



КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ІНСТРУКТОРА АВІАЦІЙНОГО ТРЕНАЖЕРА

Шульгін В.А.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

Професійна діяльність інструктора авіаційного тренажера розглянута у ракурсі прояву характерних рис різноманітних видів операторської діяльності (оператора-технолога, оператора-спостерігача (контролера), оператора-дослідника, оператора-керівника та оператора-маніпулятора). Визначені основні етапи і запропоновані частинні та загальний критерій оцінки ефективності професійної діяльності інструктора.

Ключові слова: характерні особливості професійної діяльності інструктора авіаційного тренажера; етапи, частинні та узагальнений критерій оцінки ефективності праці.

Вступ. На теперішній час загально визнано, що професійна підготовка (ПП) авіаційних операторів (АО) на авіаційних тренажерах (АТ) суттєво і позитивно впливає на безпеку польотів (БП). Більш того, використання АТ для зменшення вартості льотної підготовки, покращення екології набуває особливої актуальності в умовах економічної кризи країни. В зв'язку з цим, зараз до АТ висуваються більш жорсткі вимоги щодо гнучкості, мобільності та вартісних складових. При цьому слід вказати на особливу роль інструктора АТ (ІАТ), котрий може забезпечити ефективне тренування і на недостатньо досконалому тренажері [1-3].

Актуальність досліджень. Професійна діяльність ІАТ незвичайно багатогранна і вимагає прояву різноманітних і специфічних рис операторської діяльності, кожна з яких характеризується певними частинними особливостями [4, 5]. Більшість з них властива і праці ІАТ [1]. Отже, як *оператор-технолог* він безпосередньо залучений в процес тренажерної підготовки (ТП), де працює, в основному, в режимі негайного обслуговування членів льотного екіпажу (ЧЛЕ), які проходять підготовку, приймаючи і переробляючи інформацію, що поступає. В його праці переважають керуючі дії. Їх виконання регламентуються зазвичай інструкціями (наприклад, Керівництвом з льотної експлуатації) з повним набором ситуацій і рішень. При цьому вказані особливості праці оператора-технолога властиві не тільки ЧЛЕ, які здійснюють технологічні процеси управління повітряним судном (ПС) (чи його моделлю, імітованою на АТ), але ж і самому ІАТ, кваліфікаційна характеристика якого передбачає наявність знань, вмінь, навичок (ЗВН) управління і самим ПС, і його моделлю та АТ. Як оператор-технолог він керує також і процесом ТП (другий контур керування на рис. 1 [6]).

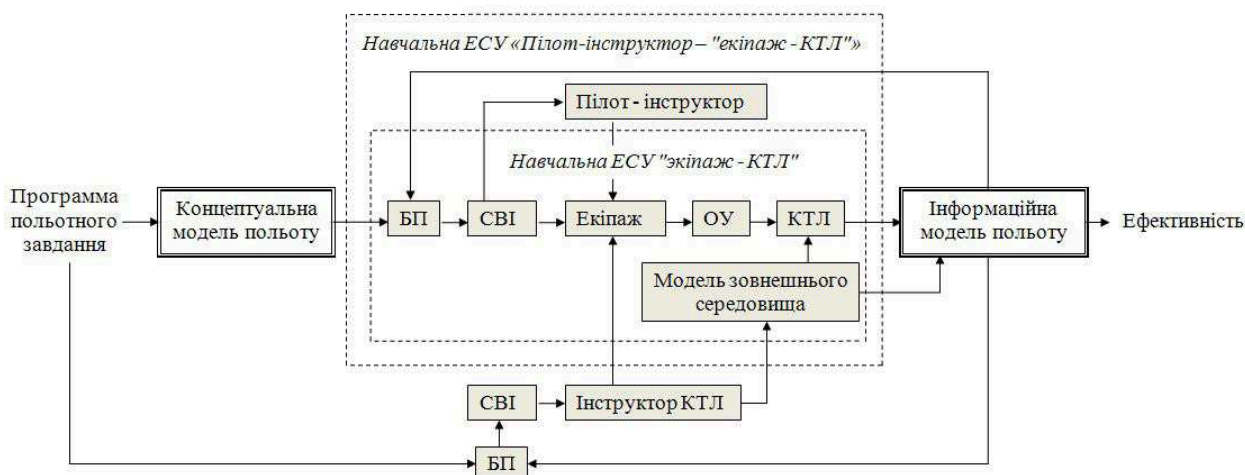


Рисунок 1 – Структурно-функціональна схема навчальної ергономічної системи управління «інструктор тренажера – пілот-інструктор – тренажер – екіпаж»



Оператор-спостерігач (контролер) – це класичний тип людини-оператора (Л-О), з дослідження якого і почалася, за суттю, інженерна психологія [4]. Важливі значення для праці в цій якості мають інформаційні і концептуальні моделі, а також процеси ПР. Керуючі дії ІАТ-контролера в порівнянні з функціями інструктора-технолога дещо спрощені. Він може працювати в режимі оперативного (зупинення ТП через грубі помилки ЧЛЕ, що несумісні з БП, підказка, виконання функцій диспетчера обслуговування повітряного руху), а також відстроченого (післяпольотний розбір і аналіз помилок ЧЛЕ) обслуговування.

ІАТ у якості *оператора-дослідника* у значно більшому ступені застосовує апарат понятійного мислення і досвід, що закладаються в концептуальну модель його діяльності. ОУ грають в такому випадку ще меншу роль, а «вага» інформаційних моделей, навпаки, суттєво збільшується. В такій якості ІАТ не тільки аналізує розвиток польотних ситуацій, але ж і прогнозує його, не тільки оцінює рівень ПП випробуваних, але ж і прогнозує його, раховуючи при плануванні тренувань.

ІАТ як *оператор-керівник* приймає рішення (ПР) в цілеспрямованій навчальній ергатичній системі управління (ЦНЕСУ). У такому випадку його діяльність майже не відрізняється від попереднього типу операторської праці, однак для нього відповідальність і механізми інтелектуальної діяльності мають переважające значення.

Для ІАТ як *оператора-маніпулятора* велике значення має сенсомоторна координація, що також поріднює її з працею технолога (наприклад, безперервне слідкування за зміною інформаційної моделі польоту на робочому місці інструктора (РМІ)). Механізми моторної діяльності мають для нього переважające значення тільки в період виконання функцій одного з ЧЛЕ в кабіні АТ. Найбільш важливим в такому виді діяльності є апарат понятійного і образного мислення. Тому до ІАТ висуваються такі вимоги: висока чутливість і перешкодостійкість при сприйнятті різноманітних видів інформації; здібності до стійкої моторної діяльності в максимальному темпі; висока м'язово-суглобова чутливість.

Професійна діяльність ІАТ як суб'єкта управління ПП може бути уявленою у виді таких основних етапів (рис. 2) [1, 4, 6, 7]: I – прийому інформації; II – оцінки та переробки інформації; III – прийняття рішення (ПР); IV – виконання рішення. I на кожному з цих етапів ІАТ як інструментальний, так і не інструментальний контроль своїй дій, тому що будь-який з них позитивно впливає на надійність його праці. На ефективність виконання кожного етапу впливає ряд чинників. Скажімо, якість сприйняття інформації залежить від виду та кількості індикаторів, організації РМІ, психофізичних характеристик інформації. На оцінку і переробку інформації впливають способи кодування інформації, її відповідність можливостям пам'яті і професійних розумових здібностей інструктора.

Ефективність вибору визначається типом задач ПР (ЗПР), кількістю і складністю логічних умов, що перевіряються, а також кількістю можливих альтернатив з управління ТП. Виконання керуючих впливів залежить від кількості органів управління (ОУ), їх типа і способу розташування, а також великої групи характеристик, що визначають складність праці с окремим ОУ.

Постановка задачі. Виходячи з вищенаведеного слід зазначити, що усі етапи діяльності ІАТ, і чинники, що впливають на їх ефективність, а також особливості операторської діяльності мають бути не тільки враховані при розробці РМІ, але ж і при оцінці ефективності його праці. З аналізу наукових джерел витікає, що другому напрямку вдосконалення діяльності ІАТ приділяється явно недостатньо уваги, що певним чином гальмує і розвиток ефективної ТП АО. Тому **метою** дослідження є розробка моделей омплексної оцінки ефективності діяльності ІАТ.

Результати досліджень. Отже, на I етапі професійної діяльності ІАТ превалюють елементи слідкування за поведінкою керованого об'єкту, що вимагає від нього швидкого переходу від одних видів подання інформації до інших і підвищеної уваги. Стосовно моделі повітряного судна (ПС) – за положенням його у просторі середовища (курс ψ , кут



атаки α , крен γ , тангаж ν), швидкістю (лінійною V , кутовою ω), температурою (T), тиском (P), динамічними характеристиками найбільш важливих елементів, що визначають якість управління процесом ТП ($d\psi/dt$, $d\alpha/dt$, $d\gamma/dt$, du/dt , dV/dt , $d\omega/dt$ і т. ін.) з використанням різноманітних джерел інформації (візуальної, акустичної, тактильної). І тут спостерігаються такі особливості:

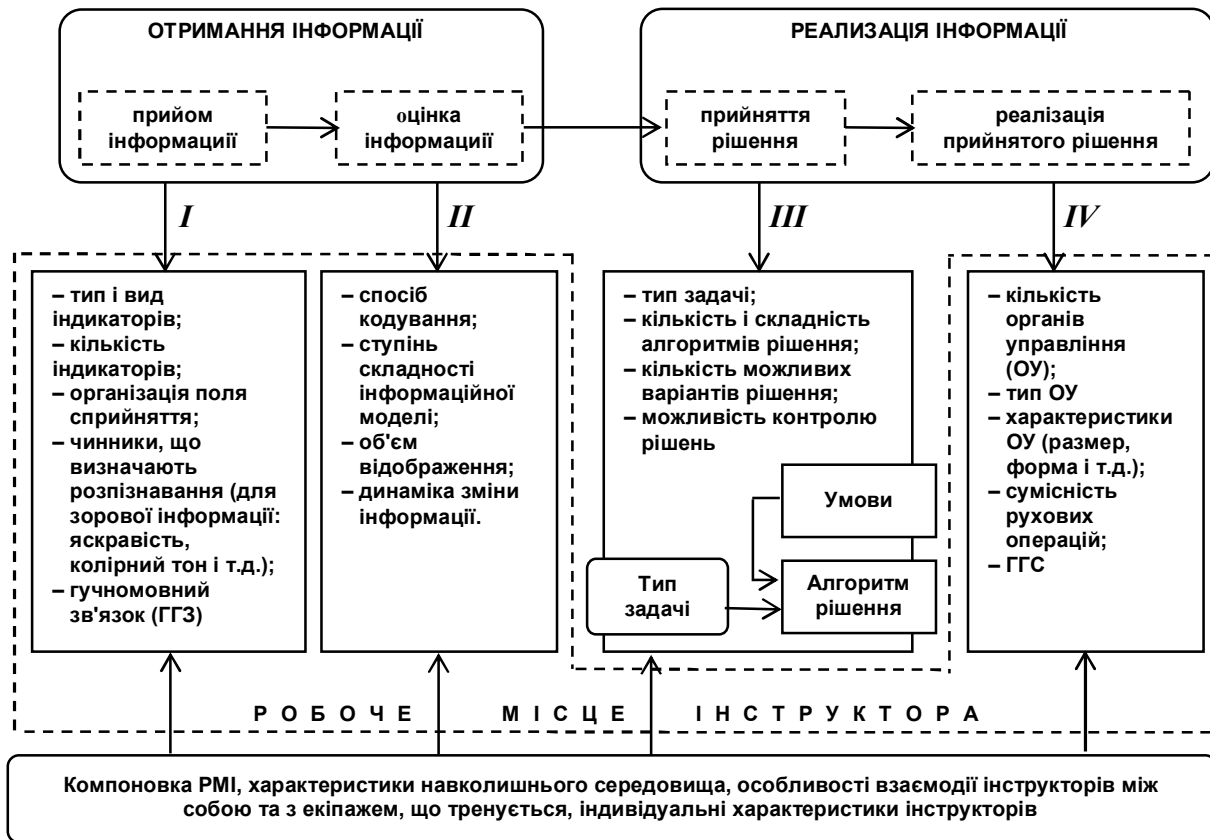


Рисунок 2 – Етапи діяльності інструктора тренажера на робочому місці

1) швидкість переходу від n -го до m -го виду подання інформації (наприклад, від системи числення з основою n до системи з основою m) максимальна:

$$V[p(n) \rightarrow p(m)] = V_{\max}, \quad (1)$$

де $p(n)$, $p(m)$ – оператори переходу до n -го та m -го виду подання інформації відповідно;

2) підвищена увага веде до граничного перевантаження рецепторів і швидкого стомлення, тобто максимальній швидкості зменшення градієнта працездатності B , що формально має такий вигляд:

$$\varphi_{\max} \rightarrow H p_{\max} \rightarrow -\left(\frac{dB}{dt}\right)_{\max}. \quad (2)$$

На II етапі діяльності ІАТ превалюють елементи аналізу фактичної інформації, що отримується від керованого об'єкта в процесі ТП, порівнюючи її з інформацією, що прийнята за еталонну для заданого режиму роботи учбового екіпажі чи режиму управління. На цьому етапі здійснюються такі операції:

1) порівняння фактичних і номінальних значень параметрів управління ТП і оцінка знаку відхилення фактичних значень від номінальних, тобто



$$\left. \begin{aligned} |\Delta\omega|_{\text{доп.}} &\leq \omega_{\text{факт.}} - \omega_{\text{ном.}}, \quad \text{sign } \Delta\omega \\ |\Delta V|_{\text{доп.}} &\leq V_{\text{факт.}} - V_{\text{ном.}}, \quad \text{sign } \Delta V \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ |\Delta P|_{\text{доп.}} &\leq P_{\text{факт.}} - P_{\text{ном.}}, \quad \text{sign } \Delta\omega \quad \text{і т.д.} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

2) порівняння похідних і оцінка їх відхилень:

$$\left| \frac{d\omega_{\text{факт.}}}{dt} - \frac{d\omega_{\text{ном.}}}{dt} \right| \leq \delta_{1\text{доп.}}; \quad \dots; \quad \left| \frac{dP_{\text{факт.}}}{dt} - \frac{dP_{\text{ном.}}}{dt} \right| \leq \delta_{i\text{доп.}} \quad (4)$$

3) безпомилковий ($q=0$) «вибір» з пам'яті номінальних значень параметрів управління ($\omega_{\text{ном.}}$, $V_{\text{ном.}}$, $P_{\text{ном.}}$ і т.д.) в межах допустимого періоду часу $\tau_{\text{доп.}}$, тобто:

$$\omega_{\text{ном.}} \uparrow, \quad V_{\text{ном.}} \uparrow, \quad P_{\text{ном.}} \uparrow \rightarrow (\tau_{\text{доп.}}, q=0), \quad (5)$$

де q – кількість помилок, яких припустився ІАТ при виборі інформації.

Складність праці ІАТ на цьому етапі визначається кількістю параметрів k за сукупністю значень яких робиться висновок щодо стану керованого об'єкту, тобто розмірності вектора $S=S=(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k)$. При цьому зазначимо, що найбільш складно реалізувати на практиці такі процедури:

- своєчасний і правильний вибір з пам'яті необхідної інформації, що характеризує «ідеальний» процес управління;
- оцінка ситуації, що склалася, яка реалізується на основі порівняння сукупності ознак з відповідною областю їх обмежень, що вимагає від ІАТ демонстрації найбільш високого рівня ПП.

Комплексна оцінка ефективності діяльності ІАТ на I–II етапах може бути проведена по кількісним значенням одного чи кількох показників якості реалізації процедури слідкування, наприклад по середньоквадратичному відхиленню помилок слідкування, за числом максимально припустимих відхилень параметрів слідкування впродовж заданого інтервалу часу, за дисперсією і математичному очікуванню помилки слідкування і т.под. з застосуванням таких формул:

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{i=1}^k (\delta_{i\text{доп.}} - \delta_{i\text{факт.}})^2 &\leq D_{\text{доп.}} \\ \sum_{j=1}^l (\Delta x_{j\text{факт.}} - \Delta x_{j\text{доп.}})^2 &\leq D_{\text{доп.}}^* \\ D_{\text{доп.}} &\leq \int_{t_0}^{t_p} \left[\left(\frac{dx_{\text{факт.}}}{dt} - \frac{dx_{\text{доп.}}}{dt} \right) - \delta_{\text{доп.}} \right]^2, \quad \text{при } \tau_{\text{доп.}} = 0 \\ q &= 0 \\ - \left(\frac{dB}{dt} \right)_{\text{min}} & \end{aligned} \right\} \quad \text{на інтервалі часу } (t_p - t_0) \quad (6)$$

де x – умовна позначка параметрів $\alpha, \gamma, v, V, T, P$ та ін.

На III етапі специфічність професійної діяльності ІАТ проявляється в необхідності ПР щодо виду управління ТП, котре необхідно реалізувати при наявності помилкової чи недоліку релевантної інформації про керований об'єкт (процес) і зводиться до вибору одного з θ чи j :



$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 \text{ якщо } S = S_1(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k, \xi_j) \\ \varphi_2 \text{ якщо } S = S_2(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k, \xi_j) \\ \dots \dots \dots \\ \varphi_0 \text{ якщо } S^* = S(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k, \xi_j) \\ \xi_j = 0, \quad i = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, \infty} \end{aligned} \right\} \text{ та } \delta_i = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ +1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

або

$$\varphi^* = \varphi_j, \text{ якщо } S^* = S(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k, \xi_j) \text{ та } \delta_i \neq \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ +1 \end{pmatrix}, \quad \xi_j \neq 0, \quad (8)$$

де S – вектор-функція стану керованого об’єкту, котра при θ -розмірності апріорних станів середовища може приймати одне з θ конкретних станів; φ_j – рішення на формування комплексу впливів, що викликаються виникненням ситуацій, що не виникали раніше, тому не були вивчені та опрацьовані; δ_i – відхилення i -го параметру від його значення, що прийняте за номінальне даного виду управління; ξ_j – помилкова (хибна) інформація, що з’являється у виді одно чи кількох з j раніше не відомих і не вивчених сполучень i параметрів, що характеризують стан об’єкта керування; $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_\theta$ – відповідно рішення 1, 2, ..., θ на формування одного з θ керуючих впливів (чи їх комплексу), які приймаються на основі співпадання раніше вивчених сполучень значень параметрів, що характеризують стан об’єкта керування, з їх фактичними значеннями.

На цьому етапі ефективність праці ІАТ може бути оціненою за часом формування раніше невідомого алгоритму, потрібного для управління ПП, або за часом вибору потрібної послідовності керуючих впливів на основі одного чи кількох частинних алгоритмів з числа відомих:

$$I = \sum_{\eta=1}^{\xi} \tau(A_\eta), \quad I^* = \frac{1}{\xi} \sum_{\eta=1}^{\xi} \tau(A_\eta), \quad (9)$$

де I та I^* – відповідно інтегрована та усереднена по ξ частинним алгоритмам ефективність праці ІАТ на III етапі, які вимірюються в одиницях часу; $\tau(A_\eta)$ – час формування раніше невідомого (не випробуваного) алгоритму або вибору з ξ відомих частинних алгоритмів ($h = \overline{1, x}$).

Специфіка IV етапу полягає в тому, що від підсумовує наслідки діяльності ІАТ по трьох попередніх етапах і що помилки, які були допущені на ній при формуванні керуючих дій, можуть звести нанівець усю попередню роботу. Цю особливість при моделюванні діяльності ІАТ як людини-оператора (Л-О) в умовах стресу бажано враховувати шляхом привласнення чисельним критеріям його праці відповідної «ваги», пропорційної вартості кожної помилки інструктора на цьому етапі і потрібному психологічному рівню його ПП при припустимому значенні імовірності (шансів) помилкового чи несвоечасного формування керуючих дій. Тоді реалізація керуючої дії або комплексу керуючих впливів формально може бути описаною, спираючись на логічний вираз $\Phi_v(A_\eta) \leftrightarrow \phi_v$, який означає, що рішення, яке було прийняте на III етапі, вважається реалізованим тоді і тільки тоді, коли безпомилково буде реалізована відповідна йому послідовність Φ частинних алгоритмів A_η .

Ефективність праці ІАТ на IV етапі визначається так:



$$I_{\Sigma} = \frac{\sum_{\eta} t_{\eta} \Phi_{\nu}(A_{\nu})}{1 + \eta \sum_{\eta} p_{\eta} K_{\eta}} \quad \text{якщо} \quad \begin{cases} B(p_{\eta}) = P(p_{\eta} \leq p_{\eta \text{ доп.}}) \\ B(t_{\eta}) = P(t_{\eta} \leq t_{\eta \text{ доп.}}) \end{cases}, \quad (10)$$

де P_{η} – кількість помилок, котрих припустився ІАТ при реалізації η -го частинного алгоритму; K_{η} – коефіцієнт, що враховує «вартість» кожної помилки інструктора при реалізації η -го частинного алгоритму; t_{η} – час формування керуючого впливу (реалізації ПР); $\Phi_{\nu}(A_{\eta})$ – ν -та послідовність A_{η} частинних алгоритмів; $B(p_{\eta})$, $B(t_{\eta})$ – імовірність того, що кількість помилок і час реалізації η -го частинного алгоритму, не перевищать допустимого значення.

В процесі реалізації ІV етапу ІАТ неминує реалізує операції І етапу, забезпечуючи тим самим контроль правильності і повноти реалізації рішення, що було прийняте на ІІІ етапі.

Висновки. Головна особливість професійної діяльності ІАТ являє собою синтез елементів та педагогічної та операторської (льотної чи диспетчерської) праці, котра, у свою чергу, агрегує у собі різноманітні види операторської праці, зокрема йдеться про оператора-технолога, оператора-спостерігача (контролера), оператора-дослідника, оператора-керівника та оператора-маніпулятора тощо.

Діяльність ІАТ розглядається по етапах: І – прийому інформації; ІІ – оцінки та переробки інформації; ІІІ – ПР; ІV – виконання рішення. Загальний критерій успішності професійної діяльності ІАТ – ефективність – співпадає з критерієм оцінки якості функціонування цілеспрямованої навчаючої ергатичної системи керування. Моделі і критерії, що були розроблені, дозволяють провести комплексну оцінку праці ІАТ на усіх етапах його операторської діяльності.

Подальші дослідження слід проводити в напрямках розробки нечітких моделей оцінки праці ІАТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рева А. Н. Оптимизация деятельности инструктора авиационного тренажера : научно-практические рекомендации / [А. Н. Рева, В. А. Горячев, В. А. Кузнецов и др.]; под ред. В. А. Бодрова, А. Н. Ревы. – М. : ИПАН СССР, 1990. – 126 с.
2. Меерович Г. Ш. Авиационные тренажеры и безопасность полетов / Г. Ш. Меерович, А. И. Годунов, О. К. Ермолов; под общ. ред. Мееровича Г. Ш. – М. : Воздушный транспорт, 1991. – 342 с.
3. Рева А. Н. Эргономические методы и средства тренажерной подготовки летного состава: научно-практические рекомендации / [А. Н. Рева, А. А. Комаров, В. А. Кузнецов и др.]; под ред. А. Н. Ревы, М. И. Рубца. – Кировоград : ГЛАУ, 1995. – 106 с.
4. Основы инженерной психологии : учеб. для ВУЗов / [Б. А. Душков, Б. Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин и др.]; под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высшая школа, 1986. – 448 с.
5. Руководство по эргономическому обеспечению разработки техники. – Ч. 1. Общие эргономические требования / под ред. В. М. Мунипова и др. – М. : ВНИИТЭ, 1979. – 260 с.
6. Рева О. М. Характеристика ергатичної системи «інструктор – авіаційний тренажер – льотний екіпаж» / О. М. Рева, О. М. Дмитрієв, О. М. Медведенко, О. Я. Біло // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Харків : Національний аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2009. – № 7. – С. 175-187.
7. Луцький М. Г. Метод створення програмного забезпечення пульта інструктора авіаційного тренажера / М. Г. Луцький, Ю. М. Рябокін // Інформатика, управління та обчислювальна техніка : Вісник НТУ «КПІ». – 2010. – № 50. – С. 80-85.



Шульгин В.А. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНСТРУКТОРА АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА

Профессиональная деятельность инструктора авиационного тренажера рассмотрена в ракурсе проявления характерных черт разнообразных видов операторской деятельности (оператора-технолога, оператора-наблюдателя (контролера), оператора-исследователя, оператора-руководителя и оператора-манипулятора). Определены основные этапы и предложены частные и обобщенный критерий оценки эффективности профессиональной деятельности инструктора.

Ключевые слова: характерные особенности профессиональной деятельности инструктора авиационного тренажера; этапы, частные и обобщенный критерии оценки эффективности труда.

Shulgin V.A. COMPOSITE EFFICIENCY APPRAISAL OF FLIGHT SIMULATOR INSTRUCTOR PROFESSIONAL ACTIVITY

Professional activity of flight simulator instructor is studied as distinctive features manifestation of various operator's functions (technologist-operator, observer-operator (controller), investigator-operator, leader-operator and manipulator-operator). Main stages of operator's efficiency appraisal are determined. Specific and general evaluation criteria for the appraisal are suggested.

Keywords: distinctive features of flight simulator instructor's professional activity; stages, specific and general evaluation criteria.