

А.М. Токар, н.с.

*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету*

ІНТЕГРОВАНІЙ ПОКАЗНИК ФУНКЦІОНАЛЬНИХ РОБОЧИХ СТАНІВ ОПЕРАТОРА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У статті запропоновано новий підхід до оцінки функціональних робочих станів оператора на основі скалярної згортки по нелінійній схемі компромісів, який відрізняється від існуючих тим, що дозволяє уникнути компенсації небезпечного наближення одного із частинних показників прийнятним значенням інших.

Постановка проблеми. Робота оператора інформаційних систем вимагає підвищених зорових, слухових, розумових зусиль, великого нервово-емоційного напруження, необхідності прийняття рішень у короткий термін. З часом робота аналізаторів (органів сприйняття) оператора погіршується, його сенсомоторні реакції знижуються – настає фаза втоми. При цьому ефективність роботи оператора знижується, що ставить під загрозу виконання поставлених завдань, підвищує ймовірність виникнення аварійних ситуацій. Для забезпечення подальшого виконання функціональних обов'язків необхідно або надати відпочинок оператору, або провести корекцію його функціонального стану. Для цього важливо правильно оцінювати та передбачати настання фази втоми.

Таким чином, актуально постає питання постійного контролю функціональних робочих станів (ФРС) оператора, що залежать від різних факторів: мотивації, змісту самої праці, рівня та інтенсивності навантаження, від індивідуальних особливостей оператора (сила нервової системи, тривога, психоемоційна напруженість тощо).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням оцінки функціональних станів людини, що виконує завдання в екстремальних умовах, приділяється досить багато уваги [1–5]. Методи, наведені в літературі, ґрунтуються на отриманні узагальненого показника за значенням декількох частинних показників, що характеризують стан оператора. Для розрахунку узагальненого показника використовується адитивна або мультиплікативна згортка нормованих частинних показників. Слід зазначити, що при такому підході не враховується можлива компенсація небезпечного наближення одного або декількох параметрів до свого критичного значення, за рахунок інших частинних показників. Крім того, в якості нормованих значень частинних показників виступає відношення вимірених значень показників до їх початкового значення. Такий підхід не враховує особливостей організму людини, а саме можливості зміни досліджуваного показника, наприклад, тиску в обидва боки, порівняно з початковим значенням.

Формулювання завдання дослідження. Виходячи з цього, метою даної роботи є розробка інтегрованого показника оцінки ФРС оператора інформаційних систем, який забезпечить врахування особливостей і умов функціонування оператора та адекватність оцінки стану оператора на всьому можливому діапазоні змін його психофізіологічних характеристик.

Викладення основного матеріалу дослідження. Із аналізу літератури відомо, що ФРС оператора залежить від ряду факторів [6]:

- *мотивації*, тобто того, заради чого і виконується конкретна діяльність. Чим більш значущі мотиви, тим вищий рівень ФРС;
- *змісту самої праці* – важливий регулятор ФРС, оскільки вже в самому завданні закладено певні вимоги до специфіки й рівня ФРС;
- *вихідного рівня активації центральної нервової системи (ЦНС)*;
- *індивідуальних особливостей оператора*, зокрема таких його властивостей, як сила – слабкість нервової системи; екстраверсія–інтраверсія, тривожність тощо. Так у індивідів з сильною нервовою системою в умовах монотонії праці швидше падає рівень активації ЦНС, ніж у осіб зі слабкою нервовою системою.

Ці фактори мають суб'єктивний характер, можуть відрізнятися для кожного окремого оператора та змінюватися у одного й того ж оператора з часом і взагалі важко підлягають вимірюванню або фіксації. В той же час встановлено, що зниження ФРС оператора супроводжується синхронізацією вегетативних ритмічних процесів [7–10]. Таким чином, для оцінки ФРС оператора інформаційних систем пропонується визначати інтегрований показник оцінки ФРС, складовими якого є частинні показники, за які пропонується використовувати доступні для реєстрації в операторській діяльності прості фізіологічні параметри, що характеризують стан основних забезпечуючих систем, тісно пов'язаних і тонко реагуючих на незначні зміни в системі вегетативної регуляції [2]:

- ✓ тривалість фази вдиху;

- ✓ систолічний артеріальний тиск;
- ✓ опір шкіри;
- ✓ температура тіла;
- ✓ пульс.

Неоднозначність реакцій приведених показників, їх варіативність, різні одиниці виміру їх кількісних характеристик вимагають застосування адекватного математичного апарату для визначення інтегрованого показника ФРС оператора інформаційних систем. Аналіз літератури [1–5, 11] показав, що найбільш поширеним є застосування адитивних та мультиплікативних згорток частинних показників, але при цьому існує ряд недоліків, що обмежують їх застосування. Тому для отримання інтегрованого показника ФРС оператора інформаційних систем пропонується використовувати скалярну згортку по нелінійній схемі компромісів [12, 13]:

$$X = \sum_{k=1}^n a_k [1 - y_{0k}]^{-1}, \tag{1}$$

де a_k – ваговий коефіцієнт k -го частинного показника; y_{0k} – значення нормованого k -го частинного показника. Нормалізація здійснюється для приведення показників до безрозмірної величини та до одного способу екстремізації, оскільки вони мають різну розмірність, крім того, одна частина їх може потребувати максимізації, а інша мінімізації. Після нормалізації показники можна аналізувати та співставляти. При нормалізації вводиться монотонне перетворення. Замість дійсної величини k -го частинного показника y_k розглядається безрозмірна:

$$y_{0k} = \begin{cases} \frac{y_k^{id} - y_k}{y_k^{id} - y_{k \min}^{id}} & \text{при } y_k < y_k^{id} \\ \frac{y_k - y_k^{id}}{y_{k \max}^{id} - y_k^{id}} & \text{при } y_k > y_k^{id} \end{cases} \tag{2}$$

де y_k^{id} – ідеальне значення k -го частинного показника, $y_{k \min}^{id}$, $y_{k \max}^{id}$ – мінімально та максимально можливі значення k -го частинного показника.

Нормувавши частинні показники за виразом (2) та використавши вираз (1), можна отримати кількісну оцінку ФРС оператора. Щоб визначити початок фази втоми, тобто момент корекції ФРС, необхідно отримати якісну оцінку стану оператора.

Для цього розглянемо класифікацію ФРС оператора. В літературі виділяється шість функціональних робочих станів [10]:

- ✓ спокій;
- ✓ нормальний стан;
- ✓ оптимальна робота;
- ✓ зосереджена робота;
- ✓ робота з максимальною мобілізацією сил (передстрес);
- ✓ стрес.

Виходячи з наведених станів та використовуючи обернену нормовану фундаментальну шкалу [12], отримаємо шкалу, за допомогою якої здійснюється перехід від кількісної оцінки до лінгвістичної змінної, що дозволить якісно оцінити стан оператора (табл. 1)

Для використання наведеної шкали необхідно пронормувати вираз скалярної згортки (1) за формулою [13]:

$$X_0 = 1 - \frac{1}{X}. \tag{3}$$

Таблиця 1

Шкала оцінки оператора

ФРС оператора	Обернено нормована фундаментальна шкала
Стрес	0,7–1,0
Робота з максимальною мобілізацією сил (передстрес)	0,5–0,7
Зосереджена робота	0,4–0,5
Оптимальна робота	0,2–0,4
Нормальний стан	0,1–0,2
Спокій	0,0–0,1

Таким чином, використовуючи вирази (1), (2), (3) та таблицю 1, отримаємо якісну оцінку ФРС оператора інформаційних систем. Корекцію ФРС пропонується проводити при роботі оператора з максимальною мобілізацією сил (передстрес), кількісна оцінка при цьому складатиме 0,5–0,7.

Для перевірки адекватності запропонованого математичного апарату, було проведено моделювання. Для порівняння із згорткою по нелінійній схемі компромісів тестувалися адитивна та мультиплікативна згортки вирази (4) та (5) відповідно, при цьому нормалізація частинних показників для всіх згорток здійснювалася з використанням виразу (2).

$$X = \sum_{k=1}^n \frac{[y_{0k}]}{n}, \quad (4)$$

$$X = \prod_{k=1}^n \frac{[y_{0k}]}{n}, \quad (5)$$

Вихідні дані, що були використані при моделюванні, наведено в таблиці 2. Значення всіх показників фіксувалося, а значення пульсу змінювалося від мінімально поганого до максимально поганого.

Таблиця 2

Вихідні дані

Показник	мін значення показника	мах значення показника	Оптимальне значення показника	Виміряне значення показника
Величина тиску систоли (мм рт. ст.)	70	250	120	100
Опір шкіри (Ом)	100	2000	1000	998
Тривалість фази вдиху (с)	0,5	4	2	2,1
Температура тіла (°C)	35	40	36,6	36,7
Пульс (уд./хв.)	40	200	65	40–200

Результати моделювання приведені на рисунку 1. З графіків видно, що адитивна згортка не чутлива до небезпечного наближення одного із показників до свого мінімального або максимального значення, за рахунок компенсації прийнятним значенням інших показників. При використанні мультиплікативної згортки отримуємо оцінку “максимальна мобілізація сил”, хоча насправді оператор працює в оптимальному режимі. Найбільш точно результати оцінки співпадають з очікуваними результатами при використанні згортки по нелінійній схемі компромісів.

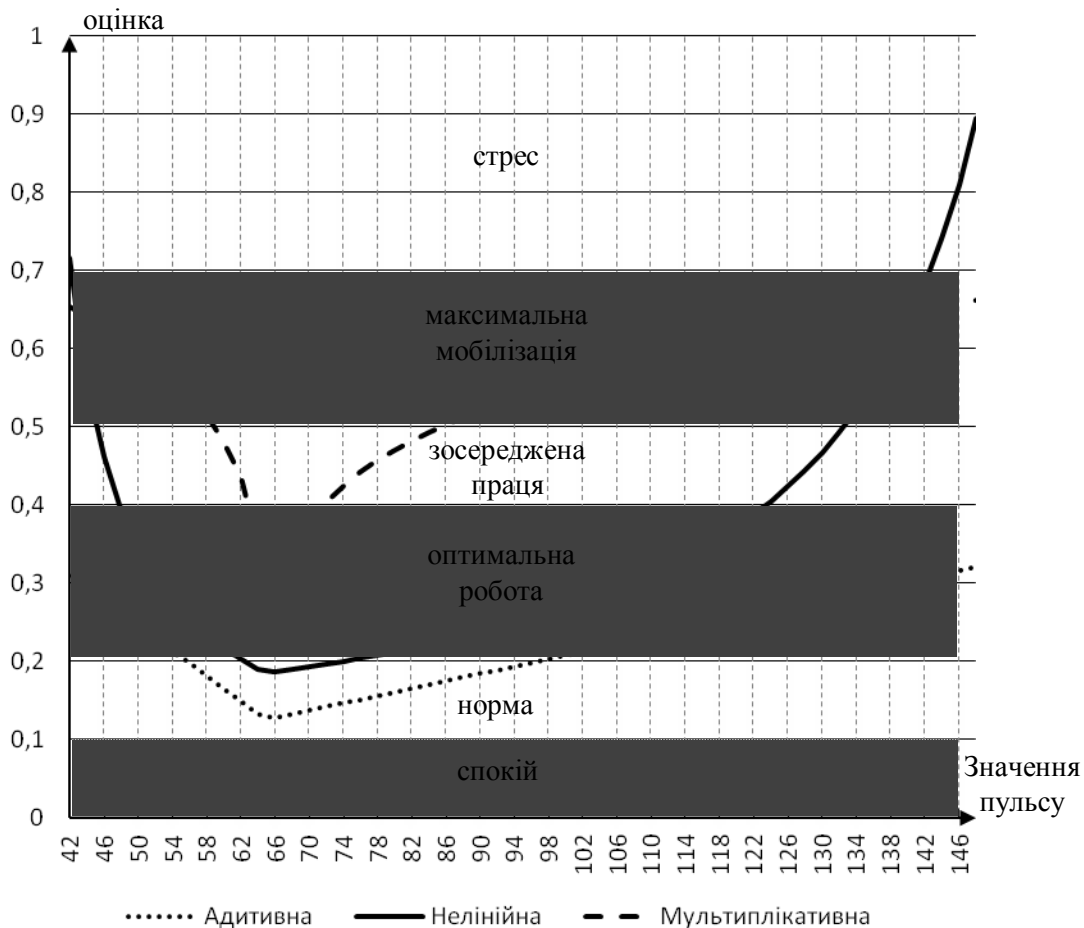


Рис. 1. Результати моделювання

Висновок. Таким чином, запропонований узагальнений показник оцінки ФРС оператора інформаційних систем на основі скалярної згортки по нелінійній схемі компромісів, враховує особливості та умови функціонування оператора й дає змогу уникнути неоднозначності реакцій організму, варіативності психофізіологічних характеристик кожного оператора.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Маслова М.Г.* Удосконалений показник функціонального стану військовослужбовця для оцінки його придатності до служби в професійній армії / *М.Г. Маслова, О.А. Поляков, Т.Ф. Дручило* // зб. наук. праць ННДЦ ОТ і ВБУ. – 2003. – Вип. 20. – С. 117–120.
2. *Горго Ю.П.* Коефіцієнт оцінок якості роботи операторів у комплексах “людина–машина” / *Ю.П. Горго, Ю.А. Попадюха, А.М. Токар* // Тези доповідей міжвузівської науково-практичної конференції “Проблеми створення, розвитку та застосування інформаційних систем спеціального призначення”. – 2009.
3. *Сайковская Л.Ф.* Оценка функционального состояния операторов зрительного профиля с использованием интегрального показателя / *Л.Ф. Сайковская, О.Н. Шелест* // Матеріали X Міжнародної конференції з біоніки та прикладної біофізики. – К. : НТУУ “КПІ”, 2008.
4. *Солодков А.С.* Работоспособность спортсменов: ее критерии и способы коррекции. / *А.С. Солодков, В.А. Бухарин, Д.С. Мельников* // Ученые записки. – 2007. – № 3 (25).
5. *Воронова В.М.* Определение категории тяжести труда : метод. указания к диплом. проектированию / *В.М. Воронова, А.Э. Егель.* – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 18 с.
6. *Попадюха Ю.А.* Інформаційна технологія управління діяльністю біологічних об’єктів у складі багатофункціональної біотехнічної системи моніторингу підводних робіт / *Ю.А. Попадюха* // Тези доповідей міжвузівської науково-практичної конференції “Проблеми створення, розвитку та застосування інформаційних систем спеціального призначення”. – 2009.

7. *Ермаков П.Н.* Психомоторная активность и функциональная асимметрия мозга / *П.Н. Ермаков.* – Ростов-на-Дону : Изд. Ростов. ун-та, 1988. – 128 с.
8. *Иваницкий А.М.* Информационные процессы мозга и психическая деятельность / *А.М. Иваницкий, В.Б. Стрелец, И.А. Корсаков.* – М. : Наука, 1984. – 200 с.
9. *Чайченко Г.М.* Фізіологія вищої нервової діяльності / *Г.М. Чайченко.* – К. : Либідь, 1993. – С. 139–210.
10. *Горго Ю.П.* Психофізіологія (прикладні аспекти) / *Ю.П. Горго.* – К. : Вид. МАУП, 1999. – 123 с.
11. *Брахман Т.Р.* Многокритериальность и выбор альтернативы в технике / *Т.Р. Брахман.* – М. : Радио и связь, 1984. – 288 с.
12. *Воронин А.Н.* Системный анализ и многокритериальная оценка космических проектов экспертными методами / *А.Н. Воронин* // Проблемы управления и автоматизи. – 2004. – № 1.
13. *Воронин А.Н.* Векторная оптимизация динамических систем / *А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.И. Козлов, В.С. Чабанюк* ; под ред. *А.Н. Воронина.* – К. : Техніка, 1999. – 284 с.

ТОКАР Андрій Миколайович – науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту ім. С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

- біоніка;
- моделювання радіотехнічних засобів.

Подано 10.12.2010