетін уақыттың өте ұзақ еместігіне кепіл ету үшін қажет, осы тестілеу нәтижесі 2-кестеде көрсетілді. 1-кесте басты мәзірге жету үшін жүйеге ең көбі 5 секунд керектігін көрсетеді. Сымсыз байланысты қолданумен виртуалды iPhone және виртуалды Android басты мәзірге жетудегі ең төмен уақыт болып табылады, сол кезде ең жоғарғысы EDGE желісін қолданатын виртуалды андроид болып табылады. Осылайша, екі смартфонда жүргізілген эксперименттер негізінде жүйеге сәтті кіру мүмкіндігі EDGE желілерінде 100% кем емес құрайтыны анықталған. Күтудің ең көп уақыты - төрт секунд. Қосымша енді өте жылдам жұмыс істейді деген қорытынды жасауға болады.

Кесте 4.2 - Жүйеге кіру уақытын тестілеу

Device	Network	Time Request	Results
Virtual iPhone	Wireless	3s	Success
Virtual Android	Wireless	3s	Success
	3G	4s	Success
	EDGE	5s	Success

Осы жүйе үшін келесі тестілеу «Қосу/ажырату» және қараңғылату болып табылады. Бұл тестілер Android (LG P500 ICS 4:04) смартфондары мен виртуалды iPhone-ды қолданумен жүргізіледі. Тест осы қосымшаның электрондық құрылғысын қалайша қосуға, ажырату мен қараңғылатуға болатындығын көру үшін жасалған. «Қосу/ажырату» және қараңғылату тестілеудің нәтижесі, соған сәйкес, 4.3 және 4.4 - кестелерде көрсетілді.

Кесте 4.3 - «Қосу/ажырату» тестілеу нәтижесі

Device	Arduino Pin	Electronic Device	Dim
Virtual iPhone	Pin 5	Lamp	ok
	Pin 4	Lamp	ok
	Pin 3	Lamp	ok
Virtual Android	Pin 5	Lamp	ok
	Pin 4	Lamp	ok
	Pin 3	Lamp	ok

Кесте 4.4 - Жарықтандыру тестісінің нәтижесі

Device	Arduino Pin	Electronic Device	ON	OFF
Virtual iPhone	Pin 5	Lamp	ok	ok
	Pin 4	Lamp	ok	ok
	Pin 3	Lamp	ok	ok
Virtual Android	Pin 5	Lamp	ok	ok
	Pin 4	Lamp	ok	ok
	Pin 3	Lamp	ok	ok

4.3 және 4.4 - кестелері жүйе шамды қосуды/ажыратуды және сөндіруді басқаруға қабілетті екенін көрсетеді. Осылайша, екі смартфонда орындалған эксперименттер негізінде электрондық құрылғыны ажырату және қосудағы сәттіліктің пайыздық мүмкіндігі 100% құрайтыны анықталған. 4.5 - кестеде android және Arduino арасында өзгерістер жасау үшін қажет болған уақыт көрсетілді.

4.5 – 4.7 - кестелерде, мұнда T1 – Android smartphone-нан Arduino Uno дейінгі уақыт, T2 – Arduino Uno-дан sensor-ға дейін уақыт, T3 – толық уақыты (1 цикл) бар датчиктерді тестілеу нәтижелері берілді.

Кесте 4.5 - Нәтижелерді тестілеу (DHT11)

DHT11 - Temperature and humidity			
№	T1	T2	T3
1	2	3	4
1	1150,5	271	1421,5
2	1194,5	272	1466,5
3	1147	271	1418
4	1199	271	1470

4.5 – кестенің жалғасы

1	2	3	4
5	1158	273	1431
6	1159	273	1432
7	1101	271	1372
8	1161	272	1433
9	1182	271	1453
10	1175	273	1448
11	1209	272	1481
12	1125	272	1397
13	1089	271	1360
14	1175	271	1446
15	1019	273	1292
AVG	1149,6	271,8	1421,4

Кесте 4.6 - Нәтижелерді тестілеу (DHT22)

DHT22 - Temperature and humidity			
№	T1	T2	T3
1	1283	271	1554
2	1174	271	1445
3	1211	271	1482
4	1052	272	1324
5	1185	271	1456
6	1010	273	1283
7	1095	272	1367
8	91913	272	92185
9	1216	271	1487
10	1101	271	1372
11	91975	271	92246
12	1081	271	1352
13	1167	271	1438
14	1129	272	1401
15	92454	273	92727
AVG	19336,4	271,5333	19607,93

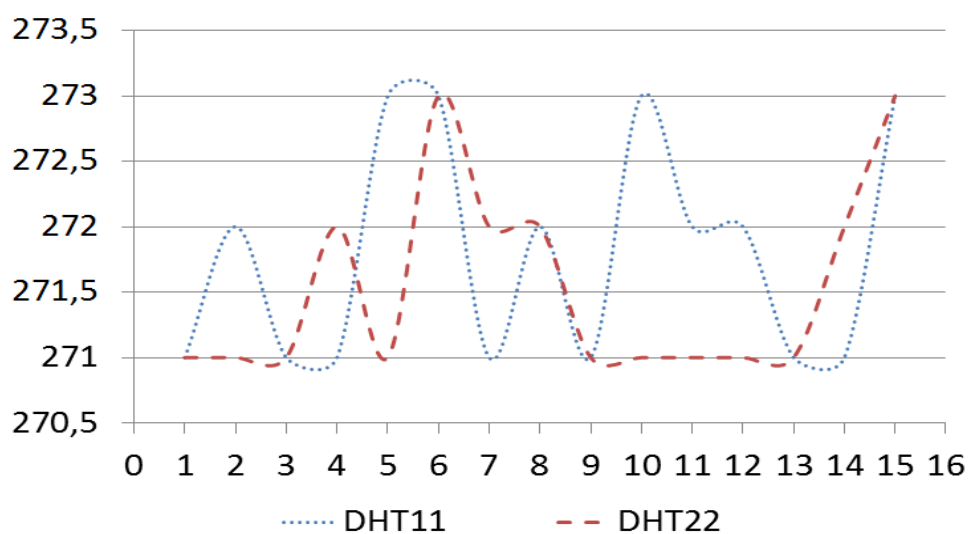
Кесте 4.7 - Нәтижелерді тестілеу (BMP085)

BMP085– Barometric Pressure/Temperature			
№	T1	T2	T3
1	2	3	4
1	1752	67	1819
2	1285	67	1352
3	1212	67	1279
4	1249	66	1315

4.7– кестенің жалғасы

1	2	3	4
5	2677	68	2745
6	1215	66	1281
7	1216	67	1283
8	57816	68	57884
9	1155	67	1222
10	1205	68	1273
11	1680	69	1749
12	1207	67	1274
13	6660	68	6728
14	1262	68	1330
15	1247	68	1315
AVG	5522,533	67,4	5589,933

4.20 - суретте мұнда T2 – Arduino Uno-дан датчикке дейінгі уақыт болатын екі датчиктің T2 уақыты бойынша тестілеу нәтижелерінің негізіндегі графигі берілді.



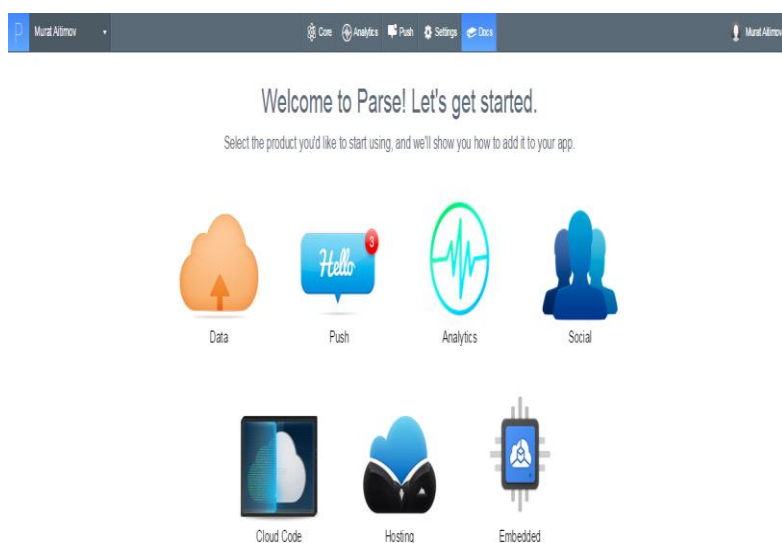
Сурет 4.20 - T2 датчиктерінің уақытын салыстыру нәтижесі

Қоршаған ортаны бақылау және мониторингтеу бойынша АЖ мен мобильдік қосымшалар құрылымдарын талдау нәтижесінде негізінде АЖ және МҚ құрылымы, ақпаратты жіберу және қабылдауға кеткен уақытты (бір цикл) есептеу үшін мобильдік қосымша жасалған негізгі параметрлер анықталған. Негізгі назар көппараметрлі датчиктер мен эксперименттің нәтижелерін анықтауға көмектескен мобильді қосымшаны қолдануға аударылды. Алынған нәтижелер инженерлер, өндеушілер үшін және көппараметрлі датчиктерімен бақылау жүйесін пайдаланушыларға, сонымен қатар, құрылғылардың

жасаушыларына да пайдалы болу мүмкін. Жоғарыда келтірілген жүйелерден жобаланған жүйенің артықшылығы жүйе өз құрамында әрбір пайдаланушыға қоршаған орта жайлы деректерді алу, өңдеу және сақтау үшін арнайы білім не шарттарсыз қажетті балама жүйені өздігінен құрастыруға мүмкіндік беретін бағдарламалық жабдықтар мен аппараттық жабдықтардың құрылымын береді.

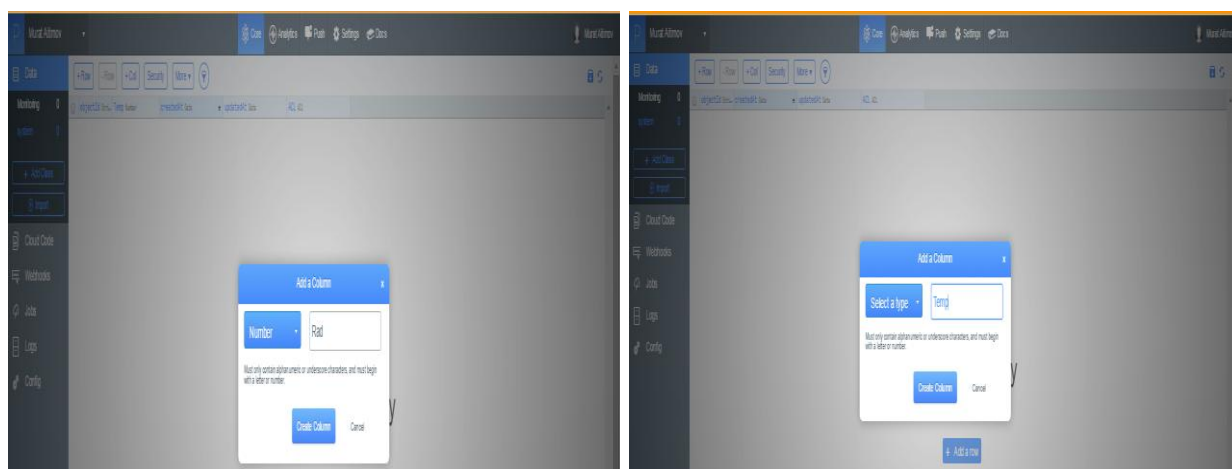
Мобильді қосымшаға арналған деректер базасын жасау

Осы жұмыста база ретінде біз кез келген платформаның деректерін жіберетін қосымша - «бұлтты» қолдандық [101]. Ол үшін <https://parse.com/> сайтына тіркелу қажет. Біздің жағдайымызда Murat Aitimov логиіні, system сыныбы жасалды (сурет 4.21).



Сурет 4.21 - Жүйеге кіру терезесі

Жасалынған бағдарламалық жабдықтың скрин-шоттары 4.22 суретте көрсетілген.



Сурет 4.22 - Жасалынған қоршаған ортаны бақылау мен мониторинг жүйесінің бағдарламасы терезесі

4.3 Көппараметрлі датчиктердің зерттелуі және сынақтарының метрологиялық қамтамасыз етілуі

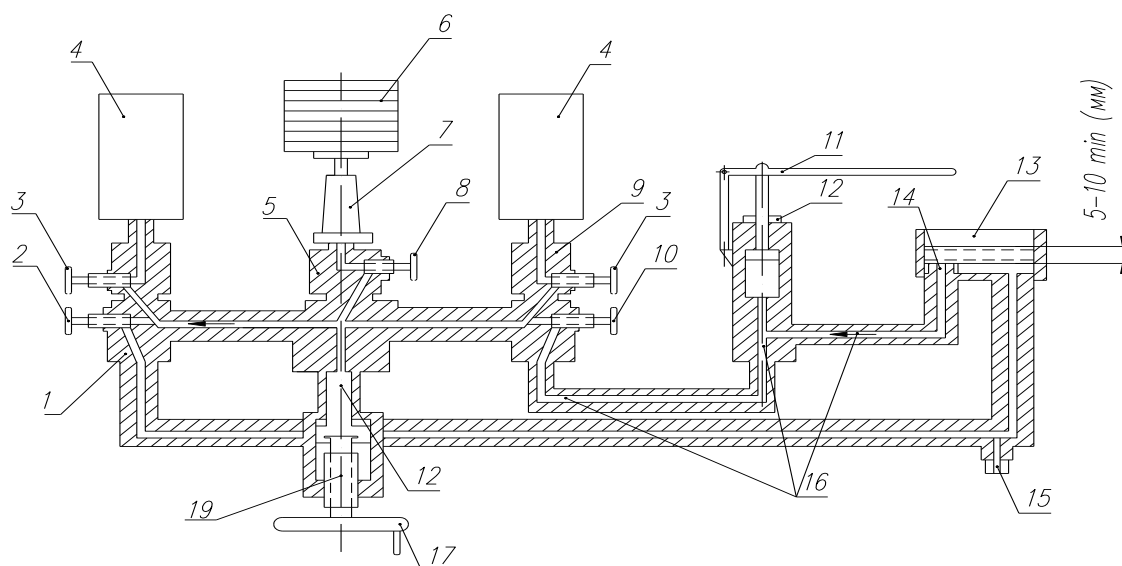
Құрылған моделдердің және пайдаланылған құрылымдық–технологиялық шешімдердің жеткіліктілігін растау үшін жобаланған датчиктердің сынауы жүргізіледі. Сынақ жүргізуде сынақтық құрал–жабдықтар мен өлшеуіш құралдардың, тексеру сызбалары мен сынақтық бағдарламалардың кешені болуы қажет [102]. Сынау бағдарламалары мен әдістемелерін құруда сынау мен өлшеу стандарттарын [103-105], метрология саласындағы соңғы жетістіктерді [106, 107] басшылыққа алады. Жүргізілген қысым мен температура датчиктерін сынау мысалында сынаудың метрологиялық жабдықтарын және нәтижесін сипаттайық [108, 109].

Сынақ жүргізу кезінде пайдаланылған бақылау-өлшеу құралдарының, керек-жарақтар мен жабдықтардың тізімі

Кесте 4.8 - Кесте Бақылау-өлшеу құралдарының тізімі

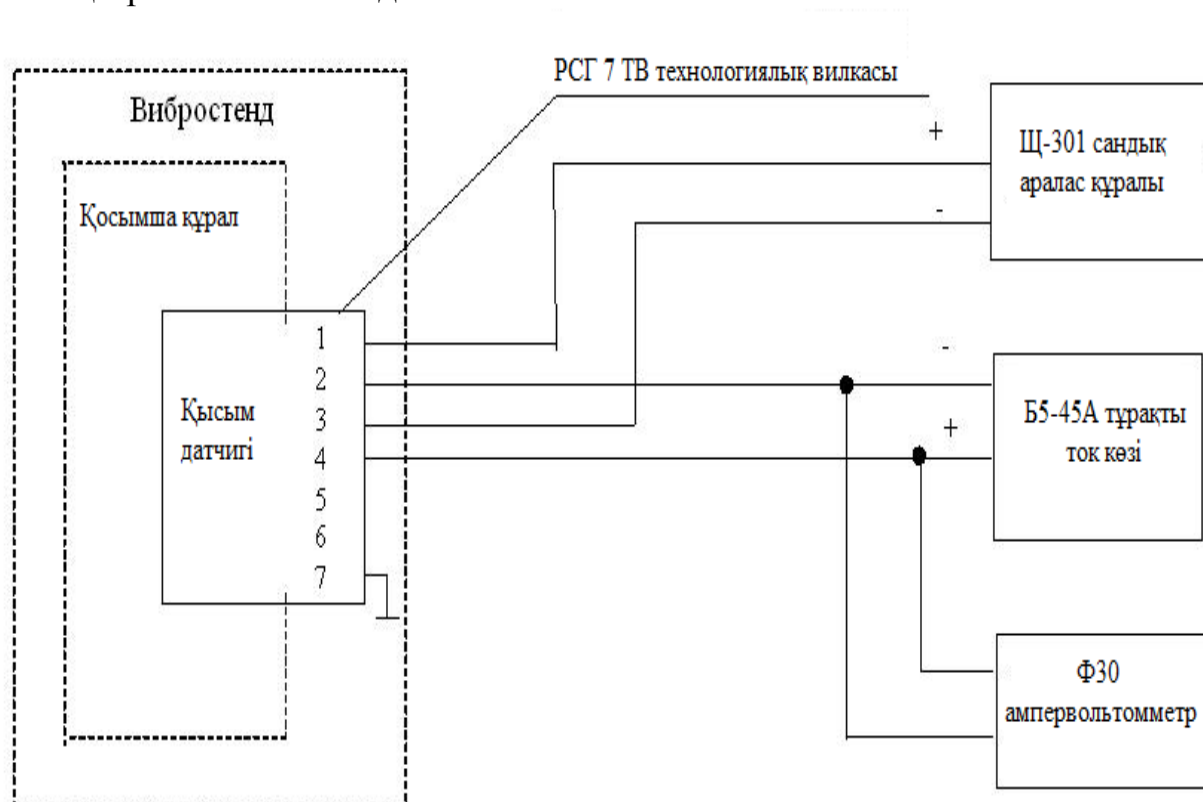
Атауы мен түрі	МемСт, ТШ немесе қысқаша техникалық мінездемесі
Б5-46 тұрақты тоғының қоректену көзі	ЕЭ3.233.219 ТШ
Құрамдастырылған сандық Щ-300 құралы	ТШ 25-04-3717-79
Ампервольтметр Ф-30	ТШ 25-04-1364-77
Мегаомметр М4100/4	ТШ 25-04.2131
Тераомметр Е3-13А	ЯЫ2.722.014 ТШ
Манометр жүкпоршенді МП-600	МемСт 8291-83
Манометр үлгілік МО-100-10 кгс/см ²	МемСт 6521-60
Манометр Үлгілік МП-60	ТШ 50.418-84
Сығылған ауасы немесе азоты бар баллон	МемСт 15860-84
Редуктор РС-250-58	АТШ 21-347-64
ВЛР-200г-2 зертханалық теңиықты таразы	МемСт 24104-2001
Tabai-МС71 климаттық камерасы	—
КТ-0,4-350 жылу камерасы	Я7М 2.700.009 ТШ
3524/58 климаттық камерасы	—
Технологиялық штуцер	
Сынақтарға арналған пульт	

Негізгі сынау және тексеру құрылғысы жүк поршенді бағана болып табылады, ол сынақталушы датчикке реттелетін қысым береді.

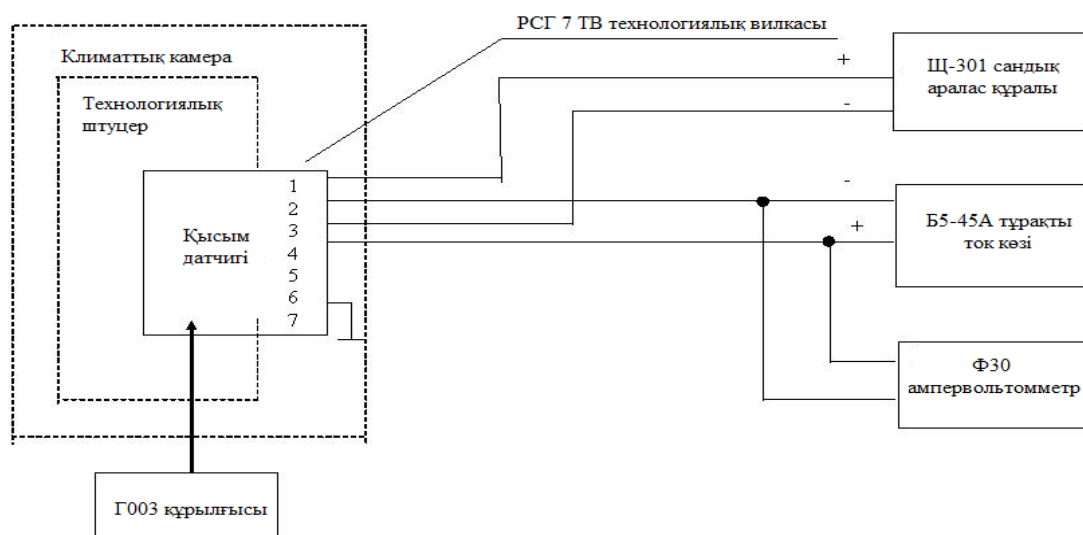


Сурет 4.23 - Датчиктерді метрологиялық сынау барысында қолданылатын жүкпоршеньді бағана

Сынаудың әдістемесі мен бағдарламасы жасауда міндетті түрде датчиктерді тексерудің сызбасы жобалануы қажет, физикалық шамалар датчиктері үшін олардың негізгілері вибрациялық және температуралық сынақтар болып табылады.



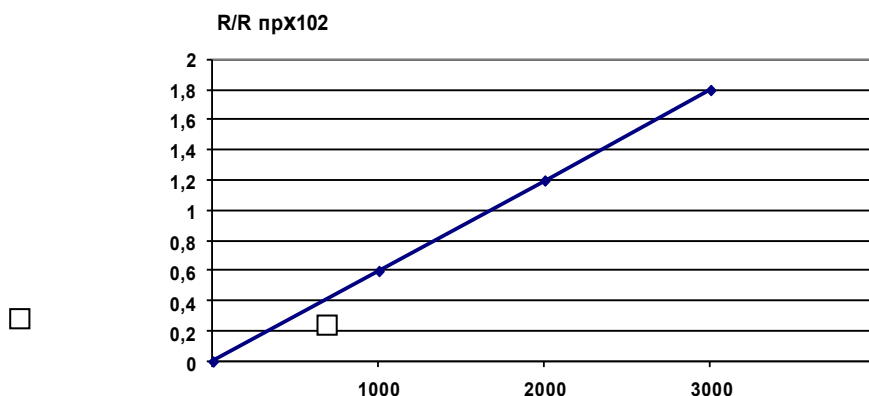
Сурет 4.24 - Вибросынақтарды тексеру сызбасы



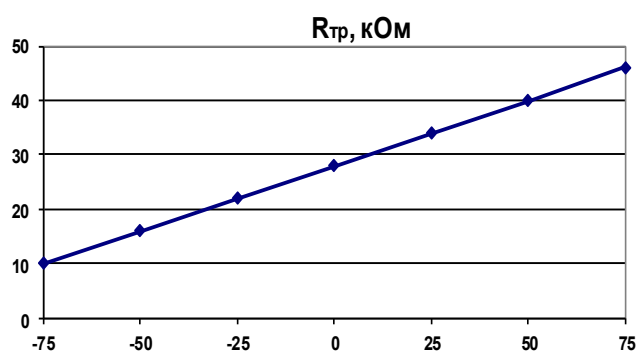
Сурет 4.25 – Термосынақтарын тексеру сызбасы

4.4 Көппараметрлі датчиктерді зерттеу және сынау нәтижелері

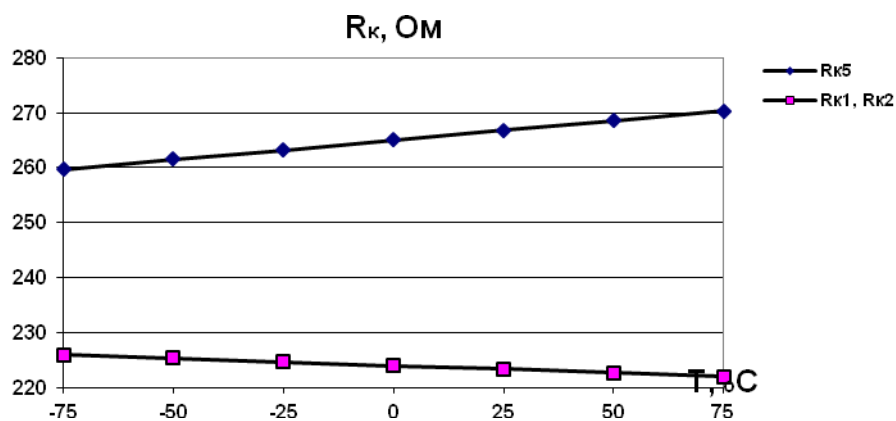
Қысым мен температураның бірлескен датчигін зерттеу нәтижелері график түрінде берілді (4.26-4.29-суреттер).



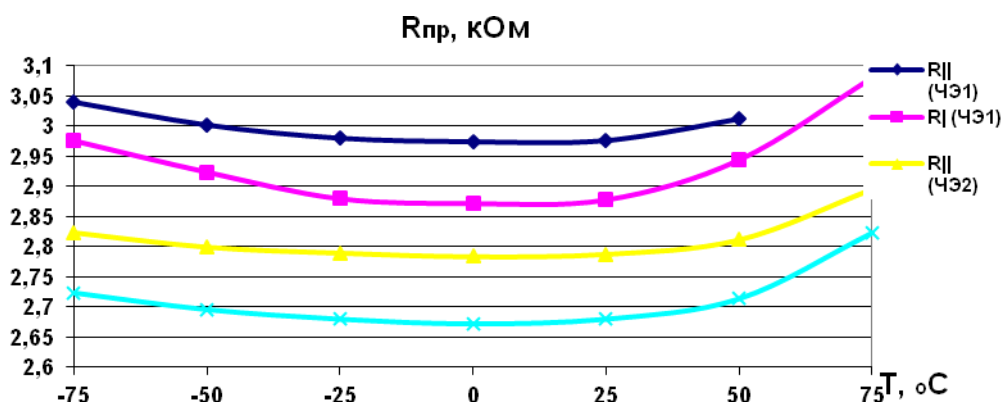
Сурет 4.26 - Қысымнан пьезорезисторлардың кедергісінің өзгеруі



Сурет 4.27 - Терморезистор кедергісінің температураға тәуелділігі



Сурет 4.28 - Компенсациялық резисторлар кедергісінің температураға тәуелділігі



Сурет 4.29 - Пьезорезисторлар кедергісінің температураға тәуелділігі

Қысым мен температураның эксперименталды бірлескен датчиктерінің сынақ нәтижелері қосымшаларда келтірілген.

Төртінші бөлім бойынша тұжырым

1. Көппараметрлі датчиктердің іске асырылу нәтижелері мен олардың негізінде қашықтықтан басқарылып жұмыс істейтін бағдарламалық-аппараттық кешені жобаланған.
2. Автордың қатысуымен жобаланған және іске асырылған қоршаған ортаны жинақталған ON-LINE бақылау және мониторинг жүйелері, оның ішінде мобилді жүйелер сипатталған.
3. Көпқызметті датчиктердің құрылымдары іске асырылған.
4. Датчиктерді сынаудың метрологиялық жабдықтары сипатталған.
5. Бірлескен қысым мен температура датчигінің сынау нәтижелері таныстырылған.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жыл сайын табиғи үдерістерден, сонымен қатар адамдардың қоршаған ортаға кері әсер етуінен болған техногендік апаттар саны артып келеді. Ормандарды кесу мен ластау, жерасты сулары деңгейінің төмендеуі, топырақтың тұздануы, сулы орталар мен тағы басқалардың ластануы апатты зардаптарға - селдік ағымдарға, өртке алып келуі мүмкін және әкеліп те жатыр.

Техногендік апаттар, бірінші кезекте, нәтижесінде аймаққа айтарлықтай экономикалық шығын әкелетін таудағы және тау бөктерлеріндегі сейсмикалық белсенділікпен, сонымен қатар өзен тасуымен, қардың еруімен, мұзды көлдер мен тағы басқалардың толуымен және жырылуымен байланысты болады.

ҚО бұзылуларына адамның әсер етуі де және техногендік сипаттар да себепті болуы мүмкін. Адамдардың әсер етуі көбіне таулы және тау баурайындағы аумақтарда, өзен бассейндерінде, далалы жерлерде су және ауа ортасын ластауда, ормандарды кесуде қадағаланады.

Бұдан басқа, ҚО ластану мен апаттар жергілікті сипатқа ие болуы мүмкін, мысалы, автомобильдердің пайдаланылған газдарының шығуы, сулы ортаға дәрілік препараттардың тасталуы, бөгеттердің жырылу қаупі және т.б.

Барлығы көрсетілген және басқа жағдайларды бақылатын аймақ бойынша бөлінген ФШД мониторинг және бақылау жасау жүйесін пайдаланумен шынайы өмірде бақылануы және қадағалануы қажет. ФШД түрленудің түрлі принциптері бойынша құрылуы мүмкін, бірақ ең ыңғайлысы және хабарландырылғаны ақпаратты қабылдау-берудің ықпалдастырылған ON-LINE жүйелерімен жақсы үйлесетіндіктен, түрленудің жиілікті принциптері болып табылады. Сондықтан олар жұмыста базалық ретінде ұсынылған ҚО МБЖ көпшілік талаптарына, соның ішінде энергияны пайдалану, жұмылдырғыштық, дәлдік, үйлесімділік, функционалдылық және басқалар бойынша жауапты болатындықтан, қабылданды.

Диссертациялық жұмыста зерттеулер келесі бағыттар бойынша жүргізілді:

1. Диссертациялық жұмыста қоршаған ортаның жағдайын бақылау және мониторинг жасау жүйесінің қазіргі жағдайы мен алдағы дамуы, оның ішінде бағдарламалық-аппараттық жабдықталуы, жүйе құрылымы, олардың алдына қойылған мақсат-міндеттері физикалық шамаларға арналған жиіліктік датчиктердің жіктелуі мен DPHap-сенсордың құрылымдық жасалу ерекшеліктері талданған. Қоршаған ортаның жағдайын жинақталған ON-LINE бақылау және мониторинг кешенін көппараметрлі датчиктер негізінде жобалаудың қысқаша негіздемесі жасалынған.

2. Қоршаған ортаның жағдайын жинақталған ON-LINE бақылау және мониторинг жасау жүйелерін құру және олардың жұмыс ерекшеліктері принциптері, физикалық шамалар датчиктерінің номенклатурасы талданған. Селден қорғау бақылау және мониторинг жүйесін құру концепциясы ұсынылған, оның толық техникалық құрылғылары талданып, бақылау объектісінде орнатылатын физикалық шамалар датчиктері, сонымен қатар шалғайда орналасқан датчиктерден хабар қабылдағыштар мен таратқыштар

көрсетілген. Көппараметрлі датчиктердегі физикалық шамаларды түрлендіру принциптеріне зерттеу жүргізілген. Терморезистивтік және қысымды өлшеу әдістерін, таратылатын сенсорлық құрылымдардың электрлік аналогтарын, датчиктер құрылымын пайдалана отырып, жартылай өткізгішті сезімтал элементтердің физико-математикалық моделдері жобаланған. Көппараметрлі датчиктердің технологиялық ерекшеліктерімен, датчиктер құрылымын және элементтерін моделдеудің құрылымдық шешімдері талданған.

3. Көппараметрлі датчиктердің схемотехникалық іске асырылу шешімдері талдауы және зерттеуі жүргізілген. Жинақталған ON-LINE жүйелер үшін көппараметрлі интеллектуалды жиіліктік датчиктер үшін алгоритмдер, сызбалар және бағдарламалар жасалынған, грант бойынша орындалып жатқан, орнатылатын датчиктер байланыстырылған, ағын сулардың дәрілік ластануының бақылау және мониторинг жүйесінің сызбасы келтірілген. Екінші ретті электронды жиіліктік түрлендіргіштері бар жинақтаушы түрлендіргіштері өлшеу тұйығының шығыс сигналы модуляцияланған және модуляцияланбаған күйлері қарастырылған. Интеллектуалды датчиктердің басты артықшылықтары сыртқы әсер етуші және тапсырыс берушінің шарттарына байланысты динамикалық бағдарламалау болып табылатындығы атап көрсетілген.

4. Көппараметрлі интеллектуалды жиіліктік датчиктерді жүзеге асырудағы өткізілген зерттеулер нәтижелері мен олардың эксперименталды макеттерін сынау қорытындылары баяндалған. Электронды түрлендіргіштер орнатылған сиымдылықты датчиктердің сезімтал элементтері мен өлшеу модулі құрылымы келтірілген. Жұмысты зерттеу кезіндегі жасалған схемотехникалық шешімдер көрсетілген және ластануды бақылау жүйесінің макеттік стенді көрсетілген.

Зерттеу жұмысының ғылыми жаңалығы:

1. Қоршаған орта күйін бақылау жүйелерінің техникалық және бағдарламалық құрылғыларының қазіргі жай-күйі мен дамуының талдауы мен зерттеуі жүргізіліп, негізгі құраушыларын анықтаған.

2. Қоршаған орта күйін бақылау жүйелерінде қолданылатын физикалық шамалар датчиктеріне қатысты техникалық талаптарды құрған.

3. Физикалық шамалардың көппараметрлі интеллектуалды датчиктерінің физико-математикалық моделдерін құрған.

4. Көппараметрлі интеллектуалды датчиктердің сапасын көтерудің құрылымдық және бағдарламалық әдістері зерттелген және талданған.

5. Құрылған қоршаған орта күйін жинақталған ON-LINE бақылау жүйелерінің нәтижесіне сүйене отырып «Техногенді объектілерден өндірілетін қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін алу жүйесі» атауымен №29649 инновациялық патент алынған;

6. Негізгі құрылымдық және программалық шешімдерді тексеруге мүмкіндік берген, көппараметрлі интеллектуалды датчиктер негізінде жұмыс істейтін, Arduino платформасын Android бағдарламалық кешенін пайдалана отырып жасалған, қоршаған орта күйін жинақты ON-LINE бақылау жүйесінің аппаратты-бағдарламалық кешені жобаланған.

7. Көппараметрлі интеллектуалды датчиктер негізінде жұмыс істейтін су ортасының дәрілік заттармен ластануын анықтайтын қоршаған орта күйін бақылаудың аппаратты-бағдарламалық кешенінің эксперименталды макеті жасалған.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 ГОСТ Р 22.1.02-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения.
- 2 Чрезвычайные ситуации, возможные на территории Республики Казахстан и в регионе г. Алматы // <http://www.chsnik.kz/>
- 3 Замай В.И. Проблемы мониторинга селевой опасности горных районов Казахстана // Проблемы автоматики и управления. - Бишкек: Илим, 2014. – № 2. - С. 31–40.
- 4 Замай В.И., Ревтов А.Н. Система оповещения о селевой опасности в бассейне реки Ала-Арча // Электросвязь. - 2010. - №10. – С. 22–24.
- 5 Закон Республики Казахстан «О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» // <http://www.chsnik.kz/>
- 6 Замай В.И., Добровольский Н.С. Автоматизированная система сбора и передачи данных для целей мониторинга параметров окружающей среды в бассейнах горных рек // ГеоРиск. - М.: Юнион Принт, 2012. - №4. – С. 64–68.
- 7 Концепция предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и совершенствования государственной системы управления в этой области // <http://ru.government.kz/>
- 8 ГОСТ Р 22.0.03-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
- 9 Гвоздева Т.В., Баллод Б.А. Проектирование информационных систем: учебник для вузов. – М.:Изд-во Феникс, 2009. – 508 с.
- 10 Михеев М.Ю., Савочкин А.Е. Разработка системы мониторинга и контроля мостового сооружения // Сб.: Материалов МНТК СИТ. – Пенза: ПензГТУ, 2012.
- 11 Применение технологии сенсорных сетей в нефтедобыче // Коммерсантъ. – 2007. - №87.
- 12 Гайкович Г. Беспроводная связь в системах промышленной автоматики // Электронные компоненты. - 2007. - №10. - С. 87 – 91.
- 13 Михайлов П.Г., Касимов А.О., Усембаева С.А. Системное проектирование радиоэлектронных средств: учеб. пособие. - Алматы: КазНУТУ, 2016. – 182 с.
- 14 // <http://www.krug2000.ru/products/ptk.html>
- 15 Кипоренко А. С. Проблемы экологического мониторинга в районах эксплуатации АЭС // Энергосбережение энергетика энергоаудит. – 2013. - №3 (109). - С. 44-48.
- 16 Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series // Safety Guide. – Vienna: IAEA, 2003. - №1(6).
- 17 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций. ОПБ-88/97: ПНАЭ Г-01-011-97.Госатомнадзор России. – 1997.
- 18 Проектирование датчиков для измерения механических величин / под общей редакцией д.т.н., профессора Осадчего Е.П. - М.: Машиностроение, 1979 – 479 с.

- 19 Мокров Е.А., Баринов И.Н., Цибизов П.Н. Полупроводниковые пьезочувствительные элементы микроэлектронных датчиков давлений. Основы проектирования и разработки: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. – 104 с.
- 20 Михайлов П.Г., Ломтев В.А., Аналиева А.У. Многофункциональные датчики физических величин. Принципы построения, модели и конструкции // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2015. - № 2(12). - С. 57-64.
- 21 Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 272 с.
- 22 Поляков А., Заднепрятный И., Поляков В., Симонов В. Прецизионные кварцевые датчики производства российской компании "СКТБ ЭлПА" // Компоненты и Технологии. - 2005. - №50. – С. 54
- 23 Кравченко В.Н. РНарр - современные технологии в измерениях давления, расхода и уровня // <http://www.yokogawa.ru>
- 24 Шубарев В. Микросистемотехника инновационное направление развития электроники // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2010. - №5. - С. 98-109.
- 25 Дмитриев В.Ф. Беспроводной датчик температуры на ПАВ с идентификацией // Sensors & Systems. – 2012. - №1.
- 26 Маргарян С., Харламов А., Хромцев А. Конвенциональные узкополосные технологические радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести // Беспроводные технологии. - 2009. - №4. - С. 16-25.
- 27 Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Aitimov M. Zh. Design issues of the concept of emergency monitoring and control system building // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences. – 2017. – Vol. 1, №421. – P. 134 – 140.
- 28 Михайлов П.Г. Стабильность микроэлектронных датчиков и технологий. – Пенза: Издательство ПГУ, 2003. – 231 с.
- 29 Михайлов П.Г., Варламов А.В., Михайлова В.П. Принципы построения датчиков с расширенными функциональными возможностями // Промышленные АСУ и контроллеры. - 2009. - №2. - С. 48-50.
- 30 Громков Н.В. Интегрирующие развертывающие преобразователи параметров датчиков систем измерения, контроля и управления. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. – 244 с.
- 31 Разработка беспроводной распределенной системы мониторинга загрязнения сбросовых сточных вод антибиотиками и агрессивными лекарственными препаратами: отчет о НИР (промежуточный). - №0115РК01947.
- 32 Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств: справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.
- 33 Гридчин В.А., Драгунов В.П. Физика микросистем: учеб. пособие // В 2 ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. - Ч. 1. – 416 с.

- 34 Advanced micro & nanosystems. CMOS-MEMS / edited by H. Baltes, O. Brand, G.K. Fedder, C. Hierold, J. Korvink, O. Tabata. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. - Vol. 2.
- 35 Михайлов П.Г. Микроэлектронный датчик давления и температуры // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2003. - №11. - С. 29-31.
- 36 Михайлов П.Г., Ожикенов К.А., Касимов А.О., Аналиева А.У. Узлы и компоненты микроэлектронных датчиков // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2015. - №3(164). - С. 184-193.
- 37 Удд Э. Волоконно-оптические датчики / под ред.Э. Удда. — М.: Техносфера, 2008. - 520 с.
- 38 Kouprianov Vladimir G., Morozov Oleg G., Kouprianov Vladimir G. Structural minimization of fiber optic sensor nets for monitoring of dangerous materials storage // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. – 2011. – Vol. 7992. – P. 7992.
- 39 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж., Кушегенова Ж.К. Микроэлектрондық интеллектуалды датчиктердегі өлшеуіш модульдерді мен сезімтал элементтерді диагностикалау мен бақылаудың мәселелерін зерттеу // ҚазҰТЗУ Жаршысы. – 2016. - №6. - Б. 331-336.
- 40 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж., Кушегенова Ж.К. Физикалық шама датчиктерінің тұрақтылығын қамтамасыз ету мәселелері // ҚазҰТЗУ Жаршысы. – 2016. - №6. - Б. 143-149.
- 41 Морозов А.И. Физика твердого тела. Кристаллическая структура. Фононы: учебное пособие. – М.: Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)», 2010. – 140 с.
- 42 Шалимова К. В.Ш 18 Физика полупроводников: учебник. - 4 е изд., стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2010. - 400 с.
- 43 Кузнецов Е.А., Шапиро Д.А. Методы математической физики: курс лекций. - Новосибирский государственный университет, 2011. - Ч.1. – 131 с.
- 44 Маделунг Э. Математический аппарат физики. Справочное руководство / пер. с нем. – М.: Гос. Изд-во Физико-математической литературы, 1960. - 618 с.
- 45 Тревис Д. LabVIEW для всех / пер. с англ.–М.: ДМК Пресс, 2004. - 912 с.
- 46 Силвестр П., Феррари Р. Метод конечных элементов для инженеров – электриков, для радиоинженеров . - М.: Мир, 1986 – 229 с.
- 47 Тихоненков В.А., Тихонов А.И. Теория, расчет и основы проектирования датчиков механических величин. - Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 452 с.
- 48 Михайлов П.Г. Микроэлектронные датчики: вопросы разработки // Микросистемная техника. – 2003. –№1. - С. 4-7.
- 49 Ваганов В.И. Интегральные преобразователи. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.

- 50 Викулин Н.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. - М.: Радио и связь, 1990. - 264 с.
- 51 Зевеле Г.В., Ионкин П.А. Основы теории цепей: учебное пособие для Вузов. - 5е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 528 с.
- 52 Михайлов П.Г. Синтез информационно-энергетических моделей датчиков // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2003. - №3. - С. 37-40.
- 53 Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workench и MATLAB. - Издание 5-е. – М.: САЛОН-Пресс, 2004. – 800 с.
- 54 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж. Көппараметрлі өлшеу концепциясы // Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 25-жылдығы мен Сулейман Демирел атындағы университеттің 20-жылдығына арналған «Білім және ғылым саласындағы инновациялар» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы. – 2016. – Т.1. - Б. 80-87.
- 55 Ivanov E., Izaak T., Svinolupov Yu. The capacitance sensor of differential pressure // The 16th Conf. On Solid-State Transducers «EUROSENSOR XVI». - Prague, 2002. - P. 777 – 778.
- 56 Ахметов Б.С., Айтимов М.Ж Харитонов П.Т. Применение метода цифровой идентификации в интеллектуальных радиочастотных датчиках для инвариантных систем измерения // Вестник КазНТУ имени К.И. Сатпаева. - 2013. - № 6(100). - С. 83-86.
- 57 А.с. 1420716 СССР. Цифровой измеритель температуры и влажности / Харитонов П.Т.; опубл. 1988.
- 58 Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат.; Ленингр. отделение, 1988 – 248 с.
- 59 Аналиева А.У., Громков Н.В., Ломтев Е.А., Харитонов П.Т. Интеллектуальные датчики физических величин для интегрированных ON-LINE информационных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2014. - № 2 (8). - С. 41-47.
- 60 Соколов А.В., Чернецов М.А. Чувствительные элементы и измерительные модули датчиков давления. Вопросы стандартизации и унификации // Известия Высших учебных заведений. Поволжский регион Технические науки – 2013. - №3. - С. 148-154.
- 61 Фрайден Дж. Современные датчики: справочник / пер. с англ.– М.: Техносфера, 2005. – 588 с.
- 62 Джексон Р.Г. Новейшие датчики: справочник / пер. с англ. - М.: Техносфера, 2007. - 380 с.
- 63 ГОСТ Р 51086-97 Датчики и преобразователи физических величин электронные. Термины и определения. Госстандарт России ИПК. - Издательство стандартов, 1997.

64 ГОСТ Р 8.673-2009 ГСИ Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения. Госстандарт России ИПК. - Издательство стандартов, 2009.

65 Васильев В.А., Чернов П.С. Интеллектуальные датчики, их сети и информационные системы // Материалы МНТК INTERMATIC. – М.: МИРЭА, 2012. – Ч. 4. - С. 119-122.

66 IEEE 1451. Smart Transducer Interface Standards // <http://ieee1451.nist.gov> (дата обращения 24.05.2012).

67 Bröring A. e. a. New Generation Sensor Web Enablement // Sensors. - 2011. - №11. - P. 2652–2699.

68 Liu M. An Energy-Aware Routing Protocol in Wireless Sensor Networks // Sensors. - 2009. - №9. - P. 445–462.

69 Микроэлектроника и прецизионные датчики. Обзор фирмы Honeywell // <http://www.favorit.ru/files/catalog/Honeywell/Honeywellmicroelectronicsoverview.pdf>.

70 Интеллектуальные датчики давления Метран 150 исполнения АС // <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/news/pr/PublishingImages/Metranatom.pdf>.

71 Пат. 2398196 G01L9/04 B81B1/00 RU Устройство для измерения давления на основе нано- и микроэлектромеханической системы с частотным выходным сигналом / Васильев В.А., Громков Н.В.; опубл. 1996.

72 Пат. 2396705 H03K5/00 RU. Частотный преобразователь сигнала разбаланса тензомоста / Васильев В.А., Громков Н.В.

73 Катков А. Н. Алгоритмы коррекции погрешностей тензометрических датчиков давления цифровыми вторичными преобразователями // Молодой ученый. — 2011. - Т.1, №8. — С. 58-60.

74 Рейзман А.Я., Островский М.А., Красовский В.Е. Интеллектуальные датчики: новые средства разработки и новый уровень полевой автоматики // Датчики и Системы. – 2007. – №10. – С. 8–11.

75 IEEE 1451.2-1997 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats.

76 IEEE 1451.1-1999 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators- Network Capable Application Processor Information Model.

77 Пат. 2247325 RU Способ температурной корректировки передающей функции датчика физической величины // <http://www.findpatent.ru/patent/224/2247325.html>

78 Радиомодули Bluetooth 4.0 для многолетней работы беспроводных датчиков // <http://www.compel.ru/2012/05/30/>

79 Пазюк А. Датчики и преобразователи Texas Instruments: разнообразие решений для всех типов измерений // Новости электроники. – 2015. - №10, ч. 2.

80 Айтимов М.Ж., Харитонов П.Т., Аналиева А.У. Перспективы построения моноблочного метеокomпьютера // Материалы IV Международной

научно-практической конференции «Научные аспекты инновационных исследований». – Самара: ООО «Аспект», 2013. - С.14-18.

81 Ахметов Б.С., Харитонов П.Т., Бейсембекова Р.Н., Аналиева А.У., Айтимов М.Ж. Инновациялық патент «Техногенді объектілерден өндірілетін қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін алу жүйесі». Қазақстан Республикасы әділет министрлігі №29649. 24.02.2015 ж.

82 Айтимов М.Ж., Михайлов П.Г., Петрунин Г.В., Аналиева У.А., Перспективы применения высокотемпературных материалов в чувствительных элементах микромеханических акселерометров, используемых в экстремальных условиях эксплуатации // Сб. статей МНТК «Проблемы автоматизации и управления в технических системах. - Пенза: Издательство ПГУ, 2015. – С. 285-289.

83 Akhmetov B., Aitimov M. Data collection and analysis using the mobile application for environmental monitoring // The 12th International Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC 2015). – Belfort; France: Procedia Computer Science, 2015. – Vol. 56.

84 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж., Кушегенова Ж.К. Сенсорлық элементтердің микромеханикалық құрылымдарындағы механикалық және жылулық деформациялары // ҚазҰТЗУ Жаршысы. – 2016. - №5. - Б. 497-501.

85 Айтимов М.Ж., Михайлов П.Г., Петрунин Г.В., Аналиева У.А., Суханов Д.М. Модели размерных цепей датчиков давления // Сб. статей МНТК «Проблемы автоматизации и управления в технических системах. – Пенза: Издательство ПГУ, 2015. – С. 387-392.

86 Михайлов П.Г., Ожикенов К.А., Айтимов М.Ж., Соколов А.В., Сергеев Д.А. Скотников., В.В, Маринина Л.А., Аналиева А.У., Машир Г. Инженерные модели компонентов датчиков физических величин // Труды XII Международной научно-практической интернет-конференции Молодежь. Наука. Инновации (Youth.Science.Innovation). - Пенза: Издательство ПКИТ ФГБОУ ВО «МГУТУ» им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 2016. - С. 191-196.

87 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж., Кушегенова Ж.К., Кагазбекова Л.С. Физикалық шамаларды өлшеуге арналған микроэлектронды датчиктердің өлшеу модульдары мен сезімтал элементтерінің базалық құрылымдары // ҚазҰТЗУ Жаршысы. – 2017. - №1. - Б. 223-226.

88 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж. Разработка методов неразрушающего контроля и диагностики чувствительных элементов и измерительных модулей датчиков. «АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР: БІЛІМ, ҒЫЛЫМ, ТӘЖІРИБЕ» атты II Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының еңбектері. Алматы, Қазақстан, 3-4 желтоқсан, 2015 жыл, II том, б. 258-262

89 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж., Кушегенова Ж.К., Кагазбекова Л.С. Сиымдылығы жоғары қысым датчиктерін модельдеу // ҚазҰТЗУ Жаршысы. – 2017. - №1. – Б. 226 – 229.

90 Ожикенов К.А., Михайлов П.Г., Айтимов М.Ж. Технические

измерения в технологии и производстве радиоэлектронной аппаратуры и измерительных систем: учебное пособие. - ТОО «Издательство LEM», 2016. 162 с.

91 Михайлов П.Г. Микромеханические устройства и приборы: учебное пособие. - Пенза: Информационно-издательский центр ПГУ, 2007. - 174 с.

92 Пат. 1437698 RU. Интегральный преобразователь давления и температуры / Михайлов П.Г., Козин С.А., Белозубов Е.М.; опубл. 1998.

93 Михайлов П.Г., Ожикенов К.А., Касимов А.О., Аналиева А.У. Узлы и компоненты микроэлектронных датчиков // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2015. - № 3(164). - С. 184-193.

94 Михайлов П.Г., Соколов А.В. Синтез и анализ физико – математических моделей емкостных чувствительных элементов датчиков, используемых в системах мониторинга состояния строительных конструкций // Региональная архитектура и строительство. – 2012. - №3. - С. 102 – 109.

95 //About Arduino. Retrieved March 03, 2015 from Arduino.ru: <http://arduino.ru/> 90

96 // Experiment 7: Reading a Temperature Sensor, Introduction. Retrieved March 03, 2015: <http://specksensor.org/> 91

97 Sicard C., Glen C., Aubie B., Wallace D., Jahanshahi-Anbuhi S., Pennings K., Daigger G.T., Pelton R., Brennan J.D., Filipe C.D.M. Tools for water quality monitoring and mapping using paper-based // Sensors and cell phones. – 2015. – Vol. 70. – P. 360-369.

98 Chmaj G., Selvaraj H. Distributed Processing Applications for UAV/drones: A Survey, Advances in Intelligent Systems and Computing // 23rd International Conference on Systems Engineering, ICSEng. - Las Vegas; United States; 2015. - Vol. 1089. – P. 449-454.

99 Hu W., Bulusu N., Jha S. A communication paradigm for hybrid sensor/actuator networks // IEEE 15th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC 2004. - Barcelona; Spain, 2004. – Vol.1. – P. 201-205.

100 Akbas M.I., Erol-Kantarci M., Turgut D. Localization for wireless sensor and actor networks with meandering mobility // IEEE Transactions on Computers. – 2015. - Vol.64, issue 4. - P. 1015-1028.

101 Коваленко О.С., Курейчик В.М. Обзор проблем и состояний облачных вычислений и сервисов // Известия ЮФУ. Технические науки. - 2012. – Т. 132, №7.

102 Михайлов П.Г., Соколов А.В., Сергеев Д.А., Чернецов М.А. Метрологическое обеспечение процесса производства датчиков давления // Современные информационные технологии // Труды МНТК. – Пенза: ПГТА, 2011. – Вып. 14. - С. 204-209.

103 ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения. - М.: Госкомитет стандартов Совета министров СССР, 1976.

104 ГОСТ 8.009-84 ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

105 ГОСТ 8.256-77 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений. Основные положения.

106 Гусаров В.В. Тенденции в совершенствовании программ и методик испытаний датчиков давления // Мир измерений. – 2002. – № 7-8. – С. 23 – 27.

107 Тарбеев Ю.В., Кузин А.Ю., Тайманов Р.Е., Лукашев А.П. Новый этап в развитии метрологического обеспечения датчиков // Измерительная техника. - 2007. - №3. - С. 69-73.

108 Михайлов П.Г., Ожикенов К.А. Особенности измерения и контроля геометрических параметров элементов и узлов датчиков физических величин // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2015. - № 1(11). - С. 36-43.

109 Михайлов П.Г. Экспериментальное исследование совмещенного датчика давления и температуры // Приборы и Системы. Управление, Контроль, Диагностика. – 2003. - №12. - С. 27-29.

ҚОСЫМША А

1. Сынақтардың мақсаты

1.1 Жеткізу сынақтары (ЖС) «Техникалық тапсырмалар ТТ» және «Техникалық шарттар. ТШ» талаптарының техникалық мінездемесіне сай макеттік үлгіде және бағалауда қолданылған конструкциялық және схемалық шешімдерді тексеру мақсатында жүргізілді.

1.2 Сынақтар келесідей құжаттар негізінде өткізілді:

– ЖС жүргізу бойынша комиссия белгілеу жайлы жолдаманы бас конструктордың бөлуі;

– техникалық тапсырма ТТ (ТТ);

– ПМ1 жеткізу сынақтар бағдарламасы (ПМ1);

– техникалық шарттар ТШ (ТШ).

2. Сынақ нысандары

2.1 Сынақтан пішіндемеде жеткізулік сынақтарға рұқсат жайлы қорытындысы бар 2 дана қысым мен температураның макеттік үлгісі өтті. (өлшеулердің белгілеулері мен диапазоны 1-кестеде берілді).

Кесте А 1

Датчик индексі	Белгілеуі	Саны	Өлшеулер диапазоны	
			МПа	кгс/см ²
ДДТ-1	1	1	0÷0,5	0÷5
ДДТ-1-03	2	1	0÷4	0÷40

3. Сынақтардың нәтижелері 2-6-кестелерде берілді.

Кесте А 2 - Қысымның арнасының бастапқы және шекті шамаларының бақылау нәтижелері. Қорек көзі кернеуін бақылау

Параметр атауы	Датчик нөмірі			ТШ талабы
	1	2		
U ₀ , мВ өлшенетін қысымның нөлдік мән жағдайындағы шығу кернеуі	1,481	-1,564		(0±5)
Упред, өлшенетін қысымның жоғары шегі жағдайындағы шығу кернеуі, мВ	99,80	94,23		(100±10)
Қуаттану кернеуі, В	6,0	6,0		6±0,05

Кесте А3 - Температура арнасының шығу сипаттарын бақылау.
Бастапқы шығу кернеуі U_{0t}

Датчик нөмірі	Баст.шығу дабылы,мВ	U _{0t} температураларда болғандағы шығу кернеулері, мВ								
		-70	-50	-10	0	+20	+40	+80	+100	+120
1	-13,90	389	287	107	72,78	3,160	-62,44	-168	-212	-247
2	-15,91	479	356	131	40	-4,21	-76,34	-200,8	-248,0	-306

Кесте А4 - Температура арнасының шекті шығыс кернеуі $U_{пред}$ сипаттарын бақылау

Датчик нөмірі	Рпред жағдайындағы шығу дабылы,мВ	U _{предт} температураларда болғандағы шығу кернеулері, мВ								
		-70	-50	-10	0	+20	+40	+80	+100	+120
1	19,40	426	324	142	106,92	36,65	-30,42	-138	-183	-221
2	43,40	576	442	200	70	56,1	-21,99	-156,6	-207,6	-270

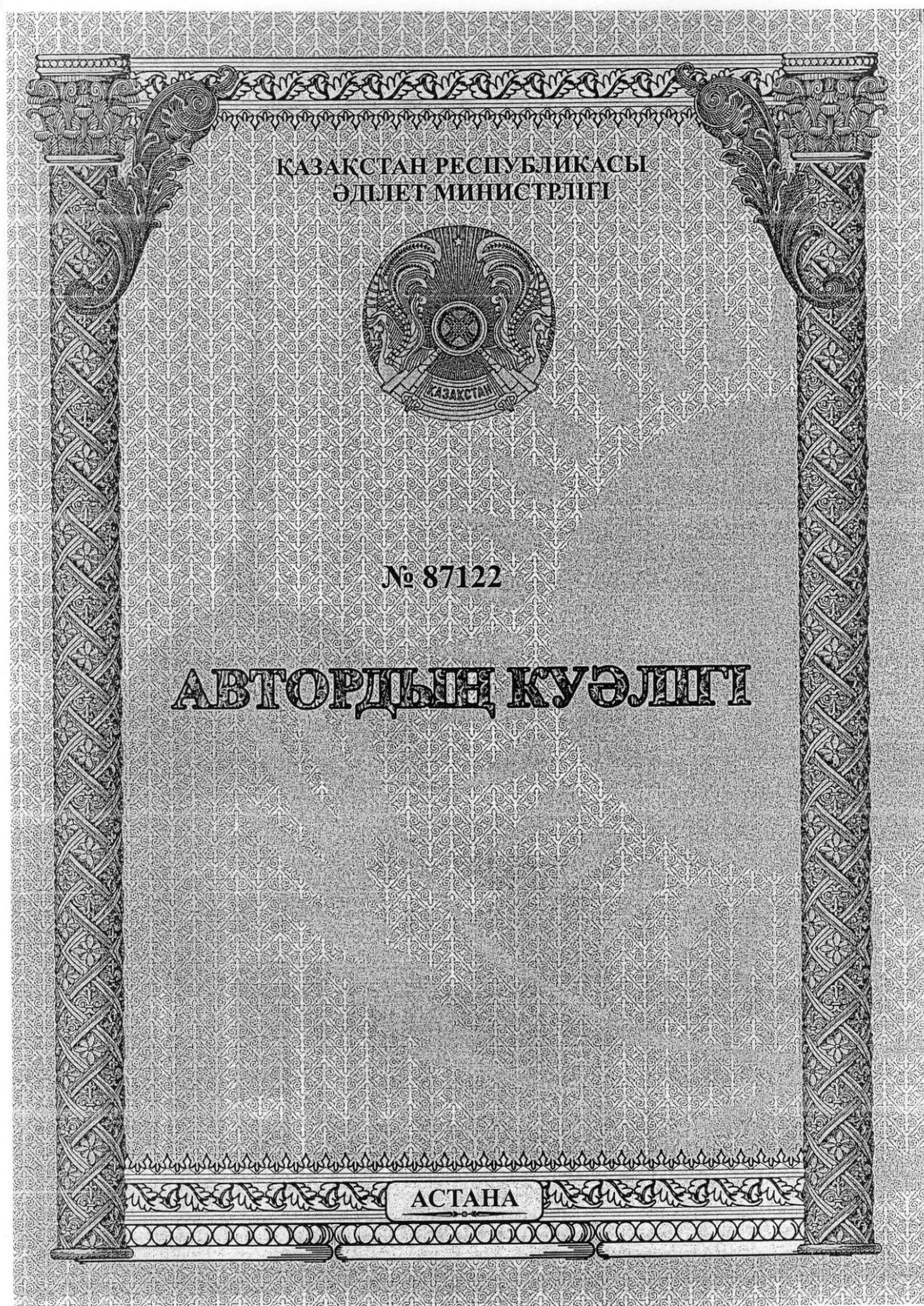
Кесте А5 - Жүктемелік сипаттамалар

Қысым кгс/см ²	Шығу кернеуі, мВ							
	1 цикл		2 цикл		3 цикл		4 цикл	
	U _н	U _б	U _н	U _б	U _н	U _б	U _н	U _б
0	-0,74	-0,78	-0,73	-0,78	-0,82	-0,75	-0,75	-0,75
0,5	11,03	11,00	11,03	11,10	11,06	11,00	11,03	11,06
1	22,60	22,60	22,54	22,53	22,59	22,59	22,56	22,60
1,5	33,39	33,43	33,41	33,47	33,46	33,44	33,39	33,48
2	43,83	43,79	43,81	43,82	43,80	43,84	43,75	43,81
2,5	53,52	53,53	53,52	53,49	53,56	53,47	53,47	53,55
3	62,98	62,98	62,92	62,94	62,97	62,99	63,00	62,97
3,5	71,60	71,61	71,60	71,61	71,67	71,64	71,64	71,67
4	80,05	80,05	80,04	80,03	80,10	80,07	80,11	80,07
4,5	87,93	87,94	87,91	87,86	87,86	87,87	87,88	87,90
5	95,45	95,36	95,45	95,41	95,37	95,40	95,44	95,42

Кесте А6 - Төмендетілген температураның әсер етуіне сынақтар жасау нәтижелері

Датчик нөмірі	Сынақ алдында ($t = + 25$ ОС)		$t = - 70$ ОС температура жағдайында		Сынақтан кейін ($t = + 25$ ОС)	
	U _о	U _{пред}	U _о	U _{пред}	U _о	U _{пред}
1	1,49	100,7	7,75	100,49	1,49	99,92
2	- 1,94	97,79	7,78	100,51	- 2,41	97,30
ТШ талабы	(0 ± 5) мВ	(100 ± 10) мВ	-	-	(0 ± 5) мВ	(100 ± 10) мВ

ҚОСЫМША Б



Ахметов Бахытжан Сражатдинович (KZ)

және Харитонов Петр Тихонович (RU); Бейсембекова Роза Нуралиевна (KZ); Аналиева Ажар Уразбаевна (KZ); Айтимов Мурат Жолдасбекович (KZ)

өнертабыс авторы(лары) болып табылатындығы осымен куәландырылады

(11) 29649

(54) Техногенді объектілерден өндірілетін қоршаған ортаны ластаудың жеке есебін алу жүйесі

(73) Патент иеленушісі: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорыны

ОСТИЦИЯ

(21) 2014/0361.1

(22) 19.03.2014

Қазақстан Республикасы
Әділет министрінің орынбасары



Э. Әзімова



(19) ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІ

ӨНЕРТАБЫСҚА

(11) № 29649

(12) ИННОВАЦИЯЛЫҚ ПАТЕНТ

(54) АТАУЫ: Техногенді объектілерден өндірілетін қоршаған ортаны ластаудын жеке есебін алу жүйесі

(73) ПАТЕНТ ИЕЛЕНУШІСІ: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорыны

(72) АВТОР (АВТОРЛАР): Ахметов Бахытжан Сражатдинович (KZ); Харитонов Петр Тихонович (RU); Бейсембекова Роза Нуралиевна (KZ); Аналиева Ажар Уразбаевна (KZ); Айтимов Мурат Жолдасбекович (KZ)

(21) № Өтінім 2014/0361.1

(22) Өтінім берілген күн 19.03.2014

Қазақстан Республикасы өнертабыстардың мемлекеттік тізілімінде тіркелді 24.02.2015ж.

Инновациялық патенттің күші Қазақстан Республикасының бүкіл аумағында, оны күшінде ұстау үшін ақы уақтылы төленген жағдайда сақталады.

Қазақстан Республикасы
Әділет министрінің орынбасары

Э. Əзімова

Өзгерістер енгізу туралы мәліметтер осы инновациялық патентке қосымша түрінде жеке парақта келтіріледі

003241

ҚОСЫМША С



ООО «НАУЧНО – ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «КОНТРОЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

«Утверждаю»
Заместитель генерального
директора
Ахметов А.Р.
2016 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

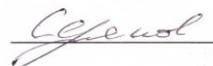
Настоящим подтверждается, что результаты диссертационной работы Айтимова Мурата Жолдасбековича «Исследование вариантов реализации и разработка комплекса многопараметровых интеллектуальных частотных датчиков для интегрированных ON-LINE систем контроля состояния окружающей среды», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD), внедрены в НИОКР, проводимых в ООО «Научно – производственный центр «Контрольные измерительные технологии» (ООО НПЦ КИТ).

В частности, были апробированы и внедрены:

- модели элементов и узлов многопараметровых датчиков физических величин;
- программы и алгоритмы снижения дестабилизирующих факторов на технические характеристики аналоговых и частотных датчиков;
- конструкции электронных частотных преобразователей тензорезистивных и емкостных датчиков давления.

Внедрение и реализация указанных конструктивно – технологических и схмотехнических решений позволило повысить точность и информативность разрабатываемых ООО НПЦ КИТ информационно – измерительных систем.

Ведущий конструктор,
кандидат технических наук

 В.А. Семенов

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор
ПКИТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ им.
К.Г. Разумовского (ПКУ)
д.э.н., профессор
И.В. Палаткин
2016 г.

А К Т

о внедрении результатов диссертационной работы
Айтимова Мурата Жолдасбековича

Комиссия в составе:

председатель комиссии – к.п.н., доцент, заместитель директора по учебно-методической работе ПФ ПКУ ФГБОУ Сайфетдинова М.К.;

члены комиссии:

– к.т.н., доцент Чернецов М.В. – заведующий кафедрой «ПиБи»;

– к.т.н., доцент Долотин А.И. – заведующий кафедрой «Технический сервис и электроэнергетика»;

составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Айтимова М.Ж. на тему «Исследование вариантов реализации и разработка комплекса многопараметровых интеллектуальных частотных датчиков для интегрированных ON-LINE систем контроля состояния окружающей среды», представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD), внедрены в учебный процесс ПКИТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ).

Автором были получены научные результаты:

1. Разработаны технические требования к датчикам физических величин, используемых для систем мониторинга окружающей среды (СМК ОС).

2. Исследованы и проанализированы конструктивные и программные методы повышения качества многопараметровых датчиков.

3. Разработана методика испытаний и метрологической аттестации многопараметровых датчиков

Указанные результаты внедрены в учебный процесс кафедры «Технический сервис и электроэнергетика» при проведении лекционных занятий и лабораторных работ по дисциплине: «Метрология, стандартизация и сертификация», «Мониторинг окружающей среды» и «Датчики и контроллеры» по направлению 430301 – «Сервис» профилю «Сервис в нефтегазовом комплексе».

Внедрение полученных автором научных результатов позволило повысить качество и информативность учебного процесса.

Председатель комиссии:

 М.К. Сайфетдинова

Члены комиссии:

 М.В. Чернецов

 А.И. Долотин