

УДК 656.7: 656.022:656.08

О.М. РЕВА<sup>1</sup>, Ю.Ю. БІРЮКОВ<sup>2</sup>, В.А. ШУЛЬГІН<sup>3</sup>, С.І. КОРЖ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Кіровоградський національний технічний університет, Україна

<sup>2</sup>Львівський регіональний структурний підрозділ ДП ОПР України

<sup>3</sup>Державна льотна академія України

<sup>4</sup>Тренажерний центр навчально-сертифікаційного центру ДП ОПР України

## ПРОАКТИВНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКТУВАННЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ ЗМІНИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ БЕЗПОМИЛКОВСТІ, СВОЄЧАСНОСТІ І ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ

*Звичайний розгляд впливу людського чинника на безпеку функціонування ерготичної системи "екіпаж – повітряне судно – орган обслуговування повітряного руху" розповсюджено на процеси професійної діяльності невеликих груп авіаційних операторів, зокрема формування і комплектування диспетчерських змін за критеріями безпомилковості, своєчасності дій і взаємозамінності. Спираючись на показники психофізіологічної і демографічної надійності та теорему Бернуллі, проведено порівняльний аналіз математичних моделей трьох можливих форм взаємодії у зміні, що передбачають різний ступінь взаємозамінності авіадиспетчерів в процесі управління повітряним рухом. Запропоновано раціональний підхід до комплектування диспетчерської зміни, який ґрунтується на компромісі між трьома моделями.*

**Ключові слова:** вплив людського чинника на безпеку польотів, показники своєчасності, безпомилковості і взаємозамінності у формуванні диспетчерської зміни як невеликої групи авіаційних операторів, формула Бернуллі, форми взаємодії у зміні.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Ще у 1940 році було уперше підраховано, що три з чотирьох авіаційних пригод (АП) відбуваються з вини людини. Причому з тих пір загальновизнано і переконливо підтверджено чисельними дослідженнями, що авіаційні оператори "переднього краю" (авіадиспетчери (А/Д), члени льотного екіпажу) є вирішальним чинником не тільки у виникненні, але ж і у подоланні АП [1 – 4 та ін.]. При цьому слід зазначити, що, як витікає з аналізу, проведеному у праці [5, 6], питанням впливу людського чинника (ЛЧ) на безпеку польотів (БП) шляхом дослідження професійної діяльності невеликих груп авіаційних операторів (екіпажів повітряних суден (ПС), диспетчерських змін), інших авіаційних колективів, що відображається взаємодією інтерфейсів "L – L" ("людина – людина") відомої концептуальної моделі "SHEL" ICAO, приділяється явно недостатньо уваги. Хоча саме через це можна було б реально розглядати групу як "колективного оператора" з системною властивістю емерджентності [7, 8], яка для невеликих груп визначається як синергія.

$$1 + 1 + \dots + 1 > K$$

кількість авіадиспетчерів у зміні K

Рис. 1. Формула синергії диспетчерської зміни

Адже дійсно, синергія – це термін, який використовується для опису стану, коли ефективність праці групи перевищує суму індивідуальних показників її членів. Загальна формула синергії для диспетчерської зміни подана на рис. 1.

**Аналіз досліджень і публікацій.** На теперішній час комплектування диспетчерських змін в системі обслуговування повітряного руху (ОПР) України відбувається за рекомендаціями, затвердженими ще біля 20 років тому Міністерством цивільної авіації (ЦА) колишнього СРСР [9], які мають самий загальний характер і тільки декларують відповідні процеси. та ж сама декларація спостерігається у більш сучасному "Керівництві з психологічного забезпечення добору, підготовки і професійної діяльності льотного і диспетчерського складу цивільної авіації Російської Федерації" [10].

У працях [11, 12] узагальнені дослідження з формування невеликих груп операторів різноманітного профілю, проте вони не враховують особливостей професійної діяльності А/Д.

**Постановка завдання досліджень.** Ефективність праці будь-якого колективу операторів, які мають тісну взаємодію, зокрема диспетчерської зміни, визначається багатьма чинниками, важливішим з яких є надійність праці, тобто здатність виконувати свої професійні функції своєчасно і безпомилково.

При цьому у безпомилковості відображається, насамперед, психологічний аспект надійності праці А/Д як людини-оператора (Л-О), котрий, активно використовуючи свої знання, вміння, навички та досвід, взаємодіє фізично і інформаційно з іншими членами зміни, пультами управління повітряним рухом (УПР) і предметом праці – ПС.

Своєрідність А/Д як елемента системи "екіпаж – ПС – орган ОПР" полягає у тому, що, якщо він не виконав певну функцію, то це не завжди пов'язано з його "відмовою", що призводить до порушення працездатності. І такого роду надійність називають  $\psi$ -надійністю. Якщо помилки А/Д пов'язані з тимчасовим зниженням працездатності, обумовленої втомою, зниженням бадьорості і та ін., то йдеться про фізіологічну ( $\Phi$ ) надійність.  $\Phi$ -надійність, з одного боку, призводить до зміни  $\psi$ -надійності, а з іншого боку, - визначає витрати людської енергії, тобто ту "ціну", котрою розплачується організм за досягнення певної величини  $\psi$ -надійності. І нарешті, повне виключення А/Д зі сфери трудової діяльності внаслідок хвороби, втрати свідомості чи смерті запізнення, стресів, відсторонення від праці з-за певних порушень і т. ін. характеризується демографічною ( $\Delta$ ) надійністю [13].

У безпомилковості і своєчасності й проявляється рівень професійної підготовленості (ПП) А/Д, а також складність операцій, що ними виконуються при УПР.

Використаємо спочатку для аналізу операторської праці А/Д нескладні показники. У якості найпростішого показника  $\psi$ -надійності візьмемо звичайну статистичну імовірність  $p_{ij}$  безпомилкового виконання операції  $i$ -го типу  $j$ -им А/Д:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{N_{ij}}, \quad (1)$$

де  $N_{ij}$  – кількість операцій  $i$ -го типу, виконаних  $j$ -им А/Д протягом визначеного проміжку часу;  $n_{ij}$  – кількість операцій, виконаних безпомилково.

На складність операцій в контексті цієї статті обмеження можна не накладати, важливо, щоби в статистиці не враховувалися різноманітні операції по змісту чи повноті [14].

У якості найпростішого показника  $\Delta$ -надійності застосуємо статистичну імовірність  $r_{ij}$  своєчасного виконання операцій  $j$ -м А/Д:

$$r_{ij} = \frac{m_{ij}}{M_{ij}}, \quad (2)$$

де  $M_{ij}$  – кількість операцій  $i$ -го типу, запланованих для виконання  $j$ -им А/Д протягом визначеного проміжку часу;  $m_{ij}$  – кількість операцій, виконаних почалося своєчасно.

У поняття показника  $r_{ij}$  звичайно вкладається

зміст готовності до праці. Для диспетчерської зміни цей показник характеризує готовність А/Д здійснювати УПР згідно встановленої технології і в умовах, до яких вони мають допуск (сертифікат).

Для  $j$ -го А/Д виробниче завдання з УПР може складатися з  $V_j$  операцій, для котрих відомі імовірності  $p_{ij}$  і  $r_{ij}$ , причому  $i$ -та операції повторюється  $d_{ij}$  разів. Тоді імовірність  $p_j$  безпомилкової праці  $j$ -го А/Д знайдемо як добуток:

$$p_j = \prod_{i=1}^{V_j} p_{ij}^{d_{ij}}. \quad (3)$$

За аналогією для імовірності готовності маємо:

$$r_j = \prod_{i=1}^{V_j} r_{ij}^{d_{ij}}. \quad (4)$$

Якщо психологічні, фізіологічні і соціологічні чинники вважати взаємозалежними, то інтегрована імовірність  $f_j$  своєчасного і безпомилкового виконання  $j$ -м А/Д своїх функцій з УПР можна визначити так:

$$f_j = p_j \cdot r_j = \prod_{i=1}^{V_j} p_{ij}^{d_{ij}} \cdot \prod_{i=1}^{V_j} r_{ij}^{d_{ij}}. \quad (5)$$

Природно, що імовірність безпечного УПР диспетчерською зміною залежить від імовірностей  $f_j$   $j=1, K$  виконавців, їх кількості у зміні  $K$ , а також від форми взаємодії і взаємозамінності усіх А/Д зміни в процесі виконання виробничого завдання.

Таким чином, **метою статті** є розробка моделі комплектування диспетчерської зміни як невеликої групи авіаційних операторів, утвореної з  $K$  А/Д, яка орієнтується на таку форму їх взаємодії, яка дає максимальну імовірність виконання ними функцій з УПР:

$$\max F(K, V_j, p_{ij}, r_{ij}, d_{ij}) \quad (6)$$

та враховує обмеження параметрів, від яких залежить інтегрований показник  $F$  надійності праці групи. При цьому, безумовно, йдеться про проактивний підхід, під яким у загальному випадку розуміється будь-яка подія, стимул або процес, які впливають на події, стимули або процеси, що відбуваються пізніше. Отже, висувається завдання *проактивного підходу до управління БП (proactive approach to safety management)* при ОПР, тобто розробку сукупності заходів і процедур з управління ризиком, асоційованим із сферою організації праці диспетчерських змін, які вживаються з метою досягнення найкращих їх діяльності.

## Порівняльний аналіз форм взаємодії авіадиспетчерів у зміні

Щоби отримати рішення задачі (6) необхідно розглянути можливі теоретичні форми взаємодії між

А/Д у зміні і вибрати найбільш ефективну.

**Форма 1.** А/Д здійснюють взаємодії один з одним згідно визначеної технології УПР, але ж їх ПП не дозволяє виконувати обов'язки іншого члена групи. І оскільки відсутня будь-яка взаємозамінність, то, природно, що надійна робота окремих А/Д – події незалежні, що дозволяє застосувати до відповідних імовірностей  $f_j$  теорему множення [15,16], згідно з якою та врахуванням виразу (5) отримуємо:

$$F_1 = \prod_{j=1}^K f_j = \prod_{j=1}^K \left( \prod_{i=1}^{V_j} p_{ij}^{d_{ij}} \cdot \prod_{i=1}^{V_j} r_{ij}^{d_{ij}} \right). \quad (7)$$

З виразу (7) витікає, що при інших рівних умовах імовірність  $F_1$  тим нижче, чим більша кількість повторень тієї ж самої операції  $d_{ij}$ , що виконується  $j$ -м А/Д. І чим більшу кількість операцій  $V_j$  має виконувати цей А/Д при УПР, тим менші імовірності  $p_{ij}$  і  $r_{ij}$ . При цьому зазначимо, що безумовний вплив на ці імовірності має також і чисельність зміни  $K$ .

Якщо врахувати, що завжди виконуються умови  $0 < p_{ij} < 1$  і  $0 < r_{ij} < 1$ , то очевидна нерівність:

$$F_1 < \min_{j \in \{1, K\}} \{p_{ij}, r_{ij}\}, \quad (8)$$

котра дозволяє зробити висновок, що включення в сильну диспетчерську зміну без взаємозамінності А/Д з недостатньою ПП, недисциплінованого і т.п. нівелює усі зусилля, час і кошти, що були витрачені на підготовку інших членів цієї групи авіаційних операторів та її попереднє формування.

Таким чином, форма взаємодії, яка не передбачає взаємозамінності, може використовуватися тільки у випадках вкрай простого процесу УПР, забезпечення якого здійснюється шляхом виконання невеликої кількості операцій без повторень і за наявності у колективі добре підготовлених фахівців.

**Форма 2.** А/Д зміни взаємодіють згідно нормативно визначеної технології УПР, причому рівень їх ПП забезпечує практично однакові показники  $\psi$ -надійності, тобто  $p_j = p = \text{const}$ , а рівень професійного відбору і виховання – практично однакові показники  $\Delta$ -надійності, тобто  $r_j = r = \text{const}$ .

Нехай усі  $K$  А/Д-членів диспетчерської зміни можуть виконувати будь-яку операцію з УПР, причому між моментом завершення попередньої операції і моментом початку наступної (для кожної пари операцій) маємо проміжок часу  $\Delta t(i, i+1) \geq 0$ , коли  $j$ -й А/Д залишається незайнятим УПР, має певний резерв часу і готовий прийти на допомогу колезі так, що для будь-якого моменту часу  $t_i$  забезпечується резерв виконавців  $0 \leq k(t_i) \leq K$ . Причому в окремих випадках передбачується незнижуваний рівень цього резерву:  $k(t_i) \geq 0$ . Така форма взаємодії передбачає наявність взаємозамінності у диспетчерській зміні.

Якщо вважати, що дії А/Д з УПР є незалежни-

ми випробуваннями, а наслідками – безпомилкова, з імовірністю  $p$ , чи помилкова, з імовірністю  $(1 - p)$ , робота, то з точки зору теорії імовірностей для наведеного випадку може бути застосованою теорема Бернуллі [15, 16]. При цьому своєчасне чи несвоєчасне виконання завдання позначимо відповідно  $r$  і  $(1 - r)$ .

Теорема Бернуллі відповідає біноміальному розподілу імовірностей для випадкової величини, під якою будемо розуміти  $j$  А/Д з  $K$ , які виконують свої функції безпомилково чи своєчасно, тобто [13,14]:

$$P_{K,j} = C_K^j \cdot p^j \cdot (1-p)^{K-j} \quad (9)$$

– для безпомилкової діяльності;

$$R_{K,j} = C_K^j \cdot r^j \cdot (1-r)^{K-j} \quad (10)$$

– для своєчасної діяльності.

Оскільки для надійної роботи диспетчерської зміни як невеликої групи авіаційних операторів необхідно, щоби кількість працюючих А/Д в момент часу  $t_i$  було не менше  $K - k(t_i)$ , то психофізіологічна надійність праці колективу буде визначатися так:

$$P_2(t_i) = \sum_{j=K-k(t_i)}^K C_K^j \cdot p^j \cdot (1-p)^{K-j}. \quad (11)$$

Аналогічно для  $\Delta$ -надійності маємо:

$$R_2(t_i) = \sum_{j=K-k(t_i)}^K C_K^j \cdot r^j \cdot (1-r)^{K-j}. \quad (12)$$

Розглянемо граничні значення імовірностей (11), (12). Нехай  $k(t_i) = 0$ . Тоді:

$$\begin{cases} P_2 = \sum_{j=0}^K C_K^j \cdot p^j \cdot (1-p)^{K-j} = p^K; \\ R_2 = r, \end{cases} \quad (13)$$

тобто, оскільки резерв у будь-якій час відсутній, то взаємозамінність не може бути реалізованою і показники надійності диспетчерської зміни мінімальні. Така форма взаємодії відрізняється від першої тільки рівним складом А/Д, які її утворюють.

Нехай  $k(t_i) = K - 1$ , тобто кількість резервних А/Д максимальна. Тоді:

$$\begin{cases} P_2(t_i) = \sum_{j=1}^K C_K^j \cdot p^j \cdot (1-p)^{K-j} = \\ = 1 - \sum_{j=0}^K C_K^j \cdot p^j \cdot (1-p)^{K-j} = 1 - (1-p)^K; \\ R_2(t_i) = 1 - (1-r)^K. \end{cases} \quad (14)$$

У зв'язку з тим, що  $0 < (p, r) < 1$ , то з виразів (13), (14) витікає такий висновок: при повній взаємозамінності зі збільшенням кількості резервних А/Д надійність роботи зміни різко зростає.

Якщо відмовитись від припущення, що  $p_j = p$ , а  $r_j = r$ , то замість (14) можна записати:

$$P_2(t_i) = 1 - \prod_{j=1}^K (1 - p_j); \quad (15)$$

$$R_2(t_i) = 1 - \prod_{j=1}^K (1 - r_j). \quad (16)$$

Таким чином, при повній взаємозамінності і максимальній кількості резервних виконавців імовірності безпомилковості і своєчасності роботи зміни завжди більше відповідних показників для самого надійного (досвідченого, найбільш підготовленого, дисциплінованого) А/Д. Що можна подати так:

$$\begin{cases} P_2 > \max_j \{p_j\}; \\ R_2 > \max_j \{r_j\}. \end{cases} \quad (17)$$

Для усіх інших випадків, коли  $0 < k(t_i) < K-1$ , ефективність резерву визначається співвідношенням  $k(t_i)/K$ . І чим воно більше, тим більшу роль грають А/Д з максимальним значеннями  $p_j$ ,  $r_j$  і меншу роль – А/Д з мінімальним значенням показників надійності.

Повна взаємозамінність і достатня кількість резервних фахівців дозволяє включати до складу зміни А/Д з невисокими показниками надійності роботи, чого неможливо позбавитись з-за неминучої зміни її складу. Статистика АП показує [1], що вони відбуваються і у тому випадку, коли при комплектуванні невеликих груп авіаційних операторів (льотних екіпажів, диспетчерських змін) не враховуються розглянуті закономірності.

**Форма 3.** А/Д взаємодіють згідно технології УПР, рівень їх ПП різний: деякі з них (старший А/Д, керівник польотів) можуть працювати і за себе, і підміняти ще одного колегу, тобто є попарна взаємозамінність або одностороння заміність.

При попарній взаємозамінності є справедливими формули (15), (16) за умови, що  $K = 2$ , тобто:

$$\begin{cases} P_3(t_i)_{1 \leftrightarrow 2} = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2); \\ R_3(t_i)_{1 \leftrightarrow 2} = 1 - (1 - r_1) \cdot (1 - r_2). \end{cases} \quad (18)$$

При односторонній взаємозамінності математична модель ускладнюється. Розглянемо імовірність безпомилкової роботи такої пари з показниками  $p_1$  і  $p_2$ , причому перший А/Д може замінити другого. Показник їх спільної надійності слід обчислювати, враховуючи, насамперед, що по відношенню до другого А/Д справедливі формули (15), (16):

$$P_3(t_i)_{1 \rightarrow 2} = 1 - (1 - p_2) \cdot (1 - p_1), \quad p_1'' = p_1. \quad (19)$$

Відповідно для пари маємо:

$$P_3(t_i)_{1 \rightarrow 2} = p_1 - [1 - (1 - p_2) \cdot (1 - p_1)]. \quad (19)$$

Визначивши поданий показник для усіх пар, можна знайти  $F_3$ , якщо вважати кожен пару А/Д, в

якій є взаємозамінність, одним виконавцем-оператором і застосувати формулу (13).

В залежності  $F_3$  від часу відображається як можливість першого А/Д працювати за другого згідно технології УПР, котра має спиратися на діаграму їх зайнятості виконанням своїх функцій, так і зміну їх надійності за рахунок несумісності. Причому під психологічною несумісністю розуміється наявність серйозних попарних протиріч, а під соціологічною – наявність протиріч між окремим А/Д і колективом, що проявляється, скажімо, у порушенні окремим А/Д прийнятих норм поведінки.

### Рациональний метод комплектування диспетчерської зміни як невеликої групи авіаційних операторів

Отже, математичний аналіз показує, що перша форма взаємодії, коли відсутня взаємозамінність між А/Д, неприйнятна для формування зміни, особливо в умовах, коли до роботи у неї залучається молодий фахівець з недостатнім досвідом праці на конкретному робочому місці. Тоді будь-яка його помилка може привести до АП.

Найбільш раціональною є друга форма взаємодії – повна взаємозамінність у зміні, проте її не завжди можна реалізувати, враховуючи кількість А/Д і різноманіття їх робочих місць. Тому найбільш прийнятною слід вважати все ж третю форму комплектування зміни. В такому випадку має бути забезпечена повна взаємозамінність щонайменше у таких діадах: "керівник польотів (КП) ↔ старший А/Д", "керівник польотів → А/Д", "старший А/Д → А/Д", "А/Д (щонайменше один на зміну з відповідним допуском) → старший А/Д", "А/Д (щонайменше один на зміну з відповідним допуском) → А/Д". Загальна схема такої взаємозамінності подана на рис. 2.

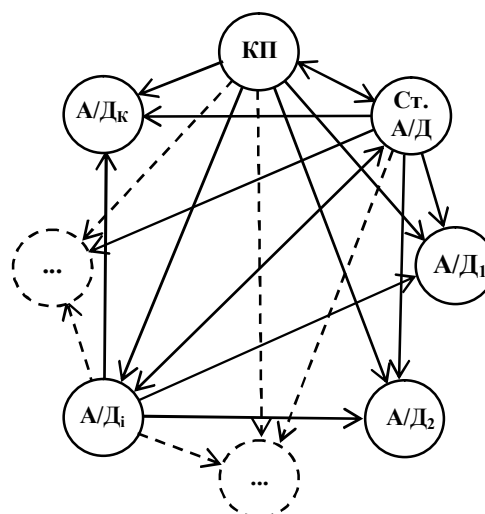


Рис. 2. Пропонована схема взаємозамінності в диспетчерській зміні

При цьому вкажемо, що забезпечення зазначеного зв'язку особливо важливо для нових змін, що утворюються.

Таким чином, при комплектуванні диспетчерської зміни необхідно підбирати фахівців, які мають суттєвий досвід на різних робочих місцях. Цей їх досвід УПР має забезпечувати обов'язкову попарну, хоча б односторонню заміність у зміні.

## Висновки

1. Потреба врахування впливу ЛЧ на безпеку функціонування ергатичної системи "екіпаж – ПС – орган ОПР" вимагає здійснення ефективних заходів з формування невеликих груп авіаційних операторів як "колективного оператора" і забезпечення режиму синергії в їх професійній діяльності.

2. Спираючись на поняття і показники психологічної, фізіологічної і демографічної надійності та теорему Бернуллі, проведено порівняльний аналіз математичних моделей трьох можливих форм взаємодії у зміні, що передбачають різний ступінь взаємозамінності А/Д в процесі УПР, а саме: повну відсутність взаємозамінності, абсолютну взаємозамінність кожного з кожним та частинну попарна взаємозамінність.

3. Запропоновано раціональний підхід до комплектування диспетчерської зміни, який ґрунтується на компромісі між трьома моделями.

4. Подальші дослідження у напрямку комплектування і формування диспетчерських змін як невеликих груп авіаційних операторів слід проводити у напрямках:

- оцінки  $\psi$ -надійності А/Д з урахуванням можливості невиконання ними в процесі УПР потрібних дій чи виконання непотрібної дії, чи неправильної послідовності дій, чи неправильного виконання потрібної дії;
- застосування методів соціоніки.

## Література

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор: Сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
2. Психологические аспекты проблемы "человеческого фактора" в авиационной аварийности: анализ и стратегия профилактики / А.В. Клюев, А.Н. Качалкин, Э.Б. Диденко, В.Е. Овчаров, Н.Г. Горбач. – М.: НТЦ МАК, 1996. – 85 с.
3. Лейченко С.Д. Человеческий фактор в авиации: монография в 2-х кн. / С.Д. Лейченко, А.В. Малишевский, Н.Ф. Михайлик. – Кн. 1 – СПб.: ГУГА, 2005. – 480 с.; Кн. 2 – СПб.: ГУГА, 2006. – 512 с.

4. Рева А.Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния): монография / А.Н. Рева, К.М. Тумышев, А.А. Бекмухамбетов; науч. ред. А.Н. Рева, К.М. Тумышев. – Алматы, 2007. – 242 с.

5. Бірюков Ю.Ю. Нормативні рекомендації щодо комплектування невеликих груп операторів та інших колективів авіаційних фахівців / Ю.Ю. Бірюков // Професійна підготовка авіаційних спеціалістів в світє сучасних потреб: м-лы міждун. науч.-практ. конф. Кировоград, 7 сент. 2006 г. – Кировоград: ДЛАУ, 2006. – С. 195-198.

6. Бірюков В.В. Загальні принципи формування невеликої групи авіаційних операторів / В.В. Бірюков // Науковий прогрес на рубежі тисячоріч – 2007: м-ли II Міжнар. науч.-практ. конф. Дніпропетровськ, 1-15 червня 2007 р. – Дніпропетровськ: наука і освіта, 2007. – Т. 7. Педагогічні науки. Психологія і соціологія. – С.51-61

7. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. Т.3. Эффективность технических систем / Под общ. ред В.Ф. Уткина, Ю.В. Крюкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

8. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ: учеб. пособ. / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.

9. Организация работы службы движения авиапредприятия гражданской авиации. – М.: Воздуш. трансп., 1991. – 240 с.

10. Руководство по психологическому обеспечению отбора, подготовки и профессиональной деятельности летного и диспетчерского состава гражданской авиации Российской Федерации (части 1-5) / Утв. Распоряжением Первого заместителя Министра транспорта РФ А.В. Нерадько № 57-р от 31. 10.2000 г. – М.: Воздушный транспорт, 2001. – 279 с.

11. Зигель А. Модели группового поведения в системе человек – машина (с учетом психосоциальных и производственных факторов) / Пер. с англ. Л.А. Какунина; А. Зигель, Дж. Вольф; под ред. Г.Е. Журавлева. – М.: Мир, 1973. – 262 с.

12. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек – техника / Г.П. Шибанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с.

13. Боднер В.А. Оператор и летательный аппарат / В.А. Боднер. – М.: Машиностроение, 1976. – 224 с.

14. Рева А.Н. Методология оценки ошибочных действий пилотов / А.Н. Рева, В.Е. Поляков // Психологические проблемы труда и подготовки авиаспециалистов гражданской авиации: межвуз. тематич. сб. науч. тр. – Л.: АГА, 1985. – С. 3-6.

15. Справочник по надежности: пер. с англ. / Под ред. Б.Р.Левина. В 3 т. Т.3. – М.: Мир, 1969. – 850 с.

16. Севастьянов В.А. Курс теории вероятностей и математической статистики / В.А. Севастьянов. – М.: Наука, 1982. – 569 с.

Надійшла до редакції 19.05.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів С.В. Спіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

**ПРОАКТИВНАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКТОВАНИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СМЕНЫ  
ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БЕЗОШИБОЧНОСТИ,  
СВОЕВРЕМЕННОСТИ И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ**

*А.Н. Рева, Ю.Ю. Бирюков, В.А. Шульгин, С.И. Корж*

Обычное рассмотрение влияния человеческого фактора на безопасность функционирования эргатической системы "экипаж – воздушное судно – орган обслуживания воздушного движения" распространено на процессы профессиональной деятельности малых групп авиационных операторов, в частности формирование и комплектование диспетчерских смен по критериям безошибочности, своевременности действий и взаимозаменяемости. Опираясь на показатели психофизиологической и демографической надежности и теорему Бернулли, проведен сравнительный анализ математических моделей трех возможных форм взаимодействия в смене, которые предусматривают разную степень взаимозаменяемости авиадиспетчеров в процессе управления воздушным движением. Предложен рациональный подход комплектования диспетчерской смены, построенный на компромиссе между тремя моделями.

**Ключевые слова:** влияние человеческого фактора на безопасность полетов, показатели своевременности, безошибочности и взаимозаменяемости в формировании диспетчерского изменения как небольшой группы авиационных операторов, формула Бернулли, формы взаимодействия в изменении

**PROACTIVE MODEL OF RECRUITMENT ATCO'S SHIFTS BASED ON TIMELINESS,  
INTERCHANGEABILITY AND TIMELINESS**

*A.N. Reva, Y.Y. Biryukov, V.A. Shulgin, S.I. Korzh*

Normal consideration of the human factor influence on the security operation ergonomic systems "crew - aircraft - ATCS" was extended on the processes of professional activities of small groups of aircraft operators, in particular the formation and infallibility of air traffic control shifts to the criteria of safety criterion, timeliness of action and interchangeability. Based on psycho-physiological and demographic indicators of reliability and Bernoulli's theorem, the comparative analysis of mathematical model was made of the three possible forms of interaction in the shift, which provide varying degrees of interoperability between air traffic controllers during providing ATS. There is a rational approach to manning of ATCO's shift, based on a compromise between three models.

**Key words:** Influence of the human factor on safety, timeliness, correctness and interchangeability of traffic control changes in the formation of an ATCO's shift, Bernoulli distribution.

**Рева Олексій Миколайович** – д-р техн. наук, проф.; проф. кафедри автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, e-mail: ran54@meta.ua.

**Бірюков Юрій Юрійович** – авіадиспетчер Львівського регіонального структурного підрозділу державного підприємства "Укрерорух", аспірант заочної форми навчання кафедри автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, e-mail: biryukov@lviv.farlep.net.

**Шульгин Валерій Анатолійович** – канд. техн. наук, декан факультету льотної експлуатації Державної льотної академії України, e-mail: VAShulgin@ukr.net.

**Корж Сергій Іванович** – начальник тренажерного центру Навчально-сертифікаційного центру ДП ОПР України, здобувач кафедри автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, e-mail: sekorzh@mail.ru.