

Розробка методу структурно-параметричного синтезу діагностично-оздоровчого комплексу «quanton»

І. М. Огородник, О. В. Висоцька, М. Е. Тернюк, Г. В. Біловол

Запропоновано метод синтезу, що базується на застосуванні інформаційних інваріантів, і виконано структурно-параметричний синтез діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton». Проведена структурно-параметрична оптимізація комплексу по критерію продуктивності. Як інформаційні інваріанти використані повні (у межах прийнятої класифікації) множини шляхів отримання функціональних властивостей комплексу, фазових циклів життєвого циклу, структур технічних підсистем і способів управління рівнями технізації, продуктивності та енергоефективності процесів. Множини шляхів отримання функціональних властивостей комплексу та фазових циклів життєвого циклу сформовані шляхом поелементного ускладнення відповідних атрибутів. Множина структур технічних підсистем, що відповідають певним рівням технізації функцій, визначена на основі періодичної системи технічних елементів. Повні множини можливих структурних рішень по способам управління продуктивністю та енергоефективністю процесів, отримані топологічним добутком множин видів об'єктів на види прийомів забезпечення потрібних властивостей чи якостей об'єктів. Для кожного структурно відмінного варіанту застосована типова процедура параметризації об'єктів та система залежностей задачі параметричної оптимізації дедуктивного типу. Система залежностей є конкретизованим випадком параметричних інформаційних інваріантів. Конкретизацію залежностей здійснено з використанням інформації про потрібні вихідні дані та цільові перетворення, що виникають у комплексі «Quanton», при взаємодії підсистем. Алгоритм пошуку гранично ефективного рішення є покроковим. Цим алгоритмом передбачається покрокове визначення оптимальних по продуктивності процесів значень параметрів в межах блокуючих контурів та послідує їх покращення по енергоефективності та якості. Внаслідок використання повних множин структур процесів, елементів та дискретно-континуальної процедури пошуку оптимального рішення досягнута комплексність оптимізації технічної інновації

Ключові слова: параметричний синтез, комплекс «Quanton», неінвазивна діагностика, спектральний метод, терапія високочастотна

1. Вступ

Діагностично-оздоровчий комплекс «Quanton» – технічна інновація, призначена для виконання потрібної функції: неінвазивної діагностики людей, отримання інформації про характеристики потрібного оздоровчого нормалізуючого впливу на них та виконання цього впливу. Неінвазивна діагностика поєднує спектральний та бінарний методи. Спектральний метод з певним рівнем достовірності дозволяє встановити органи, які мають відхилення від нормати-

вів. Бінарний метод, з своїм рівнем достовірності, підтверджує або заперечує ці результати та, у разі підтвердження, встановлює необхідні параметри нормалізуючого електро-хвильового біорезонансного впливу.

Поєднання у одному комплексі вказаних функцій робить його перспективним для широкого використання. Разом з цим, для забезпечення можливості його ефективного застосування не тільки у оздоровчих закладах, а і у побутових умовах, потрібно виконати його оптимізаційний синтез. Мета вирішення цієї задачі – оптимізувати структуру та параметри комплексу для отримання належних його експлуатаційних показників: функціональності, достовірності результатів діагностики, ефективності оздоровчого впливу та продуктивності. Але в опублікованих патентах [1, 2] не описані, та в практиці не використовуються методи спрямованого оптимізаційного структурно-параметричного синтезу комп'ютерно-інтегрованих систем для суміщеного виконання діагностичних та оздоровчих функцій. Вказане вимагає створення спеціального методу синтезу такого роду систем. Загальні наукові основи для цього створені роботами у галузі теорії складних систем, теорії механізмів і машин, теорії оптимізації.

Метод може базуватись на застосуванні інформаційних інваріантів – типових моделей структур процесів і об'єктів, їх логіко-математичних моделей, які є незмінними протягом ізохронного та більш високих часових циклів технічних систем.

Вирішення цього питання дозволить створити комплекс з високими експлуатаційними характеристиками по показниках функціональності та ефективності.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В опублікованих патентах [1, 2] описані електронні способи та засоби діагностики порушень функціонально-фізіологічного стану людей. Наявні описи підходів до дослідження та математичного моделювання процесів діагностики дисбалансу метаболічних процесів [3], інфаркту міокарду [4], ожиріння [5], гіпертонії [6]. Наведені у цих роботах рішення дозволяють створювати діагностичні комплекси для визначення локальних порушень в організмах, але не дають цілісного уявлення про здоров'я. Крім того, такі комплекси не дозволяють визначати способи та параметри оздоровчого впливу на організм. На базі способу [7] можна побудувати діагностично-оздоровчий комплекс «Quanton», який має розширені функціональні можливості, але у патенті не описаний метод синтезу та оптимізації такого комплексу.

У багатьох опублікованих роботах детально розглянуті особливості конкретних видів технічних і технологічних систем та їх елементів для медичних потреб. Зокрема, у статті [8] показана необхідність врахування людського фактору при розробці людино-машинного інтерфейсу. У статті [9] зроблено опис методу оптимізації процесу обробки інформації із замкненою петлею, щоб підвищити ефективність комп'ютерних інтерфейсів мозку на основі візуально викликаних потенціалів. Разом з цим, у зазначених статтях метод синтезу потрібних для цього комплексів також не описаний.

У роботі [10] показано, що імовірнісні діагностичні системи підтримки прийняття рішень мають потенціал для прискорення діагностики рідкісних захворювань, пропонуючи диференційовані діагнози для лікарів, засновані на

введенні випадку та включені медичні знання. Але в цій статі не визначені способи забезпечення вищої продуктивності та належної достовірності систем діагностики. У матеріалах симпозіуму [11] представлений інтерактивний підхід до комп'ютерної медичної діагностики. Але шляхів забезпечення її вищих експлуатаційних показників також не визначено.

У дослідженні [12] обґрунтовано тезу про збільшення інтересу до застосування мікрохвильових систем у сучасній медицині. Однак, зазначена робота, відзначаючи актуальність застосування нових підходів до вирішення проблем діагностики та нормалізації функціонально-фізіологічного стану людей, не дає методів створення інтегральних комплексів для їх вирішення. У той же час, у технічній літературі розкрито багато питань, які створюють наукову основу для вирішення базових завдань, пов'язаних зі створенням зазначених комплексів.

Одним з найважливіших елементів таких комплексних систем є отримання достовірної діагностичної інформації про стан організму людини неінвазивним шляхом. В останні роки значний інтерес розробників діагностичних методів і приладів був приділений частотно-часовому або спектральному аналізу спектру випромінювання сигналів біологічного об'єкта. Такий аналіз став добре стандартизованим інструментом для кількісної оцінки багатьох клінічних і фізіологічних явищ, прикладом чого є роботи [13] та [14]. Багато уваги приділялось також методу вимірювання імпедансу тіла. На основі вимірів імпедансу розроблений також метод бінарної ідентифікації стану біосистеми, який базується на електродермальній активності (EDA), або симпатичній реакції шкіри (SSR) [15]. Але з вказаних робіт не впливає метод структурно-параметричного оптимізаційного синтезу, що має на меті підвищити функціональність та продуктивність комплексу «Quanton».

Узагальнений підхід до системного конструювання техніки викладено у книзі [16]. Розширити можливості синтезу дозволяє класичній робота [17], де запропонована система елементарних функцій і метод варіантного проектування техніки. У монографії [18] викладені теоретичні положення та приклади застосування об'єктно-орієнтованого підходу до задач синтезу. У роботі [19] описана загальна система вирішення задач моделювання та використання при цьому інформаційних баз. Наявні також публікації, які показують можливість застосування періодичної системи технічних елементів [20] та загальних законів розвитку техніки при створенні технічних інновацій [21]. Описані можливості системного управління продуктивністю [22] та енергоефективністю [23] технічних комплексів загального виду.

У той же час, для знаходження гранично ефективних рішень при створенні діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton» потрібно мати досить повну, функціонально цілісну методику, яка б дозволяла виконати спрямований структурно-параметричний синтез та оптимізацію даного комплексу.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка методу та виконання структурно-параметричного оптимізаційного синтезу діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton» з використанням структурних інформаційних інваріантів. Це дасть

можливість спрямовано формувати повні (у межах прийнятих класифікацій) області структурних та параметричних рішень і забезпечити аналітичне проектування комплексу з гранично високою продуктивністю.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- розробити загальний алгоритм спрямованого (безаналогового) структурно-параметричного синтезу діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton»;
- визначити можливість використання загальних інформаційних інваріантів для формування можливих структурних рішень комплексу;
- виконати формалізовану постановку задачі комплексної структурно-параметричної оптимізації комплексу;
- запропонувати методику пошуку гранично ефективного параметричного рішення для структурних варіантів комплексу;
- оцінити ефективність застосування алгоритму комплексної структурно-параметричної оптимізації з опцією технічного аудиту по зростанню рівнів продуктивності процесу діагностики та зміні критерію оптимальності.

4. Застосування інформаційних інваріантів для структурно-параметричного оптимізаційного синтезу діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton»

4.1. Розробка загального алгоритму спрямованого (безаналогового) синтезу комплексу

Гранична ефективність комплексу як системи може досягатися при його комплексній структурно – параметричній оптимізації. Це передбачає пошук повних множин можливих структурних та параметричних рішень, серед яких визначається одне оптимальне рішення по критерію оптимальності. Застосовуючи принцип інформаційної підпорядкованості етапів синтезу, можна використати загальний дедуктивний підхід (алгоритм) до вирішення зазначеної задачі з наступними етапами:

1. Формуються основні вихідні дані.
2. Встановлюються обмеження для комплексу та його підсистем.
3. Формується загальна множина структурних рішень з використанням найбільш загальних інформаційних інваріантів – шляхів забезпечення потрібних властивостей комплексу, структур їх фазових циклів та можливих рівнів технізації. Кожному рівню технізації відповідає типова структура – інформаційний інваріант – з періодичної системи технічних елементів [20]. Загальна структура конкретизується.
4. Кожний елемент загальних структур параметризується, використовується дедуктивна система залежностей (комплексний інформаційний інваріант). Виконується формалізована постановка задачі оптимізації по критерію продуктивності процесу.
5. Виконується оптимізація, вибирається рішення, що відповідає глобально екстремальному значенню критерію оптимальності. Здійснюється аналітичний технічний аудит доцільності використання множин способів управління продуктивністю, енергоефективністю та якістю системи з використанням профільних інформаційних інваріантів – структур відповідних способів [22, 23].

Враховуючи відносно невелику кількість можливих шляхів забезпечення потрібних властивостей комплексу, структурно-параметричний синтез може виконуватися послідовним перебором варіантів, починаючи з найпростішого.

4. 2. Формування основних вихідних даних

Вирішення задачі синтезу комплексу передбачає формування переліків відомих та тих, що потрібно визначити, атрибутів та їх ієрархічних рівнів.

Відповідно до загальної системної методології створення технічних інновацій [21] та особливостей комплексу «Quanton» інформацію про це можна представити так, як показано в табл. 1.

Таблиця 1
Перелік атрибутів комплексу «Quanton»

№ п/п	Назви атрибутів	Рівень визначення атрибутів	Значення атрибутів
1	Сфера застосування	Надсистема	Оздоровчі заклади, побут
2	Призначення	Надсистема	Виконання діагностичних та оздоровчих функцій
3	Функції (найбільш загальні)	Надсистема	1. Діагностика спектрально-хвильова 2. Діагностика бінарна 3. Резонансно-хвильове оздоровлення (нормалізація функціонально-фізіологічного стану)
4	Принципи дії	Система і підсистеми	<i>При діагностиці:</i> 1) визначення відхилень частотного спектру від нормативу; 2) вимір опору шкіри при реакції організму на смисловий вплив інформаційного маркера. <i>При оздоровленні:</i> квантова резонансна дія високочастотними електромагнітними хвилями
5	Процеси	Система і підсистеми	Система: послідовна, дискретно-безперервна. Підсистеми: паралельна, дискретно-безперервна.
6	Структури	Система і підсистеми	Визначаються при вирішенні задачі синтезу
7	Параметри	Система і підсистеми	Визначаються при вирішенні задачі синтезу

На основі даних табл. 1 можна визначити основні обмеження для комплексу та його підсистем.

4. 3. Встановлення обмежень для комплексу та його підсистем

У якості критерію оптимальності обирається показник продуктивності процесу. Блокуючі контури утворюють параметричні, функціональні та алгоритмічні обмеження, що діють на усіх етапах життєвого циклу (ЖЦ) основні види яких наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Основні види обмежень для комплексу та його підсистем

№ п/п	Види обмежень	Основний зміст
1	Природні	Відповідність комплексу та його підсистем законам природи
2	Технічні	Виконання обмежень на технічні показники міцності, надійності, точності та інші
3	Організаційні	Забезпечення організаційних умов по функціях, їх комплектації, виробництву та інших
4	Часові	Створення комплексу та його функціонування повинні відбуватись у певних часових інтервалах
5	Ергономічні	Комплекс повинен відповідати особливостям людського організму
6	Економічні	Капіталовкладення та вартісні показники комплексу повинні бути обмеженими
7	Екологічні	Комплекс повинен бути екологічно чистим

Як організаційні обмеження задаються вимоги у переналадженні комплексу до потреб кожного організму та можливості мати стаціонарний і переносний варіанти виконання.

5. Визначення загальних множин структурних рішень з використанням інформаційних інваріантів

Структура комплексу визначається його функціями (табл. 1), шляхами їх забезпечення та рівнями технізації.

Шляхи забезпечення потрібних властивостей систем включають усі етапи життєвого циклу (ЖЦ) техніки, поєднані у ранжовані кластери (такі, що поступового ускладнюються). Принципово можливими шляхами забезпечення потрібних властивостей комплексу як системи можуть бути ті, що наведені в табл. 3.

У табл. 3 позначені структурні інформаційні інваріанти – типові фазові цикли – складові ЖЦ, на яких реалізуються відповідні функції. До складових ЖЦ відносяться функції: інтелектуальної діяльності (Д) (синтез ідей, наукові дослідження, маркетинг); конструкторсько-технологічної розробки об'єкта – проектування (П); виготовлення (В); сертифікація (С); збут (З); налагодження і навчання (Н); функціонування (Ф), ремонт (Р); обслуговування (О); модернізація (М) і утилізація (Л). Індекс «б» означає приналежність до старої (колишньої) системи; $U_{ні}$, $i \in \{Д, П, В, С, З, Н, Ф, Р, О, М, Л\}$, $U_{жц}$ – керуючі системи для фа-

зових підсистем, які реалізують фазові цикли та ЖЦ в цілому. Знак \oplus означає паралельне виконання дій (функцій, циклів), а знак \otimes – послідовне.

Таблиця 3

Можливі шляхи забезпечення потрібних властивостей комплексу

№	Шлях і його позначення	Кластери фазових циклів – F_{cj}	Назва
1	Використання системи без переналагодження – УП	$\Phi \oplus Y_{\phi}$	Управління
2	Використання системи з переналагодженням – ПН	$[(H \oplus Y_n) \otimes (\Phi \oplus Y_{\phi})] \oplus Y_{n\phi}$	Переналагодження
3	Використання модернізованої системи – МД	$[(D \oplus Y_d) \otimes (P \oplus Y_p) \otimes (L_b \oplus Y_{lb}) \otimes (B \oplus Y_n) \otimes (C \oplus Y_c) \otimes (Z \oplus Y_z) \otimes (H \oplus Y_n) \otimes (\Phi \oplus Y_{\phi})] \oplus Y_{жц}$	Модернізація
4	Використання новостворюваної системи традиційного виду – ТП	$(P \oplus Y_p) \otimes (B \oplus Y_n) \otimes (C \oplus Y_c) \otimes (Z \oplus Y_z) \otimes (H \oplus Y_n) \otimes (\Phi \oplus Y_{\phi}) \otimes (O \oplus Y_o) \otimes (R \oplus Y_r) \otimes (M \oplus Y_m) \otimes (L \oplus Y_l) \oplus Y_{жц}$	Перебудова
5	Використання новостворюваної системи інноваційного виду – ІП	$[(D \oplus Y_d) \otimes (P \oplus Y_p) \otimes (B \oplus Y_n) \otimes (C \oplus Y_c) \otimes (Z \oplus Y_z) \otimes (H \oplus Y_n) \otimes (\Phi \oplus Y_{\phi}) \otimes (O \oplus Y_o) \otimes (R \oplus Y_r) \otimes (M \oplus Y_m) \otimes (L \oplus Y_l)] \oplus Y_{жц}$	Інноваційна побудова

На основі табл. 1 формується матриця-стовбець кластерів фазових циклів для кожного шляху:

$$M_{sh} = \begin{pmatrix} F_{c1} \\ F_{c2} \\ F_{c3} \\ F_{c4} \\ F_{c5} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $F_{cj}, j \in \{1, \dots, 5\}$ – кластери фазових циклів для шляхів УП, ПН, МД, ТП та ІП відповідно, перелічені у табл. 3.

Структура фазових циклів п'ятого шляху визначає найбільш загальну типову структуру ЖЦ:

$$\text{ЖЦ} = [(D \oplus Y_d) \otimes (P \oplus Y_p) \otimes (B \oplus Y_n) \otimes (C \oplus Y_c) \otimes (Z \oplus Y_z) \otimes (H \oplus Y_n) \otimes (\Phi \oplus Y_{\phi}) \otimes (O \oplus Y_o) \otimes (R \oplus Y_r) \otimes (M \oplus Y_m) \otimes (L \oplus Y_l)] \oplus Y_{жц} \quad (2)$$

У межах кожного фазового циклу здійснюються свої технологічні процеси, які містять кластери притаманних їм операцій. Оскільки кожному рівню технізації функцій відповідають свої типові структури, на 5-му етапі є можливість проводити формальне визначення множин можливих структур для кожної підсистеми комплексу. Формування множини варіантів загальних структур комплексу в цілому здійснюється об'єднанням типових структур для кожного обраного шляху і кожного фазового циклу ЖЦ. При цьому враховуються можливі способи об'єднання функцій при паралельній і послідовній їх реалізації.

Підлягають визначенню рівні їх технізації з множини можливих, заданих періодичною системою технічних елементів [20]. Можна вибирати з таких рівнів технізації: ручного – Р, механізованого – М, автоматизованого – А, інтелектуалізованого – І, розумного – У, здатного до самоорганізації – С, здатного до самовідтворення – В.

Рівні технізації зумовлюють кількість потрібного речовино-енергетично-інформаційного ресурсу та рівень критерію оптимальності. Через це вказані рівні повинні бути оптимізовані.

Потрібний для комплексу «Quanton» керований цільовий фазовий цикл, структурний інваріант якого задається моделлю $\Phi \oplus \mathbf{Y}_\Phi$ (шлях УП), повинен реалізувати задані у табл. 1 функції. Однак, вимога перенастроювання вимагає реалізації також фазового циклу, що притаманний шляху ПН з його $[(\mathbf{H} \oplus \mathbf{Y}_H) \otimes (\Phi \oplus \mathbf{Y}_\Phi)] \oplus \mathbf{Y}_{H\Phi}$. В той же час, на сьогодні немає діагностично-оздоровчих комплексів з функціями, заданими у табл. 1. Через це для синтезу залишається вибір одного з трьох більш складних шляхів: МД, ПТ або ПІ.

Формуючи загальну структуру комплексу, необхідно враховувати, що кожна функція має типовий кластер (свій структурний інформаційний інваріант) – триадний ланцюг, що, крім неї, включає управлінські та допоміжні функції [22]. На основі цього, з врахуванням [7, 17], структуру більш конкретизованих, ніж у табл. 1, узагальнених функцій, які виконуються діагностично-оздоровчим комплексом «Quanton», можна представити так, як показано на рис. 1.

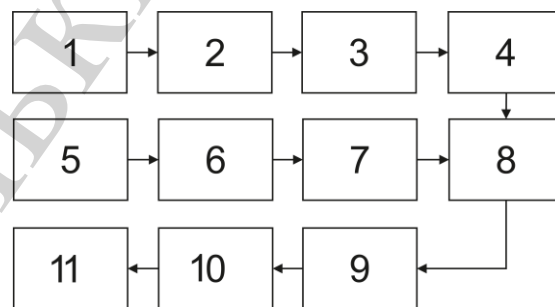


Рис. 1. Структура узагальнених функцій комплексу «Quanton»

На рис. 1 позначені узагальнені функції:

1 – створення спектрально-частотного інформаційного еталону загального функціонально-фізіологічного стану організму людини;

2 – спектрально-частотна діагностика загального функціонально-фізіологічного стану людини, визначення реального частотного спектру організму людини;

3 – визначення відхилення від спектрально-частотного інформаційного еталону, по значенням яких формують попередній перелік проблемних органів, для яких створюють інформаційні маркери;

4 – визначення попередньої послідовності дій на проблемні органи;

5 – визначення поточного електричного опору між детермінованими точками організму, одна з яких повинна бути біоактивною;

6 – створення електричного еталону загального функціонально-фізіологічного стану людини;

7 – створення (підбір) інформаційних маркерів для бінарної діагностики стану органів і систем людини відповідно до визначеної попередньої послідовності дій на проблемні органи;

8 – послідовна подача сигналів-запитів відповідно до визначеної попередньої послідовності дій з використанням інформаційних маркерів відносно бінарних характеристик стану систем і органів, значень параметрів частоти, часу та кількості сеансів потрібного електромагнітного квантово-хвильового впливу на організм;

9 – отримання відповідей-реакцій по відхиленням зворотних сигналів від інформаційного еталону про стан систем і органів людини;

10 – формування по результатам відповідей-реакцій організму уточненого переліку систем і органів та послідовності дій по відновленню функціонально-фізіологічного стану людини;

11 – проведення відновлення функціонально-фізіологічного стану людини шляхом періодичної квантово-хвильової дії на організм електромагнітними полями з визначеними частотними, часовими характеристиками та кількістю сеансів, відповідно до визначеної послідовності дій.

Наведені на рис. 1 узагальнені функції повинні розглядатись як основні функції $f_o^{(j)}$, кожна з них має свої підготовчі функції $f_{no}^{(j)}$ та заключні функції $f_{zo}^{(j)}$, а також підготовчі до підготовчої функції – $f_{mn}^{(j)}$. Наявні також заключна функція по відношенню до цієї функції, тобто функція $f_{zn}^{(j)}$, підготовча функція до заключної функції – функція $f_{nz}^{(j)}$, а також заключна для заключної функції – функція $f_{zz}^{(j)}$. Функції $f_i^{(j)}$ і $i \in \{1, N\}$, де $N=11$ – число функцій, на своєму верхньому ієрархічному рівні j можуть мати складну структуру. Складність зумовлюється не тільки потребою мати допоміжні та управлінські функції, а й можливістю об'єднання функцій способами:

– послідовним:

$$f_i^{(j+1)} = f_{i1}^j \oplus f_{i2}^j; \quad (3)$$

– паралельним:

$$f_i^{(j+1)} = f_{i1}^j \otimes f_{i2}^j; \quad (4)$$

– мережевим:

$$f_i^{(j+1)} = f_1^{(j)} \Theta f_2^{(j)} \dots \Theta f_n^{(j)}, \quad \Theta \in \{\oplus, \otimes\}. \quad (5)$$

Для переходу від функціональних до елементних структур доцільно використати універсальний моделюючий блок – інформаційний інваріант, який відображає цільові та вимушені перетворення:



Тут: $s_{\xi}^{(kk)}$, $kk \in \{xx, yy, vv, ww\}$, $\xi \in \{i, j\}$ – ξ -та система (підсистема) в момент t_m , $m \in \{x, y\}$, стан якої відповідає верхньому індексу (kk); S_p – середовище. Подвійною горизонтальною стрілкою позначене цільове перетворення, а одинарною ломаною – вимушене, яке виникає внаслідок зміни ресурсу перетворюючої системи S_i при її дії на систему S_j , що перетворюється. Одинарні похилі лінії відображають взаємодію системи (підсистеми) з середовищем.

Модель (6) відображає загальну структуру взаємодіючих систем (підсистем) протягом двох фаз: початкової (індекси підсистем xx і vv) і кінцевої (індекси підсистем yy і ww). Ця модель отримана шляхом підстановки у відповідність функції свого елемента, що її реалізує, з врахуванням їх розташування у середовищі, виходячи з загального визначення системи.

Структури підсистем можуть конкретизуватись на основі об'єктних класифікацій та їх ієрархій [18].

Оскільки на теперішній час промисловість виготовляє модульні конструкції, які інтегрують кілька функцій, в залежності від критерію оптимальності та обмежень, часто доцільно використовувати такі об'єкти. Наприклад, наявні діагностичні модулі, які комплексно забезпечують реалізацію 3-х функцій, позначених на рис. 1 позиціями 1, 2 та 3 з їх управлінськими та допоміжними складовими.

Враховуючи вказане, один з варіантів діагностично-оздоровчого комплексу може мати загальну структуру, яка наведена на рис. 2.

Комплекс включає:

- 1 – програмно-обчислювальний засіб з корпусом, блоком пам'яті та монітором;
- 2 – діагностично-аналітичний модуль;
- 3 – набір електронних копій інформаційних маркерів;
- 4 – пасивний електрод;

5 – електрод-щуп;
 6 – струмопровідні браслети;
 7 – генератор, здатний до програмування на різні режими роботи і частоти електричних синусоїдальних імпульсів з джерелом живлення;
 8 – комутаційні пристрої
 Комплекс додатково укомплектований:
 9 – ємкісним датчиком з цифровим перетворювачем,
 10 – генератором імпульсів, форма яких близька до прямокутної, з'єднаним з діагностичним модулем 2 та пасивним електродом 4 і електродом-щупом 5. До складу комплексу також введено блок 11 швидкого розкладу сигналу у ряд Фур'є та блок 12 порівняння отриманих характеристик ряду Фур'є з нормативними (еталонними) характеристиками в блоці 13.

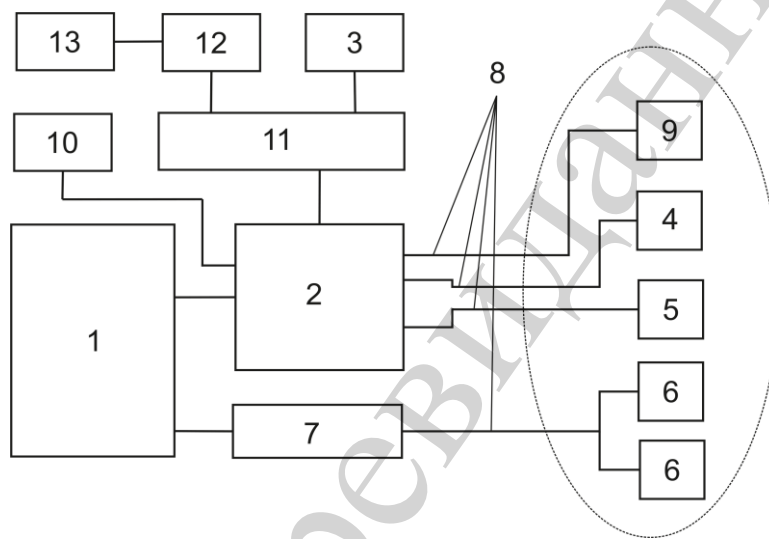


Рис. 2. Варіант загальної структури комплексу «Quanton»

Електрод-щуп 5 може мати ручний (Р) рівень технізації, або бути виконаним багатоконтактним, укомплектованим пружним закріплюючим елементом, що дозволяє отримати автоматизований (А) рівень. Для реалізації рівня А до складу структури комплексу вводять мультиплексор, який забезпечує послідовне знімання сигналів з електродів. У якості програмно-обчислюючого засобу 1 можуть використовуватись смартфон, планшет або ноутбук, які допускають автоматизований або частково інтелектуалізований рівень технізації комплексу. Реалізація більш високих рівнів технізації вимагає виконання спеціальних науково-дослідних та конструкторських робіт.

Комплекс працює наступним чином.

На підготовчому етапі апріорно, шляхом статистичної обробки результатів замірів створюють спектрально-частотні еталони організму, які вводять у блок пам'яті програмно-обчислювального засобу 1 з блоком пам'яті та монітором.

На першому робочому етапі комплексу визначають реальний частотний спектр організму людини та його відхилення від спектрально-частотних еталонів. Для цього утворюють електричний ланцюг: пасивний електрод 4 – організм людини – програмно-обчислювальний засіб 1 з блоком пам'яті та монітором –

ємкісний датчик 9. Це дозволяє провести заміри сигналів і виконати їх спектральний аналіз, пропускаючи через блок 11 швидкого розкладу сигналу у ряд Фур'є. Далі вводять характеристики спектрально-частотної діаграми у блок 12 для порівняння отриманих характеристик ряду Фур'є з нормативними (еталонними) характеристиками. По максимальним значенням (наприклад, у порядку зменшення їх величин) відхилень визначають перелік органів, функціонально-фізіологічний стан яких необхідно нормалізувати.

На другому робочому етапі для визначеного переліку органів використовують маркери 3 і, з використанням організованого електричного ланцюга, подають сигнали-запити відносно бінарної характеристики (потрібно чи не потрібно нормалізувати) їх стану. Для тих біологічних структур, що по відхиленням зворотних сигналів від інформаційного еталону дали позитивний відгук, формують маркери для визначення значень параметрів частоти, часу та кількості сеансів потрібного електромагнітного впливу на організм. Для цього утворюють електричний ланцюг: пасивний електрод 4 – діагностичний модуль 2 – електрод-щуп 5, пропускаючи електричний струм по ньому, за зміною (збільшенням) електричного імпедансу шкіри, отримують відповіді. У якості інформаційних маркерів можуть використовуватись ранжирувані по змісту, підібрані дедуктивним методом (таким чином, що послідуєчий маркер конкретизує зміст попереднього) біопольові (ментальні), звукові, або контактнотекстові семантичні конструкції.

На третьому етапі проводять відновлення функціонально-фізіологічного стану людини шляхом періодичної квантово-хвильової дії на її організм електромагнітними полями з визначеними частотними, часовими характеристиками та кількістю сеансів. Квантово-хвильову дію на організм здійснюють, пропускаючи електричний сигнал з вказаними характеристиками через організм людини. Схема включає в себе струмопровідні браслети 6, запрограмований на необхідні режими роботи і частоти генератор 7 з джерелом живлення та комутаційними пристроями 8. Генератор подає електричним шляхом до тіла синусоїдальний сигнал на частотах, що знаходяться у межах верхньої половини (більше 500 МГц) мегагерцового та нижньої половини (до 100 ГГц) гігагерцового діапазонів.

Квантово-хвильову дію на організм людини здійснюють подачею сигналу через зони, що розташовані на протилежних (правій та лівій) руках. Квантово-хвильова дія повинна відповідати ергономічним обмеженням. Ця дія, входячи в польові резонанси з тими біологічними структурами, які мають відхилення від еталонів, змінює їх квантово-енергетичні характеристики. Оскільки організм самостійно визначає характеристики квантово-хвильової дії, такий вплив є оптимальним і призводить до відновлення функціонально-фізіологічного стану людини.

Подача сигналів може здійснюватися під час сну, або будь-якою іншою діяльністю (наприклад, на робочому місці, у транспорті і т. п.).

Процедуру, починаючи з третього етапу, повторюють для тих біологічних структур, які мали відхилення сигналів від інформаційного еталону, до досяг-

нення максимального наближення до нормативних значень. Але, кількість сеансів обмежується 4-ма у зв'язку з інертністю біохімічних реакцій.

Терапія в комп'ютерному апаратно-програмному комплексі «Quanton» здійснюється в режимі безперервної адаптивної дії.

Детерміноване електромагнітне випромінювання на організм (в тому числі – в зоні дії біологічно активних точок) впливає на нього, здійснюючи корекцію спектрів і оздоровлення як окремих органів, так і усього організму.

При використанні інформаційних маркерів, пріоритети яких ранжовані по значенням відхилень реального частотного спектру організму людини від спектрально-частотних еталонів, квантово-хвильова дія на організм електромагнітними полями поетапно наближає органи до нормативного стану. Цим одночасно виконується частина загальної процедури оптимізації щодо максимізації продуктивності роботи комплексу на етапі діагностики і функціонування.

У комплексі «Quanton» спектральний та бінарний методи отримання інформації про стан біологічного об'єкту (людини) організовані по двох незалежних каналах. Операції на цих каналах виконуються послідовно, результати першої є умовою початку роботи другої. З метою забезпечення мінімізації ймовірності похибок при діагностиці, як спектральний, так і бінарний методи, допускають повтори, що впливає на загальну продуктивність. На продуктивність суттєво впливає рівень технізації цих процесів. При ручному рівні технізації витрати часу на отримання і переробку інформації в процесі діагностики можуть у десятки разів перевищувати відповідні витрати часу ніж при автоматизованому (комп'ютеризованому) рівні. Через це необхідна також оптимізація дії комплексу по критерію продуктивності процесу.

6. Параметризація елементів та формалізована постановка задачі параметричної оптимізації

Параметризація елементів отриманої множини можливих загальних структур повинна здійснюватись по всім атрибутам. Для цього виділяють кластери геометричних, електричних, магнітних, міцнісних, теплових, часових, економічних, екологічних, ергономічних, фізіологічних та інших параметрів, що суттєво впливають на обраний критерій оптимальності та обмеження системи. Потреба у виділенні і параметризації атрибутів конкретизується завданнями і умовами синтезу, зокрема, умовами використання модульних конструкцій та багатофункціональних елементів-комплектуючих.

Порівневий, починаючи з ієрархічно найнижчого, параметричний оптимізаційний синтез підсистем з використанням заданого критерію та визначених загальних обмежень здійснюється шляхом конкретизації та вирішення формалізовано поставленої загальної задачі на основі універсальної системи залежностей [21]

$$W_1(Z), W_2(Z), \dots, W_n(Z), \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
\vec{w}(t, \vec{z}_k, \vec{u}_k) \Rightarrow \vec{w}(t)_{opt}, \\
u_k = \sum_{\xi}^l f_k(\delta_{\xi} u_{o\xi}^*), \\
\vec{z} = \Phi_c(t, \vec{y}, \vec{u}), \\
u_o = \sum_{\eta}^m f_o(\delta_{\eta} u_{m\eta}^*), \\
u_n = \sum_{\tau}^n f_n(\delta_{\tau} u_{\tau}^*), \\
\delta_g(t) \in \{0, 1\}, \\
g \in \{\xi, \eta, \tau\}, \\
Al_i^- (|S_{\Sigma}|, \vec{\Pi}, t) \leq Al_i (|S_{\Sigma}|, \vec{\Pi}, t) \leq Al_i^+ (|S_{\Sigma}|, \vec{\Pi}, t), \\
i \in \{1, l\}; \\
\Phi_j^- (|S_{\Sigma}|, \vec{\Pi}, t) \leq \Phi_j (|S_{\Sigma}|, \vec{\Pi}, t) \leq \Phi_j^+ (|S_{\Sigma}|, \vec{\Pi}, t), \\
j \in \{1, m\}; \\
\vec{\Pi}_{ijk}^- \leq \vec{\Pi}_{ijk} \leq \vec{\Pi}_{ijk}^+, \\
k \in \{1, n\}, \\
\vec{\Pi} \in \{\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}\}.
\end{array} \right. \quad (8)$$

де

- W – вектор – критерій оптимальності;
- t – час;
- $x_1, x_2, x_n; y_1, y_2, y_m, z_1, z_2, z_k, u_N, N \in \{k, o, n\}$ – параметри і дії, що управляють, на рівнях надсистеми, системи і підсистем відповідно;
- δ_g – послідовності введення дій, що управляють;
- знак Al означає алгоритм процедури, передбаченої теорією дедуктивних систем для визначення значень алгоритмічних обмежень і допусків на них;
- Φ, f_n – функціональні залежності;
- $|S_{\Sigma}|$ – структура;
- $\vec{\Pi}$ – вектор параметрів;
- нижні індекси означають: k – надсистема; o – система; n – підсистема
- i – рівень ієрархії;
- j – номер функціонального обмеження;
- p – відношення до параметру;
- opt – оптимальне значення;
- верхні індекси « $-$ » і « $+$ » означають, відповідно, нижній і верхній допуски.

Залежності (7), (8) є інформаційним інваріантом, який відображає загальні умови і обмеження створення, будови, функціонування, можливого розвитку (модернізації, перебудови), комунікації, управління і перетворення системи. У

разі конкретизації ці залежності дозволяють вирішувати формалізованим методом задачу комплексної оптимізації. Крім того, на їх основі можна провести комплексний аналіз ефективності застосування різних заходів з продуктивності, енергоефективності та якості системи, що пропонуються як опція в ході системного технічного аудиту.

При постановці та вирішенні задачі структурно-параметричної оптимізації комплексу «Quanton» по критерію продуктивності при обмеженнях, у тому числі – по достовірності на етапі функціонування, зазначені залежності можуть мати наступний вигляд.

– критерій оптимальності:

$$t_3 = t_{пзс} + t_c^n + kt_{пзб} + t_6^m + t_{оз} \rightarrow \min; \quad (9)$$

– обмеження:

$$(1 - q_c^n q_6^m) \geq [P_3];;$$

$$n \geq 1; \quad (10)$$

$$4 \geq m \geq 1,$$

де t – час; нижні індекси $пз$ означають підготовчо-заключний час; $с, б, оз$ – відношення параметру до операцій спектральної та бінарної діагностики і оздоровлення відповідно; t_c, t_6 – основний (машинний) час на вказаних операціях; q_c, q_6 – ймовірності похибки на операціях спектральної та бінарної діагностики; $[P_3]$ – загальний допуск на ймовірність отримання потрібної інформації при діагностиці. Коефіцієнт k та показники степенів n і m означають кількості змін точок замірів і кількості повторень операцій спектральної та бінарної діагностики. Число 4 – максимально допустиме значення кількості повторень замірів на одній біологічно активній точці.

На рис. 3 у координатах n – m показано блокуючий контур, сформований обмеженнями (10).

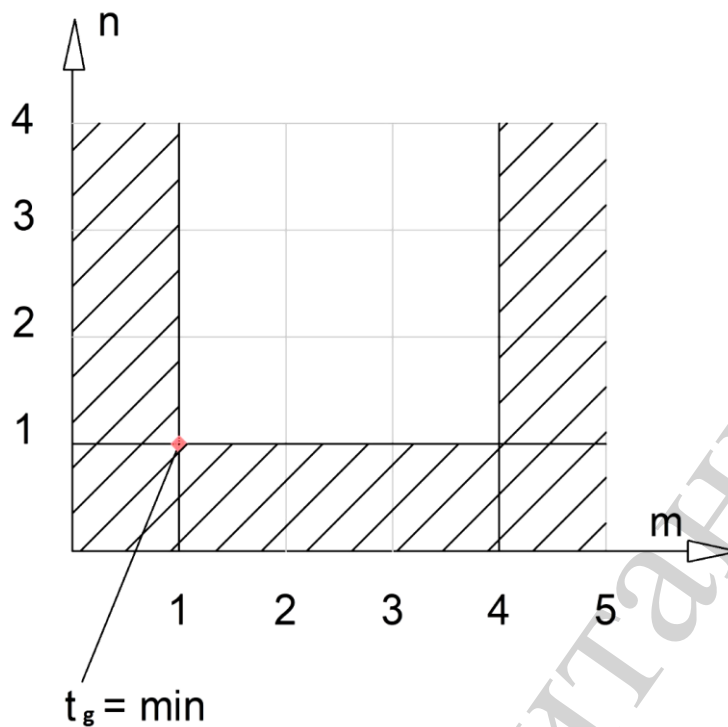


Рис. 3. Блокуючий контур, сформований обмеженнями (9)

Відмічена також точка, що відповідає $t_g = t \text{ min}$ при досить високій точності виконання операцій діагностики, що забезпечує виконання обмежень (10).

7. Оптимізація та виконання технічного аудиту комплексу

Виконання процедури комплексної оптимізації, враховуючи наявність багатоопераційних структур, доцільно виконувати поетапно, з застосуванням дискретно-континуальних 3D-моделей [24]. На першому етапі будуються кластери блокуючих контурів, які формують області допустимих параметричних рішень на кожній з операцій, що послідовно виконуються. При цьому враховуються усі види обмежень, задані табл. 2. На другому етапі для кожного з можливих шляхів та рівнів технізації функцій визначають Парето-оптимальне рішення по показнику продуктивності. На третьому етапі у межах повної множини кластерів, що відповідають повній множині структурних рішень, визначається глобально ефективне рішення шляхом виконання порівняльної процедури для критерія оптимальності. На четвертому етапі проводиться стемний аналітичний технічний аудит по критерію енергоефективності. На п'ятому етапі, на основі порівняння показників якості і вибору кращого варіанту, завершається синтез.

Враховуючи відносно невелику кількість впливаючих на критерій оптимальності (8) змінних та адитивний характер впливу компонентів, рішення задачі структурно-параметричної оптимізації можна знайти шляхом перебору варіантів. При цьому при переборі доцільно використовувати множину типових способів підвищення продуктивності технічних систем [22].

По принциповій прийнятності для підвищення продуктивності процесу при функціонування комплексу «Quanton» можна встановити, що зменшення значень перелічених змінних може досягатись за рахунок:

- автоматизації підготовчих робіт (зменшення $t_{пзс}$) при зміні рівня технізації з Р на А;
- підвищення швидкодії процесорів (зменшення t_c);
- мінімізації початкового об'єму робіт за рахунок попереднього вибору об'єктів діагностики за результатами інтегральної оцінки спектру випромінювання організму (зменшення $t_{пзб}$);
- підвищення швидкодії підготовчих робіт за рахунок використання швидкодуючого процесора (зменшення $t_{пзб}$);
- автоматизації (зміни рівня технізації з Р на А) процесу пошуку і установки контактів головки датчиків та обробки інформації (зменшення $t_{пзб}$);
- мінімізації часу подачі тестових сигналів (зменшення t_6);
- застосування багатоконтактної головки (зменшення k);
- підвищення точності спектральної та бінарної діагностики (мінімізація n та m);
- мінімізації тривалості основного хвильового впливу та кількості сеансів за рахунок самостійного вибору їх організмом (зменшення $t_{оз}$).

При нормативному рівні $[P_3]=0,99$ та при реальних досить широких значеннях $q_c=q_6=0,1$ умова (9) виконується при $n=m=1$ ($P_3=1-0,1 \cdot 0,1=0,99$). Цим самим забезпечується оптимізація режимів роботи комплексу, які надають йому максимальну продуктивність.

Зменшення кожної із тривалостей $t_{пзс}$, t_c , $t_{пзб}$, t_6 та $t_{оз}$ буде покращувати параметричне рішення по критерію оптимальності.

Практична реалізація цього може досягатись за рахунок вдосконалення конструкції елементів комплексу. Проведене натурне моделювання показало, що забезпечення автоматизації процесу бінарної діагностики із застосуванням багатоканальної головки (мультиплексного датчика) призведе до значного (з 30–40 хвилин до 0,2 хвилини) зменшення t_6 . Це також надасть можливість мати мінімальне значення коефіцієнта k та знівелює вплив показника степеню m на t_3 внаслідок малого t_6 . В цілому при досягненні $t_c=t_6=0,1$ хвилини вказане дозволить підвищити продуктивність процесу діагностики до $(30-40)/0,2=150-200$ разів та при $t_{оз}=60$ хвилин забезпечить зростання критерію оптимальності у 1,5 рази.

Подальше вдосконалення комплексу за рахунок покращення його енергоефективності та якості може здійснюватися на основі технічного аудиту. Алгоритм системного технічного аудиту може бути заснований на використанні загальної моделі цільових перетворень, що виникають при взаємодії перетворюючої та тієї, що перетворюється, систем, згідно моделі (6). В результаті виконання аудиту визначається загальний обсяг енергоспоживання в розрахунку на одиницю продукції та показники якості системи. При цьому визначається доцільність застосування в системі елементів множини структур способів забезпечення високої енергоефективності процесів на кожній з операцій. Критерієм відбору є оцінка можливості покращення показників ефективності з розрахунку

ком критерію – співвідношення «ефект/витрати» для кожного з можливих шляхів підвищення енергоефективності системи. По результатам визначення цього критерію, з врахуванням наявних загальних обмежень приймається рішення щодо варіанту модернізації технологічних підсистем. Повна (у межах прийнятої класифікації) множина можливих структурних рішень по основним показникам ефективності техніки наведена в [23]. Матриця – рядок r_{ij} можливих способів підвищення енергоефективності є такою:

$$r_{ij} = \{I_c \times N, U_m \times N, C_m \times N, I_c \times h, U_m \times h, C_m \times h, I_c \times O_d, U_m \times O_d, C_m \times O_d, I_c \times V_d, U_m \times V_d, C_m \times V_d, I_c \times P_p, U_m \times P_p, C_m \times P_p, D_o \times N^*, U_v \times N^*, P_d \times N^*, D_o \times h^*, U_v \times h^*, P_d \times h^*, D_c \times O_d^*, U_v \times O_d^*, P_d \times O_d^*, D_c \times V_d^*, U_v \times V_d^*, P_d \times V_d^*, D_c \times P_p^*, U_v \times P_p^*, P_d \times P_p^*\}, \quad (11)$$

де r_{ij} – множина функцій, тривалість виконання яких впливає на енергоспоживання: O_d – основні дії; V_d – допоміжні дії; P_p – прості; множина прийомів, які дозволяють зменшити енергоспоживання, зменшуючи довжину циклу: I_c – виключення; U_m – зменшення; C_m – суміщення; індекс * означає симетричну множину прийомів, спрямованих на самозабезпечення енергією системи, для енерговіддаючих функцій: D_o – додавання; U_v – збільшення; P_d – поділ.

Маючи цю множину, можна сформувати повну множину M_{sh} можливих структурних рішень щодо енергоефективності для кожного можливого шляху зміни системи:

$$M_{nsh} = M_{sh} x r_{ij}^T, \quad (12)$$

де верхній індекс «т» – знак транспонування.

Доцільність застосування кожного елемента множини M_{nsh} визначається шляхом порівняння з еталоном. Так, для комплексу обирається найбільш енергоефективні генератор імпульсів, діагностичний модуль, процесор, мультиплексор та інші комплектуючі. Досвід застосування вказаного алгоритму технічного аудиту показав можливість підвищення енергоефективності на понад 30 %. Це є важливим, зокрема, для переносного варіанту комплексу.

Для забезпечення максимальної якості комплексу проводиться аналіз точності відпрацювання частоти та надійності роботи генератора, який здійснює безпосередній вплив на людину. Із множини можливих обирається варіант, що має показник не нижче нормативного, та краще співвідношення «ефект/витрати».

8. Обговорення результатів застосування інформаційних інваріантів для структурно-параметричного синтезу та оптимізації діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton»

Розроблений метод спрямованого (безаналогового) структурно-параметричного синтезу діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton» базується на використанні запропонованого алгоритму пошуку структурно-параметричних рішень у поєднанні з загальними інформаційними інваріантами

технічних інновацій. Логіка алгоритму побудована на дедуктивному підході та принципі інформаційного підпорядкування етапів підготовки та пошуку необхідних рішень. Підбір інформаційних інваріантів забезпечений таким чином, щоб отримувати неконкретизовані структури функцій та елементів комплексу в цілому. Це дозволило вирішити головне питання аналітичного проектування комплексу – безаналогово визначити множину можливих варіантів його упорядкованих структур. Останнє створило умови для формалізованої постановки задачі комплексної структурно-параметричної оптимізації комплексу (залежності (7) і (8), які конкретизовані для комплексу «Quanton» залежностями (9) і (10) відповідно), Упорядкованість інформаційних інваріантів у порядку нарощування складності та вид залежностей (9) і (10) стали основою для визначення методики пошуку варіантів структур і значень параметрів, що забезпечують його гранично високу продуктивність. Гранично висока продуктивність забезпечується завдяки спільній оптимізації структури та параметрів комплексу при умові врахування повноти областей їх існування. Це є основною перевагою методу.

Врахування повноти областей існування структур і параметрів та можливість виконання синтезу без застосування аналогів є принципово відмінністю запропонованого методу синтезу від тих, що традиційно застосовуються: евристичних та еволюційних. Спрямованість синтезу за рахунок упорядкованості інформаційних інваріантів відрізняє запропонований метод від існуючих комбінаторних методів.

Додатковими перевагами запропонованого методу є можливість управління функціональністю, рівнем технізації комплексу та іншими показниками за рахунок використання відповідних інваріантів як при спрямованому синтезі, так і при виконанні аналітичного аудиту.

Запропонований алгоритм аналітичного технічного аудиту враховує результати оптимізації по критерію продуктивності та в одночас дозволяє покращити інші показники комплексу, зокрема енергоефективність та якість системи.

Синтезований комплекс «Quanton», дякуючи біологічно-зворотному зв'язку та бінарній ідентифікації стану біосистеми, дає можливість організму людини самостійно визначати характеристики квантово-хвильової дії, тому його вплив є оптимальним і призводить до відновлення функціонально-фізіологічного стану людини в цілому, збільшуючи адаптивну здатність і відновлюючи механізми саморегуляції і саморегенерації.

Квантово-хвильова дія на організм може здійснюватися в домашніх умовах, під час сну, або бути поєднаною з будь-якою іншою діяльністю (наприклад, на робочому місці, у транспорті і т. п.). При цьому спосіб підвищує свою ефективність внаслідок того, що послідовно ліквідуються дисгармонічні процеси, які мають відхилення від нормативних характеристик, на параметрах, на які відгукнувся та визначив сам.

Оскільки при використанні комплексу збільшується кількість інформації, яка отримується при діагностиці, підвищується точність діагностики. Наприклад, якщо спектрально-частотний метод дає похибку на рівні 15 %, а метод за запитом організму з допомогою маркерів – на рівні 10 %, то загальна похибка

буде зменшена до $0,15 \times 0,10 \times 100 \% = 1,5 \%$. Підвищення продуктивності комплексу досягається за рахунок зменшення втрат часу на попередньому етапі вибору органів з відхиленнями, оскільки використовується додаткова інформація при загальній діагностиці організму людини по його спектрально-частотній характеристиці.

Досвід використання запропонованого комплексу з понад 3000 людей при ручному рівні процесу бінарної діагностики підтвердив досягнення заданої функціональності та зазначених показників продуктивності.

Запропонований загальний алгоритм синтезу, застосований для визначення структурних і параметричних рішень комплексу «Quanton», придатний також для вирішення задач комплексної оптимізації інших багатоопераційних комплексів. Обмеження полягають у тому, щоб для кожного іншого комплексу додатково виконати конкретизацію залежностей (7), (8) на основі використання заданих умов синтезу. Додаткових досліджень вимагають принципи вибору інформаційних інваріантів та умови застосування комп'ютерних систем проектування для синтезу.

9. Висновки

1. Запропоновано загальний алгоритм структурно-параметричного синтезу діагностично-оздоровчого комплексу «Quanton», новизна якого полягає у застосуванні інформаційних інваріантів, які дозволяють сформулювати повні області можливих структурних рішень та визначити множину загальних залежностей для параметричної оптимізації.

2. Як інформаційні інваріанти можуть бути використані множини шляхів отримання функціональних властивостей комплексу, фазових циклів життєвого циклу, структур технічних підсистем і способів управління рівнями технізації, продуктивності та енергоефективності процесів.

3. Повнота областей можливих структурних рішень у поєднанні з множиною залежностей, що зв'язують параметри, дозволяє ставити і вирішувати задачу нового рівня: комплексної структурно-параметричної оптимізації комплексу.

4. Пошук гранично ефективного рішення передбачає покрокове визначення оптимальних значень параметрів в межах блокуючих контурів для кожного з ранжованих по рівню складності структурних варіантів комплексу.

5. Використання запропонованого алгоритму оптимізації з опцією аналітичного технічного аудиту дозволяє забезпечити зростання рівнів продуктивності процесу діагностики до 150–200 разів. При цьому оцінка рівня обраного критерію оптимальності-продуктивності комплексу в цілому може збільшитись у 1,5 рази. Крім того, створюються умови для вибору елементної бази з вищими показниками енергоефективності, точності та надійності роботи. Це є резервом підвищення експлуатаційних властивостей комплексу.

Література

1. Faupel, M. L., Stephens, J. D., Nathanson, S. D., Doe, K. E., Hagstrom, S. E. (1995). Pat. No. US5678547A. Method and apparatus for screening or sensing bodily conditions using DC biopotentials. No. 429,138. declared: 26.04.1995; published:

21.11.1997. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/e5/ed/01/87e3c1719e5af2/US5678547.pdf>

2. Stoller, K. P., Taff, B. E. (1983). Pat. No. US4557271A. Method and apparatus for detecting body illness, dysfunction, disease and/or pathology. No. 493,707. declared: 11.05.1983; published: 20.12.1985. URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/c1/29/31/b8e890322f6349/US4557271.pdf>

3. Dobrorodnia, H., Vysotska, O., Georgiyants, M., Balym, Y., Rak, L., Kolesnikova, O. et. al. (2018). Development of an approach to mathematical description of imbalance in methabolic processes for its application in the medical diagnostic information system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (95)), 29–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141451>

4. Yakubovska, S., Vysotska, O., Porvan, A., Yelchaninov, D., Linnyk, E. (2016). Developing a method for prediction of relapsing myocardial infarction based on interpolation diagnostic polynomial. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (83)), 41–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.81004>

5. Vysotska, O., Dobrorodnia, G., Gordiyenko, N., Klymenko, V., Chovpan, G., Georgiyants, M. (2016). Studying the mechanisms of formation and development of overweight and obesity for diagnostic information system of obesity. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (84)), 15–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.85390>

6. Vysotska, O. V., Bepalov, Y. G., Pecherska, A. I., Koval, S. M., Lytvynova, O. M., Dyvak, A. M. et. al. (2019). Mathematical simulation of the structure of pulsed arterial pressure relations with vascular damage factors in patients with arterial hypertension. *Information Technology in Medical Diagnostics II*, 47–53. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429057618-7>

7. Огородник, І. М., Крутов, В. В., Семенов, В. П., Тернюк, М. Е. (2018). Пат. № 128776 UA. Спосіб відновлення функціонально-фізіологічного стану людини. опубл. 10.10.2018.

8. Gaev, J. A. (2011). Review of “Handbook of Human Factors in Medical Device Design”, edited by Matthew B. Weinger, Michael E. Wiklund and Daryle J. Gardner-Bonneau, Assistant Editor Loir M. Kelly. *BioMedical Engineering OnLine*, 10 (1), 46. doi: <https://doi.org/10.1186/1475-925x-10-46>

9. Fernandez-Vargas, J., Pfaff, H. U., Rodríguez, F. B., Varona, P. (2013). Assisted closed-loop optimization of SSVEP-BCI efficiency. *Frontiers in Neural Circuits*, 7. doi: <https://doi.org/10.3389/fncir.2013.00027>

10. Ronicke, S., Hirsch, M. C., Türk, E., Larionov, K., Tientcheu, D., Wagner, A. D. (2019). Can a decision support system accelerate rare disease diagnosis? Evaluating the potential impact of Ada DX in a retrospective study. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 14 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13023-019-1040-6>

11. Sacco, G. M. (2005). Guided Interactive Diagnostic Systems. 18th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'05). doi: <https://doi.org/10.1109/cbms.2005.62>

12. Ahmed, U. T. (2018). Planar microwave devices for wideband microwave medical diagnostic and therapeutic systems. The University of Queensland. doi: <https://doi.org/10.14264/uql.2018.142>
13. Bianchi, A. M., Mainardi, L. T., Cerutti, S. (2000). Time-frequency analysis of biomedical signals. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 22 (3), 215–230. doi: <https://doi.org/10.1177/014233120002200302>
14. Liang, H., Bronzino, J. D., Peterson, D. R. (Eds.) (2012). *Biosignal Processing. Principles and Practices*. CRC Press, 202. doi: <https://doi.org/10.1201/b12941>
15. Vetrugno, R., Liguori, R., Cortelli, P., Montagna, P. (2003). Sympathetic skin response. *Clinical Autonomic Research*, 13 (4), 256–270. doi: <https://doi.org/10.1007/s10286-003-0107-5>
16. Дитрих, Я. (1981). Проектирование и конструирование. Системный подход. М.: Мир, 456.
17. Koller, R. (1976). *Konstruktionsmethode für den Maschinen-, Geräte- und Apparatebau*. Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-96295-0>
18. Буч, Г. (1992). Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения. М.: Конкорд, 519.
19. Клир, Дж. (1990). Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 534.
20. Тернюк, Н. Э. (2011). Система периодических систем элементов видимого материального мира. Сучасні проблеми науки та освіти: матеріали 15-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції. Алушта-Харків, 11–22.
21. Тернюк, Н. Э. (2012). Законы развития техники и их применение при создании инноваций. Сучасні проблеми науки та освіти: матеріали 16-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції. Євпаторія-Харків, 74–86.
22. Беловол, А. В., Тернюк, Н. Э. (2003). Синтез способов управления производительностью полифункциональных машин и их систем. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*, 12, 7–9.
23. Дмитрук, И. А., Когут, Р. Й., Печеник, А. Н. и др. (2012). Синтез полного множества общих структур способов повышения энергоэффективности производства. *Комун. господ. міст: науково-техн. збірник*, 109, 96–106.
24. Тернюк, И. А., Сорокин, В. Ф. (2016). Применение дискретно-континуальных 3D-моделей кластеров блокирующих контуров при проектировании технологических маршрутов обработки лопаток моноколес компрессоров и турбин ГТД. *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*, 72, 249–259.