

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БІОМЕДИЧНОЇ АПАРАТУРИ

В статті в якості біомедичної апаратури обрано ехокардіограф, предметом дослідження є ультразвукові датчики, що використовуються при проведенні ехокардіографії. Показано етапи життєвого циклу ультразвукового датчика. Запропоновано використання експертних оцінок для прогнозування впливу технічних параметрів на ефективність експлуатації ехокардіографа.

Ключові слова: ехокардіограф, ультразвуковий датчик, технологічність виробу, ефективність експлуатації, експертна оцінка

M.V. ARKHIREI, O.V. BULIGINA, O.B. IVANETS, V.L. KUCHERENKO
National Aviation University Kyiv

APPLICATION OF EXPERT ESTIMATIONS IS FOR PROVIDING OF EFFICIENCY OF EXPLOITATION OF BIOMEDICAL APPARATUS

In the article as a biomedical apparatus an echocardiograph is select, the article of research are ultrasonic sensors that is used for realization of echocardiography. The stages of life cycle of ultrasonic sensor are shown. The use of expert estimations offers for prognostication of influence of technical parameters on efficiency of exploitation of echocardiograph.

Keywords: echocardiograph, ultrasonic sensor, manufacturability of good, efficiency of exploitation, expert estimation

Вступ

Ультразвукова медична діагностика дозволяє вирішувати майже всі питання в області ехокардіографії. На сучасному етапі розвитку медичної техніки, що використовує властивості ультразвуку, є ряд приладів від портативних до стаціонарних систем високого класу. Як правило, такі системи дозволяють проводити обстеження з високою точністю та отримувати максимум інформації про стан органів людського організму. У даній роботі розглядається ультразвуковий (УЗ) п'єзоперетворювач (датчик) для діагностики серця та серцево-судинної системи. Після обґрунтування прототипу виробу, чим підтверджується принципова можливість його виготовлення, на конструкторському етапі необхідно зробити попередню економічну оцінку доцільності постановки нових, або модернізованих моделей на виробництво, її випуску й продажу. Оцінювання рівня якості УЗ-перетворювача проводиться з метою порівняльного аналізу та визначення технічно найефективнішого варіанта інженерного рішення. Таке оцінювання здійснюють на стадіях створення нової і модернізації діючої техніки, під час упровадження її у виробництво в процесі проведення функціонально-вартісного аналізу тощо. Тому актуальною проблемою стоїть питання вибору математичного апарату для прогнозування впливу технічних показників в процесі його експлуатації.

Аналіз стану досліджень

Згідно ISO 9000 життєвий цикл біомедичної апаратури складається з одинадцяти етапів. В даному дослідженні будуть розглянуті 5 основних етапи, а саме П – проектування; О – освоєння; В – виробництво; ВП – впровадження (впровадження в експлуатацію); Е – експлуатація. Для отримання сталого прибутку необхідно щоб проектування нової моделі апаратури співпадало з реалізацією попередньої моделі. Так на рис.1. наведено стрічковий графік відтворення прибутку при виробництві біомедичної апаратури [1].

Але для розробки нової моделі ультразвукового датчика, який обрано для дослідження, необхідно провести аналіз переваг та недоліків попередньої моделі (наприклад моделі В). Постає необхідність в виборі математичних процедур для оцінки рівня якості виробу для планування проектування та виробництва наступних моделей.

Після обґрунтування прототипу нової моделі виробу, необхідно підтвердження принципової можливості його виготовлення, на конструкторському етапі необхідно дати: обґрунтування витрат необхідних матеріалів, засобів енергії, грошових коштів на оплату праці при виготовленні виробу; визначення собівартості виробу, що виготовляється; величини запланованого прибутку і договірної ціни виробу; визначення рівня рентабельності виготовленого виробу; планування випуску виробу: кошторис доходів і витрат.

Тобто необхідно зробити попередню економічну оцінку доцільності постановки розробленого проекту на виробництво, її випуску й продажу.

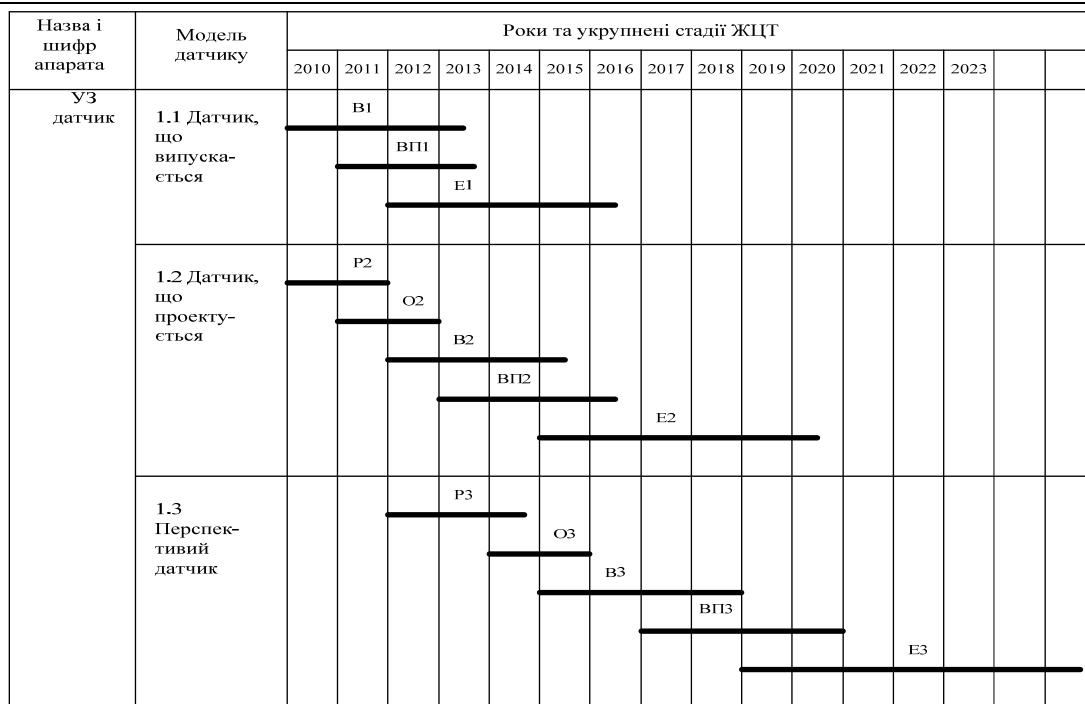


Рис.1 Стрічковий графік відтворення прибутку при виробництві апаратури

Постановка задачі

Для забезпечення ефективності експлуатації ультразвукового датчика, а також для оцінки впливу різних технічних показників на процес подальшої модернізації ультразвукових датчиків запропонований підхід, що полягає в використанні експертної оцінки технічних показників.

Основна частина

На стадії створення нових або модернізації діючих виробів (під час проведення функціонально вартісного аналізу) коли за варіантами, що підлягають розгляду недостатньо інформації щодо кількісної характеристики властивостей виробу, узагальнюючий показник рівня якості - коефіцієнт технічного рівня $K_{т.р.}$ - розраховуємо для кожного варіанта інженерного рішення за формулою:

$$K_{т.р.} = \sum \varphi_i q_{ij}, \tag{1}$$

де φ_i - коефіцієнт вагомості і-го параметра якості в сукупності прийнятих для розгляду параметрів якості; q_{ij} - відносний (одиничний) і-тий показник якості j-го варіанта виробу.

За функціональними можливостями виробу вимоги замовника до його основних функцій а також умов, які характеризують його експлуатацію визначаємо основні параметри УЗ-перетворювача, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система обчислюваних параметрів має достатньо повно характеризувати споживчі властивості виробу (його призначення, надійність, економне використання ресурсів, стандартизацію тощо). Чим більше параметрів взято для оцінювання рівня якості, тим точніша буде оцінка. У будь-якому випадку кількість параметрів повинна бути не менше шести. Основні параметри виробу мають бути достатньо охарактеризовані. Параметри проектного датчика та його аналогів зведені в табл. 1

Таблиця 1

Основні технічні параметри виробу

Параметр	Виріб		
	Модель А	Модель В	Модель, що розробляється
Кількість частот	2	2	1
Робоча частота, МГц	3,5	4	3
Кут огляду, град	90	90	90
Розмір контактної поверхні, мм	21,5Ч15 = 322,5	16Ч13 = 208	16,5Ч8,4 = 137,6
Роздільна здатність	4	3,5	0,784
Глибина прозвучування, мм	200	180	300

Частота - робоча частота на якій відбувається випромінювання та прийом УЗ сигналів. Чим вона вища тим краще роздільна здатність, глибина прозвучування менша. Кут огляду - кут сканування, один із основних параметрів фазованої антенної ґратки. Розмір контактної (робочої) поверхні. В фазованих датчиках електронного сканування робоча поверхня співпадає з поверхнею випромінювання УЗ-перетворювача

(апертурою) і дорівнює її розмірам. Для нашого випадку менша робоча поверхня краща через те, що датчик при діагностиці розташовується у міжреберній щілині. Роздільна здатність - здатність датчика розрізняти малі об'єкти (відбивачі), розташовані близько один до одного. Глибина вимірювання - максимальна відстань, на яку проникають УЗ коливання від датчика всередину середи, та на якій ще можуть бути виявлені ехо-сигнали [2].

Відносні (одичні) показники якості за будь-яким параметром q_i , якщо вони знаходяться у лінійній залежності від якості, визначаємо за формулами:

$$q_{ij} = \frac{P_{ni}}{P_{oi}} \quad (2)$$

або

$$q'_{ij} = \frac{P_{oi}}{P_{ni}}, \quad (3)$$

де P_{ni} — числове значення i -го параметра нового виробу; P_{oi} — числове значення i -го параметра базового виробу.

У випадку нелінійної залежності між параметрами та якістю виробу або якщо параметри відрізняються більше ніж на порядок, слід використовувати наступну формулу

$$q_i = \frac{1}{0.7} \ln\left(\frac{P_{ni}}{P_{oi}} + 1\right) \quad (4)$$

або

$$q_i = \frac{1}{0.7} \ln\left(\frac{P_{oi}}{P_{ni}} + 1\right) \quad (5)$$

та інші залежності, що відповідають специфіці параметра. Значення відносного показника якості має бути більше одиниці за умови погіршення i -го показника якості та менше одиниці - його погіршення.

Таблиця 2

Відносні показники якості виробу

Параметр	Виріб		
	Модель А	Модель В	Модель, що розробляється
Кількість частот	1	1,000	0,500
Робоча частота, МГц	1	1,143	0,850
Кут огляду, град	1	1,000	1,000
Розмір контактної поверхні, мм	1	1,476	0,698
Роздільна здатність	1	0,875	5,128
Глибина прозвучування, мм	1	0,900	1,500

За першим параметром цієї таблиці відносний показник якості визначаємо методом експертної оцінки [3]. Вагомість кожного параметра в загальній кількості параметрів, що розглядаються під час оцінки, визначаємо методом порівняння парами. Оцінювання проводить експертна комісія, кількість членів якої має дорівнювати непарному числу (не менше 5 осіб). Експертами є фахівці: конструктори та проектувальники УЗ датчиків та лікарі, що безпосередньо експлуатують ехокардіографи та беруть участь в постановці діагнозу – це складний тандем інженерів та медиків. Визначення коефіцієнтів вагомості передбачає визначення ступеня важливості параметрів через присвоєння їм відповідних рангів, перевірку придатності експертних оцінок для подальшого використання виявлення й оцінювання пріоритету одного з параметрів, обробку результатів і визначення коефіцієнтів вагомості (φ).

Таблиця 3

Результати ранжування параметрів виробу

Параметр	Ранг параметра за оцінкою експерта					Сума рангів R_i	Відхилення Δ_i	Δ_i^2
	1	2	3	4	5			
Кількість частот	2	1	1	1	2	7	-10,5	110,25
Робоча частота, МГц	1	2	2	2	3	10	-7,5	56,25
Кут огляду, град	3	4	3	4	1	15	-2,5	6,25
Розмір контактної поверхні, мм	6	5	6	6	6	29	11,5	132,25
Роздільна здатність	4	3	4	3	5	19	1,5	2,25
Глибина прозвучування, мм	5	6	5	5	4	25	7,5	56,25
Усього	21	21	21	21	21	105	0	363,5

Після детального обговорення та аналізу кожний експерт оцінює ступінь важливості параметрів присвоюючи їм ранги. Результати експертного ранжування подано в табл. 3.

Можливість використання результатів ранжування параметрів для подальших обчислень визначаємо за розрахунком коефіцієнта конкордації (узгодженості) експертних оцінок. Визначаємо суму рангів кожного показника (за рядками табл. 3)

$$R_i = \sum_{j=1}^N r_{ij}, \tag{6}$$

де r - ранг i -го параметра визначений i -м експертом;
 N - кількість експертів перевіряють загальну суму рангів яка має дорівнювати

$$R_{ij} = \frac{Nn(n+1)}{2}. \tag{7}$$

Обчислюємо середню суму рангів T за формулою:

$$T = \frac{1}{n} R_i, \tag{8}$$

Визначаємо відхилення суми рангів кожного параметра R від середньої суми рангів T

$$\Delta_i = R_i - T, \tag{9}$$

Обчислюємо квадрат відхилень за кожним параметром Δ^2 та загальну суму квадратів відхилень

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta_i^2, \tag{10}$$

Визначаємо коефіцієнт конкордації (узгодженості) за формулою

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3 - n)}, \tag{11}$$

$$W = 12 \cdot 363.5 / (5^2(6^3 - 6)) = 0.831$$

Використовуючи отримані від кожного експерта результати ранжування параметрів (див табл. 3), здійснюємо порівняння попарно всіх параметрів [4] і результати заносимо у табл. 4

Таблиця 4

Порівняння параметрів виробу парами

Параметри	Експерт					Підсумкова оцінка	Число визначення коефіцієнтів переваги α_{ij}
	1	2	3	4	5		
$x_1 \dot{\text{ i }} x_2$	<	>	>	>	>	>	1,5
$x_1 \dot{\text{ i }} x_3$	>	>	>	>	<	>	1,5
$x_1 \dot{\text{ i }} x_4$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_1 \dot{\text{ i }} x_5$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_1 \dot{\text{ i }} x_6$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_2 \dot{\text{ i }} x_3$	>	>	>	>	<	>	1,5
$x_2 \dot{\text{ i }} x_4$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_2 \dot{\text{ i }} x_5$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_2 \dot{\text{ i }} x_6$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_3 \dot{\text{ i }} x_4$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_3 \dot{\text{ i }} x_5$	>	<	>	<	>	>	1,5
$x_3 \dot{\text{ i }} x_6$	>	>	>	>	>	>	1,5
$x_4 \dot{\text{ i }} x_5$	<	<	<	<	<	<	0,5
$x_4 \dot{\text{ i }} x_6$	<	>	<	<	<	<	0,5
$x_5 \dot{\text{ i }} x_6$	>	>	>	>	<	>	1,5

На основі числових даних α_{ij} складаємо квадратну матрицю (табл.5).

$$A = \parallel \alpha_{ij} \parallel$$

Вагомість (пріоритетність) кожного параметра φ , розраховують за такими формулами:

$$\varphi_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad b_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \tag{12}$$

де b - вагомість i -го параметра за результатами оцінок усіх експертів; визначається, яка сума значень коефіцієнтів переваги α_{ij} поданих усіма експертами за i -м параметром.

Розрахунок вагомості параметрів виробу

	Параметр X_i						Перша ітерація		Друга ітерація		Третя ітерація	
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b	φ	b	φ	b	φ
x_1	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	8,50	0,2361	49,75	0,2506	272,87	0,2512
x_2	0,50	1,00	1,50	1,50	1,50	1,50	7,50	0,2083	41,75	0,2103	227,12	0,2091
x_3	0,50	0,50	1,00	1,50	1,50	1,50	6,50	0,1805	34,75	0,1750	188,87	0,1739
x_4	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	3,50	0,0972	19,75	0,0995	109,12	0,1004
x_5	0,50	0,50	0,50	1,50	1,00	1,50	5,50	0,1527	28,75	0,1448	157,12	0,1446
x_6	0,50	0,50	0,50	1,50	0,50	1,00	4,50	0,1250	23,75	0,1196	130,87	0,1205
Усього							36,00	1,00	198,50	1,00	1086	1,00

Результати розрахунків заносимо у табл.6. Відносні оцінки вагомості φ_i , обчислюють декілька разів доти, доки наступне значення буде відхилитися від попереднього менше ніж на 5%. Розраховуємо за формулою: $1 - \varphi_i / \varphi_{i-1}$.

Таблиця 6.

Результати розрахунків відносної оцінки вагомості виробу

X_i	Перша ітерація	Друга ітерація
x_1	-6,15%	-0,25%
x_2	-0,96%	0,57%
x_3	3,04%	0,65%
x_4	-2,34%	-0,99%
x_5	5,20%	0,11%
x_6	4,28%	-0,72%

На другій і наступних ітераціях значення коефіцієнта вагомості φ_i , розраховуємо наступним чином:

$$\varphi'_i = \frac{b'_i}{\sum_{i=1}^n b'_i}, \quad (13)$$

де b визначаємо як

$$b'_i = a_{i1}b_1 + a_{i2}b_2 + \dots + a_{in}, \quad (14)$$

$$b'_i = |b'_i| = |a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}| \times \begin{vmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{vmatrix}, \quad (15)$$

Відносну оцінку, отриману на останній ітерації розрахунків, беремо за коефіцієнт вагомості φ_i і-го параметра. За абсолютним значенням φ_i , визначаємо вагомість (пріоритетність) певного параметра виробу.

Таблиця 7

Розрахунок технічного рівня виробу

Параметр	Виріб		
	Модель А	Модель В	Модель, що розробляється
Кількість частот	0,251	0,251	0,226
Робоча частота, МГц	0,209	0,239	0,209
Кут огляду, град	0,174	0,174	0,274
Розмір контактної поверхні, мм	0,100	0,148	0,270
Роздільна здатність	0,145	0,127	0,209
Глибина прозвучування, мм	0,121	0,108	0,190
Коефіцієнт технічного рівня	1,0	1,198	1,378

Апробація результатів роботи

Результати роботи можуть бути використані при проектуванні нових моделей ультразвукових

датчиків для аналізу техніко-економічних показників, та для процесу прогнозування їхнього впливу один на один при прийнятті рішення щодо доцільності модернізації попередніх моделей.

Висновки

1. Для оцінювання рівня якості УЗ-перетворювача проведено аналіз технічних показників ультразвукових датчиків.
2. Запропоновано використовувати експертну оцінку технічних показників ультразвукових датчиків для аналізу їх рівня якості та використовувати її в подальшому вдосконаленню при проектуванні його нових моделей.

Література

1. Фатхутдинов Р.М. Стратегический менеджмент / Р.М. Фатхутдинов. – М. : Наука, 1995. – 273 с.
2. Шараров В. М. П'єзоелектричні датчики /В.М. Шараров.–М: Техносфера, 2006. – 632 с.
3. Гнатієнко, Г.М. Експертні технології прийняття рішень: Монографія [Текст] / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк– К.: ТОВ «Маклаут». – 2008. – 444 с.
4. Волошин, О.Ф. Моделі та методи прийняття рішень: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. [Текст] /О.Ф. Волошин, С.О. Машенко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.

References

1. Fatxutdy'nov R.M. Strategy'chesky'j menedzhment / R.M. Fatxutdy'nov. – M. : Nauka, 1995. – 273 s.
2. Shararov V. M. P'yezoelektry'chni datchy'ky' /V.M. Shararov.–M: Texnosfera, 2006. – 632 s.
3. Gnatiyenko, G.M. Ekspertni tehnologiyi pry'jnyattya rishen': Monografiya [Tekst] / G.M. Gnatiyenko, V.Ye. Sny'tyuk– K.: TOV «Maklaut». – 2008. – 444 s.
4. Voloshy'n, O.F. Modeli ta metody' pry'jnyattya rishen': navch. posib. dlya stud. vy'sh. navch. zakl. [Tekst] /O.F. Voloshy'n, S.O. Mashhenko. – K.: Vy'davny'cho-poligrafichny'j centr «Ky'yivs'ky'j universy'tet», 2010. – 336 s.

Рецензія/Peer review : 10.1.2015 р.

Надрукована/Printed :24.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією

УДК 681.518.3: 535.243.2

В.Г. ПЕТРУК, С.М. КВАТЕРНІЮК, О.Є. КВАТЕРНІЮК, О.І. КРОТ

Вінницький національний технічний університет

О.І. МОКАНІЮК

Вінницький національний медичний університет ім. М.І.Пирогова

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОПТИЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БІОТКАНИН НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ

Здійснено аналіз сучасних оптичних засобів вимірювального контролю та діагностування параметрів біотканин на основі цифрової колориметрії. Проаналізовано структурні схеми колориметричних засобів вимірювального контролю та діагностування біотканин та основні параметри сучасних колориметричних засобів промислового виробництва.

Ключові слова: цифрова колориметрія, біотканини, судово-медична експертиза

V.G. PETRUK, S.M. KVATERNIUK, O.E. KVATERNIUK, O.I. KROT

Vinnitsia National Technical University

O.I. MOKANYUK

National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsya

ANALYSIS OF MODERN OPTICAL MEANS OF MEASUREMENT CONTROL AND DIAGNOSTIC OF PARAMETERS BIOLOGICAL TISSUES BASED ON DIGITAL COLORIMETRY

Abstract. We have analyzed the modern optical measuring means of monitoring and diagnosing the parameters of biological tissues based on digital colorimetry. We have analyzed the structural scheme of measuring colorimetric monitoring and diagnostics of biological tissues and the main parameters of modern colorimetric means that the manufacturing industry.

Key words: digital colorimetry, biological tissue, forensic examination

Вступ

Для засобів вимірювального контролю та діагностування поверхневих пошкоджень біотканин важливими є можливість оперативного визначення та документальної фіксації ступеня ушкодження, а також аналіз його особливих ознак. На основі результатів опрацювання оптичних характеристик біотканин та геометричних параметрів ушкодженої ділянки можливо визначити ступінь ушкодження біотканини та інші параметри, що необхідні для конкретної прикладної задачі.