

ВІДГУК

офіційного опонента

професора кафедри математичних методів системного аналізу
Національного технічного університету України
«КПІ імені Ігоря Сікорського», доктора технічних наук, професора,
БІДЮКА Петра Івановича

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. Дисертаційну роботу Благої Людмили Володимирівни присвячено вирішенню важливої науково-практичної проблеми, що пов'язана з розробкою математичних моделей функціонування ергатичної системи пілот-літак на етапі посадки, які відіграють важливу роль в загальному процесі управління сучасним літаком.

Для вирішення проблем проектування автоматизованих систем керування використовується кілька десятків методологічних підходів до людини і техніки, в яких пропонуються різні варіанти оптимізації взаємодії людини та автоматизованої системи, організації процесів управління, вибору ролі людини, розподілу функцій між автоматикою та людиною. Як висновок, виникає завдання формалізованого опису діяльності людини-оператора, розробки математичних моделей, структурних рішень та алгоритмів, які призначені для інтелектуалізації прийняття рішення в автоматизованих системах управління збором та обробкою стохастичної польотної інформації, методів та пристроїв для оцінювання працездатності людини з метою підвищення надійності операторської діяльності і, як наслідок, безпеки польотів.

Основні результати, які представлені в роботі, отримано на кафедрі аеронавігаційних систем Національного авіаційного університету, при виконанні відповідних НДР НАН та МОН України, у яких здобувач була безпосереднім виконавцем окремих етапів, пов'язаних з розв'язанням задач аналізу діяльності операторів аеронавігаційної системи та шляхів підвищення надійності їх діяльності.

51.13/164
06.09.2021

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, результати і висновки дисертації є достатньо обґрунтованими. Вони базуються на ретельному аналізі сучасних науково-технічних джерел з досліджуваної проблеми; коректному визначенні мети і задач дослідження; бездоганному використанні відомих і розробці нових математичних моделей функціонування ергатичної системи пілот-літак на етапі посадки; критичному порівнянні відомих і отриманих результатів обчислювальних експериментів, виконаних авторкою роботи, та чіткому формулюванню висновків.

Структура, задачі та короткий зміст роботи

Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, визначено науково-практичне завдання для виконання досліджень, відображено зв'язок роботи з науковими програмами, темами, сформульовано мету і основні задачі дослідження, охарактеризовано наукові та практичні результати. Подано дані про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації результатів, розглянуто структуру і обсяг дисертації.

У **першому розділі** виконано аналіз відомих публікацій з проблеми математичного моделювання діяльності людини-оператора. Встановлено, що існуючі математичні моделі обробки інформації людиною-оператором не повною мірою відображають функціонування ергатичної системи пілот-літак для режиму заходу на посадку. Визначено, що відсутні системні моделі пілот-літак, які за рахунок об'єднання модельних уявлення станів людини-оператора і технічної частини ергатичної системи в єдину модель, забезпечували б опис як людини, так і технічної частини системи керування в рамках єдиного підходу до формалізації процесу.

У **другому розділі** визначено, що автоматизація процесу управління сучасним літаком є наслідком зростання складності авіаційної техніки. Людина є суб'єктом управління і саме від її успішної діяльності залежить якість функціо-

нування системи загалом. Для визначення параметрів, на основі яких відбувається управління літаком в директорному режимі на етапі заходу на посадку, використано метод експертних оцінок. Після проведеного дослідження виявлено основні параметри польоту, які використовуються для управління літальним апаратом при заході на посадку в директорному режимі. Для оцінювання умов польоту інформацію про політ, яка розділена між різними приладами, потрібно інтегрувати в єдину систему.

Третій розділ присвячено побудові математичної моделі «пілот–літак» як системи масового обслуговування. У якості модельного підходу до побудови моделі людини-оператора, як невід’ємної складової ергатичної системи «пілот–літак», застосовано підходи теорії масового обслуговування. Створено структурну та функціональну схеми ергатичної системи моделі «пілот-літак». Проведено верифікацію отриманої моделі «пілот-літак» як системи масового обслуговування завдяки широкому моделюванню при різних початкових умовах та різних польотних ситуаціях за допомогою розробленого програмного комплексу в інтегрованому середовищі для інженерних та математичних розрахунків MatLab. Результати розширеного математичного моделювання системи «Моделі діяльності людини-оператора як системи масового обслуговування» показали, що параметри отримані за моделлю, відповідають параметрам польоту, отриманим з системи реєстрації фактичних параметрів літака в режимі заходу на посадку.

У четвертому розділі розглянуто функціональну модель інтелектуальної діяльності Л-О-пілота, яка складається з визначених етапів, оскільки процес опрацювання Л-О зчитаної інформації безпосередньо пов’язаний з інтелектуальною діяльністю людини – розумовою роботою з вирішення завдань управління літаком з елементами невизначеності. Розроблено стохастичну математичну модель станів інтелектуальної діяльності пілота при пілотуванні літаком, яка на відміну від існуючих моделей, дозволяє формалізувати процеси сприйняття інформації, її опрацювання та прийняття рішення по керуванню як станами системи масового обслуговування.

Удосконалено математичну модель «Узагальнена робоча характеристика Л-О», за рахунок введення нового базису – операторів діяльності Л-О – як системи масового обслуговування, що дозволяє досліджувати системні характеристики операторської діяльності в системі «пілот-літак» на етапі заходу на посадку. В області суттєвого зменшення числових значень коефіцієнтів спостерігається зменшення УРХ, що відповідає погіршенню роботи ергатичної системи «пілот-літак» по відновленню заданих параметрів польоту, що в свою чергу свідчить про необхідність внесення коректив у методики підготовки пілотів по відпрацюванню нештатних та аварійних ситуацій.

Висновки за розділами і результати дисертації сформульовані достатньо чітко, логічно і відповідають змісту роботи.

Список використаних джерел є достатньо повним, він охоплює вітчизняні та зарубіжні публікації і містить 146 найменувань.

У додатках подано акти впровадження результатів дисертаційної роботи, математичну модель складових системи «пілот-літак» та код програми «Модель діяльності людини-оператора як система масового обслуговування», розробленої в інтегрованому середовищі MatLab.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність сформульованих в роботі положень, висновків і результатів забезпечуються коректною постановкою завдання розробки та удосконалення математичних моделей, моделювання з метою верифікації розроблених моделей. Достовірність отриманих результатів також підтверджується узгодженням теоретичних і експериментальних результатів досліджень, а також успішним застосуванням цих результатів на практиці.

Новими науковими результатами можна вважати такі:

1. Вперше розроблено стохастичну математичну модель діяльності ергатичної системи пілот-літак на етапі заходу на посадку як системи масового обслуговування, яка на відміну від існуючих розрізнених моделей об'єднує модельні уявлення станів людини-оператора і технічної частини системи в єдину модель.

2. Вперше розроблено стохастичну математичну модель станів інтелектуальної діяльності пілота при пілотуванні літаком, яка на відміну від існуючих моделей, дозволяє формалізувати процеси сприйняття інформації, її опрацювання та прийняття рішення по керуванню як станами системи масового обслуговування.

3. Удосконалено математичну модель «Узагальнена робоча характеристика людини-оператора», за рахунок введення нового базису – операторів діяльності людини-оператора – як системи масового обслуговування, яка дозволяє досліджувати системні характеристики операторської діяльності в системі пілот-літак на етапі заходу на посадку.

Значимість отриманих результатів для науки та практичного використання

Розроблені математичні моделі дозволяють підвищувати безпеку польотів шляхом моделювання позаштатних ситуацій, виявлення критичних параметрів діяльності ергатичної системи пілот-літак та розробки ефективних заходів щодо підвищення безпеки польотів; проводити оцінку готовності пілота до дій в позаштатних ситуаціях в польоті та розробляти заходи щодо удосконалення методології навчання пілотів та підвищення їх кваліфікації; обґрунтовувати доцільність використання отриманих даних при розробці методик підвищення безпеки польотів на етапі заходу на посадку при взаємодії пілота та засобів відображення інформації; можуть бути використані в технологічному процесі розробки та модернізації інформаційних інтерфейсів пілота для режимів заходу на посадку, а також для програмного забезпечення і проектування інтелектуальних систем.

Ефективність цих моделей підтверджена актами впровадження отриманих результатів в практичну діяльність на АНТК «Антонова», в Авіакомпанії «Украерорух». Результати роботи впроваджено також в навчальний процес Національного авіаційного університету на кафедрі аеронавігаційних систем.

Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих роботах

Основний зміст дисертації викладено в 27-ми друкованих наукових працях, з них: п'ять наукових статей у фахових виданнях, чотири публікації у між-

народних конференціях, які входять до наукометричної бази Scopus, а також 18-ть тез наукових конференцій.

Автореферат ідентичний за змістом основним положенням дисертації, з достатньою повнотою відображає основні наукові результати роботи, написаний грамотною мовою з використанням сучасної наукової термінології.

Зауваження по роботі

1. Вважаю за доцільне було б надати більш повні означення та оцінки невизначеностям, що зустрічаються у процесі дослідження. Бажано було б надати їм більш повні числові значення: конкретизувати типи розподілу ймовірностей та їх параметри.

2. На стор. 38 використано незрозумілий вираз: «... швидкість вхідного сигналу ...» – необхідно було б надати роз'яснення цього виразу.

3. Для побудови математичних моделей доцільно було б застосувати методологію системного аналізу, яка передбачає спільне застосування експертних оцінок та статистичних даних, а також ідентифікацію і явне врахування можливих невизначеностей.

4. У роботі немає числових характеристик адекватності математичної моделі у формі системи лінійних диференціальних рівнянь, що характеризують перехідні ймовірності. Відсутність числових характеристик адекватності моделі може погіршувати результати роботи моделі при її використанні для конкретних практичних задач.

5. Для аналізу ризику виконання неправильних дій людиною-оператором при керуванні літаком на режимі заходу на посадку було б доцільно застосувати теорію операційних ризиків, що ґрунтується на ймовірнісних моделях байєсівського типу.

6. В тексті дисертаційної роботи наявні незначні синтаксичні помилки. На стор. 34: замість слова «напрямоків» необхідно було б використати слово «напрямів»; на стор. 35: замість фрази «тимчасова невизначеність» необхідно було б використати фразу «часова невизначеність»; на стор. 43: замість фрази «показовою функцією» необхідно було б використати фразу «показниковою функці-

єю»; на стор. 60: замість фрази «Так як ...» необхідно було б використати фразу «Оскільки ...».

Надані зауваження не впливають на високу якість результатів дисертаційної роботи у цілому і не зменшують її наукову та практичну цінність.

Загальні висновки по роботі

Вважаю, що дисертаційна робота Благої Людмили Володимирівни «Модель функціонування системи пілот-літак» за своїм змістом повністю відповідає паспорту спеціальності 05.22.13 — навігація та управління рухом. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка вирішує важливу актуальну проблему наукового обґрунтування і розробки математичних моделей функціонування ергатичної системи «пілот-літак» на етапі посадки; містить достатню наукову новизну. Дисертація відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами, внесеними згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р. № 656, 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: професор кафедри математичних методів системного аналізу Національного технічного університету України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук, професор

П.І. Бідюк

Підпис професора кафедри математичних методів системного аналізу Національного технічного університету України «КПІ імені Ігоря Сікорського», доктора технічних наук, професора Петра Івановича Бідюка, засвідчую:

