

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Бисенов Жасулан Серикович

Өнеркәсіптік қысым және температура датчиктерін зерттеуге арналған  
зертханалық стенд жобалау.

Дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты  
«Роботтықтехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 - Аспап жасау

БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

т. ғ. к., профессор

\_\_\_\_\_ Қ.А. Ожикенов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Дипломдық жобаны орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушыға: Бисенов Жасулан Серикович

Жобаның тақырыбы: Өнеркәсіптік қысым және температура датчиктерін зерттеуге арналған зертханалық стенд жобалау

Институттың № \_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 жылғы Ғылыми кеңесінің шешімімен бекітілген.

Орындалған жобаны өткізу мерзімі «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 жыл

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері: қолданылған элементтердің параметрімен танысу, жасалынатын макеттің тұжырымдамасын қарастыру, Өнеркәсіптік датчиктер (қысым және температура) жұмыс істеу принципімен танысу.

Есеп-түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша дипломдық жобаның мазмұны:

- а) өнеркәсіптік датчиктер құрылысы және жұмыс принципі
- в) Технологиялық бөлімі
- г) Конструкторлық бөлімі
- е) Есептеу бөлімі

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген) 10 слайд

Ұсынылған негізгі әдебиеттер 16 әдебиеттер тізімі

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер қарастырылатын сұрақтардың тізімі	атауы,	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескертулер
Кіріспе. Негізгі бөлім		05.02 – 10.03.2019 ж.	
Технологиялық бөлім. Конструкторлық бөлім		14.03 – 04.04.2019ж.	
Есептеу бөлімі		05.04 – 07.05.2019 ж.	

Аяқталған дипломдық жұмыс (жобаға) және оған қатысты

бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтанба қойылған мерзімі	Қолы
Қалып бақылаушы	Ж.С.Бигалиева т.ғ.м., лектор	15.05.2019ж	

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_ Н.У.Алдияров

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_ Ж.С.Бисенов

(қолы)

Күні «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік инженерия институты

«Роботтық техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

Т.ғ.к., профессор

\_\_\_\_\_ Қ.А. Ожикенов

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

дипломдық жобаның

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБАСЫ

Тақырыбы: «Өнеркәсіптік қысым және температура датчиктерін зерттеуге арналған зертханалық стенд жобалау»

5B071600 - Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындаған

Сын пікір беруші

Т.ғ.к.,

МжҚФ кафедрасының доценті

\_\_\_\_\_ Жаменкеев Е.К.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Бисенов Ж.С

Ғылыми жетекшісі

ф.-м.ғ.к.,

қауымдастырылған профессор

\_\_\_\_\_ Алдияров Н.У.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Алматы 2019

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада өнеркәсіптік қысым және температура датчиктерін зерттеу үшін зертханалық стендті жобаланды. Жобалау барысында әдебиеттік шолу негізінде өндірістік датчиктердің метрологиялық сипаттамаларын қарастырылып, олардың жұмыс істеу принциптерін талданды. Өндірістік қысым және температура датчиктерінің негізгі сипаттамаларын зерттеуге арналған зертханалық қондырғының функционалдық сұлбасы жасалынды. Сонымен қатар зертханалық стендтің блоктарының принципіалды схемасын құрастыру негізінде зертханалық қондырғыны әзірленді. Жасалған зертханалық стендті қолдана отырып өндірістік қысым және температура датчиктерінің параметрлерін анықтау мақсатында тәжірибелік жұмыстардың әдістемелері жасалынып, зертханалық стендті оқу үрдісінде қолдану үшін әдістемелік нұсқаулықтар дайындалды.

## АННОТАЦИЯ

В ходе данного дипломного проекта был разработан лабораторный стенд для исследования промышленных датчиков давления и температуры. В ходе проекта были проанализированы метрологические характеристики промышленных датчиков на основе литературных обзоров и принципов их работы. Разработана функциональная схема лабораторной установки для исследования основных характеристик промышленных датчиков давления и температуры. Лабораторное оборудование также было разработано на основе компоновки основных макетов блоков лабораторного стенда. Для определения параметров промышленных датчиков давления и температуры с помощью лабораторных стендов разработаны практические методы работы и методические рекомендации по использованию лабораторных стендов в учебном процессе.

## ANNOTATION

In the course of this graduation project, a laboratory bench was developed for the study of industrial pressure and temperature sensors. During the project, the metrological characteristics of industrial sensors were analyzed on the basis of literature reviews and the principles of their work. A functional diagram of the laboratory setup has been developed to study the main characteristics of industrial pressure and temperature sensors. Laboratory equipment was also developed on the basis of the layout of the main models of the blocks of the laboratory stand. To determine the parameters of industrial pressure and temperature sensors with the help of laboratory benches, practical working methods and guidelines for the use of laboratory benches in the educational process have been developed.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Физикалық шамаларды өлшеу	11
1.1 Датчиктер	12
1.1.1 Датчиктердің жіктелуі	13
1.2 Тензорезисторлы датчиктер	15
1.3 Терморезисторлы датчиктер	17
1.4 Термоэлектрлік датчиктер	20
2 Стендті жобалау үшін қолданылатын датчиктер	22
2.1 АИР-10L қысым датчигі	22
2.2 РМТ 69 көп каналды технологиялық регистратор	24
2.3 ИПТВ-206 температура мен ылғалдылықты өлшеу түрлендіргіші	27
2.4 ТС-1388 кедергі термотүрлендіргіштері	29
3 Зертханалық стендтің сипаттамасы	32
3.1 Температураны зерттеуге арналған зертханалық жұмысты орындау тәртібі	33
Қорытынды	35
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	36



## КІРІСПЕ

Өндірісте және ғылыми тәжірибелер кезінде әр түрлі үрдістерді бақылау, қондырғыларда, агрегаттарда және құрылғыларда жүріп жатқан үрдістерді анализдеу қажеттілігін өтеу үшін зертханалық және өлшеуіш кешендер қолданылады.

Дипломдық жобаның мақсаты өнеркәсіптік қысым және температура датчиктерін зерттеу үшін зертханалық стендті жобалау болып табылады.

Қысым мен температура, дәлдік және өлшеу сенімділігі технологиялық өнеркәсіптің әр түрлі салаларындағы үрдістердің сапасын анықтайтын негізгі параметрлер болып табылады. Кез келген адамға қысым негізгі жылу техникалық шамалардың бірі болып табылатындығы белгілі және ол әртүрлі технологиялық үрдістердің көпшілігінің маңызды параметрі болып саналады. Ал қысым датчиктері туралы айтқанда, бірінші кезекте, олардың қысымды өлшеуге, үздіксіз түрлендіруге арналғандығы белгілі. Мұндай датчиктерді автоматты бақылау және реттеу жүйелерінде технологиялық үрдістерінде қолдану кеңінен таралған.

Датчик – өлшеуіш ақпарат сигналын беруге, одан әрі түрлендіруге, өңдеуге және сақтауға ыңғайлы, бірақ бақылаушының тікелей қабылдауына келмейтін өлшеу құралы. Электрондық техника негізінде жасалған датчиктер электрондық датчиктер деп аталады. Жеке алынған датчик бір физикалық шаманы немесе бір уақытта бірнеше физикалық шамаларды өлшеуге (бақылауға) және түрлендіруге мүмкіндік береді. Датчиктің құрамына сезімтал және түрлендіргіш элементтер кіреді. Электрондық датчиктердің негізгі сипаттамалары сезімталдық пен қателік болып табылады.

Қысым датчиктері ауа немесе сұйықтық қысымын сезімтал элементтің механикалық қозғалуына түрлендіреді. Олар механикалық, гидравликалық, пневматикалық және т. б. болады. Датчиктерде өлшенетін ортаның қысымы біріздендірілген пневматикалық сигналдарға, электр сигналдарына немесе сандық кодқа түрлендіріледі. Қысым датчигі бастапқы қысым түрлендіргішінен тұрады, оның құрамында сезімтал элемент – қысым қабылдағыш бар, корпусы бөлшектердің конструкциясы бойынша әр түрлі сигналдарды екіншілік өңдеу сұлбалары, соның ішінде датчикті объектімен герметикалық жалғау және сыртқы әсерлерден қорғау және ақпараттық сигналды шығару құрылғысынан қорғау үшін арналған.

Температура датчиктері температураны электрлік немесе басқа сигналға түрлендіреді. Температура датчиктері әрекет ету принципі бойынша ерекшеленеді. Олар әртүрлі электродтарды дәнекерлеу кезінде термоЭДС пайда болуына негізделген термоэлектрлік пирометрлерге бөлінеді; жұмыс істеу принципі өткізгіштің қыздыру кезінде электр кедергісінің өзгеруіне негізделген кедергі термометрлері (терморезисторлар); өз кезегінде дилатометриялық (қыздыру кезінде дене көлемінің немесе сызықтық өлшемдерінің өзгеруіне негізделген) және

манометрлік болып (оларды қыздыру кезінде сұйықтық немесе газ қысымының өзгеруіне негізделген) бөлінеді; әсері денелерді сәуле түсірумен қыздыруға немесе жарықтандыруға негізделген сәулелену пирометрлері.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі мәселелерді қарастырамыз:

–әдебиеттік шолу негізінде өндірістік датчиктердің метрологиялық сипаттамаларын қарастыру. Олардың жұмыс істеу принциптерін талдау;

–өндірістік қысым және температура датчиктердің негізгі сипаттамаларын зерттеуге арналған зертханалық қондырғының функционалдық сұлбасын жасау;

–зертханалық стендтің блоктарының принципіалды схемасын құрастыру және зертханалық қондырғыны әзірлеу;

–әзірленген зертханалық стендті қолдана отырып өндірістік қысым және температура датчиктерінің параметрлерін анықтау мақсатында тәжірибелік жұмыстардың әдістемелерін жасау;

–жасалған зертханалық стендті оқу үрдісінде қолдану үшін әдістемелік нұсқаулықтар дайындау.

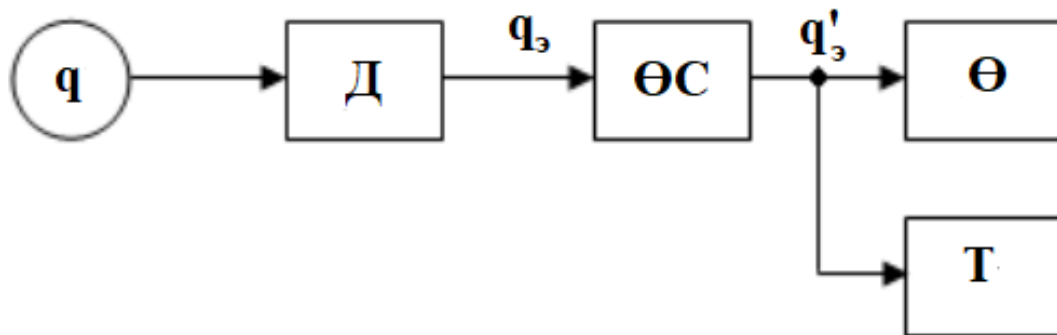
Өндірісті дамытудың, техникалық дамудың және еңбек пен жұмыс өнімділігін арттырудың негізгі тапсырмаларының бірі орта және жоғары білім беру жүйесін дамыту болып табылады. Білім беру жүйесін арттырудың негізгі факторларының бірі жаңа білім беру тәсілдерін енгізу, сонымен қатар теориялық және практикалық білімдерді жеткілікті жүзеге асыру үшін жабдықтар жасау, өнеркәсіптің әр түрлі техникалық салаларына жоғары білікті мамандарды дайындау болып табылады.

Оқу деңгейін арттыру мақсатында білім алушыларды жаңа заманауи жабдықтармен қамтамасыз ету қажет. Зертханалық стендтер студенттерді оқыту барысындағы негізгі бөліктердің бірі. Көп жағдайда зертханалық стендтер білім алушыларға теория жүзіндегі білімдерін практика жүзінде тексеруге, пәнді толығырақ түсіну үшін қажетті қабілеттерін арттыруға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта оқу үрдісінің сапасын арттыру мақсатында зертханалық стендтерді жасауды оқу үрдісіне енгізу өзекті болып табылады. Осындай қажетті зертханалық стендтердің бірі қысым және температура датчиктерін зерттеуге арналған зертханалық стенд болып табылады. Осыған сәйкес, дипломдық жобаның өзектілігі зертханалық стендті оқу үрдісіне енгізу болып табылады.

Физикалық шамаларды өлшеу әдеттегідей есептеу, өңдеу және алынатын өлшеу ақпараттарын көрсету үшін ыңғайлы түрге келтіру мақсаттарында өлшеу шамаларын түрлендіру жолымен алынады. Бұл ретте өлшенетін шамалар жиі басқа физикалық ортаның шамаларына түрленеді.

Мысалы температураны сынапты термометрмен өлшеу кезінде өлшенетін температура сынап бағанының ұзындығына түрленеді. Температура жоғары болған сайын сынап бағанының ұзындығы үлкен болады, ал температура азайғанда сынап бағанының ұзындығы да аз болады. Осылайша, температураның мәнін сынап бағанының ұзындығы бойынша белгілейді. Бұл жерде бір физикалық ортаның өлшенетін шамасы («температура») оның ізделетін мәнін анықтау үшін басқа ортаның физикалық шамасына (сынап бағанының «ұзындығы») түрленеді. Көптеген басқа мысалдарды да келтіруге болады. Газдың қысымын құбырлы манометрдің көмегімен өлшеу өлшенетін газдың қысымының әсерінен құбырлы серіппенің деформациясы (бұрау немесе босату) есебінен жүзеге асырылады. Құбырлы серіппені бұрау (немесе босату) көрсетулерді есептеу жүргізілетін манометрдің цифрланған шкаласының бойымен орын ауыстыратын бағыттау тіліне беріледі. Осылайша, газдың қысымын өлшеу үшін бірнеше ретті түрлендірулер жүргізіледі.

Электрлік емес шамаларды (температура, қысым, шығын және т.б.) техникалық өлшеулер жүргізу кезінде бұл шамалар көбінесе әрі қарай түрлендірулер мен өлшеулерге ұшырайтын электрлік шамаларға жиі түрленеді (1.1-сурет).



1.1 Сурет – Электрлік емес шамаларды электрлік өлшеу кезіндегі құрылғының құрылымы:  $q_э$ ,  $q_э'$  – электрлік шамалар; Д – датчик; ОС – өлшеу сұлбасы; Ө – өлшеуіш (электрлік шаманы өлшеу құрылғысы); Т – тіркеуші (электрлік шаманы тіркеуші)

Датчик  $D$  өлшенетін электрлік емес шаманы  $q$  электрлік шамаға  $q_3$  түрлендіреді. Бұл шама ортақ жағдайда да өлшеуіш тізбекте (ӨС) басқа электрлік шамаға  $q'_3 = f(q_3)$  түрленуі мүмкін. Сонымен қатар  $q_3$  шама күшейтілуі немесе әлсіздендірілуі, аналогты шамадан дискретті шамаға немесе дискретті шамадан аналогты шамаға және т.б. түрлендірілуі мүмкін. Алынатын шама  $q'_3$  электрлік құрылғылардың көмегімен өлшеуге немесе тіркелуге ұшырауы мүмкін және ары қарай өңдеу мен қолдану үшін байланыс сызығы арқылы үлкен қашықтыққа беріледі. Шамаларды өңдеу  $q'_3$  әмбебап ЭЕМ немесе мамандандырылған есептеу құрылғыларын қолдану көмегімен жүргізіледі.

Электрлік емес шамаларды электрлік әдістермен өлшеу келесі артықшылықтарымен ерекшеленеді:

- ізделетін шамалардың кішкентай мәндерін өлшеу мүмкіндігі;
- басқа әдістермен өлшеу мүмкін болмайтын сигналдарды өлшеуге мүмкіндік беретін электронды күшейткіштерді қолдану;
- ізделетін шамалардың параметрлерін қашықтықтан өлшеу мүмкіндігі;
- өндірістік сияқты басқа да үрдістерді қашықтықтан басқару мүмкіндігі;
- жоғары дәлдікті және кіші инерционды электр өлшеуіш аппараттарын қолдану мүмкіндігі;
- әр түрлі өлшеу қондырғыларын бір типті электрлік блоктармен жинақтау мүмкіндігі;
- заманауи есептеу техникаларын өлшеу жүйелерінде кеңінен қолдану мүмкіндігі.

## 1.1 Датчиктер

Физикалық шамаларды өлшеу барысында қолданылатын датчиктердің негізгі міндеті зерттелетін шамаларды одан әрі қарай қолдануға ыңғайлы болатын түрге түрлендіру және қабылдау болып табылады.

Датчик өлшеуіш жүйенің функционалды элементі ретінде өлшенетін шаманы қабылдауы және түрлендіруі қажет және оны қабылдағыш (сезімтал) элемент пен аралық түрлендіргіштерден тұратын құрылғы ретінде қарастыруға болады. Осыдан датчик деп өлшенетін электрлік шаманы электрлікке шамаға түрлендіретін конструкциялық ортақ өлшеу түрлендіргішті айтуға болады.

«Датчик» терминін әдетте түрлендіруге арналған физикалық шаманың атауымен қолданады: температура датчигі, қысым датчигі, ылғалдылық датчигі және т.б. Датчиктер құрылғысы және функционалды элементтердің сұлбасы жағынан қарапайым түрде (терможұп, сымдық тензодатчиктер және т.б.) болуы мүмкін, сонымен қатар өзіндік элементтердің қатарынан тұратын өте күрделі құрылғы ретінде жүзеге асырылуы мүмкін (мысалы, серпімді элементтен, иінтіректі жүйеден және айнымалы электр кедергісінен тұратын қысым датчигі; бұл жағдайда

өлшенетін қысым иінтіректі жүйе арқылы айнымалы кедергі қозғалтқышының орнын ауыстыратын серпімді элементке әсер етеді). Күрделі датчиктерді дайындау және қолдану қажеттілігі, ең алдымен олардың қарапайым датчиктерге қарағанда үлкен сезімталдық, нақтылық және түрлендірудің сызықтылығын алуға мүмкіндік беретіндігімен түсіндіріледі.

Датчиктер кіріс (өлшенетін) шамалары бойынша жүйеленуі мүмкін және бұл берілген шаманы өлшеу үшін датчиктерді таңдау кезінде тиімді. Кіріс (өлшенетін) шамалардың түрі бойынша датчиктерді келесі топтарға ажыратады:

- орын ауыстыру датчиктері;
- күшейту датчиктері;
- айналу моменті датчиктері;
- өлшем датчиктері;
- деңгей датчиктері;
- діріл параметрі датчиктері;
- қысым және шығын датчиктері;
- температура датчиктері;
- ылғалдылық датчиктері;
- заттың құрамын анықтау датчиктері;

Әрбір топ шегінде датчиктерді одан әрі бөлуге болады. Мысалы, сызықтық және бұрыштық қозғалыс датчиктері, жоғары және төмен температура датчиктері және т. б. түрлерге ажыратуға болады.

Датчиктерді олардың шығу сигналының түрі бойынша жүйелеу датчиктермен жұмыс істеу үшін қандай өлшеу құрылғыларының неғұрлым жарамды екенін немесе керісінше, датчиктердің қандай түрлерін берілген өлшеу құрылғыларына пайдалану қажеттілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Электрлік емес шамаларды электрлік өлшеу үшін қолданылатын датчиктерді шығыс сигналдың түрі бойынша датчиктермен өлшенетін шамаларды электр кедергісіне, сыйымдылыққа, тұрақты токтың немесе кернеудің мәніне, айнымалы токтың немесе кернеудің фазасына, айнымалы токтың немесе кернеудің жиілігіне түрлендіруге байланысты топтарға бөлуге болады.

Сонымен қатар, датчиктің шығыс шамасы импульсті-модуляцияланған электрлік ток немесе кернеу түрінде болуы мүмкін. Сондай-ақ амплитудалық-импульстік, жиілік-импульстік, уақыт-импульстік және модуляцияның басқа да түрлерін қолдануға болады. Мұндай датчиктерді көбінесе импульсті және сандық өлшеу құрылғыларында қолданған жөн.

### 1.1.1 Датчиктердің жіктелуі

Датчиктердің көптеген түрлері мен алуан түрлілігі электр емес шамалардың электрлік өлшеулерінде оларды тиімді таңдау және қолдану мүмкіндіктерін

қиындатады. Бұл мәселені жеңілдету үшін датчиктерді жүйелеу және жіктеу қажет. Көбінесе датчиктерді жіктеу олардың әрекет ету принципі бойынша жүзеге асырылады. Сонымен қатар, кейде датчиктер жоғарыда қарастырылғандай кіріс немесе шығыс шамаларының түрі бойынша жіктеледі.

Әрекет ету принципіне байланысты датчиктерді екі үлкен топтарға бөлуге болады: параметрлік датчиктер және генераторлық датчиктер.

Параметрлік топтың датчиктері өлшенетін электрлік емес шама электр тізбегінің параметріне түрлендіріледі: кедергі, индуктивтілік, өзара индуктивтілік, сыйымдылық. Мұндай датчиктердің қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін электр энергиясының қосалқы көздері қажет болады.

Параметрлік датчиктерге келесі датчиктердің түрлерін жатқызуға болады:

–өлшенетін шаманың әсерінен қозғалатын реостат кедергісінің оның қозғалтқышының жағдайына тәуелділігін пайдалануға негізделген реостатты датчиктер;

– денелердің бір-біріне қысым көрсетуі мен қатты денелердің беттерінің арасындағы байланыс кедергісінің тәуелділігі қолданылатын байланыс кедергісінің датчиктері;

–өткізгіштердің созылу немесе сығылу кезіндегі кедергісін өлшеуге негізделген тензометрлік (тензорезисторлық) датчиктер;

–температураға байланысты олардың кедергілерін өлшеуге негізделген терморезисторлық датчиктер;

–жарықтандыруға байланысты олардың кедергілерінің өзгеруіне негізделген фоторезисторлық датчиктер;

–ерітінді концентрациясынан электролит ерітіндісінің кедергісін өзгертуге негізделген электролит датчиктері;

–газды разрядтық аралық кедергінің газдың иондану дәрежесіне тәуелділігіне негізделген иондаушы датчиктер;

–электрондық шамдардың анодтық тогына олардың электродтары арасындағы қашықтыққа тәуелділігіне негізделген электрондық (механикалық) датчиктер;

– индуктивтіліктің магнитті емес саңылаулардың шамасына, өзекшелер қимасының ұзындығы мен ауданына, сондай-ақ магнит өткізгіш бөліктері мен датчиктер орамаларының өзара орналасуына тәуелділігіне негізделген индуктивтік датчиктер;

–осындай датчиктердің өзекшелерін құрайтын ферромагнитті материалдың механикалық кернеуіне олардың индуктивтілігіне байланысты негізделген магнитті айналма датчиктер;

–конденсатордың электр сыйымдылығының оның құймаларының өлшемдеріне және өзара орналасуына, сондай-ақ оның диэлектрлік өткізгіштігіне байланысты негізделген сыйымдылық датчиктер.

Генераторлық датчиктер оларда энергияның әртүрлі түрлері электр энергиясына түрлендіру (өлшенетін электрлік емес шаманың әсерінен электр энергиясын түрлендіру арқылы) жүзеге асырылады.

Генераторлық датчиктерге келесі датчиктердің түрлерін жатқызуға болады:

–термоэлектрлік датчиктер (термопарлар), олардың жұмыс және бос ұштарының температураларының әртүрлілігіне термоЭДС термопардың тәуелділігіне негізделген;

–электромагниттік индукция құбылысына негізделген индукциялық датчиктер;

–кейбір материалдарды (кварц, турмалин, пьезоқыш және т.б.) олардың деформациясы кезінде поляризациялаудан тұратын тікелей пьезоэлектрлік әсерді пайдалануға негізделген пьезоэлектрлік датчиктер;

–фотоэлементтердің ЭҚК-нің олардың жарықтануына тәуелділігіне негізделген фотоэлектрлік датчиктер;

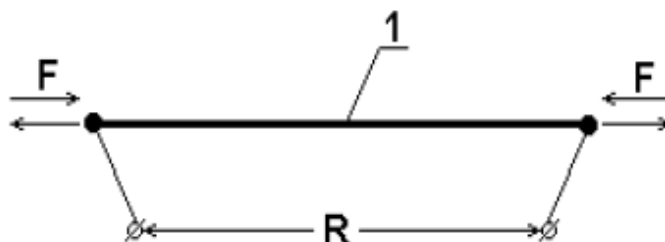
– гальваникалық элементтің ЭҚК-нің электролиттер ерітінділерінің құрамы мен концентрациясына тәуелділігіне негізделген гальваникалық датчиктер;

–полярлық еріксіз ағу кезінде туындайтын электрокинетикалық потенциал құбылысына негізделген электрокинетикалық датчиктер.

Қарастырылған датчиктердің түрлерінің тізімі датчиктердің барлық түрлері мен барлық мүмкін болатын модификацияларын қамтымайды.

## 1.2 Тензорезисторлы датчиктер

Тензорезисторлы датчиктердің жұмыс істеу принциптері өткізгіш материалдың деформациясы кезінде оның кедергісінің өзгеруіне негізделген. Қарастырылатын датчиктер әр түрлі аталуы мүмкін. Мысалы, келесі терминдер қолданылуы мүмкін: тензометрлік датчиктер, тензосезімтал датчиктер, омық тензодатчиктер және жай ғана «тензодатчиктер». Тензодатчиктердің жұмыс істеу принципін 1.2-сурет түсіндіреді.



1.2 Сурет – Тензодатчик: 1 – өткізгіш; R – өткізгіштің кедергісі; «F–F» – өткізгіштің созылу (немесе қысу) күші

Өзгермейтін температурадағы өткізгіштің кедергісі келесі формуламен анықталады:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1.1)$$

мұндағы— өткізгіш материалдың меншікті кедергісі;

$l$  – өткізгіштің ұзындығы;

$S$  – өткізгіштің көлденең қимасының ұзындығы.

Өткізгішті кішкене созу мен қысу кезінде оның меншікті кедергісі шамамен тұрақты болып қалады.  $\rho \approx \text{const}$  деп есептей отырып, басқа мүшелердің  $R$  әсерін қарастырамыз.

Созу кезінде өткізгіштің ұзындығы  $l$  ұзарады, көлденең қиманың ауданы  $S$  қысқарады және жоғарыдағы формулаға сәйкес өткізгіштің кедергісі  $R$  азаяды.

Өткізгішті қысу кезінде эффект кері болады: ұзындық  $l$  азаяды, көлденең қиманың ауданы  $S$  артады және кедергі  $R$  азаяды.

Өткізгіштердің жоғары деформациялары жағдайында бұл материалдардың меншікті электрлік кедергісі өзгереді (созу және қысу кезінде де артады).

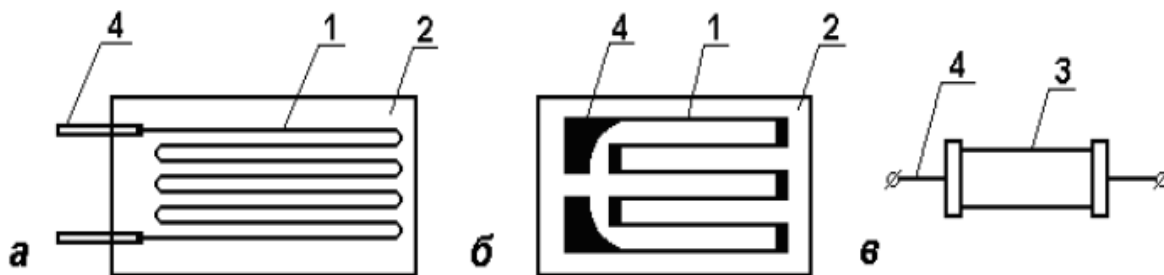
Өткізгіштердің кедергілерінің өзгеруі тензосезімталдылық коэффициентімен сипатталады:

$$K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} \quad (1.2)$$

мұндағы  $K$  – тензосезімталдылық коэффициенті;

$\Delta R$  және  $\Delta l$  – өткізгіштің кедергісі мен ұзындығының өзгерісі.

Тензодатчиктердің сезімтал элементтері металл сымдар мен фольгалардан, сонымен қатар дөңгелек және жазық қима жартылай өткізгіштерден жасалады. Әр түрлі типті тензодатчиктердің конструкциясы 1.3-суретте көрсетілген.



1.3 Сурет – Сымды (а), фольгалық (б) және жартылай өткізгішті (в) тензодатчиктердің құрылымы: 1 – металл өткізгіштер; 2 – қағазды төсеме немесе лакты қабықша; 3 –жартылай өткізгіш; 4 – шықпалар



1.3-суретте көрсетілген датчиктер «жапсырылатын» датчиктерге жатады, яғни оларды төсемен бірге зерттелетін бөлшекке арнайы желіммен жапсырады. Мұндай датчиктер жұмыс барысында қарапайым, бірақ желімнің болуы олардың сипаттамаларын төмендеді (гистерезис пайда болады және уақыт өте келе сезімталдылығын жоғалтады). Сонымен қатар желімсіз датчиктер де бар, олардың өткізгіштері бөлшектерге желімнің көмегінсіз механикалық құрылғылармен бекітіледі.

1.3а-суреттегі келтірілген сым тензодатчиктер үшін және 1.3б-суретте көрсетілген фольгалық тензодатчиктер үшін салыстырмалы өзгерістер кедергінің 1%-нан аспайды, бұл осы датчиктердің кедергілерінің температуралық өзгерістеріне салыстырылуы мүмкін. Осыдан тензодатчиктердің материалына қойылатын талаптар - температуралық коэффициентінің аз және тензосезімталдық коэффициентінің үлкен болуы. Сонымен қатар, тензодатчиктер материалдарының үлестік кедергісі үлкен (датчиктің берілген кедергісі кезіндегі көлемін азайту үшін) және механикалық беріктігі үлкен болуы қажет.

Тензодатчиктердің номиналды кедергісі 50-ден 800 Ом-ге дейін құрайды. Жартылай өткізгіш тензодатчиктер ұзындығы 5-10 мм және ені 0,2-0,8 мм кремний немесе германий монокристаллының пластинасын (көпшілік жағдайда кремний) құрайды.

Тензодатчиктердің негізгі мақсаты – машиналар мен механизмдердің бөлшектерінің, сонымен қатар ғимараттар мен құрылыстардың (көпірлер, т.б.) деформациясын өлшеу. Сондай-ақ, олар қысым, күш датчиктерінің, діріл параметрлерінің сезімтал элементтері ретінде қолданылады. Мысалы, сұйықтықтың немесе газдың қысымын өлшеу кезінде тензорезисторлар қысым датчигінің мембранасына жағылады және оларды жұмыс жасау кезінде олардың екеуі созылу деформациясына, ал басқа екеуі сығылу деформациясына ұшырайтындай етіп орналастырады.

Арнайы қосу сұлбаларын (әдетте көпірлік) және арнайы компенсациялық құрылғыларды пайдалану өлшеудің жоғары метрологиялық сипаттамаларын қамтамасыз етеді. Бір конструкцияда датчиктің барлық функционалдық тораптарын біріктіру байланыс желілеріндегі сымдардың санын қысқартуға, жоғары сезгіш шығуды қалыптастыруға және өлшеу арнасының кедергіден қорғалуын арттыруға мүмкіндік береді.

### 1.3 Терморезисторлы датчиктер

Қазіргі заманғы өндірісте қолданылатын барлық температуралық датчиктер өлшенетін температураны электр сигналдарына түрлендіру принципін қолданады. Мұндай түрлендіру электр сигналын жоғары жылдамдықпен үлкен қашықтыққа беруге болатынына негізделген, электр сигналдар кез келген физикалық шамаларға

түрлендірілуі мүмкін. Сандық кодқа түрлендірілген бұл сигналдар жоғары дәлдікпен берілуі мүмкін, сонымен қатар компьютерге өңдеу үшін енгізіледі.

Терморезисторлы датчиктердің жұмыс істеу принципі (бұрынғы атауы «термокедергілік датчиктер») өткізгіштер мен жартылай өткізгіштердің температуралары өзгерген кезде өзіндік электрлік кедергілерін өзгерту қасиетіне негізделеді. Терморезисторлар ретінде металл немесе жартылай өткізгішті резистор қолданылуы мүмкін.

Терморезисторлы температура датчиктері кейде кедергі термометрлері деп аталады.

Металл терморезисторлар кең қолданысқа ие болды, өйткені бұл олардың түрлендірілуінің статикалық сипаттамаларының тұрақтылығымен және олардың негізінде салыстырмалы кішкене қателіктері бар температура өлшегіштерін жасау мүмкіндігімен түсіндіріледі.

Жартылай өткізгішті терморезисторларды (термисторларды) жасау үшін металл тотықтарының қоспалары ( $Mn_2O_3$ ,  $Cu_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $NiO$  және т.б.) қолданылады. Термисторлар жоғары сезімталдылыққа ие, алайда түрлендірудің статикалық сипаттамаларының тұрақсыздығына байланысты кең қолданысқа ие болмады.

Терморезисторлардың негізгі түрлері — термисторлар мен позисторлар, сәйкесінше теріс және оң ТКС (кедергінің температуралық коэффициенті) болып табылады. Температураның өсуіне байланысты термисторларда кедергі төмендейді, ал позисторларда керісінше артады.

Өткізгіштің кедергісінің оның температурасына тәуелділігі келесі формуламен өрнектеледі:

$$R = R_0 * e^{\alpha(\theta - \theta_0)} \quad (1.3)$$

мұндағы  $R - \theta$  температура кезіндегі өткізгіштің кедергісі;

$R_0 - \theta_0$  температура кезіндегі өткізгіштің кедергісі;

$\alpha$  – кедергінің температура коэффициенті.

Терморезистордың температурасы, жылу тепе-теңдігі кезіндегі қалыптасқан оның кедергісінің шамасы көптеген факторлармен анықталады: қоршаған ортаның температурасы; датчик арқылы электр тогы; датчиктің геометриялық өлшемдері, оның конфигурациясы, қорғаныс арматурасының болуы (немесе болмауы); қоршаған ортаның физикалық қасиеттері; датчик тиелген газ немесе сұйық ортаның қозғалу жылдамдығы және т.б.

Датчик кедергісінің жоғарыда аталған факторларға тәуелділігі әр түрлі электрлік емес шамаларды өлшеу үшін терморезисторларды қолдануға мүмкіндік береді (температура, сұйықтықтың немесе газдың және т.б. қозғалу жылдамдығы).

Қарастырылған датчиктердің кемшіліктеріне салыстырмалы үлкен инерциалдылықты,  $R = f(\theta)$  тәуелділігінің сызықты еместігін, сонымен қатар

терморезисторлардың параметрлерінің үлкен таралымын және т. б. жатқызуға болады.

Терморезисторларға арналған материалдар ретінде кез келген ток өткізгіштерді қолдануға болмайды, өйткені терморезисторларға кейбір талаптар қойылады. Оларды дайындауға арналған материал жоғары ТКС ие болуы тиіс, ал кедергі температураның үлкен интервалындағы сызықтық кестеге сәйкес температураға байланысты болуы тиіс.

Мұндай талаптар үшін мыс пен платина жақсы, олардың жоғары бағасын есептегенде. Олардың негізіндегі терморезисторлар платиналы және мысты терморезисторлар деп аталады. ТСП (платина) терморезисторлары -260-1100 градус температураларда жұмыс істейді. Егер температура 0-ден 650 градусқа дейін болса, онда мұндай датчиктер үлгілер мен эталондар ретінде қолданылады, өйткені бұл аралықта тұрақсыздық 0,001 градустан аспайды.

Платина терморезисторларының кемшіліктеріне түрлендірудің сызықсыз болуы және бағасының жоғары болуы жатады. Сондықтан параметрлерді дәл өлшеу тек жұмыс диапазонында ғана жүзеге асырылуы мүмкін.

ТСМ терморезисторларының арзан мыс үлгілері іс жүзінде кеңінен қолданылады, оларда температураға кедергі тәуелділігі әлдеқайда жоғары. Олардың кемшілігі аз үлес кедергісі және жоғары температураға төзімділігі, жылдам тотығу болып табылады. Осыған байланысты мыстың негізіндегі терморезисторлардың қолданылуы 180 градустан аспайтын шектеу қойылады.

Жартылай өткізгіштерден тұратын резисторларды термисторлар деп атайды. Егер оларды платина және мыс үлгілерімен салыстырсақ, онда олар жоғары сезімталдыққа және ТКС теріс мәніне ие. Бұл температураның өсуі кезінде резистордың кедергісі төмендеуіне әкеледі. ТКС термисторлары платина және мыс датчиктерден әлдеқайда көп.

Температураны өлшеуді жүзеге асыру үшін кобальт және марганец оксидтерінен тұратын КМТ жартылай өткізгіштерінде терморезисторлар, сондай-ақ мыс және марганец оксидтері негізінде ММТ термотіркеу үлкен танымалдыққа ие болды. Кестедегі температураға қарсылық тәуелділігі -100 +200 градус аралығында жақсы сызықты болады. Жартылай өткізгіштер негізіндегі терморезисторлардың сенімділігі өте жоғары, қасиеттер ұзақ уақыт бойы жеткілікті тұрақтылыққа ие болады.

Олардың негізгі кемшілігі мұндай терморезисторларды жаппай дайындау кезінде олардың сипаттамаларының қажетті дәлдігін қамтамасыз ете алмау мүмкіндігі болып табылады. Сондықтан жеке алынған бір резистор басқа үлгіден өзгеше болады, бір партиядан әртүрлі күшейту коэффициенттері болуы мүмкін транзисторларға ұқсас, екі бірдей үлгіні табу қиын.

Терморезисторлар электроникамен тығыз байланысты түрлі салаларда белсенді қолданылады. Олар температуралық режимнің дұрыс күйге келтірілуіне байланысты үдерістерді жүзеге асыру кезінде өте маңызды болып табылады.

Терморезисторларды қолданудың кең таралған тәсілі –аппараттарды іске қосу процесінде туындайтын токтарды шектеу.

#### 1.4 Термоэлектрлік датчиктер

Термоэлектрлік датчиктер генераторлық типті датчиктерге жатады. Олардың жұмысы термоэлектрлік құбылыстардың біріне–термоэлектрлік қозғалатын күштің (термо-ЭҚК) пайда болуына негізделген.

Термоэлектрлік өнеркәсіптік температура датчигі, әдетте, бір ұштары бір-бірімен қосылған (ыстық ұштары деп аталатын) әр түрлі металдардан жасалған екі сым болып табылады, ал екінші ұштары (суық ұштары) осы термоЭДС өлшейтін келесі аспаптардың кіруіне немесе екінші электрондық өлшеуіш түрлендіргіштердің кіруіне термоЭДС шығарады. Осы екі дәнекерленген сым ұштары терможұп деп аталады. Терможұптың ыстық ұштарын сенсор асқын жүктелетін және абразивті немесе агрессивті болуы мүмкін ортаның әсерінен қорғау үшін бұл ұштары әдетте қорғаныс корпусына қатысты терможұптың ыстық шетінің жағдайын бекітетін сусымалы электр оқшаулау материалымен толтырылатын қабықшаның ішінде орналастырылады.

Термоэлектрлік датчиктер 1.4а-суретте сұлбалы көрсетілгендей екі нүктеде өзара байланысқан А және В екі әртекті жартылай өткізгіштерден тұрады.

Практикада термоэлектрлік датчиктерді терможұптар (ТЖ) деп атау қарастырылған.

А және В екі әртекті жартылай өткізгіштерден екі дәнекерлеуден тұратын 1.4 а-суреттегі ТЖ сұлбасын қарастырайық. Дәнекерленіп қосылған жердің біреуі (жұмыстық немесе «ыстық») температураны өлшеу орнына орналастырылады, ал екіншісі (бос немесе «салқын») сыртқы тізбекте болады. Біздің жағдайда ТЖ «ыстық» дәнекерленіп қосылған жері  $\theta$  температурасына, ал «салқын» дәнекерленіп қосылған жері  $\theta_0$  температурасына ие.

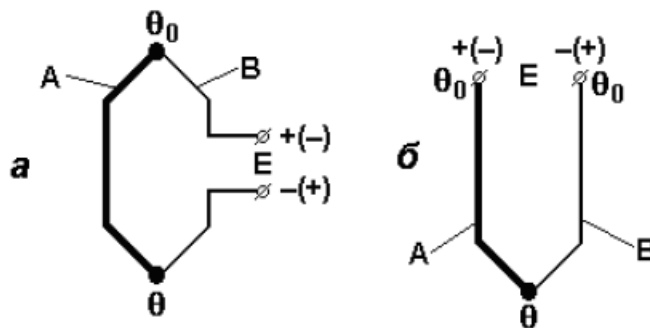
Терможұппен генерацияланатын термоЭҚК келесі түрде жазылады:

$$E \cong \theta - \theta_0 \quad (1.4)$$

мұндағы  $E$  – термоЭҚК;

$K$  –А және В элетктродтарының материалына тәуелді коэффициент.

Теңдеу түрлендірудің сызықты статикалық сипаттамасына сәйкес келеді және бірінші жақындауда ғана орынды. ТЖ шынайы сипаттамалары сызықты емес болып табылады. Келесі жақындау «бос жүріс» үшін термоЭҚК қарастыру. Яғни, бұл 1.4 а-суреттегі сұлбаның нүктелеріне ( $\pm$ ) ешқандай аспап орнатылмағандығын көрсетеді.



1.4 Сурет – Термоэлектрлік датчиктердің (терможұптар) принципіалды сұлбалары: А; В – әртекті материалдардан өткізгіштер;  $\theta$ ,  $\theta_0$  – дәнекерлену температуралары; Е – термоЭҚК

Сипатталған термоэлектрлік эффект 1823 жылы неміс физигі Зеебекпен ашылды. Осыған сәйкес бұл термоэлектрлік эффектін Зеебек эффектін деп атайды.

1834 жылы француз ғалымы Пельтье, Пельтье эффектін деп аталатын кері термоэлектрлік эффектін ашты. Пельтье эффектіннің мәні келесіге негізделеді. Әртекті өткізгіштердің дәнекерленіп қосылған жері арқылы электр тогы өткенде дәнекерленіп қосылған жер токтың бір бағытында қызады және токтың басқа бағытында салқындайды. Дәнекерленіп қосылған жердің қыздырылуы мен салқындатылуы токқа пропорционалды және үлкен емес, бірақ сонда да дәнекерленіп қосылған жердің температурасын төмендету, транзисторларды, интегралды сұлбаларды және т.б. құрылғыларды салқындату кезінде қолданылатын микросалқындатқыштарды жасау үшін жеткілікті. Өлшеу мақсаттарында термоэлектрлік эффект қолданылмайды, алайда ескерілуі керек (қосымша қателіктерге әкеледі).

ТЖ электродтары ретінде таза металдар, қоспалар және жартылай өткізгіштер қолданылуы мүмкін. Таза металдардан жасалған ТЖ сезімталдылығы градус Цельсийдің бірлік микровольтын, ал қоспадан градус Цельсийдің ондаған микровольтын, жартылай өткізгіштерден градус Цельсийдің жүздеген сондай-ақ мындаған микровольтін құрайды.

Терможұптардың артықшылықтарына температураның үлкен диапазонында өлшеу мүмкіндігі, құрылғының қарапайымдылығы, пайдаланудың сенімділігі жатады. Осы қасиеттердің арқасында терможұптар өте кең қолданысқа ие болды.

Терможұптардың кемшіліктеріне – жоғары емес сезімталдылық, үлкен инерциондық, еркін спайлардың тұрақты температурасын ұстап тұру қажеттілігі жатады.

## 2 Стендті жобалау үшін қолданылатын датчиктер

### 2.1 АИР-10L қысым датчигі

АИР-10L қысым өлшеу түрлендіргіштері (датчиктер) автоматты басқару жүйелерінде, технологиялық үрдістерді реттеу мен басқару жүйелерінде қолданылады және келесі шамаларды бірыңғайланған тоқты шығыс сигналға 4...20 мА үздіксіз түрлендіру үшін арналған:

- Абсолюттік қысым –АИР-10L-ДА;
- Артық қысым –АИР-10L-ДИ.



2.1 Сурет –АИР-10L қысым датчигі

АИР-10L (-ДА, -ДИ) қысым датчигінің негізгі сипаттамалары мен функционалдық мүмкіндіктері:

- қысым өлшеудің 2 диапазоны;
- ашық мембраналы үлгілер;
- асқын жүктемелік қабілеті 800 % дейінгі керамикадан жасалған мембраналы үлгілер;
- өзгертпелі кедергінің көмегімен өлшеу бірліктерін өзгерту мүмкіндігі;
- ИТЦ 420/М4, ИТЦ 420Ех/М4 сыртқы жарық диодты индикаторларды орнату мүмкіндіктері;
- климаттық орындаулардың түрлі нұсқалары;
- электрлік ажыратқыштың түрлі нұсқалары;
- жалғау штуцерінің түрлі нұсқалары;
- электрмагниттік үйлесімділік.

АИР-10L қысым датчиктері металл және керамикалық мембраналары бар заманауи тензорезистивті сенсорлармен жабдықталған. КНК технологиясы бойынша орындалған тот баспайтын болаттан жасалған 316L металл бөлу мембранасы бар тензорезистивті сенсорлар өлшеудің жоғарғы шегінен (ВПИ) 300% дейін жоғары асқын жүктемелік қабілетіне ие.

2.1 Кесте – Метрологиялық сипаттамалары (артық қысым)

Модельдің шартты белгіленуі	ГОСТ 22520-85 бойынша өлшеудің жоғары шектерің қатары	Максималды (сынау) қысым		Рұқсат етілген негізгі келтірілген қателіктің шектері, %		
		шама	%	B	C	D
ИК160	100 кПа	500 кПа	500	±0,4	±0,5	±1,0
	160 кПа		300	±0,25	±0,4	±0,6
ИК250	160 кПа	500 кПа	300	±0,4	±0,5	±1,0
	250 кПа		200	±0,25	±0,4	±0,6
ИК400	250 кПа	1200 кПа	500	±0,4	±0,5	±1,0
	400 кПа		300	±0,25	±0,4	±0,6
ИК600	400 кПа	1200 кПа	300	±0,4	±0,5	±1,0
	600 кПа		200	±0,25	±0,4	±0,6
ИК1М	0,6 МПа	2,5 МПа	400	±0,4	±0,5	±1,0
	1,0 МПа		250	±0,25	±0,4	±0,6
ИК1,6М	1,0 МПа	5 МПа	500	±0,4	±0,5	±1,0
	1,6 МПа		300	±0,25	±0,4	±0,6
ИК2,5М	1,6 МПа	5 МПа	300	±0,4	±0,5	±1,0
	2,5 МПа		200	±0,25	±0,4	±0,6
ИК4М	2,5 МПа	12 МПа	500	±0,4	±0,5	±1,0
	4,0 МПа		300	±0,25	±0,4	±0,6
ИК6М	4,0 МПа	12 МПа	300	±0,4	±0,5	±1,0
	6,0 МПа		200	±0,25	±0,4	±0,6
ИМ40	25 кПа	70 кПа	300	±0,4	±0,5	±1,0
	40 кПа		150	±0,25	±0,4	±0,6
ИМ60	40 кПа	200 кПа	500	±0,4	±0,5	±1,0
	60 кПа		300	±0,25	±0,4	±0,6
ИМ100	60 кПа	200 кПа	300	±0,4	±0,5	±1,0
	100 кПа		200	±0,25	±0,4	±0,6
ИМ160	100 кПа	500 кПа	500	±0,4	±0,5	±1,0
	160 кПа		300	±0,25	±0,4	±0,6

Жоғары технологиялық АИР-10L датчигі – екі өлшеу диапазоны бар өз класындағы аздаған түрлендіргіштердің бірі. Өлшеудің төменгі шегіне қайта баптау кезінде асқын жүктемелік қабілеті 1,6 есе артады. АИР 10L датчигі жоғары метрологиялық сипаттамаларға ие болып табылады: дәлдік класы –0,25%, қосымша температуралық қателігі – 0,15% / 10°С.

АИР-10 қысым датчигі ИТТЦ-420(Ex)/М4-1 жарықдиодты индикаторды орнату мүмкіндігіне ие.

АИР-10L түрлендіргіштері келесідей болып табылады:

– түрлендірілетін кіріс және шығыс сигналдарының санына байланысты – бір каналды;

– шығыс сигналдың кіріс сигналға тәуелділігіне байланысты – сызықты тәуелділікті;

АИР-10L түрлендіргіштері 84 тен 106,7 кПа дейінгі (630 дан 800 мм сын.бағ. дейін) атмосфералық қысымның әсеріне орнықты.

Жүктеменің номиналды кедергісі:

– 24 В қорек кернеуі кезінде 250 Ом;

– 36 В қорек кернеуі кезінде 500 Ом;

Өлшеу орталары:

– газ, сұйықтық, бу, сонымен қатар агрессивті орталар.

– датчиктің жұмыс аймағындағы өлшенетін ортаның температурасы – -40 тан +120°С дейін. Ортаның үлкен температуралары үшін арнайы бұруларды қолдану қажет.

АИР-10L қорек көзі кернеуі 9 В тан 36 В дейінгі тұрақты токтың қорек көздерінен 24 В немесе 36 В номиналды мәндері кезінде жүзеге асырылады.

АИР-10L тұтынатын қуат 24 В қорек кернеуі үшін 0,6 Вт және 36 В қорек кернеуі үшін 1 Вт аспайды.

## 2.2PMT 69 көп каналды технологиялық регистратор

PMT 69 видеографикалық регистраторлары күштің, тұрақты токтың кернеуі мен тұрақты токтың активті кедергісінің электрлік сигналдарына түрлендірілетін электрлік емес шамалар (жиіліктер, қысым, шығын және т.б.) мен температураның мәндерін өлшеу, реттеу және тіркеу (архивтеу) үшін арналған. Ақпаратты сақтау бұл аспаптарда ішкі жадыда жүзеге асырылған. Ақпаратты ДК жүктеу USB Flash-картасы көмегімен немесе RS-485 (Modbus RTU) және Ethernet (Modbus TCP) интерфейстері арқылы жүзеге асырылады.

Өлшенетін шамалардың бейнесі графиктер, гистограммалар, кестелер немесе комбинацияланған нұсқалар ретінде түсті TFT-экранда жүзеге асырылады.

Регистраторлар өнеркәсіпте және энергетикада, соның ішінде атомдық және жарылыс қауіпті аймақтарда әр түрлі технологиялық үрдістерде қолданылады.





## 2.2 Сурет –PMT 69 көп каналды технологиялық регистраторы

Негізгі сипаттамалары:

- 6 аналогты және 8 дискретті гальваникалық байланысқан кірістері;
- бағдарламалаудың еркін логикасы бар 16 релелі шығыстар;
- әрбір канал үшін 4 тағайын шама;
- ішкі жады–2 ГБ;
- орналастырылған қорек блогы –24 В, 22 мА;
- интерфейстер: Ethernet (Modbus TCP), RS-485 (Modbus RTU);
- монитор диагоналы –7 дюйм;
- ақпаратты ДК тасымалдау –USB Flash-card, Ethernet, RS-485;
- электромагнитті үйлесімділік (ЭМС) –III-A, IV-B;
- реле мен тағайындама шамалары арасындағы байланысты тестілеу функциясы;
- ақпараттарды «мнемосұлбалар» түрінде бейнелеу;
- орындау нұсқалары:жалпы өндірістік, Ex ([Exia]IIC), атомдық (жоғары сенімділікті);
- қорек көзі кернеуі  $\sim 130 \dots 249$  В,  $(50 \pm 1)$  Гц;
- резервті қорек кірісі –220 В, тұтынылатын қуат –44 В\*А аспайды;
- қорек көзі қосылатын ток (іске қосылатын ток) – 7,5 А (20 мс ішінде);
- габариттік өлшемдері–230 × 151 × 228 мм; қалқандағы қиық – 138 × 138 мм;
- монтаждық тереңдік–206,5 мм;
- салмағы –3,3 кг аспайды;
- сынау аралық интервалдар– 3 жыл (А дәлдікті класс үшін); 4 жыл (В дәлдікті класс үшін);
- пайдаланудың жарамдылық мерзімі –2 жыл (атомдық орындаулардағы аспаптар үшін 5 жыл).

Көп каналды технологиялық регистраторлар энергетикадағы (соның ішінде атомдық), металлургиялық, химиялық өнеркәсіптердегі және т.б. түрлі

технологиялық үрдістерде қолданылуға арналған. Сонымен қатар РМТ 69 жарылыс қаупі бар аймақтарда да қолданылуы мүмкін. РМТ– өлшеуіш каналдары бойынша сигналдарды параллельді өңдейтін, сұрастыру циклі барлық канал бойынша шамамен 1 с құрайтын тұтынушымен қайта жасалып құрастырылатын микропроцессорлы аспап болып табылады. Аспап түсті мониторында өлшеу нәтижелері кестелер, графиктер, гистограммалар немесе «мнемосұлбалар» түрінде бейнеленеді. Деректерді бейнелеу түрі тұтынушымен белгіленеді. Өлшеу нәтижелері, дискретті кірістер мен реленің күйі, ағымдағы уақыт аспаптың жадысында сақталады. РМТ жинақталған деректерді қарау оның мониторында, сонымен қатар ДК жүзеге асырылуы мүмкін. Архивтерді тасымалдау –USB Flash-картасы немесе Ethernetинтерфейсі көмегімен орындалады. Реленің болуы технологиялық үрдістерді басқаруға мүмкіндік береді.

Тұтынушы деректердің бейнеленуінің 10 түрлі комбинациясын белгілей алады. Өлшеу нәтижелері түсті 7 дюйм диагоналды СК-дисплейде сан (кестелер), графиктер, гистограммалар түрлі «мнемосұлбалар» түрінде бейнеленеді. Деректердің бейнелеудегі экрандық пішіндердің саны мен түрі тұтынушымен белгіленеді.

Аспапта әрбір өлшеу каналы датчиктерді унифицияланған шығыс сигналдармен қосу үшін орналастырылған қорек көзі 24 В (22 мА) бар. РМТ сигнализация мен реттеу каналдары 16 релеге ие. Жұмыстың логикасын бағдарламалау үшін әрбір каналға 4 тағайындама шамасы қолданылуы мүмкін. Сонымен қатар орнатылған БҚЕ сигналдардың кез келген қиын математикалық өңдеуін нақты жүзеге асырады. РМТ блок жадысы өлшеу нәтижелерін, реле мен дискретті сигналдардың күйін, ағымдағы уақытты энергияға тәуелді 2 Гб Flash-жадысына сақтайды. Аспапты конфигурациялау тұтынушымен беткі панельдегі пернетақтамен немесе сыртқы пернетақта көмегімен, арнайы бағдарламалық қамтамасыз ету арқылы RS-485 (Modbus RTU) интерфейсімен немесе USB Flash-картасы көмегімен іске асырылады.

РМТ 69 өлшеу арналары тұрақты ток түрінде біріздендірілген кіріс электр сигналдарымен жұмыс істеуге арналған (0-5), (0-20) (ТП) түрлендіргіштері бар, сондай-ақ 100 мВ дейін тұрақты ток кернеуін және 320 Ом дейін тұрақты ток кедергісін өлшеуге арналған.

Өлшенетін шаманың РМТ 69 кіріс сигналынан тәуелділігі орташалау (демпфирлеу) функциясы, екі сигналдың айырымын есептеу функциясы бар, ал кіріс біріздендірілген сигнал үшін квадрат түбірін алу функциясы сызықты болуы мүмкін.

РМТ 69 түрлі-түсті мониторда сандар, кестелер, графиктер, гистограммалар түріндегі өлшеу нәтижелерді бейнелейтін экрандық тіркеуші болып табылады. Өлшеу деректері, реле жағдайы, дискретті кіру жағдайы, ағымдағы уақыт энергияға тәуелді жадыда сақталады. Деректерді жазу екі түрлі жады аймағында - стандартты және жылдам жүргізіледі. Стандартты жадыға (шамамен 60 Мб) деректер РМТ 69 қондырғыларының мәзірінде пайдаланушылар анықтайтын жылдамдықтармен

жазылады. Жылдам жадыға (шамамен 4 Мб) өлшенген деректер аналогты-сандық түрлендіргіштің (АСТ) (1 Гц) ең жоғары сұрауының жылдамдығымен жазылады. АМТ-да жинақталған 69 деректерді қарау оның бет панелінен, сондай-ақ дербес компьютерден ММС-карта арқылы немесе дәйекті интерфейс арқылы жүзеге асырылады.

РМТ 69 құрамына төменде көрсетілген бөліктер кіреді:

- интерфейс түйіні бар қуат беру модулі;
- алты арналы АСТ модулі (АСТ арналары гальваникалық байланысқан);
- реле және дискретті кіріс модулі;
- индикация модулі;
- түсті сұйық кристалды дисплей;
- ММС-картаны қабылдағыш.

РМТ 69 бақылау параметрлерін сигнал беру және автоматты реттеу функцияларын жүзеге асырады.

### 2.3 ИПТВ-206 температура мен ылғалдылықты өлшеу түрлендіргіші

Температура мен ылғалдылық өлшеу түрлендіргіштері температура мен газды орталардағы қатыстық ылғалдылықты өлшеу және унификацияланған токты шығыс сигналға 0...5 мА немесе 4...20 мА үздіксіз түрлендіру үшін арналған.

Температура мен ылғалдылық түрлендіргіштері автоматты бақылау жүйелерінде газдардың гигрометриялық сипаттамаларын өлшеу кезінде, өнеркәсіптегі, энергетика мен ауыл шаруашылығы саласындағы технологиялық үрдістерді реттеу мен басқару үшін қолданылады. ИПТВ атомдық энергияны қолдану аймақтарында ОПБ88/97 және ОПБОЯТЦ сәйкес 2Н, 2НУ, 3Н, 3НУ және 4 класстары бойынша пайдаланылуы мүмкін.

ИПТВ температурасын және ылғалдылығын өлшеу түрлендіргіштері температураны және газ тәрізді ортаның салыстырмалы ылғалдылығын тұрақты токтың біріздендірілген электрлік шығыс сигналына үздіксіз түрлендіруге арналған.

ИПТВ өнеркәсіптің, энергетиканың және ауыл шаруашылығының әртүрлі технологиялық үрдістерде қолданылады.

Салыстырмалы ылғалдылықтың сезімтал элементінің жұмыс принципі ылғал сезгіш қабаттың қоршаған ортаның ылғалдылығынан диэлектрлік өткізгіштігіне байланысты негізделген. Температураның сезімтал элементі ретінде жұқа пленкалы технология бойынша жасалған платиналы кедергі термометрі қолданылады.



### 2.3 Сурет –ИПТВ-206 температура мен ылғалдылықты өлшеу түрлендіргіші

Салыстырмалы ылғалдылықтың және температураның сезімтал элементтері цилиндрлік зондтың соңында орнатылған және оларды механикалық зақымданудан қорғауды және талданатын ортаның еркін кіруін қамтамасыз ететін металл қалпақшамен жабылған.

Температура мен ылғалдылық өлшеу түрлендіргіштерінің түрлері:

–ИПТВ-056 –шығыс сигнал 0...5 мА;

–ИПТВ-206 –шығыс сигнал 4...20 мА.

Негізгі сипаттамалары:

- номиналдыстатистикалық сипаттамалары(НСС);
- температура датчигі –Pt500;
- ылғалдылық датчигі – НС1000;
- шығыс сигнал –0...5 мА (ИПТВ-056); 4...20 мА (ИПТВ-206);
- өлшенетін температура — –25...+25, 0...50, 0...100, –40...+110 °С;
- өлшенетін қатыстық ылғалдылық –5...98, 0...100 %;
- температураны өлшеу қателігі – $\pm 0,2$ ;  $\pm 0,4$  °С;
- қатыстық ылғалдылықты өлшеу қателігі – $h \pm 2$ ;  $\pm 3$  %;
- өлшенетін ортаның рұқсат етілген қысымы –2,5 МПа;
- шаң мен ылғалдылықтан қорғау дәрежесі –IP54;
- климаттық орындалуы –С4 (–30...+50 °С);
- орындау нұсқалары – жалпы өндірімтік, Ex (ExiaCT6 X);
- қорек көзі кернеуі –24 В;
- тұтынылатын қуат –1,2 Вт аспайды;
- жұмыс режимін орнату уақыты: 5 мин –ылғалдылықты өлшеу каналы үшін;20 мин – температураны өлшеу каналы үшін;
- клеммалы бастың материалы –алюминийлі ерітінді;

– қоршаған ортамен байланысқа түсетін қорғаныш арматурасының материалы –12Х18Н10Т.

Конструкциялық ерекшеліктері:

–өлшеу түрлендіргіштері бірінші түрлендіргіштердің клеммалы басына орналастырылған;

–ИПТВ-206 температура мен ылғалдылық өлшеу түрлендіргіші әр түрлі технологиялық үрдістерде температура мен ылғалдылықты өлшеу мен реттеу үшін арналған.

– тексерудің аралық интервал – 2 жыл (тексеру әдістемесі – МИ 2409-2003)

– пайдаланудың кепілдік мерзімі – 1 жыл.

ИПТВ-206 температура мен ылғалдылықты өлшеу түрлендіргіші аналогты аспаптарға жатады. Оны автоматты бақылау жүйелерінде газдардың гигрометриялық сипаттамаларын өлшеу кезінде, өнеркәсіптегі, энергетика мен ауыл шаруашылығы саласындағы технологиялық үрдістерді реттеу мен басқару кезінде пайдаланады.

#### 2.4ТС-1388 кедергі термотүрлендіргіштері

Кедергі түрлендіргіштері (ТС) сұйық, қатты, газ тәріздес орталардың температураларын өлшеу үшін арналған. Кедергі түрлендіргіштері жылу энергетикасында, химиялық, металлургиялық және басқа да өнеркәсіптер де, сондай-ақ атомдық энергияны қолданатын энергияларда пайдаланылады.

Кедергі термометрлерінде платиндік сенсорлық элементтер болады, олардың кедергісі температураға байланысты өзгереді. WІКА өнімдерінің желісінде қосылған кабельмен термопреобразователь бар, сондай-ақ дәнекер бастиегі бар нұсқа бар. Pt100 температура датчигі немесе Pt1000 сенсоры тікелей қосқыш басына орнатылуы мүмкін. Кедергі термометрлері -200 диапазонында жұмыс істеуге арналған... +600 °С (модельге, сенсордың сезімтал элементіне, дәлдік сыныбына және ортамен байланысатын материалдарға байланысты). АА, А және В дәлдік класстары барлық кедергі термометрлерінде қолданылады. Олардың рұқсат мәні ІЕС 60751 сәйкес келеді.

ТС-1388 кедергі термотүрлендіргіштері қатты денелердің, иіңтіректердің, электрлік машиналардың орамдарының температураларын өлшеу үшін арналған. Сонымен қатар қызмет көрсету қиындық туғызатын аймақтарда қолданылады, мысалы химиялық бактериологиялық немесе радиациялық ластану.

Негізгі техникалық сипаттамалары:

– істен шыққанға дейінгі орташа жұмыс істеуі – 150000 сағат;

– орташа жұмыс жасау мерзімі – 15 жыл;

– өндірістен шығу кезінде бірінші реттік тексеруден өткізілген;

ТС 1388 сериялы кедергі термотүрлендіргіштері дірілге төзімде орындауда жүзеге асырылады. Сезімтал элемент платинадан (Pt) жасалады.



2.4 Сурет –ТС-1388 кедергі термотүрлендіргіштері

Кедергі түрлендіргіштері жылу энергетикасында, химиялық, металлургиялық және басқа да өнеркәсіптер де, сондай-ақ атомдық энергияны қолданатын энергияларда пайдаланылады.

#### 2.2 Кесте –Техникалық сипаттамалары

Температураны реттеудің ұсынылатын диапазоны	-50 °С ... +200 °С
Температураны өлшеу дәлдігі	±0,5 °С
Қосылу кабеліндегі өткізгіштердің саны	4 талшығы
Датчиктердің габариттік өлшемдері (датчиктің диаметрі)	4, 5, 6 мм
Датчиктердің ұзындығы	0.3; 1.5; 3; 5; 10; 20 м
Қорғау дәрежесі	IP54
Өлшенетін ортамен байланыс әдісі	жүктелетін
Шартты қысым	0,4 МПа
Орташа қызмет мерзімі	6 жыл
Бас тартуға орташа істелген жұмыс	15000 ч
Температураның реттегіштермен үйлесімділігі	РТ-400; РТ-410; РТ-420
Кепілділік мерзімі	Сату күнінен бастап 2 жыл

ТС-1388 кедергісінің термотүрлендіргіштері (кедергі термометрлері) кіші габаритті мойынтіректердің температурасын, қатты денелердің бетін, кептіру шкафтары мен климаттық камералардағы атмосфераны өлшеу үшін қолданылады.

"А" шифріне қосылған 1388 сериялы (жоғары сенімділік) ТС термопреобразовательдері атом станцияларының (АС) технологиялық процестерін басқару жүйелерінің құрамында пайдаланылады.

1388 сериялы КҚ кедергісінің термометрлері олардың шифріне "В" қосыла отырып дірілге төзімді орындалады.

### 3 Зертханалық стендтің сипаттамасы

Зертханалық стенд технологиялық датчиктерді және олардың сипаттамаларын зерттеу бойынша зертханалық жұмыстарды жүргізу кезінде оқу жабдығы ретінде пайдалануға арналған. Стендтің беткі жағы жүргізілетін жұмыстардың тақырыбына сәйкес топтарға бөлінген. Стенд ток және кернеу датчиктерінің, температура датчиктерінің, сызықты қозғалу датчиктерінің, байланыссыз датчиктерінің, бұрыштық жағдай датчиктерінің және қысым датчиктерінің сипаттамаларын зерттеу және алу бойынша жұмыстарды жүргізуге мүмкіндік береді. Зертханалық стенд технологиялық процестерді автоматтандыру курстары бойынша электр техникалық және технологиялық мамандықтағы студенттердің температураны, қысымды анықтауға және автоматтандыру жүйелерін зерттеуге арналған.

Стенд төменде көрсетілген үрдістерді зерттеу мен түсінуге мүмкіндік береді:

– түрлі үлгідегі температура датчиктерінің статикалық және динамикалық сипаттамаларын;

- өндірістік контроллерді;
- деректерді беру хаттамаларды;
- температураны автоматты реттеудің тұйық жүйелерді.

Стендтің техникалық сипаттамалары:

- Электрмен қоректендіру кернеуі, В 220;
- Қоректендіруші кернеу жиілігі, Гц 50;
- Тұтыну қуаты, ВА артық емес 500;
- Габариттік өлшемі, мм артық емес 1550x1200x700(ШxВxГ);
- Салмағы, кг артық емес 100;
- Жұмыс температураларының диапазоны, С+10...35;
- Ылғалдылығы, % 80-ге дейін.

Зерттелетін құрылғылар мен аспаптар стендте бір параметрді өлшеу кезінде әртүрлі типтегі өлшеу құралдарының көрсеткіштерін салыстыру мүмкіндігі бар.

Зертханалық стендтер, сынақ стендтері үшін қандай датчиктер пайдаланылады, сондай-ақ қолданылатын бақылау-өлшеу жабдықтарының ерекшеліктері мен міндеттерді шешу осы шағын мақалада сипаттаймыз.

Қарқынды ғылыми-техникалық прогресс жағдайында адамзат алдында тұрған жаһандық міндеттердің пайда болуы қатенің бағасы ешқашан жоғары. Түрлі агрегаттардың жұмысын тұрақсыздандыруға қабілетті ішкі факторларды нөлге жеткізу үшін, олар міндетті түрде ұзақ сынақтарға ұшырайды, олардың нәтижесіне қарай ғана бұйымның практикалық қолдануға дайындығы туралы айтуға болады.

Осы сынақтар кезінде объектілер нақты жағдайларда салыстырмалы немесе артық жүктемелердің әсеріне ұшырайды. Осындай сынақтардың мақсаты объектінің ерекше жағдайларға реакциясын және жүктеменің шекті мәндерін анықтау болып табылады.





3.1 Сурет – Жобаланған зертханалық стенд

Зертханалық жұмыста зерттелетін қысым датчигі сорғымен айдалатын сұйықтық қысымын өлшеуге арналған. Қысым датчигі ретінде керамикалық өлшеу ұяшығы бар қысымды өлшеуіш түрлендіргіш қолданылады.

### 3.1 Температураны зерттеуге арналған зертханалық жұмысты орындау тәртібі

1. Қамтылған теориялық мәліметтерді мұқият зерделеу және бақылау сұрақтарына жауап беру.

2. Орналасқан стендтің техникалық сипаттамасы, жалпы стендтің және оның құрамдас элементтерінің техникалық сипаттамалары.

Датчиктерді зерттеу сипаттамасымен байланысты бөлімді егжей-тегжейлі зерттеу температура: термопар; терморезисторлар; аs интерфейсі бар температура датчигі.

3. Стендті жұмысқа дайындау.

4. Оқытушыдан жеке тапсырма алу. Жұмысты 2-3 студенттен тұратын топ орындайды.

5. Түрлі өлшеу құралдарымен температураны өлшеуді жүргізу.

6. Зертханалық жұмыс бойынша есеп жасау, онда келесі деректер көрсетілуі керек:

- кесте түрінде ұсынылған температураның өлшенген параметрлері;
- тәжірибелік деректер бойынша құрылған температураның өзгеру кестесі;
- жұмыс бойынша қорытынды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жоба барысында өнеркәсіптік қысым және температура датчиктерін зерттеу үшін зертханалық стендті жобаланды. Жобалау барысында әдебиеттік шолу негізінде өндірістік датчиктердің метрологиялық сипаттамаларын

қарастырылып, олардың жұмыс істеу принциптерін талданды. Өндірістік қысым және температура датчиктерінің негізгі сипаттамаларын зерттеуге арналған зертханалық қондырғының функционалдық сұлбасы жасалынды. Сонымен қатар зертханалық стендтің блоктарының принципіалды схемасын құрастыру негізінде зертханалық қондырғыны әзірленді. Жасалған зертханалық стендті қолдана отырып өндірістік қысым және температура датчиктерінің параметрлерін анықтау мақсатында тәжірибелік жұмыстардың әдістемелері жасалынып, зертханалық стендті оқу үрдісінде қолдану үшін әдістемелік нұсқаулықтар дайындалды.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Основы метрологии и электрические измерения: учебник для вузов / под ред. Е.М. Душина. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.

2 Измерения электрических и неэлектрических величин: учеб. пособие / под ред. Н.Н. Евтихаева. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

- 3 Туричин, А.М. Электрические измерения неэлектрических величин: учеб. пособие для вузов / А.М. Туричин. – М.; Л. : Энергия, 1966. – 690 с.
- 4 Методы электрических измерений: учеб. пособие для вузов / подред. Э.И. Цветкова. – Л. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
- 5 Куликовский, К.Л. Методы и средства измерений: учеб. пособие для вузов / К.Л. Куликовский, В.Я. Купер. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.
- 6 Метрология и радиоизмерения: учебник для вузов / под ред. В.И. Нефедова. – М. : Высшая школа, 2003. – 526 с.
- 7 Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений: учебник для вузов / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. – 5-е изд., стер. – М. : Издат. центр «Академия», 2008. – 336 с.
- 8 Миронов, Э.Г. Метрология и технические измерения: учеб. пособие / Э.Г. Миронов, Н.П. Бессонов. – Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2005. – 299 с.
- 9 Дворяшин, Б.В. Метрология и радиоизмерения: учеб. пособие / Б.В. Дворяшин. – М. : Издат. центр «Академия», 2005. – 304 с.
- 10 Кузнецов, В.А. Основы метрологии: учеб. пособие / В.А. Кузнецов, Г.А. Ялунина. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 336 с.
- 11 Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учебник для вузов / Е.С. Венцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
- 12 В.А. Диткин, А.П. Прудников. – М. : Высшая школа, 1995. – 260 с.
- 13 Левшина, Е.С. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
- 14 Агейкин, Д.И. Датчики контроля и регулирования / Д.И. Агейкин, Е.Н. Костина, Н.Н. Кузнецова. – М. : Машиностроение, 1965. – 928 с.
- 15 Васин Н.Н. Датчики автоматизированных величин: учеб. пособие / Н.Н. Васин. – Самара : РИП «Кредо», 1987. – 34 с.
- 16 Воробьев, С.А. Электрические измерения неэлектрических величин. Вып.2. Основы теории и расчета неуравновешенных мостовых схем с датчиками сопротивления / С.А. Воробьев. – Свердловск: УПИ им.С.М. Кирова, 1975. – 232 с.