

«Under the Society»; N.I. Vladints and VA Jacobs «Radio and Communication», 1988. – 320 p.

4 The idea of the possibility of making a round-the-world trip at that time in less than three months was the basis of the adventure novel of the French writer Jules Verne «Around the World in Eighty Days» (1873).

5 Vladinets, N.I. Filatelia // The Great Soviet Encyclopedia. 6 Mail // Encyclopedic Dictionary of Brockhaus and Efron: 86 t. (82 t. And 4 ext.). - St. Petersburg, 1890-1907.

6 This section uses information translated into Russian from a German article «Geschichte der Post».

7 Postage Stamps // Encyclopaedic Dictionary of Brockhaus and Efron: 86 t. (82 t. And 4 ext.). - St. Petersburg, 1890-1907.

8 Kazakhstan has ratified the Universal Postal Union document. IA News-Kazakhstan (January 18, 2011).

9 Natalia Todorova. Kazpost: 15 years of equalization of the country's independence. Kazakhstan's truth (February 8, 2008).

10 JSC "Kazpost" received the status of the Principal member of the international payment system Visa International. Kazinform (August 16, 2013).

11 The first in Kazakhstan 24-hour post office "Post-24" was opened in Astana. Kazinform (December 19, 2012).

12 A 24-hour post office opened in Kazakhstan. 24.KZ (December 19, 2012).

*FTAХР 50.31*

*К.А. Ожикенов<sup>1</sup>, П.Г. Михайлов<sup>2</sup>, М.Ж. Айтимов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Қ.И. Сатбаев атындағы Қазақ Ұлттық зерттеу техникалық университеті  
Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup> Пенза мемлекеттік технологиялық университеті  
Пенза қ., Ресей

## **КӨП ПАРАМЕТРЛІ ӨЛШЕУ КОНЦЕПЦИЯСЫ**

**Аңдатпа.** Бұл мақала көптеген концепцияның көптеген қасиеттерін көрсетеді. Көп функционалды датчиктерді түрлендіру әдістерін сипаттау, сонымен қатар олардың схемалары ұсынылған. Ракеталы–космостық және ұшу техникасын (РКҰТ) жасауда және сынауда негізгі бақыланатын параметрлерге (60...80% дейін) қысым, температура және діріл жатады. РКҰТ–ның аэродинамикалық зерттеулер кезінде туындайтын акустикалық және дірілдік жүктемені, қысым пульсациясының шамасын және температуралық өріс градиенттерін бір

мезгілде бақылауға және өлшеуге көпқызметті датчиктер мүмкіндік береді. Көпқызметті (аралас) датчиктерді қолдану өлшеудің ақпараттық толықтылығын арттырып қана қоймай, сыртқы әсерлерден пайда болатын қателіктерді азайтуға мүмкіндік береді, себебі температура мәндері және діріл деңгейі туралы қосымша ақпарат қателіктерді автоматты түзетуге мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер:** датчик, бақылау-өлшеуіш модуль, сезгіш элементтер.

\*\*\*

**Abstract.** It shows the concept of the multi-measurement. Description of the methods of non-electrical conversion of multifunctional sensors, as well as present their schemes. The authors hold the opinion that the main control parameters (up to 60% ... 80%) include pressure, temperature and vibration in the creation and testing of rocket and space and flight equipment (RCCT). Multifunctional sensors allow simultaneous monitoring and measurement of acoustic and vibration loads, pressure pulsations and temperature gradients arising from RCNA aerodynamic studies. The use of multifunction (combined) sensors not only increases the integrity of measurement data, but also reduces erosion caused by external influences, as additional information on temperature values and vibration levels helps to automatically correct errors.

**Key words:** sensor, control and measurement module, sensing elements.

\*\*\*

**Аннотация.** В данной статье представлена концепция мультиплеерного измерения, описание методов неэлектрического преобразования многофункциональных датчиков, а также представлены их схемы. Авторы придерживаются мнения, что основные параметры управления (до 60% ... 80%) включают давление, температуру и вибрацию при создании и испытаниях ракетно-космической и летной техники (RCCT). Многофункциональные датчики позволяют одновременно контролировать и измерять акустическую и вибрационную нагрузку, пульсацию давления и градиенты температуры, возникающие при аэродинамических исследованиях RCNA. Использование многофункциональных (комбинированных) датчиков не только повышает целостность данных измерений, но также уменьшает эрозию, вызванную внешними воздействиями, поскольку дополнительная информация о значениях температуры и уровнях вибрации помогает автоматически исправлять ошибки.

**Ключевые слова:** датчик, контрольно-измерительный модуль, чувствительные элементы, параметры, эрозия, вибрация.

*Көпқызметті датчиктерді құрудағы жалпы принциптер*

Жасалынып жатқан датчиктердің ішінде жоғары жобалау–технологиялық мүмкіндіктерге ие болатындары жартылай өткізгішті датчиктер, олар жартылай өткізгішті кристаллда тензо және термо сезімтал элементтерді, фото сезімтал, магнитсезімтал құрылымдарды жинақтауға мүмкіндік береді. Көпқызметті пьезоэлектрлік датчиктерде қосымша параметр (температура не діріл) әсер ететін сезімтал қабатты не жеке пьезоэлементті қолдануға болады.

Көпқызметті датчиктердің мүмкін болатын құрылымдары сурет 1а-е келтірілген. Пьезоэлектрлік датчиктер үшін термосезімтал элемент (ТСЭ) жұмыс пьезоэлементімен біртұтас пьезомодуль құрауы мүмкін. Дірілге сезімтал пьезоэлемент (ДСПЭ) инерциялық жүкпен байланысқан жеке пьезоэлемент түрінде орындалады.

Сурет 2–де температура мен дірілге сезімтал элементтері бар жартылай өткізгішті және пьезоэлектрлік датчиктердің басты сызбалары келтірілген. Сурет 2а–да термосезімтал параметр ретінде тензокөпірдің ток көзі; сурет 2б–да кері қосылған транзистордың эмиттер–база («Э-Б») өткелінің кедергісі; сурет 2в–да терморезистор кедергісі қолданылған.

Көпқызметті пьезоэлектрлік датчиктердің жүзеге асырылуының мысалдары сурет 3 және сурет 4–те келтірілген. Айталық сурет 3–те бөлек пьезоэлементтері бар акустикалық қысым мен дірілдің пьезоэлектрлік датчигі сызбасы бейнеленген. Акустикалық қысым датчиктері үшін бұндай құрылу принципі ракета–космостық және авиациялық техника үшін арнайы жасалған.

Сурет 4–те біртұтас (жинақталған) пьезомодулі бар көпқызметті пьезодатчиктің құрылымдық сызбасы көрсетілген. Бұндай әртүрлі параметрлерді (қысым, температура және діріл) бір көпқызметті элементтермен түрлендіру принципі көлемі шағын, мүмкіндіктері мол көпқызметті датчиктер жасауға мүмкіндік береді.

#### *Көпқызметті датчиктерді жүзеге асыру*

Сенсорлық элементтерді жартылай өткізгішті сезімтал элементтің (ЖЭСЭ) микроэлектронды датчиктердің көлеміне не бетіне орындау, әртүрлі әсерлерге (температура, деформация, магнитті және электрлік өрістер, иондаушы сәулеленуге, жарықтық және жылулық өрістерге) жартылай өткізгіштік қызметші материалдардың әртүрлі сезімталдығы әртүрлі параметрлерді түрлендірулерді бір датчикте жинақтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, аралас түрлендіру практикада мынадай жобалау, метрологиялық және технологиялық қиындықтарға алып келеді:

- түрлендірудің ақпараттық принциптерін таңдау;
- деформациялық және жылулық өрістердің өзара әсерлесуі;
- Термо және күшке сезімтал сенсорлы элементтердің бір сезімтал элементте құрылу технологияларының айырмашылығы.

Қысым мен температураның бір пьезосезімтал элемент МЭД–те түрлендіру принципін таңдауда күштік және термометрикалық параметрлердің сәйкестігі туралы принциптерді басшылыққа алу қажет:

- Қысым мен температура каналдарының өзара минимальды әсері;
- Жобалау (сенсорлық элементтердің сәйкестігі);
- Күшке сезімтал және термосезімтал сенсорлы элементтерді құрау үдерістерінің технологиялық сәйкестігі;
- Каналдардың ақпаратты–энергетикалық сәйкестігі.

Бірінші принцип қарама–қарсы кедергілердің пайда болуын анықтайды. Қарама–қарсы кедергілердің пайда болуын барынша азайтуға келесі жобалау–технологиялық әдістер мүмкіндік береді:

- Күштік және жылулық параметрлерді түрлендіру принципін таңдауға, оларда ақпараттық параметрлерде өзара корреляция болмайды не өте аз мөлшерде болады.
- Күшке сезімтал элементтерді (КСЭ) және жылуға сезімтал элементтерді (ЖСЭ) пьезосезімтал элементтерде орналастырғанда жылулық және деформациялық өрістерді оқшаулау қажет;
- Әрбір каналда каналдың кірісін не шығысына қарама–қарсы кедергілерді өткізбейтін фильтрлер қолдану;
- Кедергілерді басатын теріс кері байланыстарды (ТКБ) қолдану;
- Тұрақсыздандыратын факторлардың әсерлерін өздері қайта жоятындай шарттарға жету.

Айтылған әдістерге түсініктеме берейік.

Жартылай өткізгіштерге әлсіз корреляцияланған ақпараттық параметрлерді таңдағанда, алдында қарастырылғандай аумақтық және деформациялық модельдерді қолдануға болады. Оның ішінде, деформациялық модельдерге талдау жасағанда анықталды, жартылай өткізгіштер мен қоспаларда жартылай өткізгіштегі деформация тиым салынған аумақтың еніне және заряд тасымалдаушыларға (ЗТ) әсер етеді.

$$\Delta E_{g\phi} = \Delta E_g + kT \ln(Nc \cdot Nv / N'c \cdot N'v), \quad (1)$$

Бұндағы  $\Delta E_g = \frac{dE_g}{dP}$  тиым салынған аумақтың енінің қысымнан өзгеру коэффициенті (анықтамалық шама),  $S_i \Delta E_g = -1,5 \cdot 10^{-11} \text{В/Па}$ ,  $(Nc \cdot Nv)$  и  $(N'c \cdot N'v)$  - сәйкесті деформацияланған және деформацияланбаған жартылай өткізгіш үшін өткізу аумақтарындағы тиімді тығыздық күйі.

$Nc = N'c$ ,  $Nv = N'v$  жағдайында (1) өрнегінің екінші жағы нөлге тең болады, ол кезде  $\Delta E_{g\phi} = \Delta E_g$  екендігін аламыз.

Бұл деформацияда жартылай өткізгіштің симметриясы өзгермесе (барлық жағынан сығылса) немесе деформация үлкен болмаса (ПСЭ–тегі кіші механикалық кернеулер) орын алады. Деформациялық математикалық модельдер кристал деңгейінде ориентациялық мүшелер

болады, олар энергетикалық аумақтардың (өткізгіштік және валентті аумақ) саны мен орналасуын ескеріп отырады.

Энергетикалық аумақтардың өзара орналасу бейнесін өткізгіштік аумақ пен валентті аумақтардың деформация әсерінен әртүрлі заңдылықтар негізінде өзгеретіндігі қиындатады. Олар созылады, сығылады, алмасады, бұзылады.

Ақыр соңында деформацияланған жартылай өткізгіште ЗТ–дың энергетикалық деңгейлер арасында қайта бөлінуі ЗТ–дың концентрациясының өзгерісіне алып келеді.

Жартылай өткізгіштер үшін

$$n_i = n_{i0} \exp\left(-\frac{\Delta E g}{2kT}\right) \quad (2)$$

«n» - типті өткізгішті жартылай өткізгіштер үшін

$$n = N_D + \frac{n_{i0}^2}{N} \exp\left(-\frac{\Delta E g}{kT}\right) \quad (3)$$

$$p_n = \frac{n_i^2}{N_D} \exp\left(-\frac{\Delta E g}{kT}\right) \quad (4)$$

«р» – типті жартылай өткізгіштер үшін

$$p_p = N_A + \frac{n_i^2}{N_A} \exp\left(-\frac{\Delta E g}{kT}\right) \quad (5)$$

$$n_p = \frac{n_i^2}{N_A} \exp\left(-\frac{\Delta E g}{kT}\right), \quad (6)$$

Бұндағы  $N_D$  және  $N_A$  сәйкесті донорлық және акцепторлық қоспалар концентрациялары;  $n_i$  –жартылай өткізгіштің өзіндегі ЗТ–дың концентрациясы;  $p_n$ - электронды жартылай өткізгіштегі акцепторлар концентрациясы;  $p_p$ -тесікті жартылай өткізгіштегі электрондар концентрациясы.

Жартылай өткізгішке енгізілген қоспалар тиым салынған аумаққа өз энергетикалық деңгейлерін енгізеді, олардың өзі деформация әсерінен өзгереді. Бірақ майда деңгейлердің деформацияға сезімталдығы негізгі энергетикалық аумақтарға қарағанда екі ретке дейін төмен болады.

Жартылай өткізгіштердегі деформациялық құбылыстар ЗТ–дың қозғалғыштығы мен өмір сүру уақытын өзгертеді, ол өзгерістер аумақтардың ішіндегі деңгейлердің жылжу және бөлшектенуі нәтижесінде орын алады. Бұның ішінде негізгі өзгерістер ЗТ–дың қозғалғыштығы болып табылады:

$$\mu = \tau e / m, \quad (8)$$

Бұндағы  $\tau$  – қысымға байланыссыз болатын релаксация уақыты,  $m$  – ЗТ–ның массасы.

Осылайша, қозғалғыштық тәуелділігі (8) тендеуге сәйкес, ЗТ–дың қысым әсерінен массасының төмендеуіне байланысты. Одан өзге ЗТ–дың массасы заряд тасымалдаушылардың қозғалыс бағытының кристаллографиялық бағытына тәуелді болады, сондықтан да массаны  $m_{||}$  және  $m_{\perp}$  ажыратады, сәйкесінше олармен бірге қозғалғыштықта  $\mu_{||}$  және  $\mu_{\perp}$  болып ажыратылады. Ол өз кезегінде  $\mu_{||}$  және  $\mu_{\perp}$  өрнегіне

$\exp\left(-\frac{\Delta E_g}{kT}\right)$  мүшесі және ЗТ–дың анизотропия коэффициенттері (тесіктер мен электрондар) кіреді, сондықтан да деформацияның көпқызметті қысым және температура датчиктерінің сенсорлы элементтерінің электрофизикалық ерекшеліктеріне жалпы әсері қарама-қарсы байланыстар болуымен күрделене түседі.

Сонымен қатар, жартылай өткізгішке деформациядан гөрі температура көбірек әсер ететіндігін дәлдеу оңай. Ол үшін барлық жағынан қысу мен температура әсері болған кездегі рұқсат етілмеген аумақтың енінің өзгеруін аталған параметрлерге деген тәжірбиелік сезімталдықты қолдана отырып анықтайық [8,10]:

$$\frac{dE_g}{dT} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ эВ/К} \quad \text{и} \quad \frac{dE_g}{dP} = -1,5 \cdot 10^{-11} \text{ эВ/Па}$$

$\Delta E_g$ –ні  $\Delta T=100^\circ\text{K}$ :  $\Delta E_g=2 \cdot 10^{-3}\text{эВ}$  болғанда есептейік, ол

$$\Delta P = \frac{2,8 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-11}} \approx 2 \cdot 10^8 \text{ Па} = 280 \text{ МПа}$$

қысымға тең. Өзге жағынан қысым өзгерісі 10МПа болғандағы температураның өзгерісінің шамасын бағалайық:

$$\Delta E_g = 1,5 \cdot 10^{-11} \cdot 10 = 1,5 \cdot 10^{-10} \text{ эВ}, \quad \Delta T = \frac{1,5 \cdot 10^{-10}}{2,8 \cdot 10^{-4}} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ К}$$

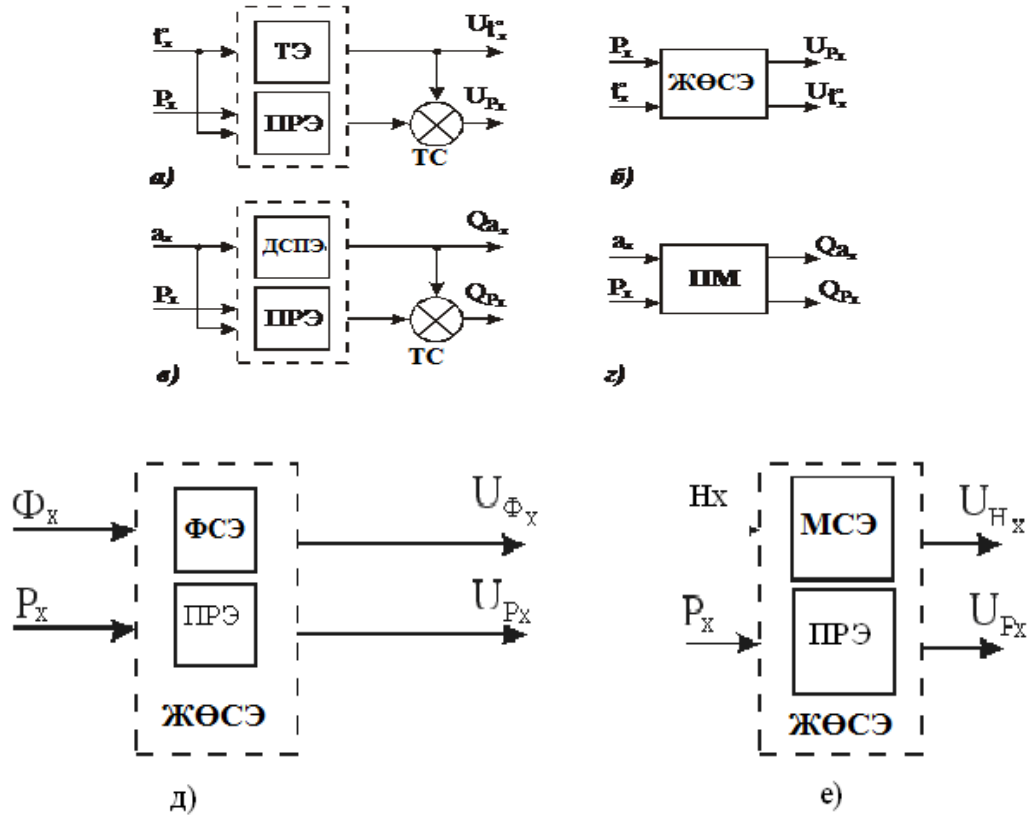
Осылайша, жартылай өткізгішке температураның қысымға қарағанда тиімді әсер ететіндігін айтуға болады. Осылайша, температура мен қысым өлшеуге арналған жартылай өткізгіштердің негізінде жасалған пьезосезімтал элементтердің қысым мен температураға сезімталдықты әлсіз корреляциялайтындығын тұжырымдауымызға болады.

Жартылай өткізгішті берілген концентрациялы қоспалармен толықтыра отырып, сонымен қатар ЗТ–дің бір осьті деформациядан концентрациялық және ориентациялық тәуелділігін қолдана отырып, жартылай өткізгіштердің деформацияға деген электрофизикалық ерекшеліктер сезімталдығын бірнеше ретке арттыруға болады. Сондықтан да қоспалы жартылай өткізгіштерді қолданғанда, жартылай

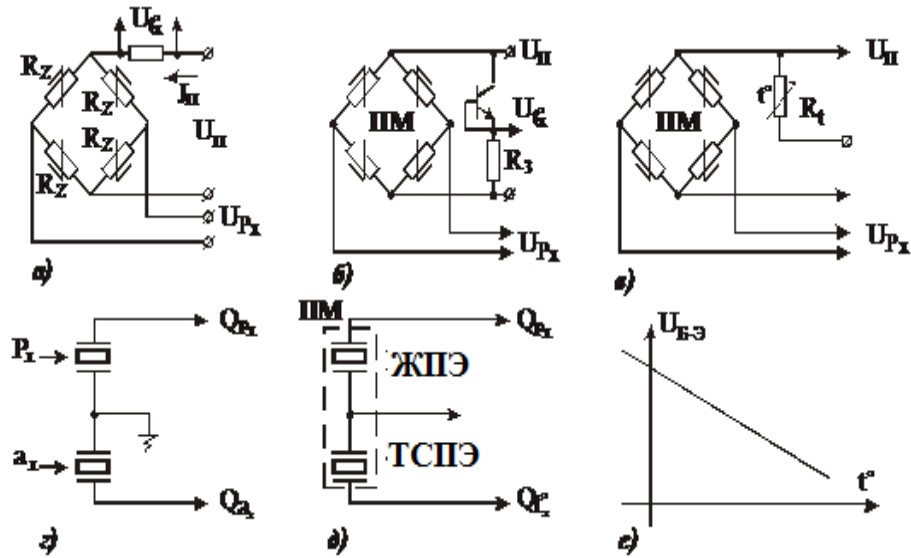
өткізгіштердің қысым мен температурадан параметрлерінің өзгеру әсерлері теңесуі мүмкін.

Қосарланған датчиктердегі күштік параметрлер мен температураның қолданылуы мүмкін түрлендіру принциптері сурет 5–те келтірілген.

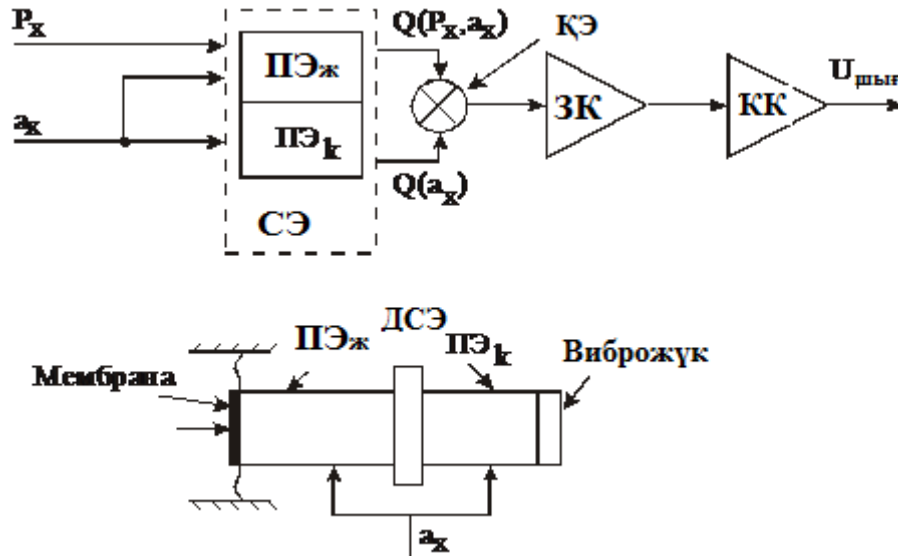
Multiparameter measurement concept is proposed. Methods of non-electrical quantities concurrent transduction are described. Multifunctional sensors structural diagrams are given.



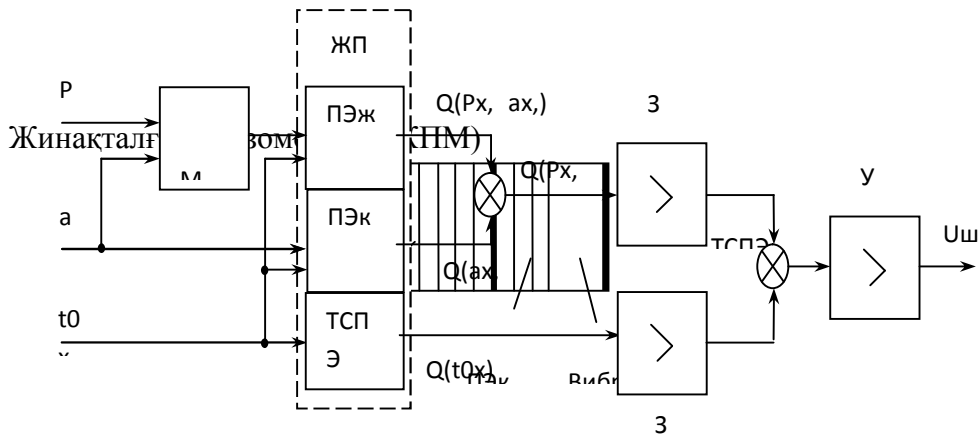
Сур.1. Көпқызметті датчиктердің құрылымдық сызбасы: ТЭ - термоэлемент; ТС – термокомпенсация сызбасы; ПРЭ - пьезорезистивтік элемент; ЖӨСЭ – жартылай өткізгішті сезімтал элемент; ФСЭ - фотосезімтал элемент; МСЭ - магнитсезімтал элемент; ПМ – пьезомодуль, ДСПЭ – діріл сезімтал пьезоэлемент.



Сур.2. Көпқызметті датчиктердің басты сызбалары: ЖПЭ-жұмыстық пьезоэлемент; ТСПЭ-термосезімтал пьезоэлемент



Сур.3. Бөлектелінген пьезоэлементтері бар акустикалық қысым мен дірілді өлшеуге арналған пьезоэлектрлік датчик сызбасы : ПЭж – жұмыстық пьезоэлемент; ПЭк – компенсациондық пьезоэлемент; ҚЭ – қосындылаушы элемент (конденсатор); ЗК – заряд күшейткіші; КК – кернеу күшейткіші.



Сур.4. Жинақталған пьезомодулі бар көпқызметті пьезодатчик: ТСПЭ – термосезімтал пьезоэлемент, М-мембрана

IRSTI 50.43

A.B. Tunbay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Suleyman Demirel University  
Almaty, Kazakhstan

## DEVELOPMENT OF AIR POLLUTION SENSING SYSTEM USING ARDUINO

**Abstract.** The thesis describes the development of a system that is able to determine the quality of the air in the streets of Almaty, as well as has the ability to show statistics, and monitor the air. People do not think about the quality of the air in the streets, when working or walking. Often we do not notice how dirty the air, and this can lead to many diseases.

**Key words:** system, air, ecology, statistics, air quality, technology.

\*\*\*

**Аңдатпа.** Мақалада Алматы қаласының күнделікті ауа-райын және ауаның сапасын өлшеп, мәліметтерді WiFi арқылы вебсерверге жібереді. Сайт арқылы қолдаушы жергілікті ауа-райын және сапасын онлайн түрде қарай алады. Бұл құрылымның тигізетін пайдасы өте зор. Себебі қазіргі таңда адамдар жұмыс кезінде немесе серуендеп жүргенде ауаның қаншалықты лас екенін елемейді. Уақыт өте келе бұл әртүрлі ауруларға шалдығуға әкеледі.