

Особливості застосування психофізіологічних профілів операторів безпілотних авіаційних комплексів для професійного відбору

В.В. Кальниш¹, А.В. Швець¹, О.В. Мальцев¹, С.М. Пашковський², Н.В. Коваль²

¹Українська військово-медична академія, Київ;

²Військово-медичний клінічний центр Центрального регіону, Вінниця; e-mail: vkalnysh@ukr.net

Для розробки нових підходів до психофізіологічного відбору операторів було обстежено 219 чоловіків військово-службовців віком від 20 до 40 років, які мали досвід управління безпілотними авіаційними комплексами I класу «Легкі» та залучались до виконання широкого спектра професійних завдань. Для вивчення їх психофізіологічного статусу використовували модифіковані методики з використанням програмно-апаратного комплексу «ПФІ-2». Визначали такі показники: точність реакції на рухомий об'єкт, сила нервових процесів, функціональна рухливість нервових процесів, проста зорово-моторна реакція, складна зорово-моторна реакція, орієнтація в просторі, зорова пам'ять. Для виділення комплексу інформативних показників, які можуть найкраще ділити аналізовану групу операторів на 3 кластери, був застосований покроковий дискримінантний аналіз. Розроблено технологію отримання декількох психофізіологічних профілів професійної придатності, еквівалентних за своїм змістом. Показано шляхи оцінки потужності цих профілів. Запропоновано та обговорено принцип «необхідного різноманіття» при здійсненні професійного психофізіологічного відбору операторів, які працюють в умовах з підвищеною небезпекою. Констатовано низку переваг використання цього принципу для підвищення точності та розширення контингенту осіб, які підлягають професійному психофізіологічному відбору. Розроблено технологію графічного представлення психофізіологічних профілів операторів безпілотних авіаційних комплексів для оцінювання придатності до виконання професійних завдань.

Ключові слова: психофізіологічний профіль; безпілотний авіаційний комплекс; професійна придатність; функціональний стан.

ВСТУП

Розвиток технологій безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у військовій та цивільній сферах набуває все більш вагомого значення. Водночас спостерігається тенденція, що в майбутньому режим керування ними матиме функцію повної автономності, це значно зменшить навантаження на оператора та підвищить ефективність їх застосування [1–3]. Але це довгий шлях з додатковими дослідженнями та постійним вдосконаленням, і допоки ступінь безпеки автономних польотів БПЛА не досягне належного рівня, оператори БПАК залишаються незамінними. Нині досить багато уваги дослідники зі

всього світу приділяють вивченню питання людського фактора в управлінні БПЛА, адже розв'язання може підвищити рівень безпеки польотів і сприятиме розвитку застосування їх у різних галузях [4, 5].

Переважна більшість аварій БПЛА пов'язана з помилками людини-оператора [6, 7]. Planke та співавт. [8] у своїх дослідженнях показують наявність кореляції професійного навантаження з досліджуваними фізіологічними показниками, зокрема негативні наслідки виникають із дедалі складнішою автоматизацією системи, наприклад, втрата ситуаційної обізнаності операторів і збільшення або зменшення розумового навантаження. Значною мірою на ефективність професійної

діяльності операторів впливають фактори, що сприяють розвитку психоемоційної напруги у працюючого, і стресостійкість є важливою особистісною якістю [9, 10].

Сучасні системи БпАК – складні для безпечної експлуатації, і оператори повинні пройти якісне навчання та професійний відбір, перш ніж отримати дозвіл на їх експлуатацію у спільному авіаційному просторі [11, 12]. Для зменшення впливу людського фактора деякі вчені пропонують у програмі підготовки операторів БпАК враховувати такі основні принципи, як обмеження участі екіпажу в когнітивних процесах (зір, слух, увага, прийняття рішень тощо), ергономічні впливи робочого місця на діяльність оператора (пульт системи керування, інтерфейс системи відображення тощо), постійний аналіз звітів про розслідування типових аварій БпЛА, причиною яких є людська помилка і розробка пропозиції щодо їх запобігання, робоче навантаження, розподіл функцій між людиною та штучним інтелектом [13, 14].

Водночас під час управління БпЛА оператору потрібно тривалий час зберігати вимушене положення тіла, а пролонговане виконання завдань у поєднанні з надмірним розумовим навантаженням потенційно може поставити під загрозу досягнення успіху в місії, безпеку людей і майна [15]. Зараз, коли вимоги до професійної якості працівників значно підвищилися, з'явилася гостра необхідність розробляти нові, досконаліші підходи до проведення професійного відбору [16]. Це зумовлено значним ускладненням експлуатаційної техніки, комплексними завданнями, котрі стоять перед військовослужбовцями, важкою демографічною ситуацією в країні, що звужує кількісні та якісні рамки контингенту бажаючих зайнятися тим чи іншим видом діяльності. Все це дає серйозний привід для роздумів про прогрес у підходах до здійснення професійного відбору.

Мета нашої роботи – на основі виявлених психофізіологічних профілів операторів безпілотних авіаційних комплексів розробити

критерії для реалізації професійного відбору цих осіб.

МЕТОДИКА

Обстежено 219 чоловіків-військовослужбовців віком від 20 до 40 років, які мали досвід управління БпАК I класу «Легкі» та залучалися до виконання широкого спектра професійних завдань. В Українській військово-медичній академії комісією з питань етики розглянуто матеріали медико-соціологічного дослідження, які не містять підвищеного ризику для суб'єктів дослідження та виконано з урахуванням існуючих етичних норм та стандартів щодо проведення досліджень, протокол від 06.11.2021 № 212. Для вивчення психофізіологічного статусу операторів БпАК були використані модифіковані методики програмно-апаратного комплексу «ПФІ-2» [17]. За його допомогою визначено такі показники: точність реакції на рухомий об'єкт (РРО), сила нервових процесів (СНП), функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП), проста зорово-моторна реакція (ПЗМР), складна зорово-моторна реакція (СЗМР), орієнтація в просторі (ОП), зорова пам'ять (ЗП).

Для виключення впливу різного досвіду у використанні клавіатури комп'ютера на результати обстеження, була застосована однакова схема простих моторних дій під час вирішення завдань, які відрізнялися за темпом пред'явлення та змістом. Це дало змогу вважати, що реакція військовослужбовця, перш за все, залежить від компонента, пов'язаного зі сприйняттям та переробкою інформації. Таким чином, було виключено вплив навичок використання клавіатури комп'ютера на результати обстеження.

Статистичний аналіз результатів здійснювали методами параметричної та непараметричної статистики, кластерного аналізу (застосовувався метод k-середніх), кореляційного та дискримінантного аналізу за допомогою пакета програм STATISTICA 13.3, ліцензія AXA905I924220FAACD-N [18].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Якщо проаналізувати існуючі підходи до професійного відбору, можна виділити кілька до його реалізації. Найпростішим є відбір комплексу психофізіологічних показників з констатованими межами придатності для кожного з них. Причому ступінь придатності, що уточнюється в цьому підході, пов'язана з кількістю показників, що задовольняють вимогам відбору. У разі потрапляння до коридору пристосованості до професійної діяльності всіх показників претендента констатується його абсолютна придатність. Якщо таких задовольняючих відбір випадків виявляється переважна більшість, претендент визнається придатним. У разі зменшеного до, наприклад, 50% «влучень», він стає умовно придатним. А якщо переважна кількість показників виходить за рамки встановленого коридору, претендент визнається непридатним до конкретного виду діяльності. Простота і зрозумілість підходу, що обговорюється, обтяжується наявністю деякого числа значних недоліків. По-перше, досить нечіткою є вимога, що відокремлює категорії претендентів на «придатні», «умовно придатні» та «непридатні» за кількістю випадків, що задовольняють ступінь придатності. По-друге, у цьому підході значення кожного з показників, що беруть участь в оцінці ступеня професійної придатності, дорівнює одиниці. Тобто наявність умови непридатності за будь-яким показником прирівнюється до такого за іншим показником. Таким чином, унеможливується ранжування показників за ступенем важливості. По-третє, не враховується ступінь відхилення тих, хто не задовольняє правило віднесення показника до «якісних» від кордонів коридору придатності. Виходить, що навіть дуже значні відхилення показника від тієї чи іншої межі коридору не враховуються при формуванні висновку про рівень придатності. Ці недоліки роблять висновки популярного підходу до проведення професійного відбору дуже неточними, інко-

ли ж, зовсім неприйнятними.

Дуже поширеним підходом, особливо у галузі психології професійного відбору, є метод застосування стандартизованих оцінок профілю особистості, зокрема Т-оцінок. За цими оцінками будується спеціальний профіль, який відображає психологічний статус претендента. Гіпотеза, на основі якої будується ідея використання профілів, базується на принципі «необхідної одноманітності». Якщо застосовувати цей принцип до професійного відбору, то його зміст зводиться до того, що однакові вимоги до психофізіологічного статусу спеціаліста ґрунтовані на однаковому змісті виконуваних робіт у професії, що розглядається. Більш ніж «сигмальні» (відхилення понад одне середнє квадратичне відхилення показника від середньогрупового значення) відхилення будь-якого показника трактуються як яскраво виражені якості, які, можливо, будуть перешкоджати виконанню претендентом своїх професійних обов'язків. Якщо використовувати Т-оцінки та психологічні профілі, ґрунтовані на «вартостях» популярних психологічних якостей, то наявність значних відхилень від середнього рівня може наштовхнути на думку про певну акцентуацію особистості. Звичайно, і в цих координатах можна розглядати профілі професійної придатності, але така оцінка буде дуже приблизною, розмитою і частково відірваною від властивостей осіб, які працюють в досліджуваних професіях. Звичайно, для отримання індивідуальної Т-оцінки можна використовувати параметри середнього значення та середнього квадратичного відхилення, які розраховані за показниками осіб цієї професії. Такий прийом значно уточнить форму профілю професійної придатності за психофізіологічними якостями. Однак наявність описаного усередненого психофізіологічного профілю зовсім не гарантує такого випадку, коли існують особи з іншими профілями, які мають таку саму ефективність у професійній діяльності.

Одним з можливих шляхів виходу з описаної ситуації є заміна принципу «необхідної одноманітності» принципом «необхідного розмаїття», який у загальному вигляді був сформульований Р. Ешбі. Для професійного відбору такий принцип може бути обґрунтований тим, що кожна людина має безліч компенсаторних механізмів, які дають їй змогу виконувати велику кількість різноманітних завдань, використовуючи багатофункціональність своїх інформаційних та фізичних можливостей. Тому для роботи в цій конкретній професії можливі різні варіанти профілів особистості та профілів психофізіологічних професійно важливих якостей. Пошук таких еквіефективних психофізіологічних профілів, що задовольняють вимоги професії, справа складна, але не безнадійна. У такому разі слід мати можливість оцінювати ефективність професійної діяльності фахівців або інші характеристики людини щодо яких розробляються еквіефективні психофізіологічні профілі. Інший прийом може бути оснований на виділенні декількох однорідних психофізіологічних профілів з допомогою прийомів кластерного аналізу. Вони можуть дати позитивний результат.

Зазвичай аналізована матриця психофізіологічних даних не є однорідною. Як зазначалось вище, причинами можуть бути ступінь придатності аналізованих осіб до виконання роботи, а також наявність декількох пристосувальних механізмів до професійної діяльності. Для виділення декількох однорідних за психофізіологічними якостями груп операторів був застосований кластерний аналіз (метод k-середніх), при проведенні якого завжди постає питання про кількість кластерів, які виділяються. Можна застосувати покроковий метод, тобто поетапно виділяти 2, 3 і більше кластерів, зважаючи на якість кластеризації та обсяг досліджуваної групи.

Аналізовану групу операторів БпАК було розподілено на 3 кластери. Для виділення комплексу інформативних показників, які

можуть найкраще поділити аналізовану групу, застосували покроковий дискримінантний аналіз. Якість використаного поділу за виділеними психофізіологічними показниками становить 95,9%. Розв'язувальні правила, які дають змогу віднесення оператора до одного чи іншого кластера наведені нижче:

$$K_1 = 647,128 - 0,085 \times \text{РРО час запізнення} + 0,072 \times \text{СЗМР} + 0,323 \times \text{ПЗМР} + 12,158 \times \text{ЗП кількість правильних} + 0,819 \times \text{Кількість завдань} + 0,595 \times \text{ФРНП} + 32,615 \times \text{ОП кількість правильних};$$

$$K_2 = 645,121 - 0,043 \times \text{РРО час запізнення} + 0,063 \times \text{СЗМР} + 0,377 \times \text{ПЗМР} + 11,516 \times \text{ЗП кількість правильних} + 0,705 \times \text{Кількість завдань} + 0,673 \times \text{ФРНП} + 32,085 \times \text{ОП кількість правильних};$$

$$K_3 = 571,968 - 0,053 \times \text{РРО час запізнення} + 0,093 \times \text{СЗМР} + 0,344 \times \text{ПЗМР} + 10,988 \times \text{ЗП кількість правильних} + 0,811 \times \text{Кількість завдань} + 0,593 \times \text{ФРНП} + 28,744 \times \text{ОП кількість правильних},$$

де K_1 , K_2 , K_3 – показники приналежності до відповідного кластера у рівняннях-індикаторах.

Для визначення приналежності оператора до конкретного кластеру потрібно підставити його психофізіологічні результати до кожного рівняння. Найбільший результат K за цими розрахунками показує приналежність оператора до певного кластера 1–3.

Графічне представлення структури поділу аналізованих результатів у канонічній формі наведено на рис. 1. Така ілюстрація дає змогу візуально оцінити якість класифікації. Як видно на графіку, всі три отриманих кластера не пересікаються та мають чіткі границі. З іншого боку, потрібно відмітити, що деякі частини кластерів щільно примикають один до одного. Можливо, така група операторів складає контингент осіб – представників усіх 3 кластерів, найбільш придатних до операторської діяльності, оскільки має досить близькі за своєю структурою психофізіологічні особливості.

Оскільки всі залучені до аналізу особи могли задовільно виконувати свої професійні обов'язки, то результати їх діяльності можна

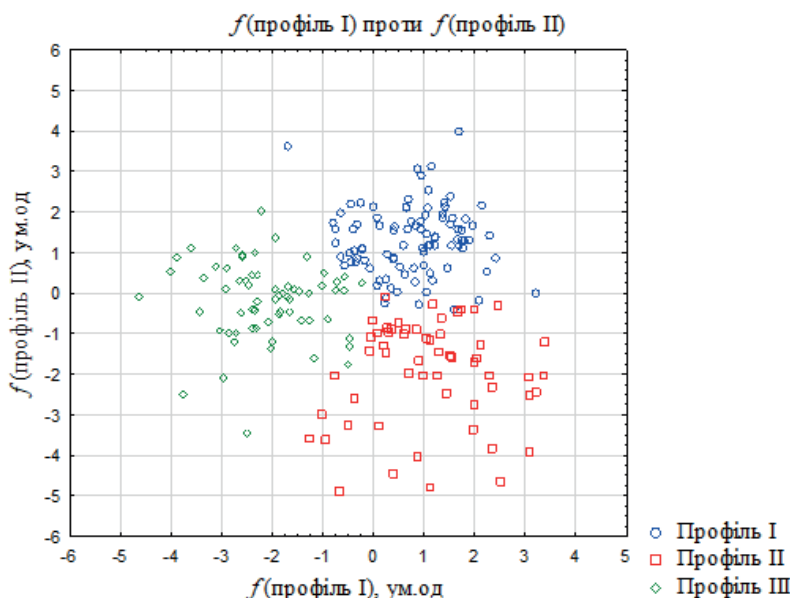


Рис. 1. Розподіл об'єктів кластеризації (психофізіологічних профілів) в системі координат канонічних дискримінантних функцій

віднести до групи осіб з еквіефективною працездатністю. За середніми значеннями психофізіологічних характеристик представників всіх трьох виділених кластерів була побудована таблиця, яка ілюструє корінну розбіжність аналізованих відповідних психофізіологічних профілів (табл. 1).

Потрібно відзначити, що здебільшого виділені кластери мають статистично значиму різницю за кожним з показників. Якщо їх проранжувати і трактувати ці ранги як свідчення «експертів», можна вирахувати коефіцієнт конкордації Кендалла, з допомо-

гою якого оцінюють ступінь узгодженості їх думок. У випадку, що розглядається, коефіцієнт конкордації Кендалла дорівнює 0,88 ($P = 0,002$), що свідчить про високий рівень узгодженості «думок експертів». Крім того, застосований метод дає змогу ранжувати кожний з кластерів за його значимістю. За цими результатами найбільшу вагу має кластер K_1 , середню – K_3 , найменшу – K_2 . Причому, оскільки K_1 сильно відрізняється від інших кластерів за оцінкою свого рангу та рівнями психофізіологічних якостей, можна висунути робочу гіпотезу про те, що до нього

Таблиця 1. Середні значення психофізіологічних показників у кластерах ($M \pm m$)

Показник	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3
Проста зорово-моторна реакція, мс	261±2,8	286±3,2***	274±3,3**
Складна зорово-моторна реакція, мс	401±4,2	418±5,7**	412±5,5*
Функціональна рухливість нервових процесів, мс	411±2,8	369±4,0***	319±3,8***
Кількість завдань	211±1,6	177±2,7***	205±2,1*
Реакція на рухомий об'єкт (час запізнення), с	48±2,1	62±2,9**	53±2,5*
Орієнтація у просторі (час правильної відповіді), с	10±0,8	12±0,9	12±0,7
Зорова пам'ять, (кількість помилкових відповідей)	16,4±0,1	15,8±0,2**	15±0,2***

*, **, *** - достовірна різниця середніх значень кластера 1 порівняно з середніми значеннями інших кластерів за критерієм Стьюдента відповідає рівням $P < 0,05$, $P < 0,01$, $P < 0,001$.

належать оператори абсолютно придатні до професійної діяльності. Оцінки рангів K_2 та K_3 достатньо близькі. Тому їх представники, вірогідно, належать до осіб, придатних до професійної діяльності оператора БпАК за своїми психофізіологічними показниками.

Психофізіологічні показники мають різну розмірність значень (див. табл. 1). Графічно зображені профілі придатних до професійної діяльності осіб потрібно стандартизувати їх за результатами. Найбільш релевантним для цього є метод стандартизації їх представлення у інтервалі 0–1 за формулою $X_{ic} = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, де X_{ic} – стандартизоване значення X_i ; X_{\max} та X_{\min} – максимальне та мінімальне значення відповідно аналізованого показника. Побудовані психофізіологічні профілі придатності до діяльності оператора БпАК наведено на рис. 2.

Аналіз форми отриманих психофізіологічних профілів дає змогу констатувати суттєве різноманіття несхожості їх структури. У розглянутому випадку профіль професійної придатності представників K_1 займає верхню

частину рисунка і, з урахуванням напрямку зміни рівня кожного з інформативних показників, має форму лінії. Профіль професійної придатності представників K_3 займає середню частину рисунка та має характер ламаної лінії, що свідчить про застосування цими особами багатьох компенсаторних можливостей їх організму. Психофізіологічний профіль, притаманний представникам кластера K_2 , займає нижчу частину рисунка та характеризує їх найменші психофізіологічні властивості для забезпечення успішної професійної діяльності.

Описана процедура не є кінцевим результатом здійснення професійного відбору. Подальше застосування кожного з виділених профілів дає можливість виявити придатних та не придатних до роботи у цій професії за критерієм близькості до відповідного профілю.

Очевидно, що фахівці, які працюють в одній професії, не можуть мати однакові психофізіологічні профілі. Ці профілі

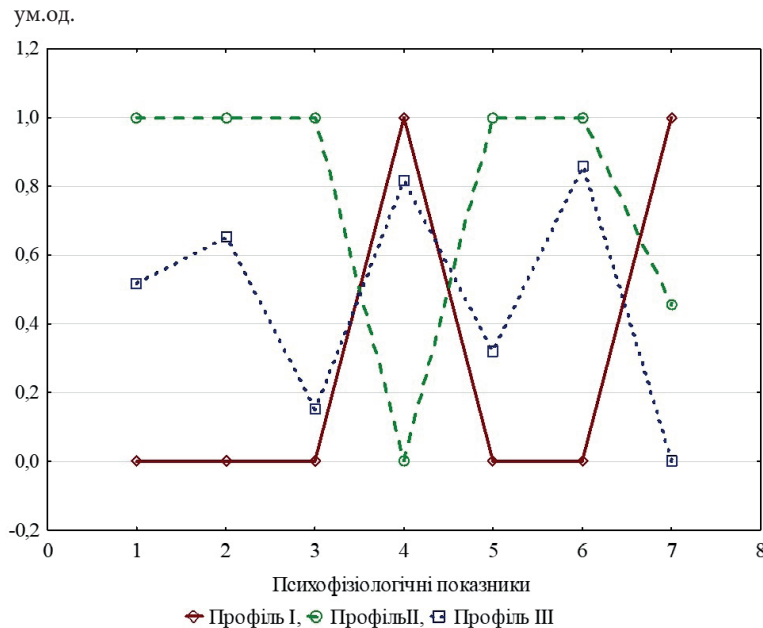


Рис. 2. Структура психофізіологічних профілів придатності операторів безпілотних літальних апаратів відповідних кластерів (K_1 , K_2 , K_3) до професійної діяльності. 1 – проста зорово-моторна реакція; 2 – складна зорово-моторна реакція; 3 – функціональна рухливість нервових процесів; 4 – кількість завдань; 5 – реакція на рухомий об'єкт (час запізнення); 6 – орієнтація у просторі (час правильної відповіді); 7 – зорова пам'ять (кількість помилкових відповідей)

описують достовірно різні структури, що зумовлено багатьма причинами: оператори відрізняються мотивацією, чутливістю до діючих стрес-факторів, віком та функціональними резервами організму, можливістю застосовувати різні стратегії виконання завдань тощо. Неоднакові механізми реалізації бойових завдань ґрунтуються на різних адаптаційних можливостях організму операторів. Зокрема особистісні риси корелюють з різними показниками працездатності, гострої психологічної реакції на стрес, включаючи негативні емоції тощо. Тому деякі дослідники для розуміння стійкості організму застосовують профільний підхід [1, 10].

Як було зазначено вище, використовувани зазвичай прийоми професійного психофізіологічного відбору базуються на принципі «необхідної одноманітності» психофізіологічних профілів в окремій професії. Він є досить продуктивним, оскільки значно спрощує процедуру проведення професійного відбору. Але він має певні недоліки, оскільки «відкидає» достатньо багато фахівців, які мають інші форми психофізіологічних профілів та можуть продуктивно працювати. Альтернативним вирішенням такої проблеми може бути застосування при здійсненні професійного відбору принципу «необхідної різноманітності». Це дасть змогу не тільки збільшити кількість осіб, які потенційно могли б працювати в цій професії, але й підвищить точність обрання ступеня придатності завдяки більш ретельному аналізу виділених кластерів придатності.

Найбільш важливою задачею психофізіологічної експертизи та моніторингу психофізіологічних характеристик є виявлення пілотів не придатних до льотної роботи та управління БПАК. Алгоритм отримання цих критеріїв був таким: кожному пілоту слід провести психофізіологічне обстеження, за результатами якого віднести до одного з трьох психофізіологічних профілів придатності до виконання професійних завдань.

Природним є допущення, що непридатні до льотної роботи особи повинні мати показники гірші за 95%-й межовий інтервал у кожному з профілів військовослужбовців. За цими результатами побудували узагальнюючу таблицю з урахуванням профілю придатності (табл. 2).

Якщо хоча б один з показників є гіршим, ніж наведено в таблиці, обстежену особу слід вважати непридатною до діяльності за фахом. Перелік критеріїв непридатності до виконання льотної роботи для моніторингу психофізіологічних функцій потрібно застосовувати з певною обережністю. Справа в тому, що психофізіологічні випробування застосовуються для льотчиків, які перебувають в різному функціональному стані. Причиною зниження функціонального стану може стати втома, викликана якимись зовнішніми факторами, віддаленістю відпустки або розвиток хвороби.

Крім того, психофізіологічні показники, які є додатковими корелятами працездатності, можуть виступати як неспецифічні показники стану здоров'я людини. Тому зниження розумової чи фізичної працездатності особи слугують індикатором стану здоров'я. Третьою причиною погіршення функціонального стану є детренованість психофізіологічних характеристик, наприклад, короткотривалий наліт за рік. Наразі потрібно застосовувати індивідуальні тренувальні, реабілітаційні та лікувальні заходи, які призначає лікар. Після чого проводиться додаткова психофізіологічна експертиза. У разі відновлення рівня психофізіологічних показників ця людина може продовжувати свою професійну діяльність, інакше потрібно перепрофілювання професійної діяльності.

Отримані в цій роботі результати доказують реальне існування вказаних кластерів, які характеризуються неоднаковими психофізіологічними профілями. Цей факт корінним чином змінює парадигму професійного психофізіологічного відбору, цінним результатом якого є значне розширення контингенту, що відбирається, та отримання більш точних оцінок ступеня придатності фахівця.

Таблиця 2. Гранично допустимі показники психофізіологічних характеристик операторів безпілотних літальних апаратів

Показники	Профіль I		Профіль II		Профіль III	
	Граничний рівень	σ	Граничний рівень	σ	Граничний рівень	σ
Проста зорово-моторна реакція, мс	>302,0	27,31	>330,0	24,07	>311,0	26,71
Складна зорово-моторна реакція, мс	>469,0	41,41	>489,0	43,69	>484,0	44,24
Функціональна рухливість нервових процесів, мс	>367,0	27,44	>435,0	30,69	>373,0	30,57
Сила нервових процесів, мс	>458,0	31,63	>507,8	30,76	>468,9	39,02
Кількість завдань функціональної рухливості нервових процесів	<188	15,32	<215,0	20,23	<227,0	16,55
Реакції на рухомий об'єкт (час запізнення), мс	>91,0	22,78	>99,0	23,65	>85,0	20,31
Орієнтація у просторі (час правильної відповіді), с	>18,0	4,52	>30,0	7,23	>23,0	5,94
Коректурна проба (затрачений час), с	>456,0	76,27	>542,0	100,82	>454,0	74,76
Зорова пам'ять, кількість помилкових відповідей, од.	>4,0	1,25	>5,0	1,37	>4,0	1,28

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологію отримання декількох психофізіологічних профілів професійної придатності, еквівалентних за своїм змістом, встановлено їх статистичну розбіжність, показано шляхи оцінки вагомості.

2. Запропоновано та обговорено принцип «необхідного різноманіття» при здійсненні професійного психофізіологічного відбору операторів, які працюють в умовах з підвищеною небезпекою. Констатовано низку переваг використання цього принципу для підвищення точності та розширення контингенту осіб, які підлягають професійному психофізіологічному відбору.

3. Розроблено технологію графічного представлення психофізіологічних профілів операторів для оцінювання придатності до виконання професійних завдань за експериментально розрахованими гранично допустимими показниками психофізіологічних характеристик зовнішніх пілотів БПАК.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated

with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of co-authors of the article.

V.V. Kalnysh¹, A.V. Shvets¹, O.V. Maltsev¹, S.M. Pashkovskiy², N.V. Koval²

FEATURES OF APPLICATION OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL PROFILES OF OPERATORS OF UNMANNED AVIATION COMPLEXES FOR THEIR OCCUPATIONAL SELECTION

¹Ukrainian Military Medical Academy, Kyiv;

²Military Medical Clinical Centre of the Central Region, Vinnytsia; e-mail: vkalnysh@ukr.net

In order to develop new approaches to the psychophysiological selection of operators, 219 male servicemen aged 20 to 40 years old with experience in operating unmanned aerial systems of the first class Light and involved in a wide range of professional tasks were examined. To study their psychophysiological status, modified methods were used using the PFI-2 hardware and software complex. The following indicators were determined: accuracy of reaction to a moving object, strength of nervous processes, functional mobility of nervous processes, simple visual-motor reaction, complex visual-motor reaction, orientation in space, and visual memory. To identify a set of informative indicators that can best divide the analyzed group

of operators into 3 clusters, a stepwise discriminant analysis was applied. The technique was developed to obtain several psychophysiological profiles of vocational aptitude, equally effective in terms of content. The statistical discrepancy of these profiles has been established. Ways of evaluating the superiority of these profiles have been shown. The principle of “necessary diversity” in the implementation of occupational psychophysiological selection of operators working in conditions with increased danger has been proposed and discussed. A number of advantages of using this principle to increase accuracy and expand the contingent of persons subject to occupational psychophysiological selection have been identified. The technology of graphical presentation of psychophysiological profiles of operators of unmanned aerial complexes was developed for the purpose of assessment of suitability for professional tasks.

Key words: psychophysiological profile; external pilots; unmanned aviation complex; occupational suitability; functional state.

REFERENCES

1. Matthews G, Panganiban AR, Wells A, Wohleber RW, Reinerman-Jones LE. Metacognition, hardiness, and grit as resilience factors in unmanned aerial systems (UAS) operations: a simulation study. *Front Psychol*. 2019; 10; 640.
2. Corichi EZ, Carranza JM, Reyes Garca CA, Pineda LV. Real-time prediction of altered states in Drone pilots using physiological signals. 2017 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS), Linköping, Sweden, 2017: 246-51.
3. Cardosi K, Lennertz T. Human factors considerations for the integration of unmanned aerial vehicles in the national airspace system: An analysis of reports submitted to the aviation safety reporting system (ASRS). 2017. DOT/FAA/TC-17/25DOT-VNTSCFAA-17-11. URL : <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/12500>
4. Lim Y, Ramasamy S, Gardi A, Kistan T, Sabatini R. Cognitive human-machine interfaces and interactions for unmanned aircraft. *J Intelligent Robotic Systems*. 2018; 91:755-74.
5. Brady MF, Carretta TR, Shermadou ZS, Gibson A. Aptitude requirements for human operators in human-automation interaction: A meta-analytic review. *Aviat Psychol Appl Human Factors*. 2022; 12(1): 50-62.
6. Doroftei D, De Cubber G, De Smet H. Reducing Drone Incidents by Incorporating Human Factors in the Drone and Drone Pilot Accreditation Process. In: Zallio M. (eds) *Advances in Human Factors in Robots, Drones and Unmanned Systems*. AHFE 2020. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021; 1210. Springer, Cham.
7. Ažaltović V, Škvareková I, Pecho P, Kandra B. The correctness and reaction time of piloting the unmanned aerial vehicle. *Transport Res Procedia*. 2020; 51: 342-8.
8. Planke LJ, Lim Y, Gardi A, Sabatini R, Kistan T, Ezer N. A cyber-physical-human system for one-to-many UAS operations: Cognitive load analysis. *Sensors*. 2020; 20(19): 5467.
9. Shvets AV, Kalnysh VV, Maltsev OV. The influence of occupational environment on formation of psycho-emotional stress among remote pilots of unmanned aircraft systems. *Zaporozhye Med J*. 2023; 25(1): 23-9.
10. Matthews G, Lin J, Wohleber R. Personality, stress and resilience: a multifactorial cognitive science perspective. *Psychol Topics*. 2017; 26(1): 139-62.
11. Sakib MN, Chaspari T, Ahn C, Behzadan A. An experimental study of wearable technology and immersive virtual reality for drone operator training. In: *Proceedings of the EG-ICE 2020 Workshop on Intelligent Computing in Engineering*, Berlin, Germany. 2020: 1-4.
12. Haydar AT. Important issues in unmanned aerial vehicle user education and training. *J Aviat*. 2022; 6(1): 80-6.
13. Qi S, Wang F, Jing L. Unmanned aircraft system pilot/operator qualification requirements and training study. In *MATEC Web of Conferences EDP Sciences*. 2018; 179: 03006.
14. Mouloua M, Ferraro JC, Kaplan AD, Mangos P, Hancock PA. Human Factors Issues Regarding Automation Trust in UAS Operation, Selection, and Training. In *Human Performance in Automated and Autonomous Systems* CRC Press. 2019; 169-90.
15. Kalnysh VV, Shvets AV, Maltsev OV, Koval NV. Characteristics of the factors that form arduous work among remote pilots of unmanned aviation complexes. *UJMM [Internet]*. 2023Mar.31 [cited 2023May17];4(1):116-2.
16. Wilson GF, Russell CA. Real-time assessment of mental workload using psychophysiological measures and artificial neural networks. *Hum Factors*. 2003 winter;45(4):635-43.
17. Kochina ML, Firsov AG. Multifunctional device for psychophysiological research. *Appl Radio Electron*. 2010; 2(9): 260-5. [Ukrainian].
18. Hill T, Lewicki P. *Statistics: methods and applications. A comprehensive reference for science, industry, and data mining*. Tulsa, Ok. StatSoft. 2013.

*Матеріал надійшов
до редакції 17.05.2023*