



ВИПАДКОВА СКЛАДОВА ПОКАЗНИКА НЕСТАЦІОНАРНОГО СТОХАСТИЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНОГО ОПЕРАТОРА

Борсук С.П.

Національний авіаційний університет, м. Київ

Розглянуто питання підтримки професійної підготовки авіаційних операторів переднього краю на високому рівні, вплив цієї підготовки на безпеку польотів та можливість використання стохастичного опису процесу підготовки у поєднанні із експоненційним поданням рівня опанування оператором знань, навиків та вмій. Розглянуто показники процесу підготовки авіаційного оператора, виділено стохастичні та детерміновані показники. Наведено приклади результатів, отриманих оператором та два способи урахування цих результатів із їх перевагами та недоліками. Описані моменти вибірки від першого до четвертого порядку, застосовані до результатів оператора. Наведено висновки та рекомендації щодо подальшої роботи.

Ключові слова: безпека польотів, людський чинник, рівень професійної підготовки авіаційних операторів, стохастичні моделі підготовки, особисті властивості оператора, моменти вибірки.

Вступ. Як відомо, безпека польотів (БП) залежить від багатьох чинників, серед яких є і цілком об'єктивні. Скажімо, неможливо створити абсолютно надійне (безвідмовне) повітряне судно (ПС) – тоді воно просто не літатиме. Так само принципово неможливо добитися і безпомилкових дій авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (пілотів, авіадиспетчерів): людині по її психологічній суті властиво помилятися [1]. У зв'язку з цим перед наукою і практикою стоїть перманентно важливе завдання виключення або максимально можливого зниження числа випадків як відмов авіаційної техніки (АТ) у польоті чи відмов радіотехнічних засобів (РТЗ) управління повітряним рухом (УПР), так і небезпечних помилок АО. Саме тому в рекомендаціях ІКАО «безпека все більшою мірою розглядається як результат управління деякими організаційними процесами, що мають на своїй меті тримати під контролем чинники ризику для безпеки польотів, що виникають як наслідок чинників небезпеки в експлуатаційному контексті» [2].

Зрозуміло, що ефективне долання наслідків відмов АТ та РТЗ УПР можуть забезпечити висококваліфіковані АО. Тому процес їх професійної підготовки (ПП) вимагає постійної уваги та вдосконалення, особливо шляхом моделювання [3]. Це пов'язано з тим, що АО керують складними ергатичними системами, із постійним потенційним ризиком виникнення авіаційних пригод (АП), небезпечних випадків або навіть катастроф. Причому сам процес ПП спирається, з одного боку, на технології, що застосовуються при розробці тренажерних комплексів та навчальних систем, а, з іншого, – на особисті властивості АО. Виявлення та аналіз цих властивостей є актуальним для підвищення ефективності ПП АО.

Аналіз досліджень і публікацій. Стохастичні моделі ПП достатньо відомі [4-6]. Їх особливістю є те, що в абсолютній більшості випадків крива, яка описує ефективність тренування, тобто зростання кількості опанованих знань, вмій та навичок (ЗВН) із часом, має експоненційну природу (рис. 1).

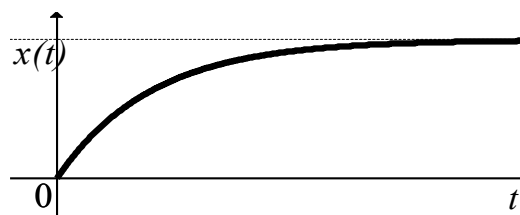


Рисунок 1 – Ідеальна крива підготовки

Недоліки такого роду моделей полягають у тому, що у реальному процесі



підготовки показник навченості завжди містить непередбачувану складову, зумовлену особистими властивостями оператора, його досвідом, емоційним станом та іншими параметрами, які можна віднести до ергономічних [7]. І ця складова, як правило, нівелюється в процесі апроксимації емпіричних даних ПП. Таким чином, наведена на рис. 1 функція демонструє тільки загальний вигляд зміни показника навченості для кожного АО, а її значення у кожний окремий момент часу буде відрізнятися від інших значень. Одним із засобів формального опису таких закономірностей є стохастичні стаціонарні та нестаціонарні моделі [8-10].

Показник підготовленості $x(t)$ може бути уявленим як величина, агрегована двома складовими різної природи: стохастичної та детермінованої, чому зазвичай не приділяється уваги, що створює певні «білі плями» у безперервному ланцюгу досліджень і вдосконалення процесів ПП АО.

Постановка задачі. Таким чином, із вищенаведеного витікає, що моделювання процесу опанування та відтворення ЗВН нібито достатньо вивчене, однак відомі стохастичні методи моделювання не дозволяють провести глибокий аналіз складових елементів показника рівня ПП АО. Внаслідок цього не розрізняються суто стохастичні та детерміновані складові показника ПП, не проводиться аналіз їх взаємодії. Дослідження цих складових, зокрема стохастичних, дозволить розробити рекомендації щодо ефективного планування процесу ПП як невеликих груп АО (льотних екіпажів, диспетчерських змін тощо), так і кожного оператора окремо, та навіть щодо впливу на саму систему підготовки. Це питання завжди є актуальним, оскільки технічно тренажери та системи ПП постійно вимагають нових методологічних та алгоритмічних розробок. Усунення наведених вад в моделюванні стохастичної складової ПП АО і є **метою** цієї статті.

Дослідження стохастичного процесу опанування ЗВН. З графіку на рис. 1 видно, що процес росту рівня опанування ЗВН оператором є стохастичним нестаціонарним. Нестационарні стохастичні процеси можуть бути частково апроксимовані стаціонарними [11], що дозволяє опрацьовувати отримані дані, спираючись на їх показники. У досліджуваному випадку ми знаємо, що в ідеальному випадку модель ПП описується експонентою, отже ми в змозі перейти від нестаціонарної до стаціонарної моделі шляхом декомпозиції суцільної кривої на частини, та вивчення кожної частини окремо.

Показники стаціонарного стохастичного процесу можна подати у вигляді [11-13]:

$$z_t = \mu + \Delta_t,$$

де z_t – показник ефективності процесу ПП; μ – середній рівень (математичне очікування нестаціонарного по середньому випадкового процесу z_t), що показує основну тенденцію-тренд формування ЗВН в АО; Δ_t – випадкове відхилення процесу у час t .

В ідеальному випадку при $\mu = 0$ маємо:

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

Якщо прийняти, що функція $x(t)$ дійсно відповідає ідеальній зростаючій експоненті (рис. 1), то вводячи нормований показник процесу $\hat{z}_t = \frac{z_t}{x(t)}$, отримуємо такий опис стохастичного процесу надбання ЗВН із нормованим показником, який набуває вигляду стаціонарного:

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

Оскільки μ є трендом стохастичного процесу, в нашій інтерпретації він дорівнює



детермінованій складовій $\mu = x(t)$, а показник нормованого нестационарного стохастичного процесу у такому випадку дорівнює:

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

тобто описує нестационарний стохастичний процес відносно середнього рівня 1.

АО демонструють рівень опанування ЗВН, що описується ідеальним експоненційним законом, коли $\mu = x(t)$. Проте в реальності вони мають особисті риси [14], що впливають на значення тренду μ . Позначимо ці риси як випадкове відхилення процесу Δ_t , яке агрегує складові: $\Delta_t = \Delta_{tc} + \Delta_{rv}$. Перша з них, Δ_{tc} – це показник прояву постійних особистих властивостей оператора, який пояснює трендові відхилення, зумовлені саме особистими здібностями оператора. Друга складова, Δ_{rv} – це дійсне відхилення випадкової величини. У такому випадку показник нормованого стаціонарного стохастичного процесу приймає вигляд:

$$\hat{z}_t = 1 + \frac{\Delta_{tc}}{x(t)} + \frac{\Delta_{rv}}{x(t)}.$$

Три складові графіків нормованого та ненормованого показників процесу підготовки, що були нами розглянуті, наочно ілюструє рис. 2.

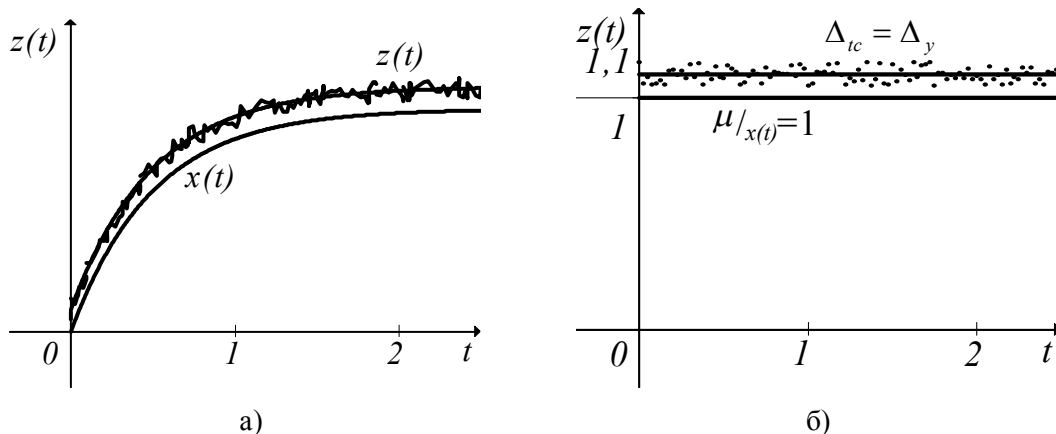


Рисунок 2 – Формування професійних ЗВН авіаційних операторів: а) ненормований процес, б) нормований процес

Випадкова складова нормованого стаціонарного стохастичного процесу має декілька властивостей, які доцільно розглянути та проаналізувати. На основі такого аналізу можна буде зробити висновки щодо несталіх індивідуальних властивостей АО, а в подальшому і про його особисті персоніфіковані рекомендації до ПП.

Отже, нехай кожний результат ПП відображається на графіку у вигляді точки і відповідає кількісній оцінці результатів виконаного слухачем контрольного тренувального завдання. Ця оцінка виставляється за абсолютною шкалою, яка має розмірність від 0 балів до встановленого при її розробці максимального значення. Дійсно, не важливо, чи було завдання дано у вигляді контрольних запитань тестового типу, тренувальних сценаріїв, або у будь-якому іншому вигляді. Єдине, що важливе, – це подання усіх завдань у єдиному форматі та за єдиними правилами для запобігання відхилень, пов'язаних із форматкуванням. При цьому не викликає труднощів навіть застосування якісних бальних оцінок, оскільки відомі процедури їх фазифікації чи застосування шкали бажаності Харингтона [15; 16].

Результати виконання АО кожного завдання оцінюватимуться у певній кількості балів, яка звичайно буде мати межі допуску. Нехай кількість балів m може приймати значення у межах $[0, M]$, де M – це максимально можлива оцінка. Також, нехай існує



таке значення t^* , яке є граничним (мінімально прийнятним) для зарахування виконаного контрольного завдання. Усі результати $t < t^*$ вважатимуться незадовільними, а відповідні контрольні завдання вимагатимуть повторного виконання. Оскільки діапазон оцінювання містить дискретні значення, то для них можна побудувати звичайну таблицю частот появи кожного значення балів із отриманих оператором.

Розглянемо відповідний гіпотетичний приклад результатів випробувань АО (табл. 1). Здійснити їх аналіз можна в два способи. Перший полягає у простому підрахунку отриманих балів по визначених інтервалах. При цьому не виникає потреби у проведенні яких-небудь додаткових обчислень, тому досліджуються отримані емпіричні частоти.

Таблиця 1 – Статистичні дані гіпотетичних випробувань

Результат випробувань	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Частота повторень	4	7	8	8	11	15	17	17	16
Результат випробувань	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Частота повторень	15	11	9	6	5	4	3	1	1

Нехай $t^* = 23$. Тоді від кожного результату випробувань оператора можна відняти t^* без змістовних змін (табл. 2). Гістограму організованих в такий спосіб даних наведено на рис. 3.

Таблиця 2 – Статистичні дані випробувань, подані у перший спосіб

Результат випробувань	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Частота повторень	4	7	8	8	11	15	17	17	16
Результат випробувань	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Частота повторень	15	11	9	6	5	4	3	1	1

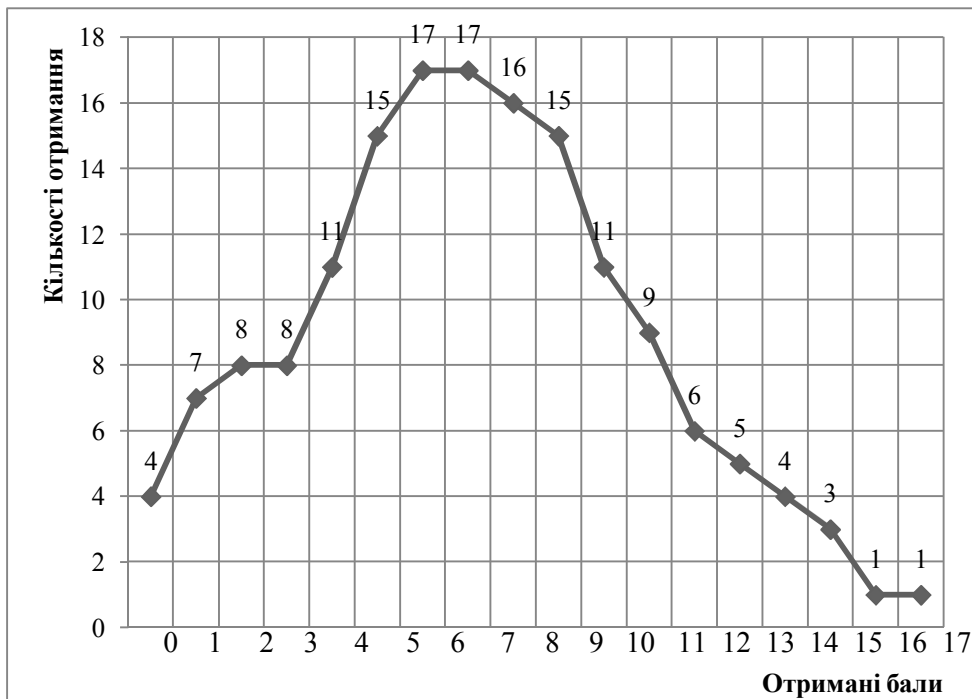


Рисунок 3 – Гістограма гіпотетичних статистичних даних випробувань, що подані у перший спосіб



Отже, при першому способі подання результатів випробувань слід звернути увагу на форму графіку, яка наближається до форми графіку нормального розподілу випадкової величини. Тому найбільші частоти результатів випробувань знаходяться по центру можливого діапазону. Це означає, що оператор опанував певний обсяг ЗВН, він спроможний відтворювати його на обчисленому середньому рівні із деякими відхиленнями в сторону як менших так і більших успіхів.

Якщо графік постійно зростає, то очевидно, що при задовільному рівні постійних особистих властивостей оператора кількість відхилень його результатів обернено пропорційна їх якості. Якщо графік є постійно спадаючим, то очевидно, що при задовільному рівні постійних особистих властивостей оператора кількість відхилень його результатів прямо пропорційна їх якості.

Другим способом ілюстрації й аналізу отриманих результатів полягає у знаходженні середнього арифметичного результатів випробувань, яке приймається за новий нуль. Усі інші обчислення вже йдуть від знайденого середнього значення. Оскільки середнє характеризує усю сукупність отриманих результатів, його можна вважати значенням показника постійних особистих властивостей оператора. Тоді, віднявши від середнього бали буде отримано більше наочної інформації про особисті властивості оператора. Отримані результати матимуть не тільки значення, але й знак, що дозволить провести більш глибокий аналіз тенденцій продемонстрованого рівня ЗВН оператора. Приклад застосування другого способу для подання результатів випробувань наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Статистичні дані випробувань, перетворені у другий спосіб

Результат випробувань	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
Частота	4	7	8	8	11	15	17	17	16
Результат випробувань	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
Частота	15	11	9	6	5	4	3	1	1

У прикладі наведено довільний ряд балів, отриманих оператором, при мінімальній задовільній кількості у 23 бали, значенні показника постійних особистих властивостей оператора у 32 бали та максимального результату у 40 балів. Гістограму отриманих даних наведено на рис. 4.

При другому способі подання результатів випробувань аналізу підлягають, поперше, сумі балів по обидві сторони від нульового рівня. Дійсно, обчисливши кількості балів ліворуч p_l та праворуч p_r від нуля, їх порівняння дає нам корисну інформацію. Якщо сума ліворуч набагато менша за суму праворуч ($p_l \ll p_r$), то можна зробити висновки про схильність оператора демонструвати результати у сторону кращої оцінки. Якщо сума ліворуч набагато більша за суму праворуч ($p_l \gg p_r$), то можна зробити висновок про недостатню професійну підготовленість оператора. Якщо сума ліворуч приблизно дорівнює сумі праворуч ($p_l \approx p_r$), то можна зробити висновки про відсутність чітко вираженої тенденції.

На прикладі вищенаведеної послідовності балів обрахуємо p_l та p_r . $p_l = 108$, $p_r = 61$, отже $p_l \gg p_r$ і оператор більш схильний до невеликих помилок у процесі виконання контрольних завдань. У результаті отриманих даних можна переглянути персональний графік тренування оператора, внести зміни у кількість та якість отриманих ним контрольних вправ, або інші зміни до розкладу його роботи.

Слід звернути увагу на наявність піків у графіку. У наведеному прикладі графік приблизно відповідає графіку нормального розподілу випадкової величини, має єдине пікове значення та не має точок перегину. Наведемо інший приклад довільної послідовності балів у табл. 4.

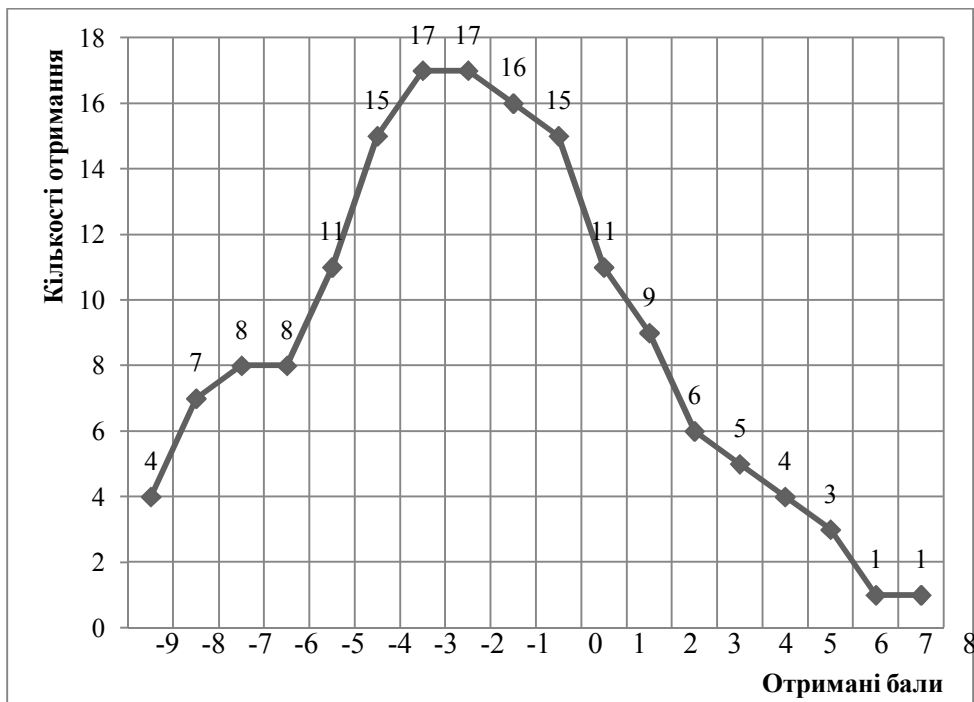


Рисунок 4 – Гістограма статистичних даних випробувань, що перетворені у другий спосіб

Таблиця 4 – Статистичні дані із піками, подані у другий спосіб

<i>Результат випробувань</i>	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
<i>Частота</i>	4	7	13	8	11	15	17	17	16
<i>Результат випробувань</i>	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
<i>Частота</i>	15	11	9	6	5	4	9	1	1

Вже по даних, наведених у таблиці можна бачити, що для частоти балів на рівні -7 та $+6$ наявні піки (рис. 5). Висновки з наявності такого піку можуть бути різними, оскільки самі по собі ці піки не дають ніякої додаткової глобальної інформації про процес підготовки та контролю знань оператора. Тим не менш, як припущення, можна прийняти за причину виникнення цих піків унікальний особистий досвід оператора, або помилки у організаційно-методичній підготовці навчальної програми.

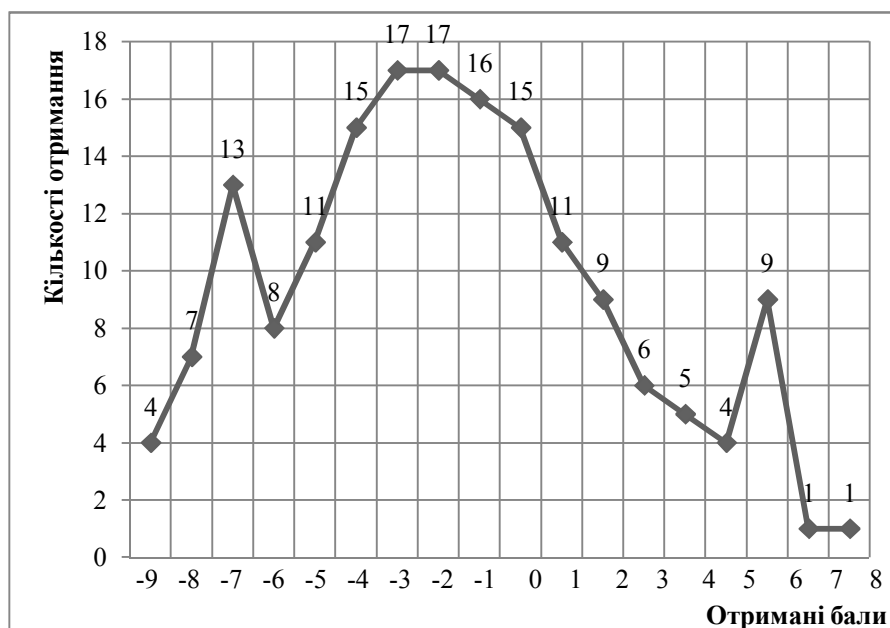


Рисунок 5 – Статистичні дані із піками, організовані у другий спосіб



У випадку стандартного надання контрольних завдань різних типів, при порівнянні пропорцій типів завдань та кількостей помилок можна виявити схильність оператора до правильного/неправильного вирішення завдань за певними тренувальними завданнями, або його понижено/підвищено здатність до виконання (або навіть сприйняття) завдань певних типів. Усе це має бути додатково перевірено шляхом порівняння успіхів АО із іншими операторами, що виконували такі ж самі контрольні завдання, порівняння його поточних успіхів із попередніми, тощо.

Як витікає з даних праці в процесі ПП і діяльності АО послідовно проходять чотири стадії, що ілюструє рис. 6. [9, 3].

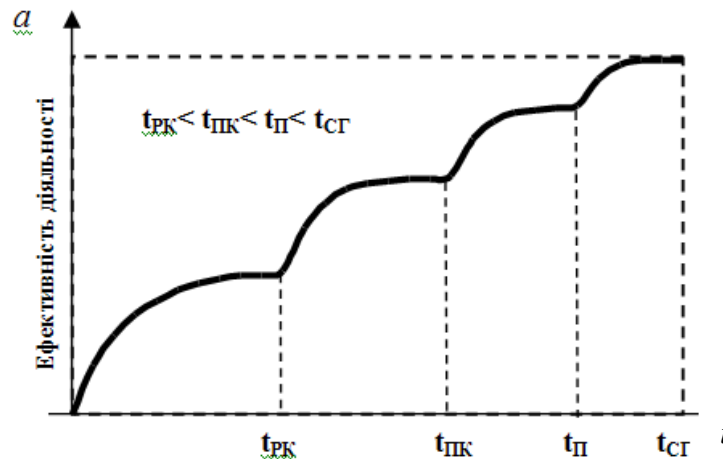


Рисунок 6 – Трансформація професійних ЗВН в процесі тренувань: t_{PK} – час, потрібний для досягнення рівня праці у режимі компенсації; t_{PK} – переслідування з компенсацією; $t_{П}$ – оптимального передбачення; t_{CT} – провіщення (синхронного генератора)

Урахування та порівняння математичного очікування нормованого стаціонарного стохастичного процесу ПП викликає труднощі, оскільки цей процес є унікальним для кожного з операторів, та неможна визначити єдине математичне очікування таке, щоб було задовільним для усіх чотирьох режимів. Пошук узагальненого показника для чотирьох режимів та їх порівняння також викликає складності, пов'язані із опрацюваними даними. За визначенням, отримані послідовності представляють дійсне відхилення випадкової величини Δ_{iv} . Якщо припустити, що середнє арифметичне формування ЗВН в режимі компенсації a_1 не дорівнює нулю, то можна зробити висновок про зсув середнього арифметичного дійсного відхилення випадкової величини відносно показника постійних особистих властивостей оператора Δ_{ic} . Тобто, у суто стохастичного показника з'явиться детермінована складова. Але за визначенням детерміновану складову у повному обсязі представляє Δ_{ic} , що означає необхідність переносу a_1 до складу Δ_{ic} , і призначення $a_1 = 0$. Це справедливе для кожного із чотирьох режимів. Можливе порівняння параметрів a_1, a_2, a_3, a_4 у сукупності із порівнянням динаміки зміни Δ_{ic} у різних режимах, але таке комплексне порівняння вимаже додаткових досліджень, які виходять за межі цієї статті.

Робота із моментом другого порядку, тобто дисперсією $D[X] = M[(X - m_x)^2]$, вже дозволяє робити деякі висновки щодо роботи оператора у різних режимах. Обчисливши чотири дисперсії для чотирьох режимів роботи оператора D_1, D_2, D_3, D_4 можна порівняти їх та зробити висновки. Якщо $D_i < D_{i+1}$ для $\forall i$, тобто дисперсія зростає із переходом до наступного режиму, то можна зробити висновок про збільшення випадкової складової у показниках ПП оператора. Це може свідчити про те, що із зміною режиму дії оператора стають угадуваннями, що неприпустиме для операторів авіаційної галузі. Якщо $D_i > D_{i+1}$



для $\forall i$, тобто дисперсія зменшується із переходом до наступного режиму, то оператор припускається меншої кількості помилок із зміною режиму. Це свідчить про його зростаючу впевненість у знаннях із зміною режиму. Проміжні випадки, коли одночасно існують випадки $D_i > D_{i+1}$ та $D_i < D_{i+1}$ у будь-якій комбінації потребують додаткових досліджень та аналізу.

Момент третього порядку називається асиметрією $As[X] = \frac{M[(X - m_x)^3]}{D\sqrt{D}}$. Якщо оператор схильний до відхилень у меншу сторону то $As[X] < 0$, якщо навпаки, то $As[X] > 0$. Динаміка зміни значень асиметрії із зміною режиму процесу ПП оператора As_1, As_2, As_3, As_4 дозволяє прослідкувати за тенденцією формування ЗВН, тобто йдеться про більшу кількість високих позитивних результатів ПП, чи меншу.

Четвертий момент, ексцес $Ex[X] = \frac{M[(X - m_x)^4]}{D}$, дозволяє визначити гостроту вершини графіку розподілу (звичайно мова йде про випадок, коли вершина одна). Гостроверхий графік свідчить про стабільність у роботі оператора. Плоска вершина свідчить про наявність у оператора схильності до помилок. Більш детальні висновки вимагають комплексного аналізу ексцесу із значеннями Δ_{ic} та Δ_{iv} .

Висновки. Запропонований спосіб розподілу показників успішності ПП оператора на стохастичні та детерміновані складові дозволяє провести більш детальний аналіз його особливої діяльності, так і аналіз системи у якій оператор проходить ПП. У результаті теоретичного аналізу випадкової складової нормованого нестационарного стохастичного процесу, (уявленого, як стаціонарний) ПП АО запропоновано два способи подання результатів випробувань АО та низка подальших рекомендацій для внесення змін у процес ПП.

Враховуючи отримані та подані у цій статті наукові результати, подальші дослідження доцільно проводити у напрямках можливих способів обчислення значення показника постійних особистих властивостей АО, доповнення проведеного аналізу отриманими способами, проведення досліджень щодо аналізу діяльності оператора у невеликій групі (льотному екіпажі чи диспетчерській зміні).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стрелков Ю. К. Инженерная и профессиональная психология : учеб. пособ. / Ю. К. Стрелков. – М. : Издательский центр «Академия» ; Высшая школа, 2001. – 360 с.
2. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Монреаль, Канада, 2009.
3. Рева А. Н. Сплайн-модель формирования профессиональных навыков у авиационных операторов / А. Н. Рева, С. П. Борсук, Б. М. Мирзоев, В. В. Камышин // Elmi məstüələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademi-yasinin. – Bakı, unvar- mart 2013. – Cild.15. – № 1. – С.89-97.
4. Буш Р. Стохастические модели обучаемости / Р. Буш, Ф. Мостеллер. – М. : Физматгиз, 1962. – 483 с.
5. Зараковский Г. М. Введение в эргономику / Г. М. Зараковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен ; под ред. В. П. Зинченко. – М. : Советскоерадио, 1974. – 352 с.
6. Новиков Д. А. Закономерности итеративного научения / Д. А. Новиков. – М. : ИПУ РАН, 1998.
7. Эргономика : учебник / Под ред. А. А. Крылова, Г. В. Суходольского. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та. 1988. – 184 с.
8. Адомиан Дж. Стохастические системы : научное издание / Дж. Адомиан. – М. : Мир, 1987. – 376 с.



9. Бокс Дж. Анализ временных рядов, прогноз и управление: пер. с англ. / Дж. Бокс, Г. Дженкинс; под ред. В. Ф. Писаренко. – М. : Мир, 1974, кн. 1. – 406 с.
10. Гардинер К. В. Стохастические методы в естественных науках / К. В. Гардинер. – М. : Мир, 1986. – 526 с.
11. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
12. Шеффе Г. Дисперсионный анализ : пер. с англ. / Г. Шеффе. – М. : Наука, 1980. – 512 с.
13. Прохоров С. А. Структурно-спектральный анализ случайных процессов / С. А. Прохоров, В. В. Графкин. – Самара : СНЦ РАН, 2010. – 128 с.
14. Рева О. М. Досвід ІКАО і провідних авіакомпаній світу щодо врахування людського фактору та індивідуалізації професійної підготовки льотного персоналу / О. М. Рева, Г. О. Рева, А. А. Чабак // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. – Вип. 34. – К. : НМЦ ВО МОН України, 2003. – С. 56-71.
15. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 278 с.
16. Камишин В. В. Процедура фазифікації / дефазифікації балів шкал оцінювання / В. В. Камишин, О. М. Рева, Л. М. Макаренко, О. М. Медведенко // Електроніка та системи управління : науковий журнал. – К. : НАУ, 2012. – № 3 (33). – С. 53-62.
17. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стэнли. – М. : Прогресс, 1976. – 496 с.

Борсук С.П. СЛУЧАЙНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННОГО ОПЕРАТОРА

Рассмотрен вопрос поддержки профессиональной подготовки авиационных операторов переднего края на высоком уровне, влияние этой подготовки на безопасность полётов и возможность использования стохастического описания процесса подготовки совместно с экспоненциальной подачей уровня усвоения оператором знаний, навыков и умений. Рассмотрены показатели процесса подготовки авиационного оператора, выделены стохастические и детерминированные показатели. Приведены примеры результатов, полученных оператором и два способа учёта этих результатов с их преимуществами и недостатками. Описаны моменты выборки от первого до четвёртого порядков, применённые к результатам оператора. Приведены выводы и рекомендации относительно дальнейшей работы.

Ключевые слова: безопасность полётов, человеческий фактор, уровень профессиональной подготовки авиационных операторов, стохастические модели подготовки, личные особенности оператора, моменты выборки.

Borsuk S.P. RANDOM COMPONENT OF AVIATION OPERATOR NON-STATIONARY STOCHASTIC PROFESSIONAL TRAINING PROCESS INDEX

Question of keeping high level of first-line aviation operator professional training process is examined along with influence of this training on the flight safety and capability of using stochastic description of this training process in complex with operator's mastered knowledge, skills and abilities level exponential presentation. Aviation operator training process indexes are examined, with highlighting stochastic and determined ones. Examples of operator results are given with two ways of presenting those results with their advantages and disadvantages. Statistic sample moments from first up to fourth are used to analyze operator's results. Conclusions and further work recommendations are given.

Keywords: flight safety, human factor, aviation operators professional training level, stochastic training models, personal operator's peculiarities, statistic sample moments.

Статтю прийнято
до редакції 18.10.2013