

¹Василь Павлович Ясинецький (канд. військ. наук, доцент)¹Олександр Вікторович Якобінчук (канд. військ. наук, доцент)²Ігор Олексійович Борозенець (канд. техн. наук)³Володимир Сергійович Мажаров¹Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна²Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна³Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна

ФОРМАЛІЗОВАНА МОДЕЛЬ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

Стаття присвячена розгляду основних положень статистичного моделювання діяльності оператора при виконанні ним функціональних обов'язків з управління повітряним рухом. Запропоновано математичну модель системи, яка відображає особливості діяльності оператора системи людина-машина. У якості математичного апарату процесу формалізації обґрунтовано застосування теорії масового обслуговування. Для вирішення поставленого завдання були виділені особливості, обумовлені психофізіологічними закономірностями операторської діяльності. На основі принципів формалізації, які було викладено, побудовано алгоритм діяльності оператора управління повітряним рухом. Показано, що модель діяльності оператора управління повітряним рухом, яку було розроблено, дозволяє визначити основні характеристики ефективності роботи оператора: імовірність відмови в обслуговуванні заявки, що надійшла, імовірність бездіяльності оператора, закон розподілу довжини черги заявок, своєчасність і безпомилковість прийняття рішень в процесі управління та ін.

Ключові слова: людина-оператор; модель діяльності оператора; формалізація; система людина-машина; процес функціонування; ефективність діяльності.

Вступ

В даний час відзначається інтенсивне впровадження інформаційних технологій практично в усі сфери діяльності сучасного суспільства, що в свою чергу обумовлює їх все більш зростаючий вплив на людину-оператора. Сучасні потенціали науки і техніки дозволяють створювати безліч різних засобів і методів для впливу на функціональні можливості людини, змінювати їх діяльність як опосередковано, так і в реальному масштабі часу, що безпосередньо пов'язано з безпекою і ефективністю операторської праці.

Постановка проблеми. Сучасні “системи людина-машина” (СЛМ) забезпечують роботу в режимі, коли цикл функціонування в принципі може бути виконаний автоматично, але досягнення необхідної ефективності системи при цьому не гарантується. У такому випадку оператор управління повітряним рухом (ОУПР) змушений займатися розбором конфліктних ситуацій, не передбачених алгоритмом застосування СЛМ або недостатньо реалізованих, а також коригуванням рішень прийнятих автоматично (автоматизовано), виходячи з формалізації (а, отже, недоступних машині) уявлень.

Внаслідок цього, в сучасних СЛМ спостерігається стійка тенденція підвищення інформаційного навантаження на людину-оператора (ЛО).

Аналіз остатніх досліджень і публікацій. Розробці і опису моделей діяльності людини в СЛМ присвячено досить велику кількість робіт. Ряд робіт присвячені принципам і теоретичним основам формування моделей діяльності людини,

в інших з них розглянуті моделі простих дій або процесів, які є елементами складної діяльності людини. Моделі складних систем формуються, як правило, на основі застосування теорії систем масового обслуговування. Такі моделі дозволяють отримати узагальнені характеристики системи і її “людської” ланки (середній час обслуговування заявок, ймовірність обслуговування і т.п.). Разом з цим достовірність досліджень ергатичних систем багато в чому залежить від ступеня детального розгляду діяльності людини в системі.

При моделюванні діяльності оператора необхідно враховувати такі особливості [1, 2]:

цілеспрямованість поведінки діяльності оператора;

різномірність елементів, що беруть участь в виконанні кожної технологічної операції (людина і засоби);

наявність переривань в процесі функціонування діяльності оператора внаслідок відмов і помилок людини при виконанні технологічних операцій;

наявність як інтеріорізованих (мисленнєво-планувальних), так і екстеріорізованих (виконавчих) дій людини;

можливості перебудови поведінки людини (вибору іншого алгоритму дій) при зміні ситуативних умов (появи дефіциту часу, емоційних факторів і т.п.);

наявність мінливості в характеристиках дій людини (коливання витрат часу, стомлення та ін.).

Розробка та впровадження в практику статистичних імітаційних моделей складної діяльності оператора стало можливим в умовах використання досягнень сучасних інформаційних

технологій.

При проектуванні або модернізації СЛМ дуже важливо узгодити темп надходження інформації з психофізіологічними здібностями людини з її оброблення. Для вирішення цього завдання необхідно розробити методи формалізації діяльності ОУПР. Моделюючи таку систему за допомогою ЕОМ, можливо визначити пропускну спроможність людини-оператора, обґрунтувати необхідну кількість операторів чергової зміни, зробити вибір необхідної кількості робочих місць. У деяких випадках для математичного опису діяльності оператора може бути застосована теорія масового обслуговування.

Застосування теорії масового обслуговування для побудови моделі діяльності оператора при виконанні функцій технічної діагностики, прийняття рішень і введення їх в систему за умов, що розглядаються, наведено у [2]:

об'єкти, що контролюються повинні бути однотипні за своїми функціями і станами;

сприйняття сигналів, що свідчать про надходження заявки на обслуговування, має бути зведено до симультанного;

візуальний пошук сигналів повинен бути відсутнім;

група реакцій (обслуговуючих дій) повинна бути обмежена;

інформація повинна надходити дискретно.

Метою статті є побудова моделі людини-оператора є визначення тієї допустимої щільності вхідного потоку, при якій він ще успішно справляється з покладеними на нього функціями.

Виклад основного матеріалу дослідження

Недоступність обслуговування. Зважаючи на значне розумово-емоційне навантаження при роботі за пультом управління, частина робочого часу оператора повинна бути надана йому для відпочинку. Крім того, у оператора можуть бути і інші обов'язки, не пов'язані безпосередньо з обслуговуванням заявок, що надходять. Будемо вважати, що ця додаткова робота може виконуватися в ті періоди часу, коли в системі обслуговування немає заявок. Така додаткова робота називається пов'язаною, оскільки періоди часу, в які вона виконується, визначаються моментами надходження інформації на обслуговування [3]. Повинна бути справедливою нерівність:

$$\frac{T_{\text{відп}} + T_{\text{дод}}}{T_{\text{фо}}} \leq P_0, \quad (1)$$

де P_0 – імовірність відсутності заявок у системі, або частка часу, протягом якого оператор не займається безпосередньо обслуговуванням інформації, яка надійшла;

$T_{\text{відп}}$, $T_{\text{дод}}$ – час, необхідний оператору для відпочинку і виконання додаткової роботи відповідно;

$T_{\text{фо}}$ – тривалість виконання функціональних обов'язків.

Згідно [2] $T_{\text{від}} \approx T_{\text{фо}}$, а при напруженій роботі

ця величина повинна бути дещо збільшена. З умови (1) отримуємо максимально допустиму щільність вхідного потоку $\lambda_{\text{доп}}$.

Облік особливостей пам'яті ЛО. Психологія пам'яті розглядає три види каналів, що передають інформацію: канал без пам'яті, канал з короткочасною пам'яттю, канал з довготривалою пам'яттю.

У випадках, коли виключити роль пам'яті при переробці інформації не вдається, рекомендується використання короткочасного запам'ятовування замість довготривалого [1]. При моделюванні людського каналу з короткочасною пам'яттю необхідно розглянути такі її характеристики, як обсяг і тривалість збереження.

Обсяг безпосередньої (короткочасної) пам'яті визначається тією кількістю об'єктів, які оператор в змозі відтворити після однократного надання. Як показано в [1-3], обсяг безпосередньої пам'яті може відтворити 5-9 об'єктів. У нашій моделі ця властивість пам'яті буде враховуватися таким чином, щоб число заявок в системі із заданою імовірністю $P_{\text{зад1}}$, не перевищувало деякої величини K_0 , що лежить у межах 5-9:

$$P_{\text{зад1}} \leq \sum_{k=0}^{K_0} q_k, \quad (2)$$

де q_k – імовірність знаходження в системі k заявок.

Конкретні значення величин $P_{\text{зад1}}$ та K_0 залежать від специфічних умов діяльності оператора і можуть бути визначені для кожного конкретного виду діяльності.

Іншим властивостям пам'яті ЛО, що підлягають обліку при формалізації діяльності оператора, є властивість забування накопиченої інформації. Крива забування має вигляд, зображений на рис. 1.

Аналітичний вираз кривої забування має такий вигляд [4]:

$$n = \frac{k - m}{k - m e^{-(k-m)t}},$$

де n – відносна кількість інформації, яку запам'ятав оператор;

k і m – деякі константи.

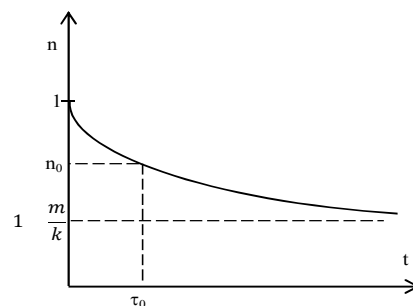


Рис. 1. Крива забування

Виходячи з умов виконання конкретного завдання управління, можна визначити той допустимий рівень забування n_0 , який не впливає на правильне виконання поставленого завдання. Після цього визначається допустимий час

очікування заявки в черзі τ_0 . Очевидно, процес забування інформації, що накопичується буде випадковим, а зображена на рис. 1 крива є однією з реалізацій цього випадкового процесу. Ці реалізації будуть різними як для різних операторів, так і для одного оператора в залежності від його психофізіологічного стану. Відповідно до цього допустимий час очікування початку обслуговування τ_0 буде випадковою величиною, розподіленою за певним законом. Щільність вхідного потоку $\lambda_{\text{доп3}}$ обирається на підставі виконання умови, щоб із заданою для даної системи імовірністю час очікування початку обслуговування не перевищував величини τ_0 .

Облік допустимого часу циклу регулювання. У розглянутому вище випадку при розгляді часу очікування початку обслуговування враховувалась тільки властивість пам'яті – забувати інформацію і жодним чином не враховувалась умова забезпечення допустимого часу циклу регулювання. Як відомо, в загальному випадку час циклу регулювання дорівнює:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{інф}} + t_0 + t_{\text{в}},$$

де $t_{\text{інф}}$ – час вироблення джерелом інформації даних про процес управління та передавання їх оператору;

t_0 – допустимий час перебування заявок в системі обслуговування;

$t_{\text{в}}$ – час передавання команд управління на виконавчий пристрій та їх виконання.

Для кожної конкретної задачі управління величини, $T_{\text{ц}}$, $t_{\text{інф}}$ і $t_{\text{в}}$ можуть бути визначені. Знаючи їх, можна визначити максимально допустимий час t_0 проходження інформації через ланку ЛО. Таким чином, час перебування заявок в системі обслуговування не повинен перевищувати із заданою імовірністю величини:

$$P_{\text{зад3}} \leq \int_0^{t_0} \varphi(t) dt, \quad (3)$$

де $\varphi(t)$ – щільність імовірності часу перебування вимоги в системі.

З умови відповідності нерівності (3) знаходиться максимально допустима щільність вхідного потоку $\lambda_{\text{доп4}}$.

Вплив помилок оператора. Розглянуті питання пов'язані тільки з визначенням продуктивності діяльності оператора. Однак правильне рішення завдання, що поставлено неможливо без урахування впливу помилок оператора. Цей облік може вестися наступними способами:

1. Виправлення несуттєвих помилок оператор може здійснювати в ті проміжки часу, коли не зайнятий безпосередньо обслуговуванням заявок. У цьому випадку виправлення помилки можна розглядати як пов'язану додаткову роботу. Значення P_0 знаходиться з умови:

$$\frac{T_{\text{відп}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{пом}}}{T_{\text{фо}}} \leq P_0,$$

де $T_{\text{пом}}$ – сумарний час виправлення несуттєвих помилок.

2. Виправлення помилки повинно здійснюватись негайно після її виявлення. У цьому випадку необхідно розглядати систему обслуговування з ненадійним апаратом, що обслуговує, а час виправлення помилки вважати часом відновлення [4 –5]. Для визначення $\lambda_{\text{доп}}$ з урахуванням обмежень (1 – 3) необхідно задати закони розподілу потоку помилок і часу їх виправлення.

Напруженість в роботі оператора. Як зазначалося вище, робота оператора протікає в умовах великого розумово-емоційного навантаження. При певних умовах збільшення навантаження призводить до виникнення напруженості в роботі оператора. Моделювання напруженості ґрунтується на таких припущеннях:

психологічна напруженість оператора не оцінюється кількісно, так як вона не може бути заміряна безпосередньо. Однак її можна розглядати як змінну з трьома станами, що викликають або не напружену, або напружену, або перенапружену роботу оператора;

умовами, що викликають напружену роботу, є наявність черги на обслуговування і дефіцит часу;

до певної межі напруженість є фактором, що організує (оператор починає працювати швидше і точніше), після цієї межі – дезорганізує (оператор працює повільніше, або взагалі настає зрив роботи) [6];

напруженість знімається, якщо умови, що викликають її, зникають внаслідок правильної дії оператора.

Ненапружена робота має місце при відсутності черги на обслуговування і умови, що оператор, працюючи з середньою швидкістю, закінчить виконання дії до заданого часу. Аналітично ці умови можна записати наступним способом:

$$\begin{aligned} K &\leq 1; \\ \bar{\theta} &< t_0 - \tau_{\text{оч}}, \end{aligned}$$

де $\bar{\theta}$ – математичне очікування часу обслуговування при не напруженій роботі;

$\tau_{\text{оч}}$ – час очікування початку обслуговування.

Якщо в черзі є вимоги і їх число не перевищує $K_0 - 1$, або, якщо оператор вважає, що він, працюючи з середньою швидкістю (тобто за час обслуговування, що дорівнює його математичному сподіванню), не встигає закінчити обслуговування до заданого часу робота вважається напруженою. Ці умови можна записати в такому вигляді:

$$0 < K < K_0 - 1; \quad \bar{\theta}_1 < t_0 - \tau_{\text{оч}} < \bar{\theta}.$$

При напруженій роботі оператор розпочинає працювати скоріше, при цьому час обслуговування розподілено згідно із законом $f_1(t)$, відмінному від закону розподілу $f(t)$ часу обслуговування при роботі без напруженості.

Перенапруженою робота вважається, якщо

число заявок у черзі більше, ніж $K_0 - 1$, або якщо оператор вважає, що він, навіть працюючи з підвищеною швидкістю, не встигає закінчити обслуговування до заданого часу. Ці умови можуть бути записані у такому вигляді:

$$K < K_0 - 1;$$

$$\bar{\theta}_1 > t_0 - \tau_{оч},$$

де $\bar{\theta}_1$ – математичне очікування часу обслуговування при напруженій роботі.

При моделюванні діяльності оператора в умовах перенапруженості скористаємося деякими положеннями психології. Будемо вважати, що в процесі роботи у оператора здійснилася установка

на обслуговування заявки за час $\bar{\theta}_1$. Якщо цей час виявиться більшим, ніж вимагається для своєчасного обслуговування даної заявки (тобто

при виконанні умови $\bar{\theta}_1 > t_0 - \tau_{оч}$), то оператор з “динамічною” волею в результаті зміни установки спробує обслужити цю заявку; в той же час оператор з “інертною” волею, не зумівши подолати початкову установку, заявку не обслужить, і вона отримає відмову.

При проведенні дослідження 63% випробовуваних операторами з “динамічною” волею і 37% з “інертною”.

Таким чином, можна вважати, що якщо не проводиться попередній психологічний відбір операторів, при перенапруженій роботі з імовірністю, яка дорівнює 0,37 заявку не буде прийнято до обслуговування.

Необхідно відзначити, що в запропонованій моделі поріг напруженості було прийнято рівним обсягу безпосередньої пам’яті K_0 . Це є ще одним припущенням даної моделі. Правомірність такого припущення вимагає додаткової перевірки, однак це певним чином полегшує побудову алгоритму моделювання.

Взаємодія операторів. Результати діяльності ОУП істотно залежать від діяльності інших операторів, з якими він взаємодіє в процесі роботи. Якщо оператор відчуває невпевненість в діях інших операторів, то він змінює власну поведінку. Зміна поведінки оператора полягає у виконанні ним деякої додаткової роботи, яка пов’язана з контролем дій інших операторів, перевіркою даних, що одержано від них, виправленням їх помилок і т.п. Так само як і в разі врахування впливу помилок самого оператора, додаткова робота може бути двох типів.

Ця робота може проводитися у ті проміжки часу, коли оператор не зайнятий безпосередньо обслуговуванням заявки, яка надійшла. У цьому випадку її можна розглядати як пов’язану додаткову роботу, а імовірність відсутності вимог у системі обслуговування P_0 повинна відповідати виразу:

$$\frac{T_{відп} + T_{дод} + T_{пом} + T_{чв}}{T_{фо}} \leq P_0, \quad (4)$$

де $T_{чв}$ – час, що витрачається на додаткову роботу, обумовлену діями інших операторів.

Додаткова робота повинна проводитися

негайно після того, як став відомим факт про необхідність її проведення. У цьому випадку необхідно розглядати сумарний потік помилок оператора і заявок, які обумовлено невпевненими діями інших операторів. Час відновлення апарату обслуговування буде включати в себе як час виправлення власних помилок, так і час виконання додаткової роботи такого типу.

Стомлюваність оператора. Специфічні умови операторської праці, пов’язані в першу чергу з великим нервово-психічним навантаженням, неможливістю надання регламентованих перерв для відпочинку, не завжди дозволяють попередити розвиток стомлення. У зв’язку з цим працездатність оператора не є стабільною в часі характеристикою.

Одним з непрямих проявів втоми є збільшення середнього часу обслуговування. Це призводить до того, що такі характеристики системи обслуговування, як допустима щільність вхідного потоку, при якій оператор ще успішно виконує свої функції, імовірність відмови і т.п. будуть також змінюватися протягом часу. У деяких випадках, які залежать від часу, може бути не тільки час обслуговування, а й вхідний потік заявок. У цьому випадку необхідно вирішувати екстремальне завдання масового обслуговування [3]. Знаючи закон зміни щільності вхідного потоку протягом часу, можна знайти такий закон зміни

середнього часу обслуговування $\bar{\theta} = \bar{\theta}(t)$, який дасть екстремум деякого функціоналу, що визначається, наприклад, щільністю потоку заявок, які необслужено (мінімум) або щільністю результуючого потоку (максимум). Знаючи індивідуальні характеристики окремих операторів, можна сформувати такий колектив, для якого загальний час обслуговування не буде перевищувати значення $\bar{\theta}(t)$ при будь-якому значенні $t(0 < t < T_{фо})$.

Рішення подібного питання є самостійною задачею і тому при побудові алгоритму моделювання процесу діяльності не розглядається.

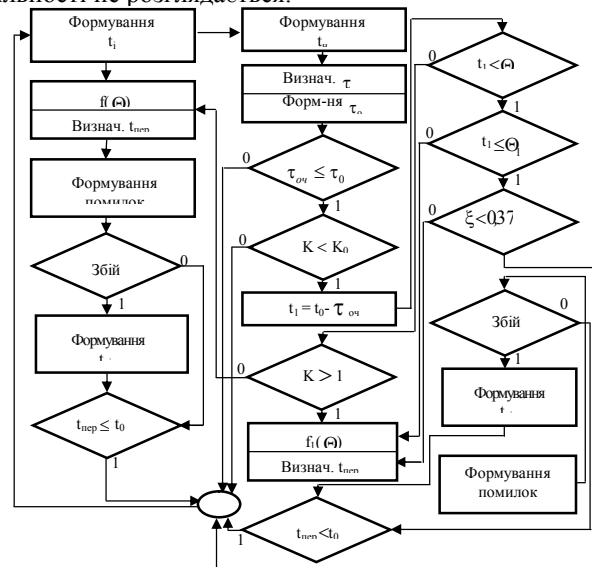


Рис. 2. Блок-схема алгоритму Розробка алгоритму моделювання процесу діяльності ОУПР. Допустима щільність вхідного

поток, при якій оператор ще успішно виконує свої функції:

$$\lambda_{\text{доп}} = \min \{ \lambda_{\text{доп}i} \}, i = 1, 2, 3, 4$$

Отримане значення $\lambda_{\text{доп}}$ може бути використано для прогностичної оцінки СЛМ:

1. Якщо відома індивідуальна пропускна спроможність, можна знайти необхідну кількість операторів пункту управління:

$$N = \frac{\Lambda}{\lambda_{\text{доп}}}$$

де Λ – загальна щільність вхідного потоку.

2. Значення, яке було знайдено можна використовувати в якості критерію для вибору оптимального варіанта побудови СЛМ. Якщо значення $\lambda_{\text{доп}}$ виявиться незадовільним (занадто

малим), слід перейти до іншого варіанту системи і вирішити задачу при нових значеннях $K_0, \bar{t}_0, t_0, P_0, P_{\text{зад}i}, \bar{\theta}, \bar{\theta}_1$. Слід зауважити, що в тих випадках, коли від оператора вимагається безумовне виконання заданої програми роботи, імовірності $P_{\text{зад}i} = 1$, а умови (2) і (3) перетворюються у рівності.

Принципи формалізації, які було розглянуто вище, можуть бути використані для побудови алгоритму моделювання процесу діяльності ОУПР. Блок-схему алгоритму наведено на рис. 2.

Принципи практичної реалізації тих чи інших операторів алгоритму не розглядаються, оскільки вони детально викладені в [3].

Висновки й перспективи подальших досліджень

Результатом роботи є прогнозування ефективності діяльності оператора в системі “людина-машина” на стадії її проектування і проведення порівняльної оцінки альтернативних варіантів системи.

За допомогою обчислень визначають допустиму щільність вхідного потоку, при якій оператор

успішно виконує свої функції. Отримане значення щільності вхідного потоку використовують для прогностичної оцінки проектованої системи.

При заданому вхідному потоці і характеристиках обслуговування модель дозволяє визначити основні характеристики ефективності роботи оператора: імовірність відмови в обслуговуванні заявки, що надійшла, імовірність бездіяльності оператора, закон розподілу довжини черги заявок та ін.

Література

1. Zhang B. et al. Using ergonomic digital human modeling in evaluation of workplace design and prevention of occupational hazards onboard fishing vessels / Zhang B. et al. // Proceedings of the 8th International conference on occupational risk prevention. – 2010. – С. 1–9.
 2. Кондратенко С. В. Методы анализа и моделирования деятельности операторов в процессе эргономического обеспечения разработки и эксплуатации человеко-машинных комплексов / Кондратенко С. В., Спасенников В. В. // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 87.
 3. Павленко М. А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М. А. Павленко, С. Г. Шило, І. О. Борозенець, Ю. І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37–39.

4. Анохин А. Н. Отечественная эргономика и эргономическое сообщество: состояние и направления развития / А. Н. Анохин // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2014. – № 1 (68). – С. 4–15.
 5. Шило С. Г. Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою МНС / С. Г. Шило, І. О. Борозенець, А. Б. Феценко // Збірник наукових праць УЦЗ України. – Вип. 9. – 2009. – С. 170–176.
 6. Математические основы эргономических исследований: монография / П. Г. Бердник, Г. А. Кучук, Н. Г. Кучук, Д. Н. Обидин, М. А. Павленко, А. В. Петров, В. Н. Руденко, О. И. Тимочко. – Кропивницкий : КЛА НАУ, 2016. – 248 с.

ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

¹Василий Павлович Ясинецкий (канд. воен. наук, доцент)

¹Александр Викторович Якобинчук (канд. воен. наук, доцент)

²Игорь Алексеевич Борозенец (канд. техн. наук)

³Владимир Сергеевич Мажаров

¹Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

²Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина

³Кировоградская летная академия Национального авиационного университета, Кропивницкий, Украина

Статья посвящена рассмотрению основных положений статистического моделирования деятельности оператора при выполнении им функциональных обязанностей по управлению воздушным движением. Предложена математическая модель системы, которая отражает особенности деятельности оператора системы человек-машина. В качестве математического аппарата процесса формализации обоснованно применение теории массового обслуживания. Для решения поставленной задачи были выделены некоторые особенности, обусловленные психофизиологическими закономерностями операторской деятельности. На основе принципов формализации, которые были изложены, построен алгоритм деятельности оператора управления воздушным движением. Показано, что модель деятельности оператора управления воздушным движением, которая была разработана, позволяет определить основные характеристики эффективности работы оператора: вероятность отказа в обслуживании поступившей заявки, вероятность бездеятельности оператора, закон распределения длины очереди заявок, своевременность и безошибочность принятия решений в процессе управления и др.

Ключевые слова: человек-оператор; модель деятельности оператора; формализация; система

FORMALIZED MODEL ACTIVITY OF OPERATORS OF AIR TRAFFIC CONTROL

¹Vasyl P. Yasynetskyi (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

¹Oleksandr V. Yakobinchuk (Candidate of Military Sciences, Associate Professor)

²Ihor O. Borozhenec (Candidate of technical sciences)

³Volodymyr S. Mazharov

¹The National Defence University of Ukraine named after Ivan Chernyakhovskiy, Kyiv, Ukraine

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University for Educational Work, Kharkiv, Ukraine

³Kirovohrad Flight Academy of National Aviation University, Kropivnitskiy, Ukraine

The article is devoted to the consideration of the main provisions of statistical modeling of the operator's activity in the performance of his functional duties of air traffic control. A mathematical model of the system that reflects the features of the operator of the human-machine system is proposed. As a mathematical apparatus of the formalization process, the queuing theory of queuing is justified. To solve this problem, certain features were identified, conditioned by psychophysiological regularities of operator activity. Based on the principles of formalization, which were set out, an algorithm was constructed that simulates the operator's activity in the air traffic control system. It is shown that the model, which was developed, allows to determine the main characteristics of the operator's performance: the probability of refusal to service the received application, the probability of inactivity of the operator, the law of the distribution of the length of the queue, of timeliness and without pardon of decision-making in the management process.

Key words: human-operator, model of operator activity, formalization, human-machine system, process of functioning, efficiency of activity.

References

- Zhang B. et al.** (2010). Using ergonomic digital human modeling in evaluation of workplace design and prevention of occupational hazards onboard fishing vessels. Proceedings of the 8th International conference on occupational risk prevention, pp. 1–9.
- Kondratenko S.V., Spasenkikov V.V.** (2015). Methods of analysis and modeling of operators in the process of ergonomic support for the development and operation of human-machine complexes. [Metodyi analiza i modelirovaniya deyatelnosti operatorov v protsesse ergonomicheskogo obespecheniya razrabotki i ekspluatatsii cheloveko-mashinnykh kompleksov], Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, No. 1. P. 87.
- Pavlenko M.A., Shilo S.G., Borosezen I.O., Polonsky Yu.I.** (2016). Distribution of the time of airspace assessment by the decision maker in the control service of the unified air traffic control system. [Rozpodil chasu otsinki povitryanovi obstanovki osoboyu, scho priymae rishennya, v dispetcherskiv sluzhbi edinovi sistemi upravlinnya povitryanim ruhom] Sistemi obrobki informatsiyi, No. 8, pp. 37–39.
- Anokhin A.N.** (2014). Native Ergonomics and Ergonomic Community: State and Directions of Development / AN Anokhin. [Otechestvennaya ergonomika i ergonomicheskoe soobshchestvo: sostoyanie i napravleniya razvitiya Chelovecheskiy faktor: problemy psihologii i ergonomiki, No. 1 (68), pp. 4–15.
- Shilo S.G., Borosenets I.O., Feshchenko A.B.** (2009). Model for assessing the operational situation of an emergency situation by the operational dispatch service of the Ministry of Emergencies. [Model otsinki operativnoi obstanovki nadzvichaynoi situatsiyi operativno-dispetcherskoyu sluzhboyu MNS], Zbirnik naukovih prats UTsZ Ukraini, No 9, pp. 170–176.
- Berdnik P.G., Kuchuk G.A., Kuchuk N.G., Obidin D.N., Pavlenko M.A., Petrov A.V., Rudenko V.N., Timochko O.I.** (2016). Mathematical foundations of ergonomic research: monograph. [Matematicheskie osnovy ergonomicheskikh issledovaniy: monografiya], KLA NAU, Kropivnitskiy, 248 p.