

## ВІДГУК

офіційного опонента  
провідного наукового співробітника відділу інтелектуального управління  
Міжнародного науково-навчального центру  
інформаційних технологій та систем НАН та МОН України,  
кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника  
ШЕПЕТУХИ Юрія Михайловича  
на дисертацію Благої Людмили Володимирівни  
*«Модель функціонування системи пілот-літак при управлінні  
рухом на етапі посадки»*,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
зі спеціальності 05.22.13 — навігація та управління рухом

**Актуальність теми дисертації.** Зростання складності управління сучасним літаком обумовлює необхідність створення різноманітних комп'ютеризованих систем з різними типами автоматизації. Наслідком цього є зміна ролі пілота у контурі управління літаком – він не усувається з контуру, а переключається на вирішення польотних завдань, які важко піддаються автоматизації та вирішуються на основі використання розумових здібностей людини. Тому аналіз і синтез систем, що містять в своєму складі пілота, вимагає знання його характеристик та властивостей, а також врахування певних обмежень на функціонування. При проектуванні автоматизованих систем застосовують різні методологічні підходи, пропонуються альтернативні варіанти організації процесів управління та розподілу функцій між людиною та автоматикою. Сучасні підходи до формалізації процесів, які відбуваються в системі «пілот-літак», свідчать про те, що існуючі моделі не в повному обсязі відображають стохастичні характеристики станів цієї системи. Відсутні інтегровані моделі «пілот-літак», які, шляхом об'єднання в єдине ціле модельних уявлень щодо станів ергатичної системи, забезпечували б опис як людини, так і технічної частини системи в рамках єдиного формалізованого підходу. У зв'язку з вищенаведе-

ним, дисертаційна робота Благої Л.В., де вирішується проблема створення математичних моделей функціонування ергатичної системи пілот-літак на етапі посадки, безсумнівно є важливою та актуальною.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Аналіз дисертаційної роботи свідчить про те, що її автор добре розуміє специфіку досліджуваної проблеми та коректним чином формулює її постановку. Допущення, покладені в основу теоретичних досліджень, є обґрунтованими. Розв'язання поставленої науково-технічної задачі виконувалось у відповідності до існуючої методології, зокрема були використані теоретико-множинні та теоретико-експериментальні методи; методи теорії ймовірності, випадкових процесів та математичної статистики; методи експертного оцінювання; методи дослідження операцій; методи теорії графів; методи математичного та комп'ютерного моделювання. Результати моделювань, виконаних в процесі дослідження, порівнювались з отриманими аналітичними співвідношеннями, що дозволило авторів довести адекватність аналітичних співвідношень та моделей.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Основні аспекти наукової новизни кандидатської дисертації Л.В. Благої полягають у наступному. Автором вперше розроблено стохастичну математичну модель діяльності ергатичної системи «пілот-літак» на етапі посадки як системи масового обслуговування, що об'єднує модельні відображення станів людини-оператора і технічної частини системи. Автором також вперше розроблена стохастична математичну модель детермінованих станів інтелектуальної діяльності пілота при управлінні літаком, що дозволяє формалізувати процеси сприйняття інформації, її опрацювання та прийняття рішення по управлінню як стани системи масового обслуговування. Крім того, автором удосконалено математичну модель узагальненої робочої характеристики людини-оператора - в склад цієї моделі

введена система масового обслуговування, яка дозволяє досліджувати узагальнені характеристики операторської діяльності в системі пілот-літак на етапі заходу на посадку.

**Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.** Обґрунтованість та достовірність викладених у дисертаційній роботі наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується адекватним вибором та коректним застосуванням фізично обґрунтованих математичних моделей процесів взаємодії людини з технічною складовою системи за різних режимів і умов польоту. По результатам аналізу змісту дисертаційної роботи можна зробити висновок, що основні викладені в ній наукові положення в цілому є теоретично обґрунтованими та підтверджуються широким обсягом результатів комп'ютерного моделювання.

**Значущість отриманих результатів для науки.** Наукова значущість отриманих автором результатів обумовлюється тим, що в процесі виконання дисертаційної роботи були розроблені дві нові математичні моделі – по-перше, стохастична математична модель діяльності ергатичної системи пілот-літак на етапі заходу на посадку як системи масового обслуговування та, по-друге, стохастична математична модель детермінованих станів інтелектуальної діяльності пілота при управлінні літаком. Також до наукового внеску можна віднести удосконалення математичної моделі «Узагальнена робоча характеристика людини-оператора» за рахунок введення нового базису, що описує діяльність людини-оператора як складової системи масового обслуговування.

**Практична цінність дисертаційної роботи.** Виконана дисертаційна робота, поряд з науковою новизною, також характеризується практичною цінністю. З точки зору практичного використання розробленої інформаційної технології найбільш вагомими є наступні положення:

- розроблені математичні моделі дозволяють підвищити безпеку польотів шляхом моделювання позаштатних ситуацій, виявлення критичних пара-

метрів діяльності ергатичної системи пілот-літак, а також розробки ефективних заходів усунення позаштатних ситуацій та корегування значень критичних параметрів;

- створені математичні моделі забезпечують можливість проведення оцінки готовності пілота до дій в позаштатних ситуаціях, що може слугувати основою для удосконалення методології навчання та підвищення кваліфікації пілотів;

- отримані в ході виконання дисертаційної роботи результати можуть бути використані при розробці спрямованої на підвищення безпеки польотів методики взаємодії пілота та засобів відображення інформації на етапі заходу на посадку;

- результати дисертаційної роботи також можуть бути застосовані для розробки програмного забезпечення та проектування інтелектуальних систем, зокрема, в технологічному процесі побудови та модернізації інформаційних інтерфейсів пілота для режимів заходу на посадку.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана в рамках концепцій ІКАО з проблем людського фактору та має зв'язок з наступними держбюджетними науково-дослідними роботами: «Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі» (987-ДБ15 № держреєстрації 0218U003279); «Розробка комплексу оцінювання та прогнозування ситуацій в соціотехнічних аеронавігаційних системах за умов ризику та невизначеності» (870-ДБ-13 НДЧ № держреєстрації 0113U000089). У вищезазначених роботах автор був безпосереднім виконавцем в частині розділів, спрямованих на аналіз діяльності операторів аеронавігаційної системи та визначення шляхів підвищення надійності цієї діяльності.

**Повнота викладання основних положень дисертації в опублікованих працях.** Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно викладені в опублікованих автором наукових працях. Так, загалом

за темою дисертації опубліковано 27 робіт, у складі яких: п'ять наукових статей у фахових виданнях України, чотири публікації міжнародних конференцій, які входять до наукометричної бази Scopus, а також 18 робіт у збірниках матеріалів конференцій. Особистий внесок здобувача в сумісних публікаціях є підтвердженим. Рівень та кількість публікацій, рівень апробації відповідають вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій в Україні.

**Ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації.**

Зміст автореферату повно та адекватно відображає основні положення дисертаційної роботи.

**Відповідність дисертаційної роботи науковій спеціальності.** За своїм змістом дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.13 — навігація та управління рухом.

**Оформлення дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота та її автореферат оформлені відповідно вимогам, що висуваються МОН України до оформлення дисертаційних робіт та їх авторефератів.

**Структура роботи та її основний зміст.** Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 166 сторінок. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел зі 146 найменувань і 3-х додатків, де представлено акти впровадження, математичну модель складових системи «пілот-літак», код програми «Модель діяльності людини-оператора як система масового обслуговування» в середовищі MatLab. Обсяг основної частини дисертації становить 123 сторінки.

**У вступі** розглянуті питання щодо актуальності теми дисертації, розкрито сутність та стан наукової проблеми, її значущість, підстави та вихідні дані для проведення дослідження, обґрунтовано наукову новизну та практичну цінність роботи, наведені відомості стосовно публікацій за темою дисертаційної роботи та дані щодо апробації та впровадження основних результатів.

У першому розділі проведений аналіз стану проблеми інформаційної взаємодії пілота з літаком у швидкоплинних умовах сучасного повітряного руху. Автором зроблений висновок, що постійне підвищення щільності польотів призводить до суттєвого зростання складності систем керування. Особливо складні завдання необхідно вирішувати на етапі посадки, коли, за даними статистики, відбувається 40-50% від загальної кількості випадків виникнення аварійних ситуацій. У розділі розглянуті характерні риси діяльності при управлінні сучасним літаком, а також досліджені моделі обробки інформації людиною-оператором. На основі огляду та порівняльного аналізу існуючих публікацій зроблено висновок, що існуючі моделі не в повному обсязі відображають стохастичні характеристики станів системи пілот-літак на етапі заходу на посадку. Також визначено, що найбільш доцільним підходом до формалізації процесів, які відбуваються в системі пілот-літак на етапі заходу на посадку, є використання методів теорії масового обслуговування.

У другому розділі розглянуті основні риси та визначені закономірності діяльності пілота по управлінню сучасним літаком у різних режимах роботи. Зокрема, побудована узагальнена структура людино-машинної системи «пілот-літак» та розроблена функціональна схема комунікаційної взаємодії при заході літака на посадку. Зроблений висновок щодо необхідності автоматизації процесу керування літаком на етапі заходу на посадку, що дасть можливість суттєво знизити імовірності невірних рішень, усунути помилки обробки інформації та підвищити показники точності. У розділі також проведено визначення основних контрольованих параметрів, необхідних для сталої роботи моделі оцінки ефективності. За результатами обробки проведеного в ході виконання дисертаційного дослідження експертного опитування пілотів різних авіакомпаній зроблений висновок, що найбільш інформативними для пілота параметрами руху літака при заході на посадку у директорному режимі є наступні: швидкість та висота польоту, кути крену, курсу, тангажу. Ці параметри враховувалися при побудові математичної моделі, призначеної для оцінки

ефективності пілотування в директорному режимі при заході на посадку сучасного літака. Важливою перевагою запропонованого підходу є те, що, з метою збільшення точності і вірогідності процедури одержання експертних оцінок, розрахунок вагових коефіцієнтів проводився з урахуванням різномірності в складі експертів.

**Третій розділ** дисертаційної роботи присвячений побудові структури та розробці заснованої на теорії масового обслуговування математичної моделі для людино-машинної системи «пілот-літак» на етапі заходу на посадку. Відмітною особливістю запропонованого підходу є об'єднання у єдине ціле розрізнених модельних уявлень щодо поточних станів людини-оператора і технічної частини системи. У розділі обґрунтовується висновок щодо того, що модель системи «пілот-літак» повинна містити комунікаційну складову та визначати інтенсивності переходу системи із одного стану в інший. Для верифікації розробленої моделі «пілот-літак» було застосовано програмний комплекс в інтегрованому середовищі для інженерних та математичних розрахунків MatLab. За допомогою цього комплексу виконувалась серія моделювань діяльності людини-оператора як системи масового обслуговування за різних початкових умов та при різних сценаріях розвитку польотних ситуацій. Наведені у розділі результати моделювань засвідчують відповідність між параметрами, отриманими за допомогою використання розроблених моделей, та параметрами, отриманими з системи реєстрації стану літака на етапі заходу на посадку.

**У четвертому розділі** досліджені шляхи вдосконалення математичної моделі, яка визначає узагальнену робочу характеристику людини-оператора. Головною перевагою застосування цієї моделі є те, що за її допомогою можливо аналізувати основні складові інтелектуальної операторської діяльності в системі «пілот-літак» на етапі заходу на посадку. Зокрема, у розділі розглянуті питання використання узагальненої робочої характеристики для визначення

напруженості функціонування людини-оператора та отримання практично важливих даних щодо властивостей різних по своєму складу операторських дій. Це є особливо важливим тому, що проблеми проектування сучасних авіаційних систем керування літаками є багатоплановими та суттєво залежать від того, наскільки правильно та безпомилково враховується так званий «людський фактор». Тому розроблена стохастична математична модель операторської інтелектуальної діяльності по управлінню літаком, за допомогою якої стало можливим визначення рівня напруженості роботи людини-оператора, може бути застосована для поліпшення методики тренувань та навчання пілотів.

**У висновках** наведені основні наукові результати, отримані у процесі виконання дисертаційної роботи, а також визначені напрямки практичного використання цих результатів.

#### **Зауваження до дисертаційної роботи.**

1. У «Переліку умовних скорочень» (стор. 14) наведені скорочення ЛА (літальний апарат) та ПК (повітряний корабель). В тексті дисертації використовується то одна, то інша аббревіатура (наприклад, ЛА - на стор. 23, 28, 29, ПК – на стор. 24, 25). При цьому автором чітко не визначено різницю між цими термінами.

2. Із тексту дисертаційної роботи не зовсім зрозуміло, яким чином в процесі побудови моделі діяльності системи «пілот-літак» на етапі заходу на посадку враховувалися аеродинамічні характеристики літака.

3. В тексті автореферату було б доцільно приділити більше уваги аналізу результатів верифікації розробленої стохастичної моделі діяльності ергатичної системи «пілот-літак» на етапі заходу на посадку.

4. Наведений на стор. 75 рис 3.3, де показані функціональні відображення станів та інтенсивності переходів, містить надто багато елементів, що утруднює його усвідомлення.



5. При розробці логіко-структурної схеми людино-машинної системи «пілот-літак» доцільно було б конкретизувати складові наведеної на рис. 3.4 (стор. 78) відповідної функціональної схеми.

6. У тексті дисертації присутні окремі стилістичні, логічні та граматичні помилки. Наприклад, на стор. 61 наведено наступне речення «Необхідність автоматизації процесу керування літаком на етапі заходу на посадку пояснюється зниженням імовірності невірних рішень ... та підвищенням точності керування». Ймовірно, автор мав на увазі, що автоматизація буде мати результатом зниження імовірності невірних рішень та підвищення точності.

7. Не усі запропоновані автором терміни є вдалими. Наприклад, на стор. 120 згадується «етап усвідомлення – етап дії, спрямованої на реалізацію обраного алгоритму управління ЛА». Здається некоректним ототожнювати «усвідомлення» та «дію».

8. У списку використаних джерел деякі наведені публікації оформлені за застарілими вимогами.

**Загальні висновки.** Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що дисертація Благої Людмили Володимирівни «Модель функціонування системи пілот-літак при управлінні рухом на етапі посадки» є завершеним науковим дослідженням, яке містить нові науково обґрунтовані та практично важливі результати. Ці результати у своїй сукупності вирішують актуальне завдання, яке полягає в розробці математичних моделей функціонування ергатичної системи «пілот-літак» на етапі посадки, що в повній мірі відповідає паспорту спеціальності 05.22.13 — навігація та управління рухом.

Сукупність наукових положень, сформульованих та обґрунтованих у дисертаційній роботі, складає основу для удосконалення методики оцінювання готовності пілота до дій у позаштатних ситуаціях в польоті та розроблення шляхів удосконалення методології навчання пілотів і підвищення їх кваліфікації, а також для розробки нових та модернізації існуючих інформаційних ін-

терфейсів пілота для режимів заходу на посадку; дані, отримані в процесі моделювання, можуть використовуватися для створення програмного забезпечення та проектування інтелектуальних систем.

Автореферат повністю відображає зміст та основні положення дисертації.

Дисертація за своєю актуальністю, науковою новизною, практичним значенням отриманих результатів, обґрунтованістю основних положень та висновків повністю відповідає вимогам п. 9, 11, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року, які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а здобувач, Благая Людмила Володимирівна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.13 — навігація та управління рухом.

## ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ

провідний науковий співробітник  
відділу інтелектуального управління  
Міжнародного науково-навчального центру  
інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України,  
к.т.н., с.н.с.

*Ю.М. Шепетука*

Ю.М. Шепетука

Підпис провідного наукового співробітника відділу інтелектуального управління Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України, к.т.н., с.н.с. ШЕПЕТУХИ Юрія Михайловича засвідчую

**Вчений секретар**  
Міжнародного науково-навчального центру  
інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України,  
к.т.н.



*О.О. Родіонов*

О.О. Родіонов