



СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЯВЛЕННЯ МОМЕНТУ ПРИПИНЕННЯ ТРЕНУВАНЬ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ

Борсук С.П.

Національний авіаційний університет, м. Київ

Враховуючи незвичайно високий рівень статистичної невизначеності аварійних ситуацій, під час тренажерної підготовки авіаційних операторів переднього краю запропоновано виявляти резерв тренувань за допомогою стаціонарної стохастичної моделі їх припинення. Модель будується на основі чисельних показників стохастичного процесу професійної підготовки. Із математичного опису процесу підготовки виділено дві детерміновані (постійний середній рівень стохастичного показника успішності та показник особистих властивостей оператора) та одну суто стохастичну складову (дійсне відхилення випадкової величини).

Ключові слова: авіаційні оператори, стаціонарні стохастичні моделі підготовки, тренування на тренажері, момент припинення підготовки.

Вступ. Рівень професійної підготовки (ПП) авіаційних операторів (АО) переднього краю (авіадиспетчерів, пілотів) впливає на час між підтвердженням їх кваліфікації та інші особливості їх роботи. Початкове визначення досягнутого рівня ПП дозволить ще на етапі навчання або перекваліфікації спланувати майбутні умови роботи колективу, як малої групи АО (льотний екіпаж, диспетчерська зміна), а також зменшить кількість часу витраченого на перекваліфікацію із збереженням якості підготовки. Так само, під час поточної роботи на тренажері визначення точки припинення тренування дозволить оперативно вносити зміни у розклад занять окремих АО та їх груп, що оптимізує суцільний процес навчання за рахунок звільнення ресурсів часу, фінансових витрат, тощо.

З іншого боку, програми тренажерної підготовки (ТП) АО є типовими і мають чітко визначений зміст, де встановлений відсоток тренувань в нормальних і особливих випадках польоту, а також характер і детальний опис цих випадків, що імітуються під час тренувань. Наведене позбавляє програми особистісно-орієнтованого змісту і може навіть знизити мотивацію АО на опанування додатковим обсягом знань, вмінь та навичок (ЗВН). Адже дійсно, незвичайно простий тренажер початкового навчання ТПО Як-18Т дозволяє імітувати 18 відмов цього повітряного судна (ПС). Якщо ці відмови вводити під час тренувань у різних кількісних сполученнях і в різній послідовності (варіативність етапів польоту не розглядаємо для простоти обчислень), то загальна кількість різноманітних аварійних ситуацій (АС), які можна відпрацьовувати на тренажері, обчислюється таким чином [1, 2]:

$$N = e \prod_{m=1}^n P_m C_n^m, \quad (1)$$

де $n = 18$ – кількість відмов, що моделюються на тренажері; m – кількість відмов в серії; P_m – перестановки m відмов, що визначають послідовність їх вводу; C_n^m – сполучення m з n відмов.

Тоді, застосовуючи (1), отримуємо астрономічне число теоретично можливих АС:

$$N = e \prod_{m=1}^{n=18} P_m C_{18}^m = 1,75 \times 10^{16}. \quad (2)$$

Понизити цю статистичну невизначеність вдалося таким чином [3-10]:

- систематизацією АС по спеціальних групах по певних ознаках;
- урахуванням практичної вирішуваності АС, що моделюється;
- урахуванням природно-логічного розвитку АС;
- урахуванням психофізіологічної можливості екіпажа ПС подолати наслідки

відмов;



– організацією тренування тільки в таких АС, які не можуть бути змодельовані на інших (простіших спеціалізованих) тренажерах.

Тільки за рахунок систематизації відмов по трьом групам вдалося понизити попередню невизначеність в $1,76 \times 10^{10}$ разів:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 = e^{\sum_{m_1=1}^{n_1=6} P_{m_1} C_6^{m_1}} + e^{\sum_{m_2=1}^{n_2=9} P_{m_2} C_9^{m_2}} + e^{\sum_{m_3=1}^{n_3=3} P_{m_3} C_3^{m_3}} = 988380. \quad (3)$$

Але ж навіть такий результат вказує, що пілотів може просто не вистачити «льотного життя» для відпрацювання теоретично можливих АС. Проблема набуває суттєвішої значущості, тому що згідно вимог ІКАО (міжнародна організація цивільної авіації, членом якої є Україна) сертифікований тренажер за своїми технічними показниками має імітувати щонайменше 200 відмов ПС [11], що робить астрономічні числа (2), (3) ще більш статистично невизначеними. І тим більш актуальним стає завдання чіткого визначення моменту припинення тренувань задля гармонізації процесу ТП шляхом відпрацювання додаткових до типової програми АС. Саме на такі цілі спрямована розробка відповідної моделі, що планується зробити у цій статті.

Актуальність та постановка задачі. Створення моделі виявлення моменту припинення тренувань містить в собі протиріччя, без розгляду якого неможливо в повному обсязі усвідомити поставлене завдання. З одного боку модель має передбачати зростання рівня ПП АО із часом [12, 13], спираючись на попередні показники його успішності, що по суті є детермінованою складовою. З іншого боку АО, який є центральним елементом в системі навчання, по суті є джерелом невизначеності у системі «людина – машина» [14], а отже можливість створення детермінованої моделі знаходиться під певним сумнівом. У зв'язку з цим робиться спроба використання стохастичної стаціонарної моделі [15], що дозволяє працювати із стохастичними даними, які, як правило, зводяться до певного середнього значення [16]. Тому модель буде прогнозувати не точне значення рівня ПП АО, але можливий діапазон цього рівня.

Стохастичне моделювання процесу навчання відоме достатньо давно (наприклад, моделі Халла [17]), причому більшість сучасних моделей використовує експоненційні закони [18, 19]. Також важливо відмітити, що більшість моделей стосуються рівня ПП, як ймовірності відтворення опанованих ЗВН, у той час, як розроблювана модель має описувати момент припинення тренування після досягненні визначених умов.

Тому, виходячи з наведеного *метою* роботи є аналіз стохастичних моделей та їх застосування у процесі ПП АО. На базі моделі, яка описує окремо стохастичну та детерміновану складові процесу опанування ЗВН необхідно розробити єдиний інтегральний показник-критерій, за яким можна робити висновки щодо процесу навчання АО.

Результати досліджень. Існує три основні стаціонарні стохастичні моделі випадкових процесів. *Модель лінійної фільтрації* передбачає наявність, так званого, «білого шуму» a_t , який перетворюється у процес z_t за допомогою фільтру. Фільтрація у даному випадку – це обчислення зваженої суми попередніх спостережень. *Модель авторегресії* обчислює поточне значення процесу, як кінцеву лінійну суму його попередніх значень та імпульсу a_t . *Модель ковзного середнього* визначає \tilde{z} , як лінійно залежне від кінцевої суми попередніх a . Застосування цих моделей у незмінному вигляді неможливе, оскільки усі моделі передбачають стаціонарний процес, як процес, що має сталі середні значення.

Слід відмітити важливу особистість стаціонарності будь-якої моделі, що має відношення до процесу надбання ЗВН. Відповідно до більшості моделей, крива навчання, що описує кількість опанованих ЗВН із часом, має експоненційну природу (рис. 1).

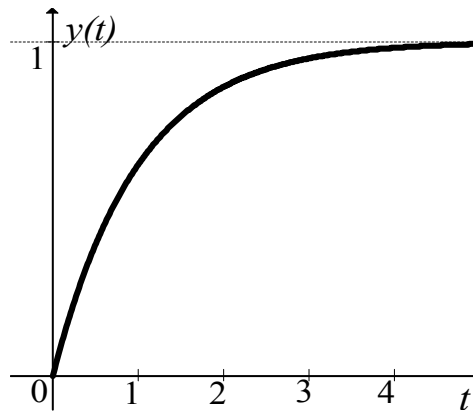


Рисунок 1 – Крива навчання

Із плином часу міцність ЗВН, або ймовірність його безпомилкового відтворення асимптотично прямує до 1. Таким чином, слід зважати на стаціонарність моделі відносно нелінійної функції.

Як відомо, показники стаціонарного стохастичного процесу (ССП) можна подати у вигляді:

$$z_t = \mu + \Delta_t, \quad (3)$$

де z_t – показник процесу; μ – постійний середній рівень (тренд); Δ_t – випадкове відхилення процесу у час t .

Приймаючи $\mu = 0$ в ідеальному випадку отримуємо:

$$\sum_{t \rightarrow \infty} \Delta_t = 0.$$

Якщо прийняти, що функція $y(t)$ відповідає графіку на рис. 1, то ССП відносно надбання ЗВН можна подати у нормованому вигляді:

$$\hat{z}_t = \frac{\mu}{y(t)} + \frac{\Delta_t}{y(t)}.$$

Прийнявши до уваги, що μ є незмінним середнім рівнем ССП надбання ЗВН та співпадає із функцією $y(t)$ без випадкової складової, а отже $\mu = y(t)$, показник нормованого ССП надбання ЗВН дорівнює:

$$\hat{z}_t = 1 + \frac{\Delta_t}{y(t)},$$

тобто описує ССП відносно середнього рівня 1.

ПП АО вимагає застосування досить складного програмно-апаратного забезпечення по багатьох причинах [20]. Основною з них є неможливість проведення тренувань на реальному обладнанні, робота якого пов'язана з безпекою польотів (БП), тому некоректне виконання інструкцій може привести до авіаційної пригоди (АП) або навіть катастрофи. Саме по собі ПП характеризується виконанням навчальних вправ на тренажері із реєстрацією якісних показників. Залежно від типу навчальної вправи ці показники можуть мати різну природу, тобто визначатися проміжками часу, частотою, складністю, або іншим шляхом. У будь-якому випадку в результаті виконання тренувальної вправи АО виставляється оцінка за якою визначається рівень його поточної успішності.

У простому узагальненому вигляді успішність ПП приймає значення x , на інтервалі $[X^-; X^+]$, де X^- найменша, а X^+ відповідно найбільша можлива оцінка згідно шкали, що була прийнята. Діапазон оцінок $[X^-; X^+]$ може містити n ключових значень,



які ділять його на $n + 1$ інтервалів. Вхідження оцінки x в один із інтервалів визначить зведену оцінку АО за виконання тренувальної вправи. І виходячи з того, що особисті професійні властивості кожного АО відрізняються, можна зробити висновок, що параметри моделі їх навченості будуть відрізнятися.

У роботі [21] показано, що здебільшого тренування АО на тренажері не надає значного зростання рівня навченості вже після 10-ти тренажерних годин. І зменшенням зростання рівень ПП АО досягає рівня його домагань, який відіграє як критеріальну, так і мотиваційну функцію, що може призвести навіть до зниження рівня навченості. При цьому під рівнем домагань в контексті наших досліджень, орієнтуючись на [9, 22, 23], будемо розуміти такий рівень ПП АО, котрий надає йому найбільший приріст корисності (задоволення). Отже, можна зробити висновок, що існує також показник часу t , який має впливати на інтегральний показник припинення тренування I , у якості обмеження. Тоді I можна подати так:

$$I = f(z_i, t)$$

для кожного контрольованого елемента ПП АО. Це загальна форма інтегрального показника, від якого залежить припинення тренування АО.

Припинення тренування – це результат прийняття рішення щодо того, що ЗВН АО досягли необхідного рівня, і його можна допустити до подальшої роботи на реальному робочому місці. В загальному випадку припинення ТП відбувається за декількох причин:

- закінчення терміну тренування;
- закінчення навчальної програми;
- досягнення АО необхідного рівня ЗВН;
- досягнення визначеного рівня домагань;
- досягнення інтегрального показника припинення тренування ключового значення.

У випадку ТП АО слід розрізняти припинення тренування із задовільними результатами та його невдале припинення. Оскільки авіаційна галузь, враховуючи вимоги забезпечення БП, вимагає зведення помилок до нуля, ключовим моментом при визначенні задовільності результату тренувань є рівень ПП АО. Виділивши із списку причин ключові складові, їх стан на момент закінчення АО ТП можна показати табл. 1.

Таблиця 1– Ключові складові процесу професійної підготовки авіаційних операторів та їх стан

<i>№ з.п.</i>	<i>Складова</i>	<i>Стан складової</i>
1	Термін тренування	Не більше визначеного
2	Прослуханий матеріал	Повністю
3	Рівень ЗВН	Не нижче за бажаних

Оскільки інтегральний показник спирається на показники часу та успішності, його не внесено до табл. 1, з якої витікає, що опанування АО ЗВН може бути визнаним успішним, якщо він пройшов повний курс ПП та отримав задовільну (прохідну) оцінку раніше за потрібне. І інтегральний показник припинення тренування має враховувати цю можливість. Також потрібне урахування відношення витраченого часу до максимального часу тренувань [20]. Приймемо t_0 за нормований час, а t_s – за реально витрачений.

Частка опанованих ЗВН має дорівнювати $n = 100\%$ для виставлення задовільної оцінки АО. Для урахування об'єму опанованих ЗВН найкраще підходить параметр λ бінарної природи, чиє значення визначається так:

$$\lambda = \begin{cases} 1, n = 100\% \\ 0, n = [0\%, 99\%] \end{cases}$$



Тоді формула інтегрального показника прийматиме вигляд

$$I = f(\lambda, z_t, t_0, t_s).$$

Оскільки кількість інформації протягом терміну ПП є сталою величиною, можна стверджувати, що у певний час $t = \tau = t_0$ згідно ідеального експоненційного закону АО матиме $z_t(\tau) = X^+$.

Нехай для затвердження задовільного рівня опанування ЗВН АО необхідне продемонструвати рівень показника $z_t(\tau) \geq aX^+$ ($a = (0,1)$). Тоді для АО які витратили τ часу інтегральний показник ПП має вигляд

$$I = \lambda z_t(\tau), (t_s = \tau; z_t \geq aX^+).$$

Для АО, які незадовільно пройшли ПП, немає різниці, наскільки погано вони опанували ЗВН. Для них справедливе введення наступної умови

$$I = \begin{cases} \lambda z_t(\tau), (t_s = \tau; z_t \geq aX^+) \\ 0, (t_s = \tau, z_t < aX^+) \end{cases} \quad (4)$$

Вважаючи, що незмінна складова $\mu = x(t)$, ми припускаємо, що АО демонструє рівень опанування ЗВН, що описується ідеальним експоненційним законом. В реальності кожен з АО має особисті, властиві тільки йому когнітивні риси, які впливають на процес ПП. Тобто для кожного АО μ не дорівнюватиме ідеальному значенню, а матиме місце невелика різниця у показнику. Виділивши цю різницю матимемо її, як показник особистих властивостей АО відносно ідеального закону.

Залишимо $\mu = y(t)$ та виділимо показник із випадкової складової. Очевидно, що випадкова складова $\frac{\Delta_t}{y(t)}$ може приймати як додатні, так і від'ємні значення залежно від Δ_t . І оскільки стаціонарний процес характеризується наближенням його показника до сталого значення, то Δ_t у кожному випадку буде демонструвати не тільки відхилення випадкової величини, але й показник особистих професійних властивостей АО. Виділити цей показник можна за наступним алгоритмом.

Нехай $\frac{\Delta_t}{y(t)} = \frac{\Delta_{ic}}{y(t)} + \frac{\Delta_{iv}}{y(t)}$, де Δ_{ic} – показник особистих властивостей АО, а Δ_{iv} – дійсне відхилення випадкової величини. Тоді, маючи низку показників для кожного моменту часу t матимемо $\frac{\Delta_t(t)}{y(t)} = \frac{\Delta_{ic}(t)}{y(t)} + \frac{\Delta_{iv}(t)}{y(t)}$, де $\Delta_{ic}(t) = const$, а $\Delta_{iv}(t)$ довільно змінюється.

За визначенням стаціонарності процесу:

$$\sum_{t \rightarrow \infty} \Delta_{iv}(t) = 0,$$

а отже:

$$\Delta_{ic}(t) = \frac{\sum [\Delta_t(1), \dots, \Delta_t(t)]}{t},$$

тобто, має місце звичайне середнє арифметичне.

Базуючись на значеннях $\Delta_{ic}(t)$ можна зробити висновок про дострокове припинення тренування АО за встановленою програмою ПП і переходу на індивідуально-



орієнтовану ПП по завданням підвищеної складності, якщо це дозволяється програмою підготовки. Розглянувши ряд значень $\frac{\Delta_{ic}(t)}{y(t)}$ при $t=1,2,3\dots$ можна виділити декілька груп АО. Прийmemo:

$$\Delta^+ = \frac{\sum \begin{cases} 1, \Delta_{ic}(t+1) \geq \Delta_{ic}(t) \\ 0, \Delta_{ic}(t+1) < \Delta_{ic}(t) \end{cases}}{t},$$

Перша група характеризується відсутністю плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП надбання ЗВН. Для цієї групи характерна умова:

$$\Delta^+ = 1.$$

Друга група характеризується наявністю невеликої кількості плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП надбання ЗВН. Для цієї групи:

$$\Delta^+ = [0,9; 0,75].$$

Третя група характеризується частою наявністю плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП надбання ЗВН. У третю групу входять АО для яких

$$\Delta^+ = [0,75; 0,5].$$

У четвертій групі наявність плато та спадаючих відрізків на графіку показника ССП надбання ЗВН постійна або переважає. Для цієї групи

$$\Delta^+ = [0; 0,5].$$

Для АО, які досягли бажаного рівня $z_i(t)$ навчання може бути завершеним за умови, якщо $\Delta^+ = 1$ або $\Delta^+ = [0,9; 0,75]$. Тоді формула інтегрального показника (4) прийматиме вигляд:

$$I = \begin{cases} \lambda z_i(\tau), (t_s = \tau; z_i \geq aX^+) \\ \lambda z_i(\tau), (t_s < \tau, z_i \geq aX^+, \Delta^+ > 0.75), \\ 0, (t_s = \tau, z_i < aX^+) \end{cases} \quad (5)$$

що і є його остаточним виглядом. Даний показник враховує час навчання, кінцевий рівень ЗВН, повноту опанування програми тренувань та у випадку виходу АО на бажаний рівень успішності може запропонувати дострокове закінчення ПП залежно від динаміки рівня успішності.

Висновки. На основі інформації про стохастичні стаціонарні моделі та моделі ПП АО було розроблено стохастичну модель припинення процесу тренувань для АО. При цьому важливим внеском у моделювання процесу ПП є виділення із стохастичного показника успішності АО його подвійної стаціонарної складової: постійного середнього рівня та показника особистих властивостей АО.

Зважаючи на універсальність моделі, вона може бути використаною для будь-якої галузі, де використовуються тренажери та тренажерні комплекси із внесеними змінами відповідно до специфіки.

Подальшим розвитком моделі може бути урахування особистих психофізіологічних властивостей АО, урахування взаємних впливів при колективному тренуванні та урахування наявності інших форм ідеальної функції показника ПП при визначенні складових показника успішності.



СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беккер П. Проектирование надежных радиоэлектронных схем / П. Беккер, Ф. Йенсен. – М. : Советское радио, 1977. – 157 с.
2. Дарымов Ю. П. О выборе особых ситуаций для тренировки экипажей ВС на комплексном тренажере / Ю. П. Дарымов, В. В. Перепечаев // Методы и средства профессионально-прикладной и психофизиологической подготовки летного и диспетчерского состава гражданской авиации: межвуз. сб. науч. тр. – Л. : ОЛАГА, 1979. – С. 31-33.
3. Рева А. Н. Эргономические аспекты ввода отказов функциональных систем самолета на тренажере / В. Е. Поляков, А. Н. Рева // Эргономика и труд в гражданской авиации : сб. науч. тр. – К. : КИИГА, 1984. – С. 45-48.
4. Рева А. Н. Вопросы оптимизации процессов контроля и управления подготовкой летного состава к действиям в особых случаях полета / А. Н. Рева, В. Д. Михайлов // Безопасность и эффективность эксплуатации воздушного транспорта : тез. докл. IV Всесоюз. науч.-практ. конф. по безопасности полетов. Секция 2. Отбор и подготовка авиационных специалистов, (Ленинград, 9-11 окт. 1985 г.). – Л. : ОЛАГА, 1985. – С. 41.
5. Рева А. Н. Оптимизация профессиональной деятельности инструктора авиационного тренажера : науч.-практ. реком / А. Н. Рева, В. А. Горячев, В. А. Кузнецов и др. ; под ред. А. Н. Ревы, В. А. Бодрова. – М. : ИПАН, 1990. – 125 с.
6. Рева А. Н. Экспертиза учебных заданий для подготовки курсанта-пилота к действиям в особых случаях полета / А. А. Комаров, А. Н. Рева, К. М. Тумышев // Обеспечение безопасности полетов при летной эксплуатации воздушных судов : сб. науч. тр. – К. : КИИГП, 1993. – С. 84-90.
7. Рева А. Н. Эргономические методы и средства тренажерной подготовки летного состава : науч.-практ. реком. / [А. Н. Рева, А. А. Комаров, В. А. Кузнецов и др. ; под ред. А. Н. Ревы, М. И. Рубца]. – Кировоград : ГЛАУ, 1995. – 106 с.
8. Рева А. Н. Эргономика первоначальной профессиональной подготовки пилотов : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2000. – 272 с.
9. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов : Проактивное исследование влияния : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухвмбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2007. – 242 с.
10. Рева О.М. Проблеми формування у пілота навичок долання наслідків відмов авіаційної техніки в режимі синхронного генератора / О. М. Рева, С. О. Дмитрієв, О. М. Дмитрієв // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Харків : Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2009. – № 2. – С. 97-102.
11. Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulators. 2nd edition: Doc. ICAO 9625. – Montreal, Canada, 2003. – 90 p.
12. Чуев Ю. В. Прогнозирование количественных характеристик процессов / Ю. В. Чуев, Ю. Б. Михайлов, В. И. Кузьмин. – М. : Советское радио, 1975. – 400 с.
13. Рева А. Н. Модель подготовки и прогнозирования уровня обученности пилотов / А. Н. Рева, В. Д. Михайлов // Проблемы применения технических средств в формировании профессиональных навыков при первоначальной подготовке летного состава : тез. докл. Всесоюзн. науч.-практ. Конф, (Актюбинск, 11-12 декабря 1986 г.) – Актюбинск : АВЛУГА, 1986. – С.11-12.
14. Адомиан Дж. Стохастические системы : научное издание / Дж. Адомиан. – М. : Мир, 1987. – 376 с.
15. Бокс Дж. Анализ временных рядов, прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс ; под ред. В. Ф. Писаренко. – Кн. 1. – М. : Мир, 1974. – 406 с.
16. Гардинер К. В. Стохастические методы в естественных науках / К. В. Гардинер. – М. : Мир, 1986. – 526 с.



17. Буш Р. Стохастические модели обучаемости / Р. Буш, Ф. Мостеллер. – М. : Физматгиз, 1962. – 483 с.
18. Введение в эргономику / [Г. М. Зараковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен; под ред. В. П. Зинченко]. – М. : Советское радио, 1974. – 352 с.
19. Новиков Д. А. Закономерности итеративного научения / Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 1998. – 600 с.
20. Borsuk S. P. Adaptation of trainers: Monograph / S. P. Borsuk. – К. : NAU, 2012. – 128 p.
21. Андреев С. М. Оцінка рівня професійної підготовки льотного складу при початковому навчанні : Автореф. дис... канд. техн. Наук : 05.01.04. – Харківський держ. технічний ун-т будівництва та архітектури. – Харків, 1999. – 17 с.
22. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений : пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса / под ред. Б. В. Бирюкова. – М. : Прогресс, 1979. – 504 с.
23. Рева О. М. Людський фактор та безпека польотів : рівень домагань авіадиспетчерів у професійній діяльності / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // Створення системи забезпечення психологічної та психофізіологічної надійності персоналу. Організація та проведення психопрофілактичної роботи в органах внутрішніх справ України : м-ли III Всеукр. наук.-практ. семін. – К. : КЮІ МВС України, 2005. – С. 121-128.

Борсук С.П. СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ПРЕКРАЩЕНИЯ ТРЕНИРОВКИ АВИАЦИОННЫХ ОПЕРАТОРОВ

Учитывая необычайно высокий уровень статистической неопределённости аварийных ситуаций, во время тренажёрной подготовки авиационных операторов переднего края предложено определять резерв тренировок при помощи стационарной стохастической модели их прекращения. Модель построена на основе численных показателей стохастического процесса профессионально подготовки. Из стохастического процесса обучения выделено две детерминированных (постоянный средний уровень стохастического показателя успеваемости и показатель личных свойств оператора) и одну исключительно стохастическую составляющую (действительное отклонение случайной величины).

Ключевые слова: авиационные операторы, стационарные стохастические модели подготовки, тренировка на тренажёрах, момент прекращения подготовки.

Borsuk S.P. STOCHASTIC MODELING OF FLIGHT CONTROLLERS TRAINING PROCESS TERMINATION

Taking into account unusually high level of emergencies statistic ambiguity, training reserve of first-line flight controllers' determination with the help of a stationary stochastic model and its further termination during simulator training was developed. Model is based on quantitative parameters of professional training stochastic process. Two deterministic components of stochastic training process (constant level of stochastic academic performance parameter and personal operator peculiarities parameter) and one pure stochastic component (real random value deviation) were distinguished.

Keywords: flight controllers, stationary stochastic training models, simulation-based training, termination of training.