



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 44108

(13) A

(51) G 01L9/08, G01L9/12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

(54) ДАТЧИК ТИСКУ

1

2

(21) 2001053030

(22) 04 05 2001

(24) 15 01 2002

(46) 15 01 2002, Бюл. № 1, 2002 р.

(72) Колпаков Федір Федорович, Підченко Сергій  
Константинович, Добрава Вікторія Євгенівна,  
Акулінчев Артем Аркадійович, Таранчук Алла  
Анатоліївна

(73) ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОДІЛЛЯ

(57) 1 Датчик тиску, який містить корпус, металічну круглу мембрану, шоківий кварцовий п'єзоелемент, встановлений на поверхню кварцотримача паралельно мембрані з утворенням зазору між ним і мембраною, при цьому центри дискового п'єзоелементу і мембрани співпадають з поздовжньою віссю кварцотримача, і круглий електрод, занесений на поверхню п'єзоелементу, в центральній його частині, металеву основу з донною частиною, внутрішнім виступом і внутрішньою проточною, металеве опорне кільце, зовнішній діаметр якого дорівнює зовнішньому діаметру мембрани, заклепку з циліндричною плоскою головкою, пружний плоский елемент з отвором у центрі, через яке пропущена заклепка, і регулюючий гвинт зі сферичним кінцем, причому регулюючий гвинт встановлений в різьбовий отвір в центрі донної частини металевої основи співвісно з ним, і контактує сферичним кінцем з плоскою поверхнею головки заклепки, що утворює нерозривне з'єднання кварцотримача з пружним елементом, жорстко защемленим по периметру між внутрішнім виступом основи і верхньою поверхнею опорного кільця, нижня поверхня якого є опорою металевої мембрани, опорне кільце своєю зовнішньою

циліндричною поверхнею з'єднано по ходовій посадці з поверхнею внутрішньої проточки в основі, яка обмежена по глибині у донній частині останньої внутрішнім виступом, а верхня і нижня поверхні опорного кільця і поверхня виступу основи паралельні поверхні кварцотримача, при цьому дисковий кварцовий п'єзоелемент виконаний плоским, а круглий електрод розташований на поверхні п'єзоелементу, протилежній мембрані, який відрізняється тим, що додатково введено перший пневматичний канал у вигляді сполучених пневматичного фільтра дроселя, виконаних відповідно у формі вертикального циліндричного каналу у боковій стінці основи і який заповнений фільтруючим матеріалом, наприклад повстю, і дроселя у вигляді горизонтального циліндричного каналу малого діаметра, другий пневматичний канал у вигляді сполучених вертикального циліндричного каналу у боковій стінці основи, частина якого заповнена фільтруючим матеріалом, і горизонтального циліндричного каналу зі зрівнюваним підпружинним клапаном у вигляді циліндра з кільцевою проточною по його поверхні і натисковою головкою, причому вхід пневматичного фільтра і вхід другого пневматичного каналу сполучаються з вхідним отвором корпусу, вихід дроселя і вихід другого пневматичного каналу сполучаються з об'ємом, який обмежений стінками, донною частиною основи і внутрішньою поверхнею мембрани, а цей об'єм сполучається з вхідним отвором корпусу через другий пневматичний канал за допомогою зрівнюваного клапана у момент приведення датчика в вихідний стан

Запропонований винахід відноситься до контрольно-вимірювальної техніки, зокрема до п'єзореzonансних датчиків тиску з частотним виходом, і може бути використаний в медицині для вимірювання тиску пульсової хвилі (динамічного тиску) під час проведення сфінгографічних досліджень серцево-судинної системи людини

Відомий п'єзореzonансний датчик тиску, який містить корпус з металевою мембраною та диско-

вий кварцовий п'єзоелемент АТ-зрізу, що встановлений паралельно мембрані з утворенням зазору і доповнений електродом на поверхні, яка протилежна мембрані [1]

Недоліком цього пристрою є низька точність, яка обумовлена гістерезисом датчику із-за недосконалої кріплення металевої мембрани до корпусу, а також високою похибкою встановлення

(13) A

(11) 44108

(19) UA

початкового зазору між мембраною і кварцовим п'єзоелементом

Відомий датчик тиску, що містить корпус, плоску чи гофровану мембрану з жорстким центром з електропровідного матеріалу і дисковий плоско-випуклий кварцовий п'єзоелемент АТ-зрізу, який звернений плоскою поверхнею до плоскості мембрани і доповнений електродом на випуклій поверхні [2]

Основним недоліком цього пристрою також є невелика точність, що зумовлена похибкою задання початкового зазору і складністю встановлення плоско-випуклого кварцового п'єзоелемента паралельно мембрані. Окрім цього, при використанні даного п'єзоелемента, суттєво зменшується розрізнявальна здатність датчика за рахунок того, що ємнісне відношення  $m$  плоско-випуклого п'єзоелемента на першій механічній гармоніці в 2,3–3,2 рази менше, чим у плоского, причому це зниження тим більше, чим більше кривизна сфери лінії 3 цього виткає, що інформативна девіація частоти

$$\delta_F = (f(X) - f_0) / f_0 = 0,5mX / (X + a) \quad (1)$$

і крутизна характеристики перетворення

$$S_F = \frac{d\delta F}{dx} = 0,5ma / (X + a)^2 \quad (2)$$

даного датчика в стільки ж разів менше, ніж в датчику з плоским кварцовим п'єзоелементом [3], для якого

$$f(X) = f_0 \left[ 1 + 0,5m \left( 1 + \frac{h_{ne}}{\epsilon_{ne}} X \right) \right] \quad (3)$$

і  $f_0$  – поточне і номінальне значення частоти датчика відповідно,

$X = X_0 - X_m$ ,  $X_0$  і  $X_m$  – поточний, початковий зазор між мембраною і кварцовим п'єзоелементом та хід мембрани під дією вимірювального тиску,

$a = \frac{h_{ne}}{\epsilon_{ne}}$ ,  $h_{ne}$  і  $\epsilon_{ne}$  – параметр кварцового п'єзоелемента, його товщина і діелектрична проникливість ( $\epsilon_{ne} = 4,5$ )

Відповідно і суттєво зменшується розрізнявальна здатність датчика

$$r = \frac{\Delta f}{S_F} \quad (4)$$

де  $\Delta f$  – ширина області варіації значень вихідної частоти датчика при фіксованому вимірювальному тиску (абсолютна нестабільність частоти автогенераторного вимірювального перетворювача)

В силу цих факторів значно зростає вклад додаткових похибок в повну похибку вимірювання динамічного тиску пульсової хвилі. Для отримання необхідного значення інформаційної девіації частоти необхідно в 2–3 рази зменшити величину  $X_0$  з одночасним збільшенням максимального зна-

чення ходу мембрани  $X_{mmax}$ , що робить пристрій [2] практично неприцездатним

В якості пристрою – прототипу використаний датчик тиску, який містить корпус, металічну круглу мембрану, дисковий кварцовий п'єзоелемент, який встановлений на поверхню кварцоутримовача паралельно мембрані з утворенням зазору між ним і мембраною, при цьому центри дискового п'єзоелементу і мембрани співпадають з поздовжньою віссю кварцоутримовача, круглий електрод, що нанесений на поверхню п'єзоелементу в центральній його частині, металеву основу з донною частиною, внутрішнім виступом і внутрішньою проточкою, металічне опорне кільце, зовнішній діаметр якого дорівнює зовнішньому діаметру мембрани, заклепку з циліндричною плоскою головою, пружний плоский елемент з отвором у центрі, через яке пропущена заклепка, і регулюючий вінт зі сферичним кінцем, причому регулюючий вінт встановлений в різьбовий отвір в центрі донної частини металевої основи співвісно з ним і контактує сферичним кінцем з плоскою поверхнею головки заклепки, що утворює нероз'ємне з'єднання кварцоутримовача з пружним елементом, жорстко зацупленим по периметру між внутрішнім виступом основи і верхньої поверхні опорного кільця, нижня поверхня якого являється опорою металічної мембрани, опорне кільце своєю зовнішньою циліндричною поверхнею з'єднано по ходовій посадці з поверхнею внутрішньої проточки в основі, обмеженої по глибині у донній часті останнього внутрішнім виступом, а верхня і нижня поверхні опорного кільця і поверхня виступу основи паралельні поверхні кварцоутримовача, при цьому дисковий кварцовий п'єзоелемент виконаний плоским, а круглий електрод розташований на поверхні п'єзоелементу, що протилежна мембрані [4]

Недоліком пристрою – прототипу являється недостатня розрізнявальна здатність датчика при вимірюванні (пульсового) повітряного тиску під час проведення сфінгографічних досліджень серцево-судинної системи людини

Це пояснюється тим, що при знятті об'ємної сфінгограми в оклюзійній манжеті необхідно підтримувати постійний (статичний) надлишковий повітряний тиск, близький до середнього артеріального (для практично здорових людей в стані спокою ця величина складає  $P_{сер} = 80–90$  мм рт.ст.), а амплітуда інформативної змінної (динамічної) складової повітряного тиску  $P_{\Delta}$ , яка відображує сфінгографічний сигнал звичайно не перевищує 1–1,5 мм рт.ст. [5, 6]

Дуже суттєвим є те, що величина  $P_{сер}$  не являється інформативним параметром сфінгографічних досліджень, а завдання такого постійного тиску в оклюзійній манжеті тільки забезпечує отримання максимальної амплітуди сфінгосигналу  $P_{\Delta}$  при мінімальному викривленні його форми. За умов ігнорування даної обставини виникає необхідність початкового налагодження датчика для забезпечення можливості вимірювання як статичного, так і динамічного повітряного тиску в діапа-

зоні  $P \in [0, P_{серmax}]$ , де  $P_{серmax} \approx (1,5–2)P_{сер}$  – максимально можливе значення середнього артеріального тиску з урахуванням патологічних змін в

організмі і можливості проведення сфінгографічних досліджень під час дії фізичного навантаження. Таке налагоджування відповідає градувальній характеристиці (1) при величині початкового зазору порядку  $X_0 = 60 \dots 65 \text{ мкм}$  і ефективній області робочих змін значень зазору  $X = X_0 - X_m$  від 0 до 55–60 мкм. Початкова крутизна такої градувальної характеристики визначається виразом (2), а її типові значення приведеш в таблиці 1.

Аналіз даних показує, що для плоского кварцового п'єзоелементу з номінальною частотою  $f_0 = 10 \text{ МГц}$  при величині початкового зазору порядку  $X_0 = 60 \dots 65 \text{ мкм}$  крутизна  $S_F$  не перевищує значень  $(12,4 \dots 10,8) \times 10^6 / \text{мкм}$ . Це обмежує ефективність використання градувальної характеристики дат-

чика при вимірюванні змінної (інформаційної) складової повітряного тиску в оклюзійній манжеті. В той же час, компенсація постійної складової оклюзійного тиску дозволяє зменшити величину  $X_0$  до 10–15 мкм, що, в свою чергу, призводить до більш ніж чотирикратного збільшення крутизни  $S_F$  (до значень  $(52,7 \dots 44,2) \times 10^6 / \text{мкм}$ ), а відповідно до (4) і розрізняльної здатності датчика, значно підвищувати тим самим ефективність визначення інформаційної (динамічної) складової тиску при сфінгографічних дослідженнях.

В основу винаходу поставлена задача підвищення розрізняльної здатності при вимірюванні динамічного повітряного тиску.

Таблиця 1

Типові значення крутизни градувальної характеристики

	$f_0, \text{МГц}$	$X, \text{мкм}$								
		0	10	20	30	40	60	80	100	200
$S_F, 10^6 / \text{мкм}$	1	8,5	8,06	7,65	7,27	6,92	6,29	5,75	5,27	3,58
	5	42,5	33	26,3	21,5	17,9	13	9,8	7,7	3,1
	10	85	52,7	35,8	25,9	19,6	12,4	8,5	6,2	2,07
	30	262	78	36,9	21,4	14	7,3	4,5	3	0,84

Задача підвищення розрізняльної здатності вирішується тим, що в датчику тиску, який містить корпус, металічну круглу мембрану, дисковий кварцовий п'єзоелемент, встановлений на поверхню кварцоутримувача паралельно мембрані з утворенням зазору між ними і мембраною, при цьому центри дискового п'єзоелементу і мембрани співпадають з поздовжньою віссю кварцоутримувача, круглий електрод, який нанесений на поверхню п'єзоелементу в центральній його частині, металічну основу з донною частиною, внутрішнім виступом і внутрішньою протокою, металічне опорне кільце, зовнішній діаметр якого дорівнює зовнішньому діаметру мембрани, заклепку з циліндричною плоскою головкою, пружний плоский елемент з отвором у центрі, через яке пропущена заклепка, і регулюючий вінт зі сферичним кінцем, причому регулюючий вінт встановлений в різьбовий отвір в центрі донної частини металічної основи співвісно з ним і контактує сферичним кінцем з плоскою поверхнею головки заклепки, що утворює нероз'ємне з'єднання кварцоутримувача з пружним елементом, жорстко защемленим по периметру між внутрішнім виступом основи і верхньою поверхнею опорного кільця, нижня поверхня якого являється опорою металічної мембрани, опорне кільце своєю зовнішньою циліндричною поверхнею з'єднано по ходовій посадці з поверхнею внутрішньої протоки в основі, яка обмежена по глибині у донній часті останнього внутрішнім виступом, а верхня і нижня поверхні опорного кільця і поверхня виступу

основи паралельні поверхні кварцоутримувача, при цьому дисковий кварцовий п'єзоелемент виконаний плоским, а круглий електрод розташований на поверхні п'єзоелементу, протилежній мембрані, у відповідності до запропонованого винаходу в нього додатково введено перший пневматичний канал у вигляді пневматичного фільтру і дроселя, які сполучаються, виконаних відповідно у формі вертикального циліндричного каналу у боковій стінці основи і який заповнений фільтруючим матеріалом, наприклад повстю, і дроселю у вигляді горизонтального циліндричного каналу малого діаметру, другий пневматичний канал у вигляді сполучених вертикального циліндричного каналу у боковій стінці основи, частина якого заповнена фільтруючим матеріалом, і горизонтального циліндричного каналу з зрівнюваним підпруженим клапаном у вигляді циліндру з кільцевою протокою по його поверхні і натискною головкою, причому вхід пневматичного фільтру і вхід другого пневматичного каналу сполучаються з вхідним отвором корпусу, вихід дроселю і вихід другого пневматичного каналу сполучаються з об'ємом, який обмежений стінками, донною частиною основи і внутрішньою поверхнею мембрани, а цей об'єм сполучається з вхідним отвором корпусу через другий пневматичний канал за допомогою зрівнюваного клапана у момент приведення датчика у вихідний стан.

На фіг. 1 показаний запропонований датчик тиску. Тут введено наступні позначення: 1 - корпус,

2 - основа, 3 - п'єзоелемент, 4 - заклепка, 5 - пружний елемент, 6 - кварцоутримувач, 7 - вивід датчика, 8 - опорне кільце, 9 - регулювальний гвинт, 10 - мембрана, 11 - притискна гайка, 12 - ущільнювальне кільце, 13 - сполучені вертикальний та горизонтальний канали, 14 - втулка, 15 - циліндр з кільцевою проточкою, 16 - натискна головка, 17 - дросель, 18 - герметизуючий компаунд, 19 - пневматичний фільтр, 20 - фільтруючий матеріал, 21 - фіксує планка

На фіг. 2 представлена пневматична схема датчика тиску, де  $K_1$  і  $K_2$  - перший та другий пневматичні канали,  $V_{K1}$ ,  $V_{K2}$  - об'єми першої та другої камери,  $R_f$ ,  $R_{др}$  - пневматичний опір фільтра і дроселя,  $PE$  - п'єзоелемент,  $M$  - мембрана,  $ЗК$  - зрівнювальний клапан,  $X$  - переміщення мембрани,  $P_{K1}$  і  $P_{K2}$  - тиск в об'ємах  $V_{K1}$  і  $V_{K2}$ ,  $P_0 + P_{\sim}$  - сумарний тиск

На фіг. 3 приведені амплітудно-частотні характеристики датчика тиску в залежності від висоти фільтраційної камери  $h_{фк}$  для двох значень довжини дроселя  $l_{др}$ :  $l_{др} = 1\text{ мм}$ ,  $l_{др} = 5\text{ мм}$ , відповідно

Запропонований датчик тиску (фіг. 1) складається із корпусу 1 з полістиролу, який містить штуцер і шість настановних штирів, які забезпечують закріплення датчика на монтажній платі. За допомогою клею корпус 1 з'єднаний з металевою (матеріал Д16) основою 2.

Між верхнім проточкою основи 2 і притискна гайкою 11 встановлене ущільнювальне кільце 12. На виступ основи 2 у донній його частині встановлений вузол кварцоутримувача, який містить співвісно з'єднані заклепку з циліндричною головкою 4, пружний елемент 5 у вигляді плоскої круглої крутки - прорізної шайби, кварцоутримувач 6. Елементи 4, 5, 6 жорстко з'єднані розвальцовкою кінцевої частини заклепки 4. Пружний елемент 5 виконаний із сплаву 36НХТЮ. На робочу поверхню кварцоутримувача 6 за допомогою клею співвісно з кварцоутримувачем встановлений плоский дисковий п'єзоелемент 3 АТ-зрізу, на поверхню якого напилений круглий електрод обернений до кварцоутримувача 6, що з'єднаний електрично з потенціальним виводом датчику 7 за допомогою проводу ПЕЛШО-0,25, який виведений назовні датчику через герметичний отвір в донній частині основи 2 через отвір в кварцоутримувачі 6 і пружному елементі 5.

Пружний елемент 5 защемлений по контуру між виступом основи 2 і металевим опорним кільцем 8 зусиллям, яке створюється притисною гайкою 11 і здійснює одночасно защемлення по контуру і мембрани 10. Зусилля защемлення як пружного елементу 5, так і мембрани 10, створюється при переміщенні притисної гайки 11 по його різьбовому з'єднанню з основою 2 і передається на мембрану 10 - опорне кільце 8 - пружний елемент 5 - основа 2 поверхню виступу притисної гайки 11. В центрі цієї гайки є наскрізний отвір для передачі повітря і також два глухих отвори під торцевий ключ.

Величина початкового зазору встановлюється регулюючим гвинтом 9, який механічно контактує своєю сферичною кінцівкою з плоскою частиною головки заклепки 4 і встановлений в різьбовий отвір у центрі донної частини основи 2, а різьбове

з'єднання, яке утворилось герметизується після закінчення налагодження компаундом 18.

В бокових стінках основи 2 шляхом свердління сформовані два пневматичні канали: перший складається із пневматичного фільтра 19 (вертикального каналу, який заповнений фільтруючим матеріалом) і дроселя 17, які сполучаються, другий із вертикального і горизонтального каналів 13, які сполучаються і один із яких (вертикальний) також частково заповнений фільтруючим матеріалом 20, і який утворює фільтр малої щільності з малим пневмоопором, який можна не враховувати. В якості фільтруючого матеріалу пневматичних каналів вибрано повсть. Наявність фільтруючого матеріалу в обох пневматичних каналах дозволяє запобігти забрудненню п'єзоелементу тільком і другими механічними домішками, які присутні в оклюзійній манжеті.

Другий пневматичний канал містить зрівнювальний клапан у вигляді підпруженого циліндру з кільцевою проточкою 15, натискною полістироловою головкою 16 і фіксує планкою 21, які закріплені за допомогою клею в донній частині основи 2.

Після кінцевої зборки датчика пневматичні канали і потенціальний вивід герметизується за допомогою компаунда 18 і втулки 14.

В донній частині основи 2 містяться три технологічних глухих отвори з різьбою, які призначені для фіксації основи в процесі зборки датчика.

Зібраний датчик встановлюється в отвір в печатній платі приладу: більше - по діаметру основи 2 і шість малих - по діаметру штирів кріплення.

Поверхня зовнішнього виступу основи 2 виконує роль корпусного електроду датчика і контактує з корпусною шиною на печатній платі приладу.

Принцип роботи датчику, що заявляється, полягає в наступному (фіг. 2). Сумарний тиск  $P_{\Sigma} = P_0 + P_{\sim}$ , де  $P_0$  - постійна (яка повільно змінюється) і  $P_{\sim}$  - змінна (інформативна) складові, подаються через фільтр з повсті і пневмоопором  $R_f$  та пневмодрозель, опір якого  $R_{др}$ , по першому пневматичному каналу датчика  $K_1$  в камеру тиску мембранного перетворювача з об'ємом  $V_{K1}$ . Параметри фільтра, дроселя і камери  $V_{K1}$  вибирають таким чином, що вони утворюють пневматичний фільтр нижніх частот (ПФНЧ), тиск з виходу якого  $P_{K1} = K_f(f) P_{\Sigma}$ , де  $K_f(f)$  - передаточна функція ПФНЧ, поступає на гофровану мембрану 10 (М). Течія газу вважається ізотермічною.

По другому пневматичному каналу  $K_2$  тиск  $P_{\Sigma}$  подається в камеру з об'ємом  $V_{K2}$ . Мембрана М виконує функцію віднімання тисків і різницевий тиск, який діє на неї дорівнює  $\Delta P = P_{K2} - P_{K1}$ . Параметри ПФНЧ вибирають таким чином, що він повністю придушує зміну складової  $P_{\sim}$  сумарного тиску  $P_{\Sigma}$  пропускає на вихід тільки її постійну складову  $P_0$ , яка повільно змінюється.

$P_{K1} = K_f(f) P_{\Sigma} = K_f(f) P_0 + K_f(f) P_{\sim} = P_0$ , так як  $K_f(f) P_{\sim} \approx 0$ .

Таким чином, в процесі роботи даного пристрою, відбувається компенсація постійної (повільнозмінної) складової тиску оклюзійної манжети  $\Delta P = P_{K2} - P_{K1} = P_0 + P_{\sim} - P_0 = P_{\sim}$ , що в цілому дозволяє представити передаточну характеристику

датчику у діапазоні робочих частот у вигляді пневматичного фільтру верхніх частот (ПФВЧ). Різницевий тиск  $\Delta P$  перетворюється в переміщення мембрани  $X$ , яка модулює ємність зазору п'єзоелементу, викликаючи інформативну зміну частоти датчику тільки від динамічного тиску  $P_{\sim}$ .

Для приведення датчика в вихідний стан перед початком вимірювань слугує зрівнюваний клапан (ЗК), який в відкритому стані зрівнює тиск  $P_{K1}$  і  $P_{K2}$  в об'ємах  $V_{K1}$  і  $V_{K2}$ .

Визначимо основні співвідношення для розрахунку параметрів пневматичних каналів. Частота зрізу ПФВЧ визначається виразом [7]

$$f_{zp} = \frac{1}{2\pi R_{\Sigma} C_{\Phi K}} \quad (5)$$

де  $C_{\Phi K} = \frac{V_{K1}}{RT}$  - пневмоємність фільтраційної камери  $V_{K1}$ ,  
 $R_{\Sigma} = R_0 + R_{dp}$  - сумарний пневматичний опір,

$V_{K1} = \frac{\pi D_{\Phi K}^2 h_{\Phi K}}{4}$ ,  $D_{\Phi K}$  і  $h_{\Phi K}$  - висота і діаметр фільтраційної камери,

$$R = 287 \frac{D_{\Phi K}}{K_2 \cdot K} \quad (6)$$

$K_2$  - газова постійна,  
 $T$  - температура газу (повітря)  
Опір фільтру визначається як

$$R_{\Phi} = \frac{\Delta P_{\Phi}}{v \cdot S} \quad (6)$$

де  $\Delta P_{\Phi}$  - перепад тиску на фільтрі,  
 $v$  - швидкість руху повітряного потоку через

фільтр,

$$S = \frac{\pi d_{\Phi}^2}{4}$$

$d_{\Phi}$  - діаметр отвору фільтру

Для матеріалу повсть  $\Delta P_{\Phi} = 49 \text{ Па}$ ,  $v = 0,02 \text{ м/мин}$  і  $d_{\Phi} = 1,5 \text{ мм}$  -  $R_{\Phi} = 8,32 \cdot 10^{10} \text{ Па с/м}^3$

Опір дроселю дорівнює [7]

$$R_{dp} = \frac{128 \eta l_{dp}}{\pi d_{dp}^4 \rho} \quad (7)$$

де  $l_{dp}$ ,  $d_{dp}$  довжина і діаметр дроселю,

$\rho$  - щільність повітря при нормальних умовах,  
 $\rho = 1,205 \text{ кг/м}^3$ ,  $\eta = A + B \cdot T$  - динамічний коефіцієнт в'язкості газів,

$A$ ,  $B$  - постійні коефіцієнти (для повітря  $A = 37,4 \times 10^{-7} \text{ Па с}$ ,  $B = 0,506 \times 10^{-7} \text{ Па с}$ ),

За нормальних умов ( $T = 293 \text{ К}$ ) динамічний коефіцієнт в'язкості повітря  $\eta = 0,186 \times 10^{-4} \text{ Па с}$  [7]

Частота зрізу ПФВЧ визначається спектром сфінгографічних сигналів - (0,036 - 60) Гц [5, 6] і складає приблизно  $f_{zp} \approx 0,03 \text{ Гц}$ . За умови вибраної частоти зрізу, з урахуванням реального розміру  $D_{\Phi K} = 40 \text{ мм}$  і отриманого опору фільтру  $R_{\Phi} = 8,32 \cdot 10^{10} \text{ Па с/м}^3$ , визначимо у відповідності з (5 - 7) конструктивні параметри дроселю (діаметр  $d_{dp}$  і довжину  $l_{dp}$ ) та висоту фільтраційної камери  $h_{\Phi K}$  (таблиці 2, 3 і фіг 3, 4)

Аналіз отриманих даних показує, що значний вплив на частоту зрізу  $f_{zp}$  робить висота фільтраційної камери  $h_{\Phi K}$  (таблиці 2, 3). Для  $d_{dp} < 0,1 \text{ мм}$  опір дроселю  $R_{dp}$  значно залежить від  $l_{dp}$  і повинен враховуватися під час

Таблиця 2

Вибір геометричних розмірів елементів ПФВЧ

$h_{\Phi K}$ , мм	$f_{zp}$ , Гц			
	$l_{dp}$ , мм при $d_{dp} = 0,1 \text{ мм}$			
	1	2,5	5	10
1	0,11	0,107	0,093	0,073
2	0,0595	0,0539	0,0465	0,0365
3	0,0397	0,0359	0,031	0,0243
4	0,0298	0,0269	0,0232	0,0182
5	0,0238	0,0215	0,0186	0,0146
10	0,0119	0,0108	0,0093	0,0073

Таблиця 3

Вибір висоти фільтраційної камери при  $d_{dp} = (0,2 - 1) \text{ мм}$  і  $l_{dp} = (1 - 10) \text{ мм}$ 

$h_{\Phi K}$ , мм	1	2	3	4	5	10
$f_{zp}$ , Гц	0,128	0,064	0,0427	0,032	0,0256	0,0127

розрахунку ПФВЧ (фіг 3, фіг 4) В той же час, для  $d_{dp} = (0,2 \div 1) \text{ мм}$  і  $l_{dp} = (1 \div 10) \text{ мм}$  опір дроселю  $R_{dp}$  набагато менше опору фільтру  $R_{\phi} \gg R_{dp}$  і може не враховуватись в розрахунках сумарного опору  $R_{\Sigma}$ . В цьому випадку параметри ПФВЧ визначаються в основному висотою фільтраційної камери  $h_{\phi k}$  (таблиця 3)

Таким чином, запропонована конструкція ПФНЧ з послідовним з'єднанням  $R_{\phi}$  і  $R_{dp}$  дозволяє змінювати параметри дроселю в залежності від технологічних можливостей виробництва і реалізовувати його без використання спеціальної капілярної технології

Приведені розрахунки підтверджують можливість підвищення розрізняльної здатності датчику, який заявляється, при вимірюванні динамічного повітряного тиску (більш ніж в 4 рази по зрівнянню з відомими пристроями) шляхом введення запропонованих конструктивних рішень при забезпеченні його серійної придатності навіть на підприємствах з відносно невеликим рівнем технічної оснащеності

Конструкція, яка заявляється, крім того, дозволяє усунути дрейф лінії нульового рівня, який виникає при повільних змінах тиску в оклюзійній манжеті при об'ємній сфигмографії і змінах тиску у

воронці, що викликаний зміною натискання її до артерії, при локальній сфигмографії. Завдяки цьому забезпечується підвищення достовірності сфигмометричного діагностування стану серцево - судинної системи комп'ютерними методами

#### ЛІТЕРАТУРА

1 Вильцук В А, Фроловский С И. Пьезорезонансные датчики с переменным зазором // Пьезо и акустоэлектронные устройства - Омск ОМПИ, 1981, - с 102 - 105

2 А с СССР № 1326921 G OI L 11/00, 9/8 Пьезорезонансный датчик давления / Ю С Шмалый и др - Опубл в Б И № 28, 1987

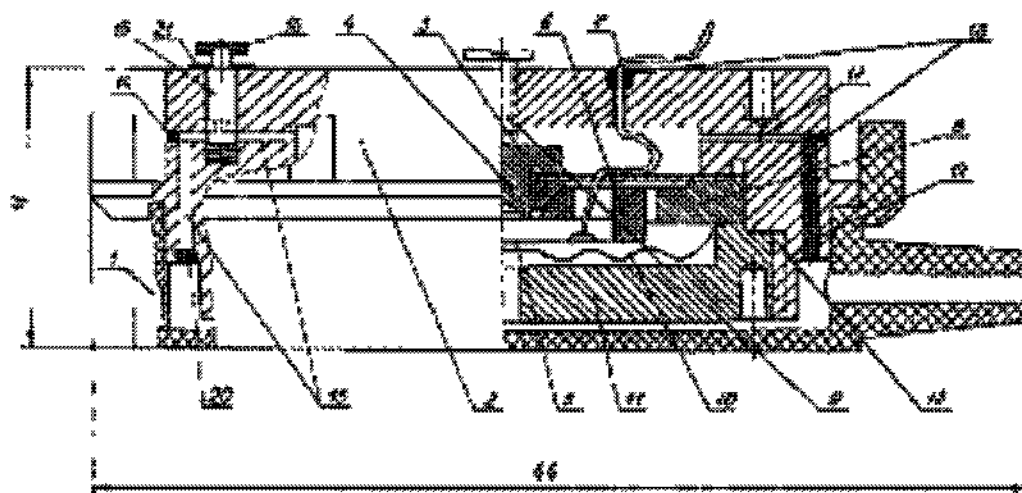
3 Альтшуллер Г Б. Управление частотой кварцевых генераторов - М. Связь, 1975, - с 17

4 Пат. 2098783 России, МКИ G 01 L 9/08, 9/12 Датчик давления / Ф Ф Колпаков, Г Л Хильченко, С К Пидченко // Бюл. - 1997 - № 34

5 Терехова Л Г. Практические вопросы сфигмографии - Л. Медицина, 1968 - 119 с

6 Сфигмография при гемодинамических измерениях в организме - Рига. Зинатне, 1976 - 168 с

7 Ужов В Н, Мягков Б И. Очистка промышленных газов фильтрами. М. Химия, 1970 - 320 с



Фіг. 1

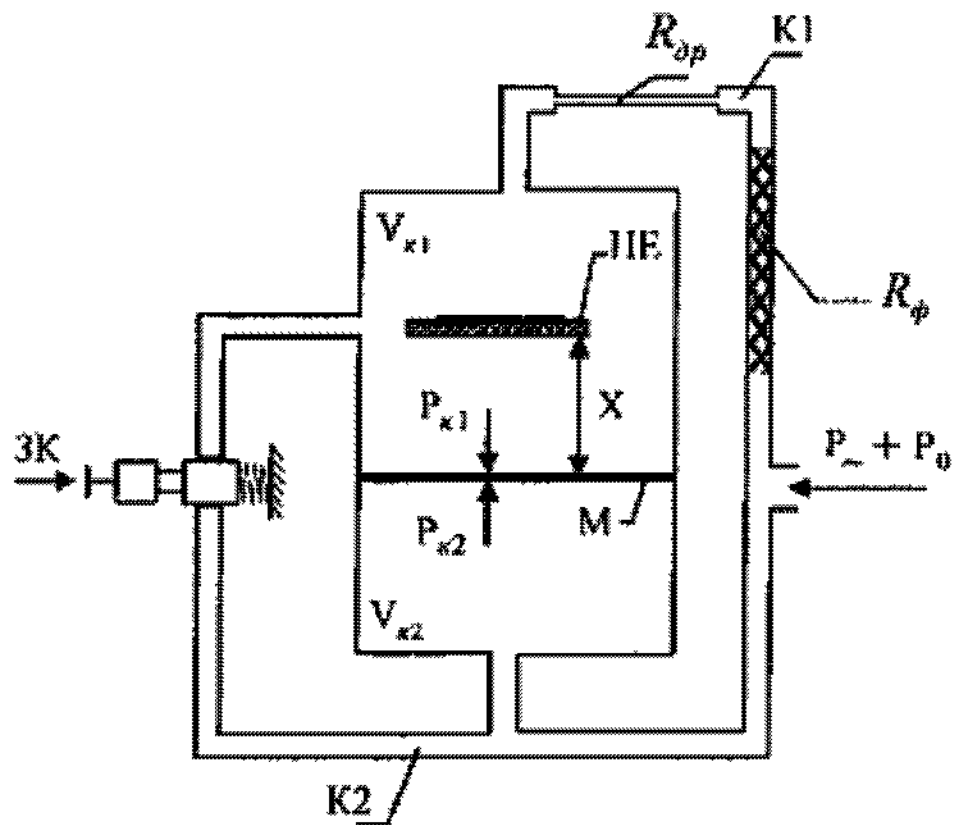


Fig. 2

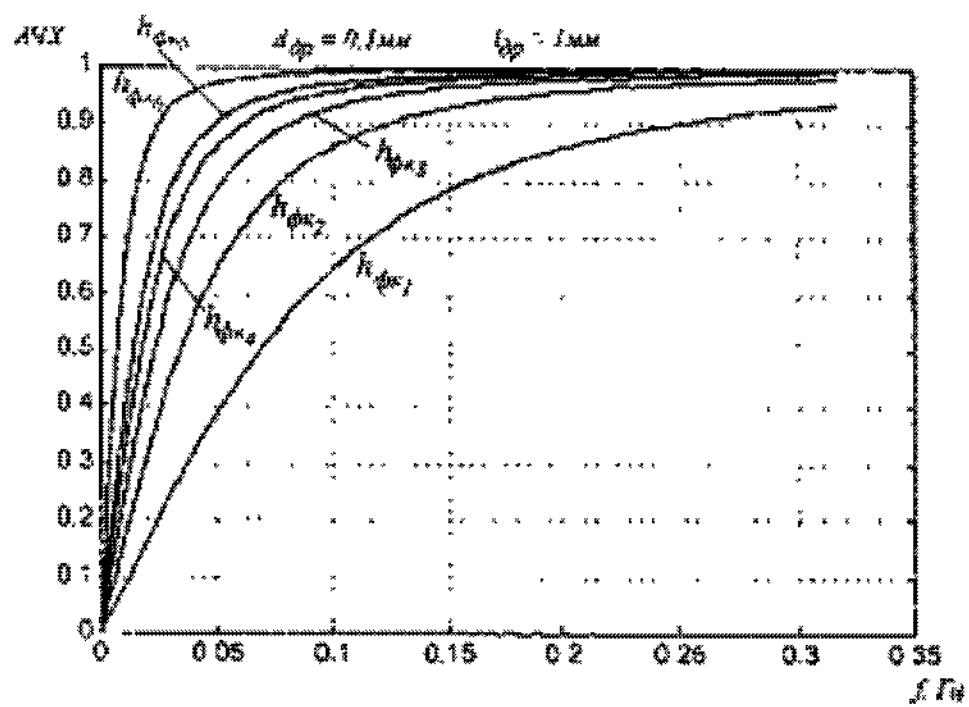


Fig. 3

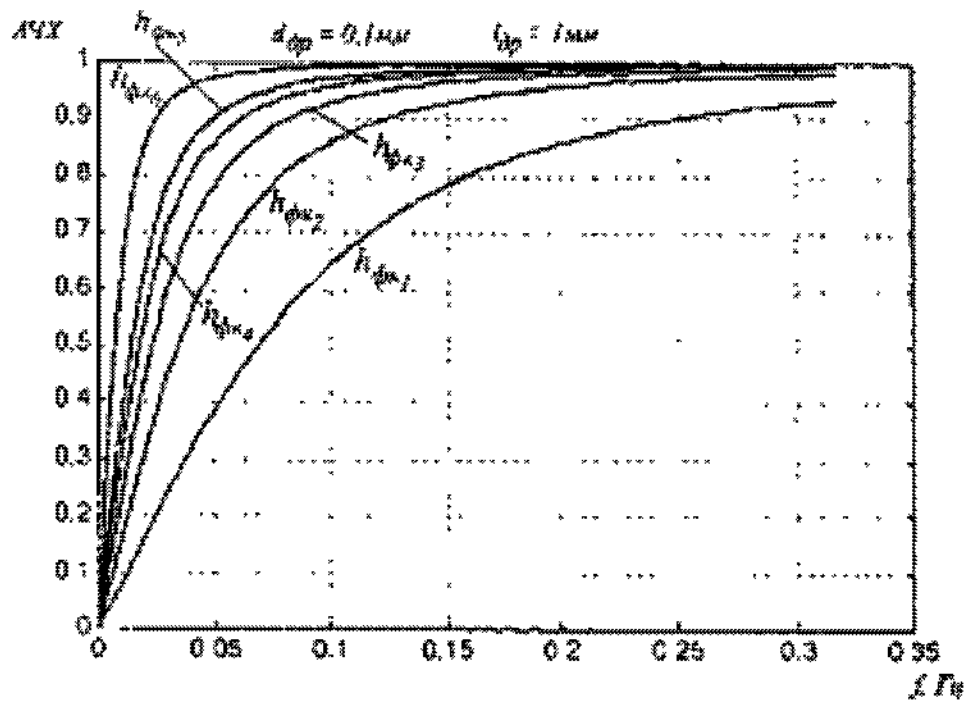


Fig. 4