DOI: 10.18372/2310-5461.44.14320

УДК 004.942(045)

О. Б. Іванець, канд. техн. наук, доц.
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-0897-4219
e-mail: olchik2104@ukr.net;

П. І. Кулаков, д-р техн. наук, проф.
Вінницькій національний технічний університет
orcid.org/0000-0002-0167-2218
e-mail: kulakovpi@gmail.com;

А. П. Шкіндер,
Національний авіаційний університет
orcid.org/0000-0002-4809-294X
e-mail: anna_shkinder@ukr.net;

А. П. Кулакова,
Вінницькій національний технічний університет
orcid.org/0000-0002-2970-7566
e-mail: anna.kulakova1735@gmail.com

ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ НЕБЕЗПЕКИ ВІДХИЛЕННЯ

Вступ

Під час роботи організму виникають події, які негативно впливають на його працездатність. До таких подій відносять як морфологічні: інфекційні захворювання, наявність хронічних захворювань, запалювальні процеси та травмованість, наявність зовнішніх збудників, стан стресу; не модифіковані: вік, стать, генетичні чинники, вроджені вади, крім цього окремою групою можна виділити неякісне виконання медичним персоналом своїх функціональних обов'язків під час діагностування (похибки першого, другого роду), невизначеність результатів вимірювань технічними засобами та ін. [1]. Результати вимірювального контролю параметрів організму характеризують не тільки його стан у цілому, а і окремих його підсистеми. Виходячи з цього, на основі результатів вимірювального контролю параметрів організму можна здійснити оцінювання стану його окремих складових підсистем та виявити наявність певних подій, які негативно впливають на ефективність його роботи. Основною ознакою виникнення певної події є негативний результат вимірювального контролю відповідного параметру організму. Слід відзначити, що у багатьох випадках невідповідність значення певного параметра межам допуску може виникнути внаслідок великої кількості різноманітних факторів, тобто ця обставина не гарантує наявності відповідної події. Відповідно до праці [2], відхилення стану організму від його норми, як правило, супроводжується одночасною зміною та знаходженням за межами допуску певної кількості його параметрів. Таким чином, оцінити стан складових підсистем організму можна на основі результатів вимірювального контролю декількох його параметрів окремих підсистем організму.

Постановка проблеми в загальному вигляді

Актуальною проблемою є підвищення достовірності оцінювання функціонального стану організму за рахунок використання математичного апарату на основі критеріїв небезпеки відхилення від нормованих показників підсистем організму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відповідно до світових тенденцій переорієнтації системи охорони здоров'я, Всесвітня організація охорони здоров'я (WHO (2017)) наголошує на необхідність урахування різниці між традиційним підходом, за якого догляд спрямовано на лікування хвороби, та новітнього курсу особистісної допомоги (*person-centred care* (PCC), спрямованого на збереження здоров'я [3].

Це відповідає широко відомій трансформації курсу Всесвітньої організації охорони здоров'я на досягнення стану повного фізичного, психологічного та соціального добробуту, а не загальновідомої відсутності хвороби чи немочі. Тому метою багатьох організацій, що займаються проблемами формалізації процесів діагностуван-

Іванець О. Б., Кулаков П. І., Шкіндер Г. П., Кулакова А. П., 2019

ня організму та прийняття рішень щодо охорони здоров'я, є досягнення консенсусу, оцінювання параметрів, пов'язаних з станом здоров'я людини та розробки стандартів для оцінювання стану здоров'я з точки зору методик вимірювань, статистичного аналізу, формулювання моделей вимірювань та процесу прийняття рішення щодо стану здоров'я [4]. Реформування закладів охорони здоров'я в Україні також потребує розробки науково-теоретичних підходів до оцінювання стану організму людини для вирішення задач страхової медицини, професійного відбору, госпіталізації, реабілітації та інвалідизації.

Сьогодні існує багато діючих, а також створюються нові методики оцінювання стану здоров'я, адаптаційного потенціалу, поточного функціонального стану організму, але вони не об'єднані єдиною методологією застосування. Окремим завданням є прогнозування функціонального стану організму на основі ретроспективних даних.

Мета статті

Розробка математичного апарату оцінювання функціонального стану здоров'я та формалізація процесу прийняття рішення на основі єдиної концепції та системного підходу зумовило вибір системи роботи. Потреба наукової розробки методології і єдиної концепції оцінювання функціонального стану організму зумовлена:

– недостатнім рівнем науково-методологічної розробленості даної проблеми;

– необхідністю врахування міжнародного досвіду в галузі охорони здоров'я;

– нагальною потребою в практичному впровадженні відповідних наукових результатів і відповідної їх реалізації для завдань страхової медицини, професійного відбору, медичної сертифікації та реабілітації тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження

Організм людини складна сукупність взаємопов'язаних, взаємодіючих, взаємовпливних функціональних систем гомеостатичного типу, яку можна описати комплексом статистично стабільних медико-біологічних показників.

В роботі організм людини розглядається як цілісна система, на яку впливають дестабілізуючі фактори різного роду.

На рис. 1. наведено принцип декомпозиції системи організму як цілісної системи за рахунок взаємного функціонування складових підсистем організму [1].

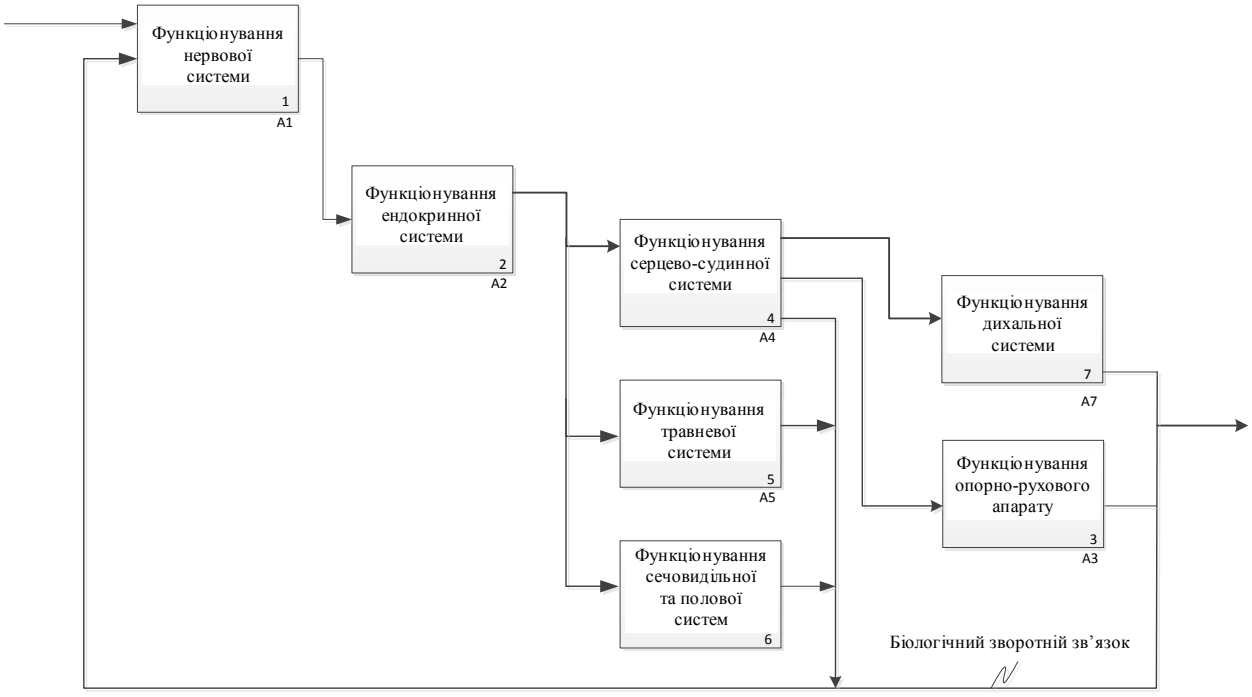


Рис. 1. Декомпозиція підсистем організму

Функціональний стан організму підтримується за рахунок взаємодії таких підсистем: серцево-судинної, дихальної, сечовидільної, опорно-рухомої. Нервова та ендокринна системи виконують функції управління (регуляції) для забезпечення стану гомеостазу.

Для оцінювання функціонального стану організму доцільним є критеріальне оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових підсистем організму з метою прогнозування виникнення негативної події. Для такого оцінювання на основі результатів вимірювання та вимірю-

вального контролю параметрів організму пропонується застосувати функцію Іордана [5]

$$f_\varepsilon(y)=\frac{\cos y}{\sqrt{1+\varepsilon_K \sin^2 y}}. \qquad (1)$$

Основна властивість цієї функції полягає в тому, що із зміною її параметра ε_K в діапазоні $-1<\varepsilon_K\le\infty$ при $-\pi/2\le y\le\pi/2$ форма функції змінюється від практично прямокутної до дельта-функції Дірака. Максимум функції Іордана дорівнює одиниці якщо $y=0$, якщо $y=\pm\pi/2$ функція Іордана дорівнює нулю. Виходячи з цього, для оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів підсистем організму на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів, пропонується використати функцію

$$f_K(y)=1-f_\varepsilon(y)=1-\frac{\cos y}{\sqrt{1+\varepsilon_K \sin^2 y}}. \qquad (2)$$

Як випливає з рис. 2, на якому наведено просторове зображення цієї функції, незалежно від ε_K, вона досягає максимального значення, яке дорівнює одиниці, якщо $y=\pm\pi/2$, а її мінімальне значення дорівнює нулю якщо $y=0$. Тобто, можна прийняти, що номінальному значенню контрольованого параметра $p_{K\,i\,\mathrm{NOM}}$ відповідає нульове значення змінної y функції (2).

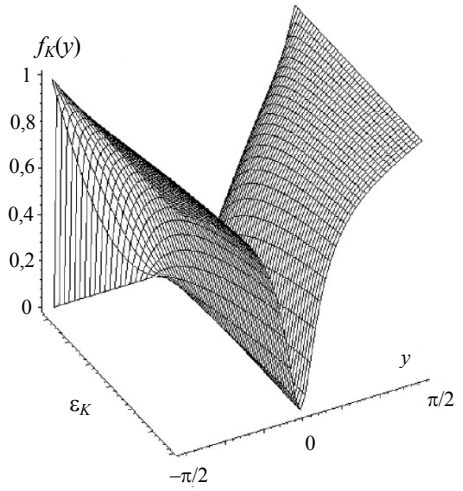


Рис. 2. Просторове зображення функції оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових елементів підсистем організму

Позначимо через Δ_{Ki} допустиме відхилення контрольованого параметра від номінального значення. Тоді значенню змінної $y=\pi/2$ функції (2) буде відповідати верхня границя допуску контрольованого параметра, яка визначається виразом

$$p_{Ki\,\mathrm{MAX}}=p_{Ki\,\mathrm{NOM}}+\Delta_{Ki}. \qquad (3)$$

Значенню змінної $y=-\pi/2$ функції (2) буде відповідати нижня границя допуску контрольованого параметра, яка визначається виразом

$$p_{Ki\,\mathrm{MIN}}=p_{Ki\,\mathrm{NOM}}-\Delta_{Ki}. \qquad (4)$$

Змінна ε_K функції (2) визначається на основі результатів експерименту та експертного оцінювання взаємозв'язку між результатами вимірювання параметрів організму та ймовірністю небезпеки подальшого їх виходу за межі допуску. Таким чином, змінну y функції (2), у загальному випадку можна подати як функцію

$$y=f\left(p_{Ki},\ \Delta_{Ki},\ p_{Ki\,\mathrm{NOM}}\right), \qquad (5)$$

де p_{Ki} — результат вимірювання i-го контрольованого параметра організму.

Як випливає з виразів (3) та (4), зміна результату вимірювання параметрів організму на величину Δ_{Ki} відповідає зміні значення y на $\pi/2$, тобто коефіцієнт пропорційності між цими величинами визначається виразом

$$k_y=\frac{2\Delta_{Ki}}{\pi}. \qquad (6)$$

Виходячи з цього, справедливе співвідношення

$$k_y y=p_{Ki}-p_{Ki\,\mathrm{NOM}}. \qquad (7)$$

Підставивши вираз (6) у (7) та провівши нескладні перетворення, отримуємо аналітичний вираз для функції (5)

$$y\left(p_{Ki},\ \Delta_{Ki},\ p_{Ki\,\mathrm{NOM}}\right)=\frac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\,\mathrm{NOM}}\right)}{2\Delta_{Ki}}. \qquad (8)$$

При проведенні вимірювального контролю, як правило, виконуються умови $\Delta_{Ki}=\mathrm{const}$ та $p_{Ki\,\mathrm{NOM}}=\mathrm{const}$.

Якщо границі допуску симетричні відносно номінального значення *i*-го контрольованого параметра організму (наприклад, при вимірювальному контролі серцево-судинної системи за рахунок артеріального тиску), то залежність кількісного показника небезпеки відхилення цього параметра від норми, від результату його вимірювання, якщо контрольований параметр знаходиться в межах допуску, отримуємо, підставивши вираз (8) до виразу (2)

$$f_{Ki}\left(p_{Ki}\right)=1-\frac{\cos\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2\Delta_{Ki}}\right)}{\sqrt{1+\varepsilon_K\sin^2\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2\Delta_{Ki}}\right)}}, \qquad (9)$$

$$p_{Ki}\in\left[p_{Ki\ \mathrm{MIN}};p_{Ki\ \mathrm{MAX}}\right].$$

Якщо *i*-й контрольований параметр підсистеми організму знаходиться поза межами допуску, тобто, якщо виконується співвідношення

$$p_{Ki}\in\left(-\infty;p_{Ki\ \mathrm{MIN}}\right)\cup\left(p_{Ki\ \mathrm{MAX}};+\infty\right), \qquad (10)$$

пропонується вважати, що кількісне оцінювання небезпеки відхилення цього параметра від норми — одиниці.

Таким чином, для симетричного відносно номінального значення інтервалу границь допуску *i*-го контрольованого параметра підсистеми організму, залежність кількісного показника небезпеки відхилення цього параметра від норми, від результату його вимірювання, визначається виразом

$$f_{Ki}\left(p_{Ki}\right)=\begin{cases}1,\ p_{Ki}\in\left(-\infty;p_{Ki\ \mathrm{MIN}}\right)\cup\left(p_{Ki\ \mathrm{MAX}};+\infty\right);\\ 1-\dfrac{\cos\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2\Delta_{Ki}}\right)}{\sqrt{1+\varepsilon_K\sin^2\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2\Delta_{Ki}}\right)}},\ p_{Ki}\in\left[p_{Ki\ \mathrm{MIN}};p_{Ki\ \mathrm{MAX}}\right].\end{cases} \qquad (11)$$

Типові графіки цієї функції за різних значень ε_K наведено на рис. 3.

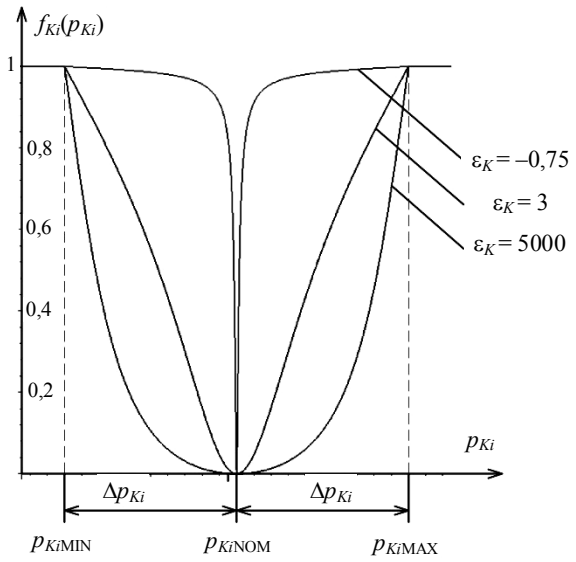


Рис. 3. Типова залежність кількісного показника оцінювання небезпеки відхилення параметра організму від норми від результату його вимірювання при симетричному інтервалі границь допуску та різних значень ε_K

У випадку асиметричного, відносно номінального значення контрольованого параметра інтервалу допуску (наприклад, під час вимірювального контролю часу роботи з твариною), верхня границя *i*-го контрольованого параметра визначається за виразом (13), а нижня границя контрольованого параметра визначається за виразом

$$p_{Ki\ \mathrm{MIN}}=p_{Ki\ \mathrm{NOM}}-k_a\Delta_{Ki}, \qquad (12)$$

де k_a — коефіцієнт асиметрії.

Як і у попередньому випадку, якщо *i*-й контрольований параметр однієї з підсистем організ-

му знаходиться поза межами допуску, оцінювання небезпеки його відхилення від норми дорівнює одиниці.

Якщо результат вимірювання дорівнює номінальному значенню *i*-го контрольованого параметра підсистеми організму, оцінювання небезпеки його відхилення від норми дорівнює нулю.

Таким чином, залежність показника оцінювання небезпеки відхилення *i*-го параметра від норми, від результату його вимірювання, при асиметричному інтервалі границь допуску визначається виразом

$$f_{K\,i}\left(p_{Ki}\right)=\begin{cases}0,\ p_{Ki}=p_{Ki\ \mathrm{NOM}};\\ 1,\ p_{Ki}\in\left(-\infty;p_{Ki\ \mathrm{MIN}}\right)\cup\left(p_{Ki\ \mathrm{MAX}};+\infty\right);\\ 1-\dfrac{\cos\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2k_a\Delta_{Ki}}\right)}{\sqrt{1+\varepsilon_K\sin^2\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2k_a\Delta_{Ki}}\right)}},\ p_{Ki}\in\left[p_{Ki\ MIN};p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right);\\ 1-\dfrac{\cos\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2\Delta_{Ki}}\right)}{\sqrt{1+\varepsilon_K\sin^2\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki}-p_{Ki\ \mathrm{NOM}}\right)}{2\Delta_{Ki}}\right)}},\ p_{Ki}\in\left(p_{Ki\ \mathrm{NOM}};p_{K\,i\ \mathrm{MAX}}\right].\end{cases}\tag{13}$$

Типовий графік залежності оцінювання небезпеки відхилення параметра організму від норми від результату його вимірювання при асиметричних границях допуску наведений на рис. 4.

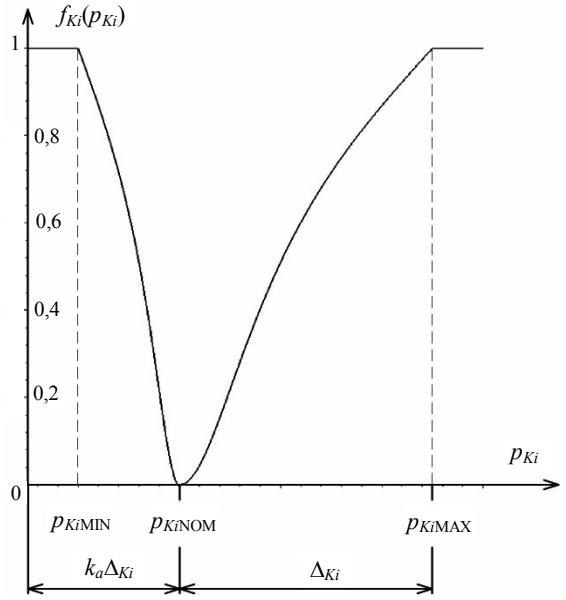


Рис. 4. Типова залежність оцінювання небезпеки відхилення параметра підсистеми організму від норми від результату його вимірювання при асиметричних границях допуску

При вимірювальному контролі параметрів організму іноді існує тільки одна границя допуску. У цьому випадку, можливі два варіанти — існує тільки верхня границя контрольованого параметра, або існує тільки нижня границя контрольованого параметра. У першому випадку параметр підсистеми організму відповідає нормі, якщо він не перевищує граничне значення $p_{Ki\ \mathrm{MAX}}$, відповідно, справедливим є співвідношення

$$\Delta_{Ki}=p_{Ki\ \mathrm{MAX}}-p_{Ki\ \mathrm{MIN}\ M},\tag{14}$$

де $p_{Ki\ \mathrm{MIN}\ M}$ — мінімальне можливе значення контрольованого параметра, яке у даному випадку еквівалентне параметру $p_{Ki\ \mathrm{NOM}}$ у виразі (8).

Виходячи з цього, підставивши вираз (14) до виразу (8), та врахувавши, що $\Delta_{Ki} = \text{const}$ та $p_{Ki\ \text{MIN}\ M} = \text{const}$, отримуємо вираз для змінної y функції (2)

$$y(p_{Ki}) = \frac{\pi\left(p_{Ki} - p_{Ki\ \text{MIN}\ M}\right)}{2\left(p_{Ki\ \text{MAX}} - p_{Ki\ \text{MIN}\ M}\right)}. \qquad (15)$$

Якщо значення i-го контрольованого параметра підсистеми організму знаходиться вище границі допуску, то оцінювання небезпеки відхилення його від норми дорівнює одиниці, а якщо його значення менше, ніж мінімальне значення контрольованого параметра, оцінювання небезпеки відхилення дорівнює нулю.

Підставивши вираз (15) до виразу (2) отримуємо у загальному вигляді вираз для оцінювання небезпеки відхилення i-го параметра організму від норми від результату його вимірювання, за наявності тільки верхньої границі допуску

$$f_{Ki}(p_{Ki}) = \begin{cases} 0, \ p_{Ki} < p_{Ki\ \text{MIN}\ M}; \\ 1, \ p_{Ki} > p_{Ki\ \text{MAX}}; \\ 1 - \dfrac{\cos\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki} - p_{Ki\ \text{MIN}\ M}\right)}{2\left(p_{Ki\ \text{MAX}} - p_{Ki\ \text{MIN}\ M}\right)}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki} - p_{Ki\ \text{MIN}\ M}\right)}{2\left(p_{Ki\ \text{MAX}} - p_{Ki\ \text{MIN}\ M}\right)}\right)}}, p_{Ki} \in \left[p_{Ki\ \text{MIN}\ M}; p_{Ki\ \text{MAX}}\right]. \end{cases} \qquad (16)$$

У другому випадку, параметр організму відповідає нормі, якщо він не менше, ніж граничне значення $p_{Ki\ MIN}$, відповідно, справедливим є вираз

$$\Delta_{Ki} = p_{Ki\ \text{MAX}\ M} - p_{Ki\ \text{MIN}}, \qquad (17)$$

де $p_{Ki\ \text{MAX}\ M}$ — максимальне можливе значення контрольованого параметра, яке у даному випадку еквівалентне параметру $p_{Ki\ \text{NOM}}$ у виразі (8).

Виходячи з цього, підставивши вираз (15) до виразу (8), та врахувавши, що $\Delta_{Ki} = \text{const}$ та $p_{Ki\ \text{MAX}\ M} = \text{const}$, отримуємо вираз для змінної y функції (2)

$$y(p_{Ki}) = \frac{\pi\left(p_{Ki} - p_{Ki\ \text{MAX}\ M}\right)}{2\left(p_{Ki\ \text{MAX}\ M} - p_{Ki\ \text{MIN}}\right)}. \qquad (18)$$

Якщо, значення i-го контрольованого параметра організму знаходиться нижче границі допуску, то оцінювання небезпеки його відхилення від норми дорівнює одиниці, а якщо його значення більше, ніж максимальне можливе значення контрольованого параметра, оцінювання небезпеки відхилення дорівнює нулю. Врахувавши це, та підставивши вираз (18) до виразу (2), отримуємо вираз для залежності показника небезпеки відхилення i-го параметра організму від норми від результату його вимірювання, при наявності тільки нижньої границі допуску

$$f_{Ki}(p_{Ki}) = \begin{cases} 1, \ p_{Ki} < p_{Ki\ \text{MIN}}; \\ 0, \ p_{Ki} > p_{Ki\ \text{MAX}\ M}; \\ 1 - \dfrac{\cos\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki} - p_{Ki\ \text{MAX}\ M}\right)}{2\left(p_{Ki\ \text{MAX}\ M} - p_{Ki\ \text{MIN}}\right)}\right)}{\sqrt{1 + \varepsilon_K \sin^2\left(\dfrac{\pi\left(p_{Ki} - p_{Ki\ \text{MAX}\ M}\right)}{2\left(p_{Ki\ \text{MAX}\ M} - p_{Ki\ \text{MIN}}\right)}\right)}}, p_{Ki} \in \left[p_{Ki\ \text{MIN}}; p_{Ki\ \text{MAX}\ M}\right]. \end{cases} \qquad (19)$$

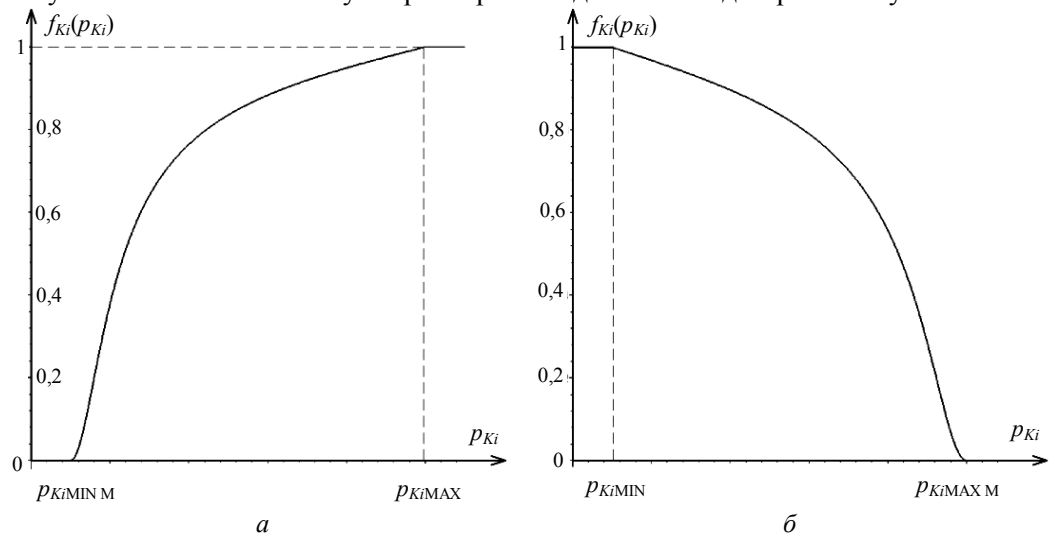
Типові залежності кількісного показника небезпеки відхилення параметра підсистеми організму від норми від результату його вимірювання за наявності тільки однієї границі допуску наведено на рис. 5 [5].

Критерій небезпеки відхилення функціонального стану організму від норми на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю його параметрів пропонується у загальному вигляді визначати за виразом

$$K_{PN} = a_1 f_{K1}\left(p_{K\ 1}\right) + a_2 f_{K2}\left(p_{K\ 2}\right) + \ldots + a_i f_{Ki}\left(p_{Ki}\right) + \ldots + \\ + a_{N_K} f_{KN_K}\left(p_{K\ N_K}\right) = \sum_{i=1}^{N_K} a_i f_{Ki}\left(p_{Ki}\right), \qquad (20)$$

де $a_1, a_2 \ldots a_i \ldots a_{N_K}$ — вагові коефіцієнти, значення яких визначається на основі результатів експе-

риментальних досліджень та експертної оцінки взаємозв'язку та взаємного впливу параметрів організму при виникненні небезпеки подальшого відхилення від норми стану елементів організму.



а *б*

Рис. 5. Типові залежності кількісного показника небезпеки відхилення параметра організму від норми від результату його вимірювання за наявності однієї границі допуску: *а* — за наявності тільки верхньої границі допуску; *б* — за наявності тільки нижньої границі допуску

Вагові коефіцієнти у виразі (20) повинні задовольняти умові

$$\sum_{i=1}^{N_K} a_i = 1 \cdot \qquad (21)$$

Чисельне значення запропонованого критерію може змінюватися від нуля до одиниці, чим більше його значення наближається до одиниці, тим більша ймовірність виникнення відхилення стану складових елементів підсистем організму від норми. Тип відхилення визначається контрольованим параметром першого рівня.

Висновки

В роботі запропоновано використання критерію небезпеки відхилення функціональних параметрів окремих підсистем організму від нормованих показників для визначення його поточного стану. Для оцінювання функціонального стану організму запропоноване саме критеріальне оцінювання небезпеки відхилення від норми з метою прогнозування виникнення негативної події. Для такого оцінювання на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю параметрів організму пропонується застосувати функцію Іордана дозволяє визначити типову залежність кількісного показника оцінювання небезпеки відхилення параметра організму від норми від результату його вимірювання при симетричному та асиметричному інтервалі границь допуску та різних значеннях. Запропонований підхід надає змогу формалізувати оцінювання функціонального стану підсистем організму як єдиної складової та може бути використаний при аналізі роботи організму для завдань медицини та контролю параметрів біологічного об'єкта з метою комплексного оцінювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Ivanets O. B.,** Kosheva L. O. Approach to the Evaluation of the Functional State of the Human Body Taking into Account the Variability of Medical and Biological Indicators. Proceeding of CAOL*2019 International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers with UM*2019 XVI Scientific Workshop "Measurement Uncertainty: Scientific, Normative, Applied and Methodical Aspects" (September 6–8, 2019, Sozopol, Bulgaria).

2. **Ivanets O.,** Kuzovyk V., Bulyhina O. Onykiienko Y., Kolesnic P., Wojcik W., Nuradilova D. Complex assessment of the fight crew's psychophysiological state. *Information technologyin Medical Diagnostics II*. 2019. p.77-85. DOI: 10.1201/9780429057618. ISBN9780367177690.

3. **OECD 2017**, OECD Health Ministers. The next generation of healthreforms: ministerial statement. URL: www.oecd.org/health/ministerial/ministerial-statement-2017.pdf, ttp://www.oecd.org/health/healthsystems/health-data-governance.htm (access date 24.09.2019)

4. **PendrillL R.** Assuring measurement quality in person-centred healthcare Article in Measurement Scienceand Technology.November 2017. DOI: 10.1088/1361-6501/aa9cd2

5. **Кулаков П. І.** Елементи теорії вимірювального контролю параметрів біотехнічної системи. Вінниця : ВНТУ, 2015. 220 с. ISBN 978-966-641-641-7.

Іванець О. Б., Кулаков П. І., Шкіндер Г. П., Кулакова А. П.

ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОРГАНІЗМУ НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ НЕБЕЗПЕКИ ВІДХИЛЕННЯ

У статті запропоновано підхід до оцінювання функціонального стану організму за рахунок оцінювання його складових. В якості інтегрального показника пропонується використання кількісного показника небезпеки відхилення параметрів кожної підсистеми організму від нормованих значень. Для оцінювання функціонального стану організму запропоноване використання критеріального оцінювання небезпеки відхилення від норми стану складових підсистем організму з метою прогнозування виникнення негативної події. Для такого оцінювання на основі результатів вимірювання та вимірювального контролю параметрів організму пропонується застосувати функцію Іордана. Змінна функції визначається на основі результатів експерименту та експертного оцінювання взаємозв'язку між результатами вимірювання параметрів організму та імовірністю небезпеки подальшого їх виходу за межі допуску. Визначення границі допуску симетрично відносно номінального значення контрольованого параметра організму надає змогу прогнозувати залежність кількісного показника небезпеки відхилення цього параметра від норми, від результату його вимірювання при знаходженні контрольованого параметру в межах допуску. Запропонований підхід надає змогу формалізувати оцінювання функціонального стану підсистем організму як єдиної складової та може бути використаний при аналізі роботи організму для завдань медицини та контролю параметрів біологічного об'єкту з метою комплексного оцінювання. Використання зазначеного підходу надає змогу формалізувати процес оцінювання організму для підвищення достовірності прийняття рішення в задачах медичного спрямування.

Ключові слова: функціональний стан; підсистеми організму; критерій небезпеки; відхилення від норми; кількісне оцінювання.

Ivanets O. B., Kulakov P. I., Shkinder A. P., Kulakova A. P.

EVALUATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE ORGANISM ON THE BASIS OF THE DANGEROUS SAFETY CRITERIATITLE OF THE ARTICLE

The paper proposes an approach to the evaluation of the functional state of an organism by evaluating its components. As an integral indicator, it is proposed to use a quantitative indicator of the risk of deviation of the parameters of each subsystem of the organism from the normalized values. To evaluate the functional state of the organism, it is proposed to use a criterion assessment of the risk of deviation from the norm of the constituent subsystems of the organism in order to predict the occurrence of a negative event. It is suggested to use the Jordan function for such estimation based on the results of measurement and measurement control of organism parameters. The function variable is determined on the basis of the results of the experiment and the expert evaluation of the relationship between the results of the measurement of the organism's parameters and the likelihood of further going beyond tolerance. Determination of the tolerance limit symmetrically relative to the nominal value of the controlled parameter of the organism makes it possible to predict the dependence of the quantitative indicator of the danger of deviation of this parameter from the norm, from the result of its measurement when the controlled parameter is found within the tolerance. The proposed approach makes it possible to formalize the assessment of the functional status of subsystems of the organism as a single component and can be used in analyzing the work of the organism for the purposes of medicine and control of parameters of a biological object for the purpose of complex evaluation. Using this approach allows us to formalize the process of evaluating the body to improve the reliability of decision-making in the tasks of medical direction

Keywords: functional state; body subsystems; the criterion of danger; deviation from the norm; quantitative evaluation.

Иванец О. Б., Кулаков П. И., Шкиндер А. П., Кулакова А. П.

ОЦЕНИВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОТКЛОНЕНИЯ

В статье предложен подход к оценке функционального состояния организма за счет оценки его составляющих. В качестве интегрального показателя предлагается использование количественного показателя опасности отклонения параметров каждой подсистемы организма от нормированных значений. Для оценки функционального состояния организма предложено использование критериального оценивания опасности отклонения от нормы состояния составляющих подсистем организма с целью прогнозирования возникновения негативного события. Для такой оценки на основе результатов измерения и измерительного контроля параметров организма предлагается применить функцию Иордана. Переменная функции определяется на основе результатов эксперимента и экспертной оценки взаимосвязи между результатами измерения параметров организма и вероятностью опасности дальнейшего их выхода за пределы допуска. Определение границы допуска симметрично относительно номинального значения контролируемого параметра организма дает возможность прогнозировать зависимость количественного показателя опасности отклонения этого параметра от нормы, от результата его измерения при нахождении контролируемого параметра в пределах допуска. Предложенный подход дает возможность формализовать оценки функционального состояния подсистем организма как единой составляющей и может быть использован при анализе работы организма для задач медицины и контроля параметров биологического объекта с целью комплексной оценки. Использование указанного подхода дает возможность формализовать процесс оценки организма для повышения достоверности принятия решения в задачах медицинского направления.

Ключевые слова: функциональное состояние; критерий безопасности; отклонение от нормы; количественное оценивание.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2019 р.
Прийнято до друку 24.12.2019 р.

Іванець О. Б., Кулаков П. І., Шкіндер Г. П., Кулакова А. П., 2019