

УДК 378.311.3 (045)

Казак В.М., д.т.н.
Прохоренко І.В., к.т.н.
Тимошенко Н.А., к.т.н.

ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСОВОЇ СТРУКТУРИ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ КАДРІВ НА ПОКАЗНИКИ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Національний авіаційний університет

Розглянута можливість підвищення ефективності керування процесом підготовки авіаційних кадрів, шляхом оптимізації часової структури процесу їхньої підготовки

Ключові слова: безпека польотів, підготовка фахівців, оптимізація, суб'єктивна ентропія, суб'єктивні переваги

Постановка проблеми

Безпека польотів (БП) є головною проблемою цивільної авіації (ЦА) будь-якої країни і розглядається, як властивість авіаційної транспортної системи здійснювати повітряні перевезення без загрози для життя і здоров'я людей. Аналіз стану БП за даними Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) показує, що переважна більшість авіаційних подій відбувається з причин, пов'язаних з "особистісним" або "людським" фактором (ЛФ).

Роль ЛФ в забезпеченні БП в істотній мірі визначається рівнем професійної підготовки авіаційних кадрів. Головна роль у структурі професійної підготовки авіаційного персоналу (АП), особливо льотно-технічного складу, відіграє якість їх освітньої підготовки. Аналіз стану безпеки польотів спонукає до висновку про необхідність реформування існуючої системи підготовки АП [1,2]. Тому даному питанню приділяється велика увага.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В умовах подолання кризових явищ в економіці, питання якості підготовки льотно-технічних кадрів збільшує актуальність питання. Основною причиною цього є невідповідність якості підготовки випускників навчальних закладів вимогам з боку підприємств промисловості та транспорту. Цій проблемі присвячено праці вітчизняних вчених, таких як: Е.Г. Винограй, Е.С. Жариков, О.С.Разумовский, Г.А. Ширшин,

А.І.Уемов, В.В. Яцкевич. Тому, що питання відповідності рівня професійної підготовки льотно-технічного складу є найбільш актуальним в умовах еволюційних змін в теорії забезпечення БП.[3-4].

Ціль

Ціль даної статті – є підвищення ефективності керування процесом практичної підготовки льотно-технічного складу, шляхом оптимізації часової структури.

Основні аспекти проблеми

Оскільки процес підготовки льотно-технічного профілю вимагає залучення значно більших ресурсів ніж в інших галузях знань, то для досягнення необхідної якості підготовки потрібні високий рівень матеріально-технічного забезпечення та оптимальне використання всіх наявних ресурсів: матеріальних, фінансових, кадрових, часових тощо. Вирішення такої складної задачі вимагає впровадження математичних методів підтримки прийняття управлінських рішень щодо формування оптимальних стратегій та вчасного корегування поточних методів навчання відповідно до зміни внутрішніх та зовнішніх умов, динаміки рівня знань, зміни цілей та пріоритетів навчання. Основним інструментом при цьому повинні стати сучасні методи моделювання та оптимізації, які дозволять прогнозувати розвиток подій, наслідки тих чи інших управлінських рішень, а головне, дозволять знайти найкращі рішення щодо підвищення рівня кваліфікації фахівців. У

роботі в якості основної задачі досліджується вплив розподілення активного наявного часу (операційного часу) суб'єктів навчання (студентів) на показники якості навчання при цьому якість навчання визначається на основі результатів тестування. Певний вплив на удосконалення процесу підготовки авіаційних фахівців і на показники якості виробничої діяльності випускників вузів є більш складним завданням з точки зору отримання будь-якої статистичної інформації. Такі результати повинні проявлятися з великим запізненням і збір статистичних даних повинен відбуватися в умовах статистичної неоднорідності випадкових процесів пов'язаних з безпекою активної системи (в даному випадку з БП). Автори спробували дати теоретичну схему

аналізу проблеми ґрунтуючись на самих загальних передумовах. Отримана модель дозволяє проводити параметричний аналіз [3]. Під якісною структурою мається на увазі наступне, передбачається, що в такому випадку процес навчання містить три компоненти:

- інформаційної складової навчаемого;
- модифікації інтелекту навчаемого;
- покращення етичного базису.

На (рис.1.) наведена схема компонентів процесу підготовки авіаційних кадрів, яка демонструє, що без урахування у процесі підготовки розвитку особистісних якостей суб'єктів та його виховання рівень оволодіння ним навчальним матеріалом набуває віртуального, штучного забарвлення і не є стійким у часі.

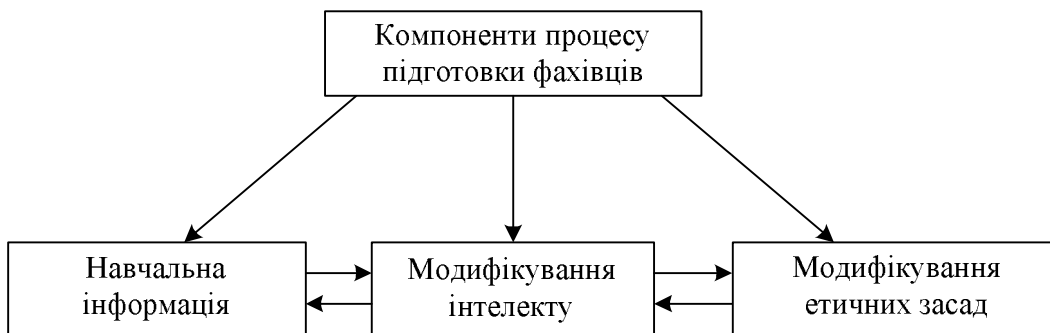


Рис. 1. Компоненти процесу керування підготовкою авіаційних кадрів

Таким чином, ефективність навчальної діяльності суб'єктів має ґрунтуватися на постійному контролі рівня цих трьох компонентів. Управління розвитком і взаємозалежністю таких компонентів і дозволяють сформувати цілісну стійку модель високо компетентного фахівця. Розглянемо кожний із компонентів докладніше.

Інформаційна компонента полягає в розв'язанні наступних завдань:

- вибір змісту навчальної інформації, що відповідає даному напрямку або спеціальності, за якою, навчається суб'єкт;

- структуризація змісту та часу, протягом якого засвоюються порції навчальної інформації.

Характерною особливістю у розв'язанні проблем наведених питань є

управління ресурсними можливостями суб'єктів навчання та вибір технології навчання. Управління підвищенням інтелектуальних здібностей суб'єктів навчання може бути досягнуте через покращення основних властивостей інтелекту, а саме:

- поліпшення пам'яті;
- розвинення логічного мислення;
- підвищення швидкості опрацювання навчальної інформації;
- збільшення можливого об'єму інформації, що може засвоїти суб'єкт;
- розв'язання проблеми вибору, якщо існує багатоальтернативна ситуація.

Визначальною компонентою, яка потребує розв'язку, є модифікування етичних засад суб'єктів. Поняття цієї компоненти базується на забезпеченості успішності розв'язку попередніх двох компо-

нент. Основним середовищем в якому можна реалізувати вплив інтелекту – інформаційна складова. Розвиток методів оцінки модифікації інтелектуальних та етичних засад представляє другу складову.

В цьому контексті спроможність майбутнього фахівця, засвоювати нову інформацію, і миттєво реагувати на заміну застарілої інформації новою буде високою тоді коли майбутній фахівець характеризується високим ступенем пристосованості до нових динамічно змінюючих умов в своїй галузі. Реалізація на потрібному рівні першої та другої задач не можлива без вирішення третьої задачі. В цьому розумінні управління і оцінка ефективності процесу підготовки фахівців повинна бути зорієнтованими не на кінцевий результат закінчення вузу, а на весь час активної діяльності фахівця, подібно тому, як в даний час здійснюється проектування літального апарату та його обладнання з урахуванням надійності всього його життєвого циклу. Розглядається два види навчання підготовки авіаційних кадрів:

- пасивне навчання;
- проблемне навчання.

Пасивне навчання – полягає в передачі запланованого обсягу та змісту інформації. Даний метод навчання не надає навчасним можливості приймати саме правильне рішення для ситуації, що склалася в польоті або при підготовці до нього.

Проблемне навчання – передбачає створення в процесі управління процесом підготовки фахівців проблемних ситуацій, коли навчасний ставиться в умови необхідності терміново приймати рішення: здійснювати вибір (стратегію) $S_i \in S_a$ де – S_a безліч допустимих альтернативних рішень. Здатність до прийняття рішення на множині S_a обумовлюється, по-перше: здатністю сприймати, розпізнавати, ідентифікувати альтернативу, оцінити пов'язані з ними наслідки – витрати ресурсів $R^{req}(S_i)$ очікувані ресурси і по-друге:

здатністю здійснювати вибір на S_a в умовах невизначеності.

Ця здатність залежить від накопиченого досвіду, навичок прийняття рішень і базується на характеристиці волі, тих хто навчається. Створення необхідної основи того, що ми охарактеризували, забезпечується інформаційною компонентою технології навчання. Створення необхідної основи забезпечується в процесі проблемного навчання.

Отже нехай T – є загальний ресурс операційного часу навчання, $\bar{t}_{inf} = \frac{t_{inf}}{T}$ – відносний операційний час інформаційної складової, $\bar{t}_{pr} = \frac{t_{pr}}{T}$ – відносний час проблемного навчання звідси:

$$\bar{t}_{inf} + \bar{t}_{pr} = 1. \quad (1)$$

Очевидно, що чим більше \bar{t}_{inf} , тим більш надійне і глибоке усвідомлення проблемних ситуацій створюється у навчасних, але тим меншу кількість різних ситуацій вдається йому охопити.

Навпаки чим більше \bar{t}_{pr} , тим на більшій множині S_a і з більшою швидкістю може бути прийнято правильне рішення. Таким чином, утворюються явні «ваги» при плануванні стратегії навчання. Тому пропонується розділити навчальний час на дві частини: t_{inf}^* – інформаційний час, t_{pr}^* – проблемний час, де зірочкою позначається оптимальний вибір. Наприклад розглянемо окремий випадок фіксованого числа альтернатив: $N = 2$, $S_1, S_2 \in S_n$, отже ми будемо орієнтуватись на використанні в якості критерію оптимізації часу, прийняття рішення. Його ми пов'язуємо з так званими ентропійними порогами. Визначимо суб'єктивну ентропію на S_a наступним чином:

$$H_p = - \sum_{i=1}^N p(s_i) \ln p(s_i), \quad (2)$$

де: $p(s_i)$ – показник уподобання альтернативи S_i .

Величини $p(s_i)$ не є ймовірностями але задовольняють деякі умови нормування, у рамках теорії когнітивної міри:

$$\sum_{i=1}^N p(s_i) = 1. \quad (3)$$

В умовах невизначеності може бути використана будь-яка неадитивна міра, наприклад міра Сугено або так званана адитивна Н-міра, де умова нормування приймається у вигляді:

$$\sum_{i=1}^N p_i(s_i) + I H_p = 1, \quad (4)$$

або:

$$\sum_{i=1}^N p(s_i) \cdot (1 - I \ln p(s_i)) = 1. \quad (5)$$

Для отримання моделі функції $p(s_i)$ у роботі використовуються переваги. Найбільш доцільнішим для реалізації даної задачі є інформаційно-ентропійний метод, який за формою збігається з принципом Джеймса, але в той же час, має суттєві відмінності, і тому може рахуватись самостійним принципом [5]. В якості критерію оптимальності приймається величина:

$$\begin{aligned} \Phi_p = & a(I) \sum_{i=1}^N p(s_i) \ln p(s_i) \pm \\ & \pm b \sum_{i=1}^N p(s_i) F(s_i) + g \sum_{i=1}^N p(s_i). \end{aligned} \quad (6)$$

де: b – ендегенний структурний параметр, що розглядається, як характеристика емоційної напруги та внутрішня особливість суб'єкта при формуванні функцій переваг; $F(s_i)$ – «когнітивна» функція.

Обчисливши похідну від Φ_p по $\bar{p}(s_i)$ знаходимо:

$$a(I, g)(\ln p(s_i) + 1) \pm b F_i(s_i) + g = 0, \quad (7)$$

звідси:

$$p(s_i) = \frac{\exp(\pm \frac{b}{a(I, g)} \cdot F_i(s_i))}{\sum_{q=1}^N \exp(\pm \frac{b}{a(I, g)} \cdot F_q(s_a))}. \quad (8)$$

Вводиться припущення про існування суб'єктивних ентропійних порогів:

H_p^* – поріг рішення;

H_p^{**} – верхній поріг психологічної невизначеності;

H_{p^*} – поріг еволюційного «неповернення».

Необхідна умова прийняття рішення має вигляд:

$$H_p \langle H_p^*. \quad (9)$$

Якщо $H_p \geq H_p^*$ – рішення на S_a не може бути прийнято. Якщо $H_p \langle H_p^*$ – прийняте рішення не може бути змінено. Якщо ж $H_p \rangle H_p^{**}$ – психіка людини, що приймає рішення перебуває у стані глибокого стресу і ніяка розумна діяльність неможлива. Розподіл (8) за формою збігається з розподілом Бальцмана-Гіббса у фізичній кінетиці, а коефіцієнт $b' = \pm \frac{b}{a(I, g)}$ – відіграє роль зворотної

«психічної» температури $b' = \frac{1}{T}$.

На (рис.2.) наведено результати дослідження залежності H_p від $b = T$ при рівних умовах і з наявністю тільки двох альтернатив:

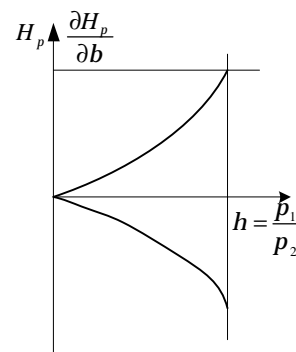


Рис. 2. Залежність суб'єктивної ентропії H_p від p_1 і p_2

Крім того на (рис. 3) показана характерна залежність H_p від часу при виникненні проблемної ситуації.

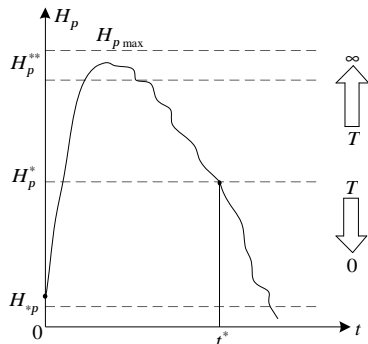


Рис. 3. Залежність суб'єктивної ентропії H_p від час

З аналізу даних (Рис.3) можна зробити висновок, що при виникненні особливої проблемної ситуації суб'єктивна ентропія H_p швидко зростає і суб'єкт потрапляє в область «стресу», $H_p \in [H_p^*, H_p^{**}]$ потім при незмінних умовах суб'єкт поступово заспокоюється.

Ентропія падає в момент $t = t^*$ викликані необхідною умовою щодо прийняття своєчасного рішення [3]. Динаміка ентропії залежить від b і від когнітивної функції $F(s_i)$. Передбачається що b є функцією \bar{t}_{pr} і ця залежність може бути показана логістичною кривою.

Нехай:

$$\bar{b}(T_p) = \bar{b}_{\min} + (\bar{b}_{\max} - \bar{b}_{\min})e^{-ht_r^2} \quad (10)$$

Когнітивну функцію $F_i(s_i)$ представимо у вигляді:

$$F_i(s_i) = \bar{F}_i(s_i) \cdot m, \quad (11)$$

де: $\bar{F}_i(s_i)$ – залежить в основному від інших обставин, а m в основному залежить від $T_{\inf} = \frac{T - t_{\inf}}{t_{\inf}}$.

Тоді:

$$m_i(t_{\inf}) = m_{\min} + (m_{i\max} - m_{i\min}) \cdot e^{-g_i t_{\inf}^2}, \quad (12)$$

Розглянемо випадок двох альтернатив: $N = 2$. Орієнтовний хід залежності H_p показаний на (рис.4).

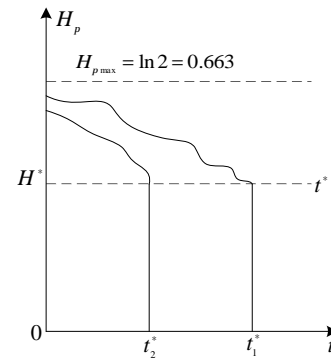


Рис. 4. Залежність H_p від часу для двох альтернатив

З порівняльного аналізу басимо, що рішення залежить від t_{pr} і t_{\inf} та від співвідношень між ними. Зменшення t^* веде до зменшення часу на прийняття рішення в особливій ситуації і цим самим сприяє збільшенню БП. Це однак, не точна характеристика. Необхідно додатково оцінити величину суб'єктивного та об'єктивного ризиків тобто ризиків третього роду. Нехай у просторі параметра a об'єкта (системи) виділено два об'єкти A_1 і A_2 , тоді $a \in A_1$ – має місце успішний результат виходу з польотної ситуації, що склалася, а якщо $a \in A_2$ – то має місце неуспішний результат, тобто вкрай небажаний:

$$R_{obj} = c_{11}p(s_1) \cdot P(a \in A_1 | s_1) + c_{12}p(s_2) \cdot P(a \in A_1 | s_2) + c_{21}p(s_1) \cdot P(a \in A_2 | s_1) + c_{22}p(s_2) \cdot P(a \in A_2 | s_2) \quad (13)$$

Також досліджено гібридну модель у якій передбачається що апріорні ймовірності можуть бути записані величинами відповідних переваг. Тому введемо суб'єктивний Байєсівський ризик:

$$R_{subj} = c_{11}p(s_1) \cdot \hat{P}(a \in A_1 | s_1) + c_{12}p(s_2) \cdot \hat{P}(a \in A_1 | s_2) + c_{21}p(s_1) \cdot \hat{P}(a \in A_2 | s_1) + c_{22}p(s_2) \cdot \hat{P}(a \in A_2 | s_2) \quad (14)$$

Якщо в якості когнітивної функції використовувати суб'єктивний Байєсівський ризик, тоді функціонал прийме вигляд (15):

$$\Phi_p = -a(I, g) \sum_{i=1}^N p(s_i) \ln p(s_i) \pm R_{subj} p(s_1),$$

$$(p(s_2), \dots, p(s_N)) + g \sum_{i=1}^N p(s_i)$$
(15)

А канонічний розподіл має експоненціальний характер

$$p(s_i) = \exp \left[\frac{+b}{a(I, g)} (c_{21} \cdot \hat{P}(a \in A_2 | s_1) + c_{21} \cdot \hat{P}(a \in A_2 | s_1)) \right]$$

$$\left[\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \exp \left[\frac{+b}{a(I, g)} \cdot (c_{21} \cdot \hat{P}(a \in A_j | s_i)) \right] \right]$$
(16)

де: $\hat{P}(a \in A_j | s_i)$ – суб'єктивна ймовірність в термінології Гроота. Висота порогу H^* залежить від часу. Чим вище поріг, тим швидше буде прийнято рішення, і з тим вище буде ймовірність прийняття рішення не найкращого з точки зору безпеки. Величина інформаційного часу t_{inf} впливає на якість і глибину ідентифікації польотних ситуацій та альтернатив в тому числі його збільшення сприяє більш чіткій диференціації альтернатив, зростанню абсолютної різниці когнітивних функцій:

$$dF_{ij} = (F(s_i) - F(s_j)) \quad (17)$$

Існує задача вибору оптимальної програми в поділі навчального часу на дві частини:

t_{inf} – інформаційний час;

t_{pr}^* – проблемний час.

Висновок

Запропонований підхід до кількісної оцінки впливу оптимізації часової структури процесу підготовки авіаційних кадрів з умов завданого рівня БП дозволяє формувати необхідні вольові якості суб'єктів навчання. Впровадження даного підходу до процесу підготовки авіаційних кадрів дозволить підвищити рівень їх готовності до дій в екстремальних ситуаціях у польоті й на землі.

Список літератури

1. Жулев В.И., Безопасность полетов летательных аппаратов / В. И. Жулев, В.С. Иванов. – М.: Транспорт, 1986. – 224 с.

2. Овчаров В. Е. Человеческий фактор в авиационных происшествиях / В. Е. Овчаров. – М.: МАК, 2005. – 80 с.

3. Казак В.М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті [Текст] / В.М.Казак. – К.: НАУ, 2010. – 284 с.

5. Савінов О.М. Моделювання та управління якістю підготовки авіаційних фахівців: монографія / О. М. Савінов – К.:НАУ, 2010.–170с.

4. Касьянов В.А. Суб'єктивний аналіз: Монографія / В.А. Касьянов. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.

Статтю подано до редакції 02.12.2016