

УДК 681.5.017:159.91(043.3)

Т.Є. Ударцева

*Національний авіаційний університет, Київ*

### **КОНТРОЛЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕРГОГРАФІЧНОГО МЕТОДУ**

*Розглянуто метод аналізу показників комплексного ергографічного дослідження, який дає змогу діагностувати стан кумулятивної втоми, при якому суб'єктивне відчуття втоми відсутнє, а також проводити діагностику функціональних станів на рівні гомеостатичних механізмів. Метод не спирається на попередній досвід суб'єкту, являється об'єктивним, доступним, практичним, не потребує значних матеріальних витрат, дає можливість проведення колективного дослідження з обмеженою кількістю персоналу.*

**Ключові слова:** оператор, ергографія, метод, працездатність.

#### **Вступ**

Ефективне збереження стану високої працездатності людини в умовах постійного впливу стресо-

рів фізико-хімічної та соціально-біологічної природи можливе лише за рахунок динамічного контролю за функціональними резервами, що забезпечують

компенсацію порушень функцій та систем організму. Підвищення безпеки польотів пов'язане із завданнями своєчасного виявлення та прогнозування станів зниженої працездатності льотчиків, помилки у роботі яких можуть призвести до нещасних випадків або до значних матеріальних збитків. Відсутність ефективного моніторингу призводить до того, що пошук причин помилкових дій проводиться вже після їх реалізації.

**Аналіз невирішених питань.** Думки експертів сходяться у відношенні до важливості людського фактору (ЛФ) як основної причини авіаційних подій [1 – 3], але до цього часу не було досягнуто значного прогресу у прийнятті уніфікованого підходу до дослідження ролі ЛФ. Такі складні психофізіологічні стани (ПФС), як утом, стрес, домінантний стан психіки, наслідком яких може бути втрата працездатності під час роботи у складних умовах, часто бувають змінними, що складно визначити. Навіть коли вони виявлені, їх складно виміряти та задокументувати. Між тим, наявність зв'язку між будь-яким виявленим відхиленням від норми та справжньою причиною авіаційних подій завжди залишається на рівні припущення.

Проблемою психофізіологічних можливостей людини авіаційні лікарі займаються у межах лікувально-льотної експертизи, практикуються клінічний (медичний) та психологічний (тестовий) методи відбору. Придатність до виконання роботи визначається як в момент найму, так і періодично під час роботи. Один раз на півроку льотчики проходять медичний огляд, ще через півроку – сертифікацію. Треба зазначити, що незважаючи на наявність тісного зв'язку між медичними, психологічними та ПФП, на практиці кожна з перерахованих груп досліджуються окремо. Психофізіологічні методи використовуються лише як частина професійно-психологічного відбору (ППВ).

З кінця 60-х років ППВ являється обов'язковим компонентом відбору льотної складу в усіх країнах світу, що мають розвинуту авіацію [4, 5]. В інституті авіаційної медицини Німеччини виявлено: відрахування кожного кандидата з низькими результатами ППВ приносить економію у 150 тисяч доларів. Підрахунки Г. Армстронга показали: своєчасний ППВ економить біля 1 млн. доларів на кожні 100 осіб.

Найбільш часто використовуються психотехнічні тести, більшість яких створені у 40 – 60-х роках та мало змінилися за цей час [6]. Їх прогностична цінність достатньо стабільна, хоч і невелика. Найбільш неоднозначні дані про ефективність особистісних тестів, метою яких є передбачення поведінки в стресових умовах. В країнах СНД ППВ використовується при зарахуванні абітурієнтів у льотні навчальні заклади (ЛНЗ) цивільної авіації, військово-повітряних сил (ВПС), військово-морського флоту (ВМФ). Основний акцент при цьому робиться на комплексне психофізіологічне обстеження абітурієнтів різними бланковими та апаратними методиками [7 – 9]. Отримані дані зводяться в інтегральну оцінку при відборі абітурієнтів у ЛНЗ ВПС та ВМФ або в прогностичний бал при відборі до ЛНЗ цивільної авіації.

Треба також відмітити, що методики, які використовуються, являються в основному тестами досягнення, відхилення у ПФС ними не виявляються. Крім того, обстежувані часто прагнуть приховати істинну картину свого здоров'я, тому слід віддати перевагу інструментальним методам контролю над тестовими.

Надія на позитивне розв'язання цієї проблеми базується на факті усвідомлення того, що профілактика завжди обходиться дешевше, ніж ліквідація наслідків. Дослідницькі та організаційні роботи по визначенню функціонального стану людини проводяться у багатьох організаціях та ВНЗ [10, 11].

**Постановка завдання.** Необхідною умовою для використання методу являється отримання результатів у кількісній формі, що робить можливим застосування математичного аналізу для обробки результатів досліджень.

## Основна частина

**Метод визначення функціонального стану людини.** Пропонується застосування ергографії із використанням двох різних навантажень, яку запропонував А.О. Кірін. Ергографія – це реєстрація показників дозованої фізичної роботи, що виконується до повної втоми за рахунок рухів обмеженої кількості м'язових груп. Дослідження показали, що при роботі на ергографі працездатність окремого індивідуума залежить від стану соматичного здоров'я, стану психіки, часу доби, тренування, прийому спиртного та фармакологічних засобів, біоритмів, впливу умовних подразників [12]. Ергографічна крива відображає індивідуальні особливості основних властивостей нервової системи, процес дії комплексного пропріоцептивного подразника у певному нав'язаному ритмі можна розглядати як експериментальне моделювання фізіологічних функцій. Для реєстрації та аналізу ергограм розроблено та реалізовано дослідницький модуль, який включає ПЕОМ з багатофункціональною платою розширення ICP DAS-PCI 1002 L, пальцевий ергограф, блок задавання ритму, блок перетворення сигналів та принтер [13].

Розроблено програмний комплекс, що включає загальне (ЗПЗ) та спеціальне програмне забезпечення (СПЗ). ЗПЗ являє собою програму опитування каналів плати розширення та обміну даними між платою та робочим середовищем програми. СПЗ включає програми первинної обробки даних та графічного представлення результатів вимірювання. Програма опитування каналів аналогового входу плати написана мовою C++, а СПЗ створене у середовищі програмного пакету "Mat Lab" версії 6.5.

У дослідженні використовуються вантажі 3 кг та 2 кг. Робота виконується за рахунок згинання другого пальця правої руки. Обстежуваному дається завдання синхронно зі спалахуванням лампочки блоку задавання ритму піднімати вантаж з частотою 60 підйомів за одну хвилину. Дослід починається з використання вантажу 3 кг; вантажі замінують кожні 20 секунд без зупинки. Дослід прово-

диться до повної втоми обстежуваного. Під час експерименту реєструється ергограма, на графіку відображається миттєве значення амплітуди переміщення вантажу та дискретний сигнал, що описує включення та відключення лампи таймера блока задавання ритму (рис. 1).

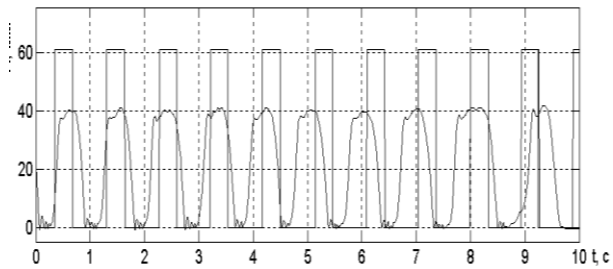


Рис. 1. Ергограма

За даними однократного прийому роботи будується графік – ергографічна крива. По горизонтальній осі відкладається час у секундах, по вертикальній – максимальна амплітуда у підйомі (далі – амплітуда) у міліметрах.

Проводиться обробка ергографічної кривої методом найменших квадратів. Рівняння апроксимації  $y = a_1t + a_0$  для вантажу 3 кг та  $y = b_1t + b_0$  для вантажу 2 кг позначаються на графіку.

Розроблено шкалу функціонального стану (працездатності), яка включає шість рівнів: рівень 1

(підвищена працездатність) та рівень 2 (середня працездатність) означені як рівні високої працездатності. Рівні 3 (гостра втома), 4 (кумулятивна втома), 5 (хронічна втома) та 6 (виснаження) – це рівні низької працездатності. Критерії діагностики рівнів працездатності базуються на концепції основних властивостей нервової системи (І.П. Павлов, Б.М. Теплов, В.С. Мерлін, Б.Г. Ананьєв та інші) та законі сили дії подразника (І.М. Сеченов, Н.С. Введенський та інші). Критерієм віднесення до певного рівня є належність координати точки перетинання ліній лінійного тренда по горизонтальній осі (x) до певного інтервалу.

Критерій 1:  $-\infty < x < -kT \cup (1+k)T < x < +\infty$ , за умов, що  $|a_0 - b_0| + |a_1 - b_1|T \leq 4$ , де k – коефіцієнт, значення якого дорівнює 0,5; T – тривалість однократного прийому роботи;  $a_0$  та  $a_1$  – коефіцієнти рівняння апроксимації  $y = a_1t + a_0$  для вантажу 3 кг;  $b_0$  та  $b_1$  – коефіцієнти рівняння апроксимації  $y = b_1t + b_0$  для вантажу 2 кг.

Критерій 2 (рівень 2, рис. 2): ті ж умови, що і для рівня 1, але за умов, що

$$|a_0 - b_0| + |a_1 - b_1|T > 4.$$

Критерій 3 (рівень 3):  $-kT \leq x \leq 0$ .

Критерій 4 (рівень 4):  $0 < x < T$ .

Критерій 5 (рівень 5):  $T \leq x \leq (1+k)T$ .

У стані виснаження людина не працездатна і критерій не визначався.

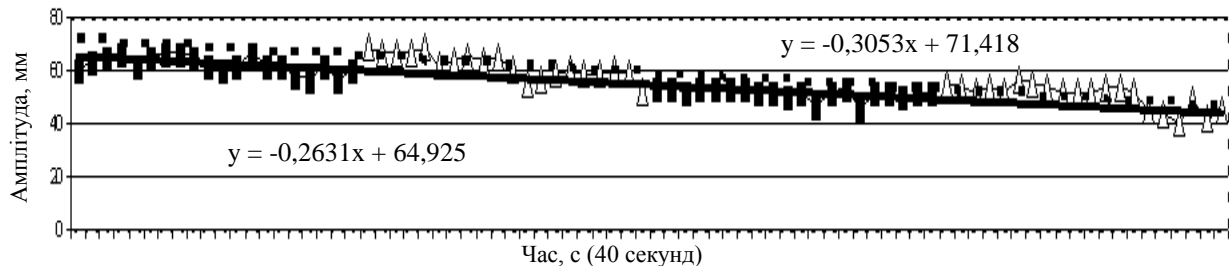


Рис. 2. Ергографічна крива (рівень 2, суцільна лінія лінійного тренду – 3 кг, перервна – 2 кг)

## Висновки

Метод не спирається на попередній досвід суб'єкту, являється об'єктивним, доступним, практичним, не потребує значних матеріальних витрат, дає можливість проведення колективного дослідження з обмеженою кількістю персоналу. Він придатний до використання для таких цілей: 1) професійний відбір; 2) індивідуалізація програм професійної підготовки; 3) визначення рівня працездатності перед початком робочої зміни; 4) вивчення впливу професійної діяльності на психофізіологічний стан; 5) аналіз здатності операторів успішно працювати в аварійній ситуації; 6) проведення реабілітаційних заходів та перевірка їх ефективності [14].

## Список літератури

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах / Человеческий фактор: Сборник материалов №7. – Циркуляр ИКАО 240 – AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.

2. Матвеев А.М., Меденков А.А., Стеблецов В.Г. Новые подходы к оценке и прогнозу уровня безопасности полетов // Проблемы психологии и эргономики. – 2003. – №2. – С. 62-64.

3. Кузнецова Е.О. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности полетов // Проблемы безопасности полетов: Обзорная информация. – М.: ВИНТИ. – 1991. – Вып. 11. – С. 3-21.

4. Коваленко В.Г., Крыжановский Г.А. Учет человеческого фактора в профессиональной подготовке летного состава за рубежом // Проблемы безопасности полетов: Ежемесячный реферативный сборник. – М.: ВИНТИ. – 1990. – № 10. – С. 3-22, 79.

5. Армстронг Г. Авиационная медицина. – М.: Иностранная литер., 1954. – 521 с.

6. Методы инженерно-психологических исследований в авиации: Сб. научн. тр. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.

7. Авиационная медицина: Сб. научн. тр. – М.: Медицина, 1986. – 580 с.

8. Методы инженерно-психологических исследований в авиации: Сб. научн. тр. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.

9. Картамышев П.В., Игнатович М.В., Оркин А.И. Методика летного обучения. – М.: Транспорт, 1987. – 297 с.

10. Burov O. Operator functional status and the prediction of fitness for duty. *Operator Functional State: The Assessment and Prediction of Human Performance Degradation in Complex Tasks*. Edited by G. Robert J. Hockey, Anthony W.K. Gallard and O. Burov. NATO Science Series 977821, IOS Press, Amsterdam, Netherlands, 2003-P. 179-196.

11. Мигаль Г.В., Кузнцова Н.В. Прогнозирование и мониторинг психофизиологического состояния человека – оператора в среде выполнения критически опасных задач // *Безпека життя і діяльність людини – освіта, наука, практика: Мат-ли І НПК*. – К.: НАУ, 2002. С. 117-120.

12. Аксенов О.Б., Кирич А.А. Исследования показателей работоспособности и функционального состояния

двигательных центров операторов авиационной эргатической системы // *Авиационная эргономика*. – К.: КИИГА, 1980. – С. 10-16.

13. Ударцева Т.С. Автоматизована система визначення працездатності та надійності авіаційних операторів // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*. – Х.: ХАИ, 2005. – Вып. 26. – С. 176-180.

14. Ударцева Т.С. Визначення психофізіологічного стану авіаційних операторів // *Вісник НАУ*. – 2004. – № 2. – С. 91-94.

Надійшла до редколегії 10.06.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук співр. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## КОНТРОЛЬ РАБОТСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ ЭРГОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА

Т.Е. Ударцева

Рассмотрен метод анализа показателей эргографического исследования, который дает возможность диагностировать состояние кумулятивного утомления, при котором субъективное ощущение усталости отсутствует, а также проводить диагностику функциональных состояний на уровне гомеостатических механизмов. Метод не базируется на предварительном опыте субъекта, является объективным, доступным, практичным, не требует значительных материальных затрат, дает возможность проводить коллективное обследование с ограниченным количеством персонала.

**Ключевые слова:** оператор, эргография, метод, работоспособность.

## CONTROL OF CAPACITY OF MAN BY A ERGOGRAPHYK METHOD

T.E. Udarceva

The method of analysis of indexes of ergographyk research is considered, which enables to diagnose the state of cumulative fatigue which the subjective feeling of fatigue absents at, and also to conduct diagnostics of the functional states at the level of homeostatic mechanisms. A method is not based on preliminary experience of subject, is objective, accessible, practical, does not require considerable financial expenses, enables to conduct a collective inspection with the limited amount of personnel.

**Keywords:** operator, ergography, method, work capacity definition.

---