

**ДОСВІД КОНСТРУЮВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ  
ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО  
ДІАГНОСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ**

**В.І. Бойко**, *д-р техн. наук\**; **С.О. Мунтян\*\***, *д-р мед. наук, професор*;  
**Г.М. Яковлев\*\*\***, *д-р мед наук, професор*; **Л.В. Шостак\*\***;  
**Ю.І. Рейдерман\***, *доцент*; **А.В. Литвиненко\***, *магістр*;  
**І.Т. Скрипченко\*\*\*\***, *доцент*,

*\*Дніпродзержинський державний технічний університет;*

*\*\*Дорожня клінічна лікарня на станції Дніпропетровськ  
Придніпровської залізниці;*

*\*\*\*Санкт-Петербурзький національний університет;*

*\*\*\*\*Дніпропетровський державний інститут фізичної культури*

*Запропонована методика комп'ютерної діагностики функціонального стану серцево-судинної системи за фізико-механічними показниками міокарда, що характеризують стан пружності міокарда. Для їх визначення використовують дані геометричних розмірів лівого шлуночка, отримані за допомогою ехокардіографії. Ці показники запропоновано оцінювати кількісно за допомогою функції побажань (предпочтений). С цією метою можна використовувати мобільний телефон як комп'ютер та програму, розроблену авторами.*

**Ключові слова:** *кінцевий діастолічний розмір, кінцевий систолічний розмір, товщина міокарда в діастолу, градієнт обтискування, коефіцієнт іригації, фракція викиду, маса міокарда, градієнт пружності міокарда.*

*Предложена методика компьютерной диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой системы по физико-механическим показателям миокарда, характеризующим состояние упругости миокарда. Для их определения используют данные геометрических размеров левого желудочка, полученные с помощью эхокардиографии. Упомянутые показатели предлагается оценивать количественно с помощью функции желаний (предпочтений). С этой целью можно использовать мобильный телефон как компьютер и программу, составленную авторами.*

**Ключевые слова:** *конечный диастолический размер, конечный систолический размер, толщина миокарда в диастолу, градиент обжимания, коэффициент ирригации, фракция выброса, масса миокарда, градиент упругости миокарда.*

## ВСТУП

Традиційно функціональну діагностику серцево-судинної системи проводять: за результатами аналізу гемодинаміки роботи серця як насоса (хвилинний та ударний об'єми) та порівняння геометричних розмірів лівих шлуночків (ЛШ) обстежуваного і представника груп практично здорових. Для підвищення точності діагностування нами запропоновано замінити порівняння геометричних розмірів ЛШ на аналіз динаміки як фізико-механічних показників матеріалу стінки ЛШ, так і енергетики процесу його роботи.

Згадану методику пропонується використовувати при тестуванні фізичного стану людини.

Авторами розроблені й апробовані програми комп'ютерної діагностики, які можуть бути використані для визначення функціональних можливостей серцево-судинної і дихальної систем шляхом порівняння результатів найпростіших і базових випробувань. Метою статті є поширення використання програмного продукту як серед лікарів, так і тренерів, спортсменів, а також людей, не байдужих до

стану свого здоров'я. Досвід використання програм засвідчив необхідність деяких пояснень.

### ДОСВІД КОНСТРУЮВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ

Ехокардіографія – метод візуалізації порожнин серця і внутрішньосерцевих структур за допомогою ультразвукових хвиль. Метод ехокардіографії базується на принципі віддзеркалення ультразвукової хвилі від поверхні розділу середовищ з різним акустичним опором. Оскільки серце і його структурні частини постійно рухаються, то прилади, використовувані в ехокардіографії, відрізняються від приладів для ультразвукових досліджень інших органів. У кардіологічній практиці виявилися найбільш зручними 2 способи зображення, а саме:

В – сканування, коли на екрані бачимо зображення цілого серця в поперечній площині;

М – сканування, при якому дається одновимірне зображення серця з розгорткою руху його структур у часі.

Рекомендується, скануючи серце за допомогою першого способу, визначити положення датчика М-способу. Після цього на розгортці, побудованій М-способом, знаходять геометричні розміри порожнини лівого шлуночка, які і використовують для діагностики. Таким чином, і це підкреслимо, один спосіб не виключає, а доповнює інший.

Ехокардіографи В-сканування дуже дорогі. Залежно від фірми-виробника (ALOKA, TASHIBA, SIM-5000, COMBISON-520) ціна їх досягає декількох десятків тисяч умовних одиниць. У країнах СНД вони не виготовляються зараз і не виготовлялися ніколи раніше.

Були спроби, але картинка, отримана В-скануванням, була такої якості, що лікарі вважали за краще користуватися М-способом. З приладів, що використовують М-спосіб, найбільшу популярність отримав той, що виготовлявся в 90-ті роки Харківським заводом імені Т.Г. Шевченка, - ехоскоп ЭС-01, доопрацьований Дніпропетровським підприємством Аскон-01. Ціна його була близько 20 тисяч рублів за курсом середини 90-х років. Але зараз цей прилад не виготовляється.

Результат – в м. Дніпродзержинську на 400 тисяч жителів є 2-3 ехокардіографи типу "Узкар". Дніпродзержинський фізкультурний диспансер, лікарня № 8 об'єднання "Азот" з найбільшим кардіовідділенням ехокардіографів не мають. Немає ехокардіографів і не використовується в науковій роботі спосіб ехокардіографії в Національній академії фізичної культури і в Республіканському НДІ фізичної культури. Список можна було б продовжити. У Дніпропетровську справа йде краще. Ряд лікарень використовує прекрасні зразки ехокардіографів зарубіжних фірм. Але і в Дніпропетровську немає ехокардіоскопа в міському фізкультурному диспансері для дітей, а в обласному фізкультурному диспансері, на обліку в якому стоїть якщо і не половина, то 1/3 складу Олімпійської збірної України, лікарями використовується прилад 70-80-х років. І це в той час, що саме в Дніпропетровську жив і працював «піонер» ехокардіографії в Україні проф. Дзяк Віктор Миколайович. Зараз продовжує справу свого батька академік Дзяк Г.В. Гідним представником школи Дзяка В.Н. є і директор Інституту кардіології України Коваленко В.Н., в основу докторської дисертації якого покладені дослідження з використанням ехокардіографа. Ще в 90-ті роки за ініціативою Дніпропетровського інституту фізичної культури (проф. Шаповалов В.П. і проф. Морозова В.В.) був виготовлений і пройшов багаторічну апробацію в ДГФК, у лікарнях міст Дніпропетровська, Кривого Рогу, Кіровограда, Баку і Румунії вищезгаданий Аскон-01. А усе пояснюється так: фінансові можливості перешкоджають розвитку цього перспективного напрямку в практичній медицині і в суміжних галузях, що займаються питаннями функціональної діагностики.

Проблема могла б бути розв'язана за наявності дешевого, зручного в експлуатації апарата. Такий виготовлений і успішно працює, за своїми характеристиками перевершуючи ЭС-01 і майже нічим не поступаючись Аскону-01, а в чомусь навіть перевершуючи його. Маса ЭС-01 і Аскона-01 100 кг, габарити 600×700×1100 мм. У пропонованого відповідно до 3 кг і 200×80×150 мм.

Пропонований апаратно-програмний діагностичний комплекс (АПДК) включає:

- персональну ЕОМ;
- ехокардіограф із вбудованим одноканальним електрокардіографом;
- універсальний програмний контролер зв'язку із зовнішніми пристроями;
- прикладне програмне забезпечення АПДК.

Ехокардіограф складається з:

- генератора зондуєчих імпульсів;
- формувача і підсилювача ехосигналів;
- ультразвукового перетворювача;
- пристроїв керування ехокардіографом;
- пристроїв живлення.

При заданні необхідних технічних характеристик виходили з наступних передумов. Ультразвуковий промінь утворюється п'єзоелектричним датчиком. Електрична енергія переривчасто (тривалість імпульсу 0,1-0,2 мкс і амплітуда 100 В) надходить у перетворювач, а з нього на п'єзодатчик. Датчик при пропусканні через нього змінного струму поперемінно стискається і розширюється, утворюючи імпульсами (тобто дискретно) ультразвукову хвилю, і сприймає повернуті ехосигнали, перетворюючи їх знову в електричні імпульси. Ці імпульси потім надходять на посилення і зображаються на екрані монітора. Впродовж однієї дискрети датчик у режимі випромінювання працює 0,1 %, а в режимі прийому 99,9 % часу. Тобто датчик у місці його застосування передає на тіло загасаючі акустичні коливання.

Швидкість  $V$  поширення хвилі у пружному тілі дорівнює кореню квадратному відношення модуля пружності до густини тіла. Швидкість ультразвукової хвилі в міокарді людини (1230 м/с) стала і дорівнює похідній довжини хвилі ( $\lambda$ ) на частоту коливань ( $n_j$ ) торцевої поверхні перетворювача електричних коливань в механічні, прикладеної до грудної клітки так, що поширення хвилі відбувається в заданому напрямі до серця. Тобто  $\lambda$  і  $n_j$  взаємозв'язані. Задаючи  $n_j$ , отримаємо  $\lambda$ . Із збільшенням  $n_j$  величина  $\lambda$  зменшується, тобто підвищується роздільна здатність приладу, але при цьому збільшується та частина енергії хвилі, яка витрачається неефективно на віддзеркалення від багатьох малих поверхонь. Зі збільшенням частоти ультразвуку підвищується можливість побачити дрібніші предмети, але зменшується глибина локації. Компенсація втрат підвищенням потужності випромінювання обмежується межами безпеки для біологічних об'єктів. Інтенсивність ультразвукових коливань у приладах для діагностики набагато нижча за середню інтенсивність їх, ніж у приладах, використаних для лікувальної мети.

Беремо тривалість дискрети  $T=0,8$  мкс. За цей час ультразвукова хвиля в міокарді пройде по  $g$

$$g = \frac{V \cdot T}{1} = \frac{1,230 \cdot 0,8}{1} = 0,984 \text{ м}$$

$$g = \frac{V \cdot T}{1} = \frac{1,230 \cdot 0,9}{1} = 1,107 \text{ м}$$

3/1,23/0,8 3.

20

4 %

1,23

1,25

( ) ;

100 ;

50 / . ;

2,5-3,5 ;

100

/ 2:1;

10 ;

200 ;

0,7-1 ;

40 ;

1000-2000 ;

50 ;

220 ;

6 ;

10-20 .

:

50 ;

10 ;

0,5-500 ;

72 .

:

- 0,2±0,2 ;

1 + 8 = 9,

16

30 ;

100

500 ;

/ - 16.

2

K

(

).

( . 1) :

" " . 3 :

1. (" " ).

2. ( . 1d) " ( . 1 )

" " " "

) ) ( " " )

3. ( )

( - ), (

)  
 , a ' 2, 3<sup>1</sup>

" "

" "

( . 1).

( . 1)

( " ").

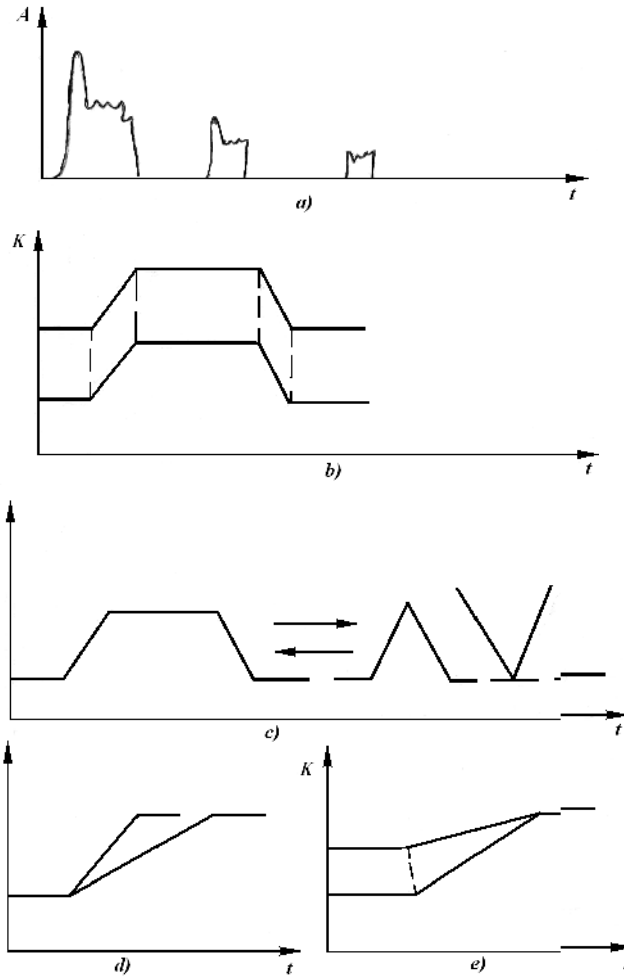


Рисунок 1 - Методи регулювання характеристики підсилювача відбитих сигналів

( . 2) -

T ,

( )

315 ,  
155 3-  
7

14 -

4

5 6.  
4.

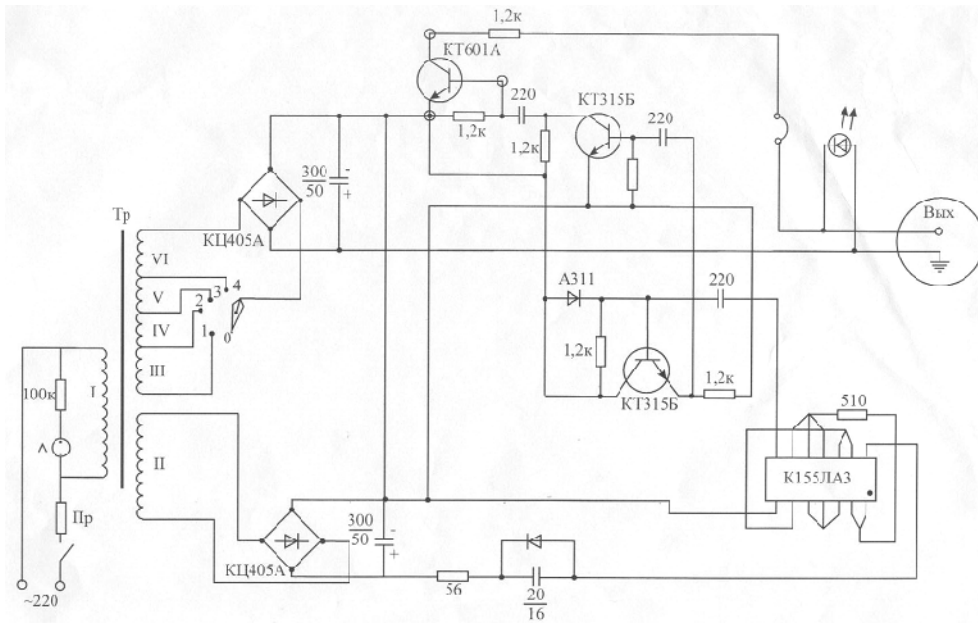


Рисунок 2 - Электронна схема ультразвукового генератора

601

(220 )  
 ( 405 ).  
 ( 315 ).

1 2). ( 315 )

155 3.

( 601 ),

1, 2, 3, 4.

R8

$$U = 6 \cdot 500$$

$$(R = 51 )$$

$$I = V/R.$$

V B,

U,

R.

$$P = U \cdot I \cos(\varphi_i) = 6 \cdot 55 \cdot 0,7 = 0,2$$

де  $\varphi_i$  -

$$\cos(\varphi_i) = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{0,2}{6 \cdot 55} = 0,06$$

1,0; 1,5; 2,5

mpc.

MidletPascal, .jar  
TurboPascal  
.pas, .exe

$$P_c = \frac{P}{F} = \frac{P}{L/L_0} = \frac{P \cdot L_0}{L}$$

$$P = 0$$

$$E = \dots$$

( )

$$E/(P_c - P\theta), \quad [1]$$

[2].  
(CALC1.0.2)

$$\frac{P_c - P\theta}{P_c - P\theta} = \dots$$

$$\dots = \dots \quad [3]$$



: - ; n, k -

; 1, 2 -

[4].

( )

« » « »

[5].

Test

18 30

- 1. - 60-80.
- 2. - 120-150.
- 3. - 100-140
- 4. - 60-100
- 5. - 120-180
- 6. - 100—120
- 7. ( ) - 0,9-1,1.
- 8. - 20-30.

9. - 7-10.  
 10. 6037-7000 3.  
 11. ( ) - 1,2-1,5.  
 10 11 9, 10, 11  
 [6] TEST 1  
 CALC1.0.2. 11

[7]:

$$Z_i = \exp(-\exp(-Y_i)).$$

- 0,805.

0,37,

( 1, 3, 4, 7):

$$Y_i = 1,53 * (a_{max} - X_i) / ((a_{max} - a_{min}) / 2), \quad \text{якщо } X_i > (a_{min} + a_{max}) / 2;$$

$$Y_i = 1,53 * (X_i - a_{min}) / ((a_{max} - a_{min}) / 2), \quad \text{якщо } X_i < (a_{min} + a_{max}) / 2;$$

$$Y_i = 1,53 * (a_{max} + a_{min}) / ((a_{max} - a_{min}) / 2), \quad \text{якщо } X_i = (a_{min} + a_{max}) / 2;$$

( 5, 6, 10, 11):

$$Y_i = 1,53 * (X_i - a_{min}) / (a_{max} - a_{min});$$

( 2, 8, 9):

$$Y_i = 1,53 * (a_{max} - X_i) / (a_{max} - a_{min});$$

$X_i - a_{max} < X_i < a_{min}$ ;  $a_{max} - a_{min} - X_i$   
 $X_i = a_{max}$ ;  $X_i < a_{min}$ ;  $X_i = a_{min}$ ;  $X_i > a_{max}$   
 $X_i = 0$ ;  $-Z_1 = 1$ .  
 ( )

$$\Phi C Л = (Z_1 * Z_2 * \dots * Z_n) * (1/n),$$

$n -$

$n = 11$ .

[8]

( - )

1-3 :

$A1 - ( \dots ) * ( \dots )$ ;  $A2 - ( \dots ) * ( \dots )$ ;  $Pn - \dots$ ;  $Pk - \dots$

Таблиця 1 - Результати діагностики групи машиністів

							О		ММ		О	
1	2,2	4,3	1,28	72	83	16,2	66,9	80	156	3,2	4814	5,2
2	3,6	5,3	1,3	63	135	54,4	80,9	60	210	3,7	5825	8,5
3	3,2	5,2	1,3	80	129	40,9	88,5	68	206	3,7	7083	7,0
4	3,4	5,1	1,3	69	123	47,4	76,3	62	202	3,6	5269	8,0
5	2,9	4,3	1,2	74	83	32	51	61	156	3,2	3763	7,8
6	3,5	5,0	1,3	81	118	51	67	57	198	3,5	5457	8,8
7	4,1	5,9	1,4	88	173	74	98	57	254	3,9	8711	9,2
8	3,8	5,5	1,3	78	147	62	85	58	217	3,9	6666	9,1
9	3,1	5,1	1,35	80	123	38	86	69	202	3,6	6871	6,8
10	3,6	5,5	1,3	88	147	54	93	63	217	3,9	8183	8,1
11	3,2	5,0	1,3	73	118	40	77	65	198	3,5	5641	7,4
12	4,1	5,8	1,4	-	166	74	92	55	250	3,8	-	9,4
13	3,7	5,3	1,4	80	135	58	77	57	230	3,4	6177	8,7
14	3,2	4,9	1,3	90	113	41	72	64	195	3,4	6466	7,5
15	3,5	5,3	1,3	68	135	51	84	62	209	3,7	5744	8,1
16	3,5	5,4	1,3	62	141	51	90	64	213	3,8	5607	7,9
17	2,3	4,6	1,2	74	97	18	79	81	166	3,5	5862	5,3
18	3,7	5,8	1,4	89	166	58	108	65	250	3,8	9650	7,6
19	3,1	4,5	1,0	92	92	37	54	58	130	4,2	5016	9,4
20	3,2	4,9	1,4	69	112	41	72	64	214	3,2	4958	7,3
21	3,6	5,0	1,3	84	118	54	63	54	198	3,5	5360	9,5
22	3,5	5,3	1,4	76	135	51	84	62	230	3,4	6420	7,7
	3,4	5,1	1,3	74	127	50	84	63	205	3,6	5888	7,9
S	0,5	0,4	0,1	19	25	24	16	7	31	0,3	1878	1,2
	3,5	5,1	1,3	77	126	51	84	62	207	3,6	5784	7,9

Примітки: С – середнє значення; S – середнє квадратичне відхилення;  
ME – медіана вибірки

Таблиця 2 - Результати діагностики групи спортсменів

					/		С	О	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3,8	5,7	1,2	55	125/85	160	61	99	61
2	3,9	5,5	1,6	49	115/70	147	66	81	55
3	3,4	4,7	1,2	73	125/85	102	47	55	54
4	2,9	4,7	1,0	44	170/70	102	32	70	68
5	3,3	4,8	1,0	38	120/80	107	44	63	59
6	3,2	4,6	1,0	50	125/85	97	41	56	58
7	3,0	5,0	1,5	52	120/80	118	35	83	70
8	2,8	4,1	1,0	63	120/80	74	29	45	60
9	3,0	4,7	1,0	52	115/65	102	35	67	65
10	3,1	4,9	1,2	61	125/85	113	38	75	66
11	2,6	4,1	1,3	83	120/80	74	25	50	67
12	2,7	4,0	1,2	71	125/85	70	27	43	61
	3,1	4,7	1,2	58	-	105	40	66	62
S	0,4	0,5	0,2	13	-	27	13	17	5,2
	3,0	4,7	1,2	53	-	102	36	65	61

Продовження таблиці 2									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	MM		MO	n			1	2	
1	204	4,5	5395	4,1	15,9	9,1	11355	10372	91,3
2	281	3,1	3994	0,3	1,5	8,6	6839	6765	98,9
3	169	3,5	4009	3,7	16,4	9,7	6280	5730	91,2
4	135	4,4	3086	1,2	15,8	7,8	7043	6340	90,0
5	138	4,5	2408	0,26	1,55	9,7	5780	5723	99,0
6	132	4,3	2818	4,0	16,0	9,7	6447	5882	91,0
7	238	3,0	4328	3,8	16,0	6,2	8369	7535	90,0
8	118	3,8	2814	3,8	16,0	8,7	4474	4026	90,0
9	135	4,4		4,2	15,9	8,2	8411	6086	88,9
10	176	3,7	4569	3,9	16,0	7,5	7896	7147	90,0
11	165	2,9	4118	3,8	16,2	6,6	5467	4971	91,0
12	145	3,0	3052	3,6	16,4	7,6	4950	4519	91,0
	170	3,8	3690	3,0	13,6	8,3	6748	6250	92,0
S	49	0,65	917	1,5	5,6	1,2	1838	1652	3,4
	155	3,7	3994	3,8	16,0	8,4	6643	5984	91

Таблиця 3 - Результати діагностики групи онкохворих після хіміо-терапії

					C	O		MM	
1	3,7	5,2	1,3	129	58	71	55	205	3,7
2	3,4	5,1	1,3	123	47	76	61	202	3,6
3	4,8	6,3	1,4	201	107	94	46	270	4,2
4	3,0	4,8	1,1	107	35	72	67	155	4,1
5	2,6	4,2	1,1	79	25	54	69	136	3,5
6	3,3	5,1	1,4	124	44	79	64	221	3,3
7	2,7	4,5	1,2	92	27	65	71	162	3,4
8	2,9	4,3	1,2	83	32	50	61	156	3,2
	3,3	4,9	1,2	117	47	70	62	188	3,6
S	0,7	0,7	0,12	39	27	14	8	44	0,4
	3,1	4,9	1,2	115	39	71	62	182	3,5

1-3. 42  
 - 22, - 12,  
 - 8.

( )

[9]

1-3

1-3

## SUMMARY

### COMPUTER DIAGNOSTICS OF FUNCTIONAL POSSIBILITIES OF HEART ON THE UNTRADITIONAL INDEXES OF ECHOCARDIOGRAMS

**Bojko V., Muntyan S., Yakovlev G., Shostak L., Reyderman Yu., Litvinenko A., Skripchenko I.**

*The method of computer diagnostics of the functional being of the serdechno-sosudistoy system from data about the size of fizuko-mechanical indexes of myocardium is offered. These indexes characterize being of resiliency of myocardium and are determined by the count of traditional results of determination of geometrical sizes of left ventricle by ehokardiografii.*

*It is suggested to estimate these indexes in number by the function of desires (preferences). As an apparatus it is suggested to use a mobile telephone as computer. realizing the program for this accident made authors.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Anliker M. Toward A Notraumatic Study of the Circulatory System // Biomechanics its Foundation and Objectives.– PRENTICE-HALL, INC. Englewood Cliffs, New Jersey,1972. – P. 337-379.
2. / . . . . . , 2007. – 250 с.
3. / . . . . . // . . . . . –2005. – 2 (14). – С. 46-49.
4. . . . . , 1981. – 156 . . . . . / . . . . .
5. . . . . / . . . . . . 2001. – 399 с.
6. . . . . Scientific American. – 1986. – 8. – С. 48-56. //
7. . . . . / . . . . .
8. / . . . . . // . . . . . – 2007. – 1 (16). – С. 39-41.
9. / . . . . . // . . . . . – 2005. – 4 (16). – С. 86-93.

*Надійшла до редакції 10 лютого 2010 р.*