

Голові спеціалізованої вченої ради  
Д 26.062.03 Національного авіаційного  
університету  
Катерині НЕСТЕРЕНКО  
03058, м.Київ, проспект Любомира  
Гузара, 1

## ВІДГУК

Опонента – доктора технічних наук професора, професора кафедри телекомунікацій Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" **Лисенко Олександра Івановича**, на дисертаційну роботу **Іванець Ольги Борисівни** на тему: «Методологія синтезу управління функціональним станом персоналу з елементами штучного інтелекту в умовах невизначеності», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.03 «Системи та процеси керування»

### **Актуальність.**

Глобальний план безпеки польотів ІКАО визначає стратегію постійного удосконалення безпеки світової авіації. Дана стратегія визначає необхідність держав впроваджувати ефективні системи контролю безпеки авіаційної діяльності за рахунок виконання державних програм забезпечення польотів. Впровадження методології оцінювання системи управління безпекою польотів на державному рівні, регламентує процес виявлення джерел небезпек, пов'язаних з власними авіаційними продуктами або послугами. Виявлення джерел небезпек, що базується на комбінації реактивних та проактивних методів дозволяє своєчасно забезпечувати управління ризиками в авіації. В контурі такого управління важливою складовою є управління людським фактором, вплив якого на систему управління безпекою польотів неодноразово визначався як ключовий. При цьому, важливою складовою людського фактору є функціональний стан операторів, що забезпечують надання авіаційних послуг на різних рівнях. Складність оцінювання людського фактору та функціонального стану операторів, як його складової, полягає в особливостях

природи такого фактору та неможливості оцінювання факторів дестабілізації, що впливають на персонал, в повному обсязі та відповідно прогнозування реакції системи на такий вплив має недосконалий характер. Тому, важливим елементом в методології оцінювання системи управління безпекою польотів є оцінювання функціонального стану оператора як складової людського фактору питанням дослідження якого і присвячена дисертаційна робота Іванець О.Б., що подана до розгляду в спеціалізованій вченій раді Д 26.962.03. Зазначена дисертаційна робота вирішує актуальну науково-практичну проблему щодо прогнозування виникнення небезпечної події в умовах невизначеності функціонального стану персоналу та неможливістю проактивного виявлення порушення цього стану із-за відсутності відповідного науково обґрунтованого комплексу методичних інструментів в інтересах управління таким станом. Тому у дисертаційній роботі поставлено і вирішено **науково-практичну проблему**, яка полягає в розробці методології синтезу управління функціональним станом оператора, як складової загальної методології управління ризиками в системі надання авіаційних послуг, на основі комплексу методів і моделей аналізу, оцінювання та прогнозування цього стану.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.**

Наукові положення, розроблені методи та моделі, що містяться у дисертаційній роботі Іванець О.Б. є добре обґрунтованими, виконане дослідження побудоване на глибокому, багатосторонньому аналізі наукових праць вітчизняних та зарубіжних вчених та нормативних документів авіаційної галузі.

Тема дисертаційної роботи є актуальною, а структура самої роботи визначається її метою, що спрямована на вирішення поставлених у роботі завдань, які повною мірою досягнуті. Основні пункти наукової новизни мають значну наукову цінність, оскільки дослідженні та висвітлені вперше. Загальні висновки по роботі повністю дають відповіді на поставлені завдання. Основні результати дисертаційної роботи детально обґрунтовані в висновках,

опубліковані у фахових виданнях та у виданнях з наукометричною індексацією Scopus та Web of Science, апробовані на численних міжнародних науково-практичних конференціях та симпозіумах, у тому числі за кордоном.

Основні наукові результати дисертаційного дослідження, а саме: розробка теоретичних та практичних засад, а також науково-методологічних підходів до забезпечення проактивного прогнозування ризику в системі надання авіаційних послуг, пов'язаного з людським фактором, на основі управління функціональним станом персоналу в умовах невизначеності, полягають у наступному:

- розроблено уніфіковану модель часових рядів показників функціонального стану оператора (модель вимірювань) з врахуванням трендів та стохастичних впливів та метод її оптимізації для різних варіантів фізичних навантажень з метою визначення критерію статистичної стійкості динаміки біологічної рівноваги оператора;

- розроблено метод контролю стабільності процесів біологічного функціонування оператора з урахуванням особливостей фізичного навантаження оператора та відокремленням факторів неоднорідності від факторів біологічної нестабільності за рахунок використання процедури статистичної валідації результатів контролю (тестування);

- розроблено метод визначення індивідуальних меж норм медико-біологічних показників оператора з підвищеною чутливістю за рахунок персоналізованого підходу до визначення меж коливань окремих показників та їх груп з використанням  $T^2$ -статистики Хотеллінга;

- розроблена модель прогнозування різкого порушення стану серцево-судинної системи оператора на основі застосування елементів штучного інтелекту (штучних нейронних мереж);

- розроблена топологічна модель оцінювання функціонального стану оператора, з використанням мереж Петрі, що поєднує в собі обґрунтовані в дисертаційній роботі методи, моделі та критерії в єдину систему оцінювання, що є важливим елементом методології синтезу управління функціональним

станом персоналу, для завдань методології оцінювання системи управління безпекою польотів, а також інструментом для формування обов'язкових та добровільних сповіщень, пов'язаних зі станом або рівнем втоми персоналу.

Основні наукові результати дисертації отримані вперше.

Практичне значення одержаних результатів: розроблені, теоретично обґрунтовані методи мають високий ступінь готовності до використання у методології управління безпекою авіаційною діяльністю, в якості клькісних критерії при оцінюванні ризиків, що вимагають обов'язкового сповіщення в авіаційній галузі для прогнозування виникнення небезпечної події за рахунок впливу людського фактору, оскільки доведені до прикладних методик, формалізованих для вирішення на комп'ютеризованих програмах з використанням штучного інтелекту і розробки математичних моделей, перевірених на адекватність.

**Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих працях.** За результатами дослідження опубліковано: 28 фахових статей у виданнях затверджених МОН України; у розділах колективних монографіях виданих закордоном (одна з яких з індексацією в наукометричній базі Scopus); 9 наукових публікацій у вітчизняних та закордонних виданнях що проіндексовані у науко метричних базах Web of Science Core Collection та/або Scopus (одна з них у виданні з квантилем  $Q3$ , що дорівнює 2 публікаціям), 1 стаття у науковому фаховому виданні України групи А; 30 публікації в інших виданнях, матеріалах і тезах доповідей на конференціях, у тому числі за кордоном.

Всі вимоги, щодо наукових публікацій, зарахованих за докторською дисертацій згідно положень ДАК МОН України дотримано.

Результати проведених експертиз у Національному авіаційному університеті, щодо академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації в тому числі, з використанням антиплагіатної програми Unicheck (результати перевірки від 21.05.2024р.) доводять, що рівень оригінальності роботи складає 85,5%.

**Практична цінність** розробок Іванець О.Б. визначається тим, що запропонована методологія синтезу управління функціональним станом

оператора дає змогу в загальній методології оцінювання системі управління ризиками проактивно прогнозувати загрози безпеці в авіаційній галузі, пов'язані з людським фактором, та своєчасного їх усувати, завдяки тому, що на її основі стає можливим:

- враховувати глобальні та локальні тренди та стохастичні впливи при проведенні діагностичних процедур та визначати наявність біологічної нестабільності оператора за рахунок розробленої уніфікованої моделі вимірювань показників функціонального стану оператора;

- значно зменшити кількість необхідної інформації та, відповідно, кількість проведених експериментальних досліджень для прийняття рішення щодо оцінювання функціонального стану оператора за рахунок розробленого методу оптимізації запропонованої уніфікованої моделі для різних варіантів фізичних навантажень;

- враховувати індивідуальні особливості реакції організму оператора на дію факторів дестабілізації завдяки методу визначення індивідуальних меж норм медико-біологічних показників;

- визначити час виникнення позаштатних (аварійних) ситуацій завдяки розробленій моделі прогнозування різкого порушення стану серцево-судинної системи оператора;

- виявити та оцінити ризик порушення функціонального стану персоналу за рахунок розробленої топологічної моделі оцінювання функціонального стану оператора в інтересах своєчасного формування обов'язкового та/або добровільного сповіщення про рівень втоми оператора;

- підвищити точність прогнозування динаміки медико-біологічних параметрів авторегресійної моделі з використанням рівняння Yule-Walker в матриці Geman-McClure.

Розроблена методологія синтезу управління функціональним станом оператора також може бути базисом:

- для продовження комплексу науково-дослідних робіт з метою удосконалення процесу управління функціональним станом операторів на основі індивідуального підходу;

- для впровадження в навчальний процес під час підготовки фахівців авіаційної галузі.

Отримані у докторській дисертаційній роботі результати досліджень впроваджені у діяльність в наступних закладах: Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Центр льотної підготовки Національного авіаційного університету, Авіаційний медичний центр НАУ, Національний авіаційний університет (кафедра електроніки, робототехніки, технологій моніторингу та інтернету речей), про що свідчать акти впровадження, наведені у Додатках до дисертаційної роботи

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності і відповідності встановленим вимогам.** Дисертаційне дослідження автора є індивідуальним, оригінальним та вичерпним науковим дослідженням в межах якого успішно розв'язана актуальна наукова проблема.

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, семи розділів, висновків по роботі, додатків та списку використаних джерел. Матеріали роботи викладені на 381 сторінці, містять 55 рисунків та 22 таблиці, 9 додатків на 99 сторінках. Перелік використаних джерел становить 241 найменування.

У **вступі** чітко обґрунтована актуальність і своєчасність проведеного дослідження, сформульовано мету, об'єкт, предмет та наукову проблему дослідження, освітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Важливість і практична цінність дослідження підкреслена зв'язком роботи з науковими програмами, підтверджено достовірність отриманих результатів та особистий авторський внесок. Також подана інформація про публікації автора по темі дослідження, наведена загальна структура роботи.

В **першому розділі** проаналізований сучасний стан розвитку методології оцінювання системи управління безпекою польотів. Такий аналіз дозволив розробити функціональні моделі та їх декомпозиції, що наочно відображають

фактори впливу на систему управління безпекою польотів та дозволяють відокремити особливості впливу людського фактору на кожний під процес зазначеної методології.

В другому розділі проведений аналіз особливостей оцінювання функціонального стану оператора, який дозволив відокремити факторні впливи на динаміку часових рядів, що представляють собою динаміку зміни медико-біологічних параметрів. Такий аналіз дозволив провести класифікацію факторних впливів та врахувати глобальні та локальні тренди при проведенні процедури оцінювання функціонального стану оператора. Отримано рівняння для оцінювання кількості інформації про динамічні порушення для порівняння статистик Фішера за інформативністю. Розроблена методика оптимізації уніфікованої ймовірнісної моделі для різних варіантів фізичних навантажень впродовж біомедичного експерименту за критерієм статистичної стійкості діагностичних рішень, що дозволила зменшити кількість навантаження при проведенні експериментальних досліджень в 2 рази.

В третьому розділі запропонований підхід до визначення індивідуальних меж норми, що полягає у визначенні значень медико-біологічних параметрів, що мають певну мінливість, яка пов'язана з впливом факторів дестабілізації, але дана мінливість є індивідуальною особливістю даного оператора і не вказує на порушення його адаптаційних резервів. Використання багатопараметричного критерію, дозволяє провести дослідження групи медико-біологічних показників, що мають взаємний вплив та визначити критичне значення на основі  $\chi^2$  критерію, перевищення якого дозволяє прийняти рішення про порушення адаптаційних можливостей оператора та класифікувати дане порушення як тригер настання негативної події. Такий підхід виявився більш чутливим методом порівняно із загальноприйнятим підходом визначення референтних значень норми.

В четвертому розділі здійснений аналіз критерію кількісного оцінювання функціонального стану оператора, що дозволяє встановлювати факт наявності

високої імовірності відхилень функціонального стану оператора від значень індивідуальної норми та приймати відповідні заходи для їх нормалізації.

Проведений розвиток методу оцінювання небезпеки відхилення стану біологічного об'єкту від індивідуальної межі норми функціонального стану організму, впровадження якого дозволяє встановлювати факт виникнення відхилень функціонального стану від індивідуальної межі норми, приймати відповідні міри для попередження відхилень.

**В п'ятому розділі** на основі проведеного аналізу факторів дестабілізації, що впливають на операторів авіаційної галузі при виконанні професійних обов'язків розроблений метод вдосконалення розрахунку адаптаційного потенціалу (адаптаційних резервів) оператора, який на відміну від існуючих здійснює перевірку гіпотези про стабільність функціонального стану оператора з використання карт Хотеллінга, що дозволило, для розглянутої групи досліджуваних, зменшити невизначеність розрахунку на 16,67%.

**Шостий розділ** присвячений дослідженню емпіричного та теоретичного підходу, в рамках його розроблені моделі прогнозування на основі штучних нейронних мереж з використанням різних прикладних програм. Проведений порівняльний аналіз використання різних типів мереж, їх особливостей, кількостей прихованих шарів, функцій активації, особливостей навчання, тощо.

**В сьомому розділі** проведений аналіз особливостей процедури прийняття рішення, зокрема про порушення функціонального стану оператора, наведені математичні моделі, що надають змогу зменшити невизначеність при прийнятті рішення, також здійсненні кількісні розрахунки невизначеності при оцінювання медико-біологічних параметрів. Запропоновано топологічну модель оцінювання функціонального стану оператора, з використанням мереж Петрі, що поєднує в собі обґрунтовані в дисертаційній роботі методи, моделі та критерії в єдину систему оцінювання для завдань методології оцінювання системи управління безпекою польотів, а також є інструментом для формування обов'язкових та добровільних сповіщень, пов'язаних зі станом або рівнем втоми персонал.



Висновки відображають стан і рівень виконання поставлених завдань, об'єктивно відображають новизну і практичну цінність отриманих результатів, є логічно зв'язаними та обґрунтованими. Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації та достатньою мірою висвітлює основні наукові та практичні положення дисертаційної роботи. Дисертація є завершеною науковою працею.

#### **Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.**

1. У ході теоретичних досліджень (підрозділи 1.1.-1.3) увага приділена аналізу особливостей оцінювання функціонального стану оператора, як складової людського фактору та його вплив на систему управління безпекою польотів. Доцільно було б провести порівняльну характеристику інших складових людського фактору.

2. В дисертаційній роботі (підрозділ 2.1) проведений аналіз часових рядів медико-біологічних параметрів з використанням дисперсійного аналізу та аналіз часових рядів медико-біологічних сигналів (підрозділ 3.4) методами нелінійної динаміки. Було б доречно провести аналіз часових рядів медико-біологічних параметрів та медико-біологічних сигналів при дії факторів дестабілізації та порівняти отримані результати для одних і тих самих груп операторів.

3. Отримана модель прогнозування різкого порушення функціонального стану на основі штучних нейронних мереж (підрозділ 6.2) та модель прогнозування динаміки зміни медико-біологічного параметру з використанням модифікованого рівняння Yule-Walker в метриці Geman-McClure (підрозділ 5.3). Було б доречно провести порівняльне дослідження даних особливостей прогнозування даними підходами.

4. В дисертаційній роботі проведений розрахунок, який доводить підвищення точності прогнозування з використанням метрики Geman-McClure. Але в авторефераті цьому дослідженню приділено занадто мало уваги.

#### **ВИСНОВОК**

Дисертаційна робота ІВАНЕЦЬ Ольги Борисівни на тему «Методологія синтезу управління функціональним станом персоналу з елементами штучного

інтелекту в умовах невизначеності», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.03 «Системи та процеси керування» включає самостійні, авторські висновки і результати, які мають наукове підґрунтя і були успішно інтегровані для практичного використання в системі управління безпекою польотів. Отримані результати дослідження, представлені автором вирішують актуальну науково-практичну проблему розвитку науково-методологічного апарату управлінні функціональним станом персоналу з метою мінімізації ризику, пов'язаного з людським фактором.

Дисертаційне дослідження є закінченою науковою роботою на актуальну тему, що містить нові, науково підтверджені теоретичні та практичні висновки, що відзначаються особистим внеском автора в галузь науки.

Дисертаційна робота ІВАНЕЦЬ Ольги Борисівни на тему «Методологія синтезу управління функціональним станом персоналу з елементами штучного інтелекту в умовах невизначеності», за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною, змістом та оформленням відповідає паспорту спеціальності 05.13.03 «Системи та процеси керування», вимогам пункту 7,8,9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021р. № 1197, а її автор ІВАНЕЦЬ Ольга Борисівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.03 «Системи та процеси керування».

Опонент:

Професор кафедри телекомунікацій  
Національного технічного університету  
України "Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського"  
доктор технічних наук, професор



**Олександр ЛИСЕНКО**

