

В. С. Сторчак

Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна

## ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИСТЕМ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

**Предметом** вивчення статті є аналіз способів та засобів забезпечення підвищення рівня професійної підготовки операторів автоматичних систем управління повітряним рухом. **Метою** роботи є визначення напрямків підвищення ефективності професійної підготовки операторів автоматичних систем управління повітряним рухом при використанні інтелектуальних технологій проектування тренажерних систем. **Задача** – обґрунтування технічних рішень, впровадження яких дозволить розширити коло вирішуваних на тренажерах завдань, урізноманітнити умови проведення тренажів, адаптивно контролювати і регулювати складність вирішення контрольних завдань, а також формувати і коригувати індивідуальні програми підготовки учнів з урахуванням їх знань, досвіду та навичок. **Висновки** - з метою підвищення ефективності навчання при підготовці операторів на тренажерах повинен проводитися постійний контроль дій операторів, в тому числі процес сприйняття ситуації оператором, його осмислення, формування необхідних навичок, а також психофізіологічного стану оператора при вирішенні їм поставленого завдання. Контроль і оцінка операторської діяльності дозволяє здійснювати зворотний зв'язок, даючи можливість оцінювати ступінь досягнення поставлених цілей, коригувати подальшу програму навчання, робити висновок про рівень підготовленості оператора до практичної роботи на реальних об'єктах.

**Ключові слова**: тренажерний комплекс; оператор АСУ; диспетчер УПР; підготовка.

### Вступ

**Постановка** задачі. Для підтримання відповідного рівня професійної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом (УПР) необхідно зосереджувати головну увагу на тренажній підготовці, її забезпеченості методичним супроводженням, сучасними тренажерними системами (комплексами), що дозволить підтримати й закріпити отримані знання, придбати навички й уміння в управлінні екіпажами в складній динамічній навігаційній обстановці та особливих ситуаціях.

При розробці сучасних автоматизованих систем управління (АСУ) динамічними об'єктами (літаками, космічними кораблями, судами та ін.) виникає велика кількість невирішених завдань. Одним з найважливіших є завдання забезпечення високої ефективності взаємодії операторів з АСУ в процесі реалізації функцій управління [1].

При автоматизованому управлінні повітряними судами (ПС) на перший план виходить проблема формування необхідного рівня професійної підготовки людини-оператора [2]. Проблема підвищення ефективності професійної підготовки операторів АСУ УПР стає все більш актуальною. Підвищення важливості ролі операторів АСУ, пов'язане з необхідністю управління польотами в більш складних умовах, це гостро ставить проблему вдосконалення методичних і технічних засобів підготовки операторів.

Оператор, як правило, приймає найбільш складні і відповідальні рішення по управлінню ПС, причому від правильності його дій, вміння своєчасно знайти і реалізувати правильне допустиме рішення в складній ситуації залежить не тільки ефективність виконання польотів, але в ряді випадків цілісність самого ПС і життя людей [2].

Найбільш ефективним засобом професійної підготовки операторів АСУ УПР є тренажери, що за-

безпечують штучне відтворення умов і факторів, які мають місце в процесі роботи оператора.

На відміну від автоматичних систем, де людина повністю виключена з контуру управління, АСУ передбачає активну участь людини в процесі управління, що забезпечує необхідну гнучкість і адаптивність системи управління.

Автоматизація управління істотно розширює можливості оператора по своєчасному вирішенню завдань управління, при цьому сам оператор стає найменш надійною ланкою при реалізації процесу управління. В процесі роботи на автоматизованому робочому місці оператор може допускати помилки [4, 5, 6], які істотно знижують якість і оперативність його роботи.

Дослідження показують [1, 3-6], що більше половини помилкових дій операторів та передумов до нештатних ситуацій, класифікуються як «неграмотна» експлуатація і відбуваються через недостатні знання суті процесів, що відбуваються під час роботи системи, або недостатнього розуміння наслідків, що викликаються неправильними діями оператора.

Тому при проектуванні тренажерів для підготовки операторів АСУ УПР з управління ПС, повинні бути реалізовані такі основні складові їх діяльності:

- умови роботи операторів;
- зовнішнє середовище функціонування ДО;
- навчання, контроль і оцінка дій операторів.

**Аналіз літератури.** Проблемам створення і модернізації тренажерних комплексів різного призначення і методологічним принципам створення інтегрованої навчально-тренувальної системи підготовки приділено увагу в роботах таких авторів, як Пальоний А. С., Санніков В. А., Неділько С. Н., Красовський А. А. та ін. [3, 5, 7, 8].

Проблемі підвищення якості професійної підготовки диспетчерів УПР за рахунок реалізації індивідуального підходу до навчання з використанням

процедурних тренажерів приділено увагу в роботах [4, 5], де досліджувалися питання розробки незалежних автоматизованих засобів реєстрації, аналізу та оцінки дій авіадиспетчерів і застосування їх на тренажері управління повітряним рухом.

Однак проблема удосконалення професійної підготовки операторів АС УПР, в тому числі з використанням тренажерів, тренажерних систем для формування умінь і навичок в складній обстановці залишається недостатньо дослідженою. Не розглянуто питання проектування і розробки перспективних тренажерних систем для професійної підготовки операторів АС УПР, які дозволять не тільки формувати навички та вміння в автоматизованому управлінні екіпажами, а й здатні аналізувати, контролювати й оцінювати їх дії, ставити різні рівні складності вправ і варіювати їх зміст.

**Метою статті** є визначення напрямків підвищення ефективності професійної підготовки операторів АС УПР при використанні інтелектуальних технологій проектування тренажерних систем.

### Результати досліджень

Залежно від призначення на тренажери можуть покладатися найрізноманітніші завдання: початкове навчання операторів, їх перенавчання та тренування з закріплення навичок, професійний відбір, рішення задач проектування, дослідження обладнання та систем управління об'єктів, відпрацювання методик і програм навчання операторів, а також відпрацювання завдань операторської діяльності на різних етапах управління ПС [2]. Конкретні завдання, покладені на тренажер, залежать від цілей його створення.

Рациональна побудова тренажерних комплексів вимагає застосування спеціальних технологій, що забезпечують інформаційне, апаратне і програмне сполучення тренажерних засобів, багаторазове, економічно рентабельне використання ресурсів, можливість постійної модернізації тренажерів і розширення їх складу.

Для забезпечення формування та вдосконалення в операторів професійних навичок і умінь з управління ПС на тренажери покладаються такі основні завдання [1]:

- моделювання в регульованому (уповільненому, реальному, прискореному) масштабі часу функціонування об'єкта (динаміки його поведінки) і зовнішньої обстановки в засобах спостереження об'єкта відповідно до керуючих впливів оператора, що навчається в нормальних і критичних режимах;
- моделювання фізичних факторів робочого середовища, що викликають у учнів відчуття, адекватно пов'язані з алгоритмом їх діяльності;
- управління процесом навчання і тренування;
- контроль, оцінка та реєстрація діяльності операторів в процесі навчання і тренування;
- відтворення інформації, зафіксованої в процесі навчання і тренування, з можливістю тимчасової зупинки, повернення на будь-який попередній етап відпрацьованого завдання.

Виконання зазначених завдань і вимог забезпечується відповідною структурною побудовою трена-

жера. Апаратний склад конкретних тренажерів визначається, перш за все, їх призначенням, прийнятими методами підготовки та специфікою об'єктів управління, до яких готуються оператори. Однак, незважаючи на велику різноманітність зазначених факторів і відмінність конструктивних і схемних особливостей окремих тренажерів їх структури ідентичні.

З урахуванням найбільш істотних задач, які повинні бути реалізовані на тренажері, його можна уявити як систему, що складається з оператора АС УПР, автоматизованого робочого місця оператора (АРМО АС УПР), моделюючого пристрою (МП), апаратури контролю і оцінки дій тих, хто навчається (АКО) і інструктора, а також зв'язків між ними (рис. 1).

Основним елементом цієї структури є автоматизоване робоче місце оператора АС УПР, на якому відтворюються умови імітованого процесу. АРМО АС УПР являє собою виконаний в натуральну величину макет робочої зони реального об'єкта або сам реальний об'єкт. На АРМО встановлюються всі необхідні органи управління, засоби відображення і засоби зв'язку, якими користується оператор при управлінні реальним об'єктом.

В якості моделюючого пристрою використовується, як правило, обчислювальна система (ОС). На основі програмно реалізованої моделі об'єкта і його систем розраховуються параметри, які необхідні для імітації умов протікання реального процесу. Ці параметри виводяться на засоби відображення АРМО АС УПР. Керуючі дії оператора є вхідними параметрами моделей.

Програмне забезпечення, що виконується на обчислювальних засобах, доцільно структурувати за завданнями. Наприклад, такі завдання, як управління роботою моделей систем в реальному часі, управління режимами тренажера, організація транспорту даних між прикладними програмними модулями, є фактично універсальними, тобто не залежними від специфіки об'єкта, що моделюється. Всі подібні завдання має сенс виділити і реалізувати їх в окремому пакеті програм загального математичного забезпечення тренажера (ЗМЗ).

Оскільки ЗМЗ не залежить від специфіки об'єкта, що моделюється, то, фактично, його можна вважати приналежністю ОС. Сукупність прикладних модулів, що реалізують специфічні завдання тренажера і працюють під управлінням ЗМЗ, назовемо спеціальним математичним забезпеченням (СМЗ). Крім ЗМЗ і СМЗ, до складу тренажера часто включається тестове програмне забезпечення (ТПЗ), призначене зокрема для контролю цілісності систем і працездатності обладнання в період експлуатації тренажера [1]. Найважливішими складовими СМЗ типового тренажера є:

- модель об'єкта автоматизованої системи управління (що складається з апаратної частини, математичної частини імітує логіку роботи об'єкта АСУ, інтерфейс оператора);
- модель об'єкта управління;
- модель середовища;
- система імітації обстановки.

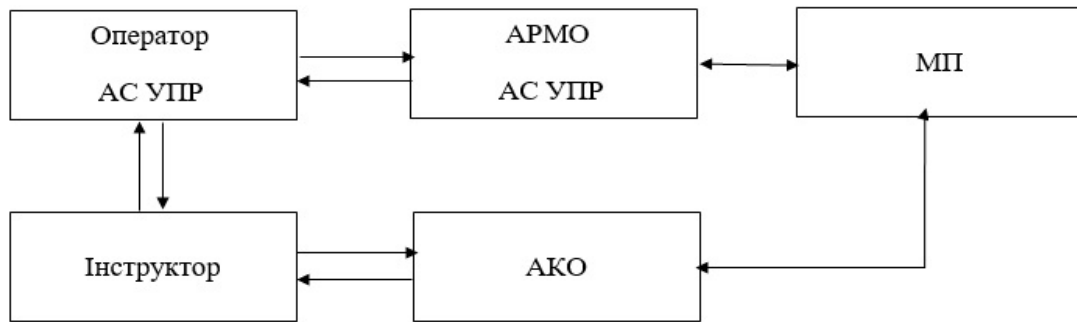


Рис. 1. Узагальнена структура тренажера

Якщо завдання підготовки операторів передбачають наявність розвинених засобів підтримки навчального процесу з використанням тренажера, то створюється система управління тренуваннями (СУТ). У цю систему можуть входити:

- пульт контролю і управління (ПКУ) з декількома робочими місцями інструкторів;
- програмне забезпечення управління тренувальним процесом з інтерфейсом користувача;
- підсистема автоматичного контролю операторської діяльності (АКОД);
- програмне забезпечення підготовки вправ, реєстрації та аналізу його результатів;
- інформаційно-довідкова система по об'єкту і тренажеру.

Зв'язок між робочими місцями на тренажері забезпечує система зв'язку (СЗ). На неї покладаються такі завдання:

- імітація зв'язку між об'єктами управління;
- імітація зв'язку «об'єкт управління - оператор АС УПР», а також між оператором та ПКУ;
- забезпечення персоналу, що проводить тренування, ремонтно-технологічним зв'язком, який міг би функціонувати паралельно існуючим каналам зв'язку.

При проектуванні тренажерів недостатньо звертається увага на процес навчання операторів, а саме на систему управління якістю професійної підготовки операторів АС УПР (підсистему автоматичного контролю операторської діяльності - АКОД) (рис. 2).

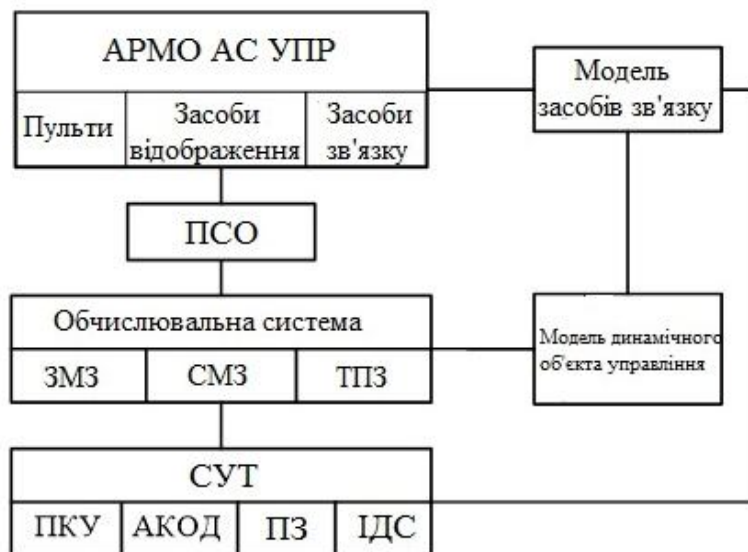


Рис. 2. Типова структура тренажера для підготовки операторів АС УПР

Контроль операторської діяльності має на меті, по-перше, робити оцінку дій операторів щодо вимог до виконуваних завдань, по-друге, забезпечувати виявлення причин неправильних дій операторів або дій, які можуть бути наслідком недостатнього навчання і, по-третє, визначення ступеня їх підготовленості до реальних умов, а також моменту їх готовності до переходу від однієї тренувальної задачі до іншої.

Чим глибше здійснюється на тренажері аналіз результатів дій операторів і чим більш осмислено виконуються ними поставлені завдання, тим успіш-

ніше розвиваються їх здібності грамотно виконувати функціональні обов'язки. Це завдання ефективно вирішується шляхом оптимізації процесу навчання на основі кількісного аналізу функціонування системи тренажер-оператор і параметрів, що фіксуються в процесі проведення тренувань. Для цього в тренажерах і тренажерних комплексах, як правило, забезпечується можливість запам'ятовування результатів подібного аналізу і накопичення даних з метою відображення існуючих взаємозв'язків між різними показниками функціонування, якістю виконання завдань і результатами навчання. Для цього в складі

тренажерів створюється автоматизована система оцінки операторської діяльності [1].

На рис. 3 представлена загальна схема моделі інформаційних потоків автоматизованої системи управління якістю підготовки операторської діяльності на тренажері для професійної підготовки операторів АСУ.

Розглянемо інформаційні потоки, що протікають під час вхідного контролю роботи системи в процесі навчання операторів АСУ УПР. На початковому етапі підготовки (перепідготовки, перенавчання, підвищення кваліфікації) операторів необхідно виявити їх рівень професійної підготовки для формування стратегії навчання. Для цього в систему заносяться персональні дані оператора, і формується набір індивідуальних завдань для відпрацювання їх дій на тренажері. Формування набору індивідуальних завдань передбачає вирішення багатокритеріальної задачі оптимізації по формуванню набору тестів, здійснити яку можливо з використанням апарату генетичних алгоритмів.

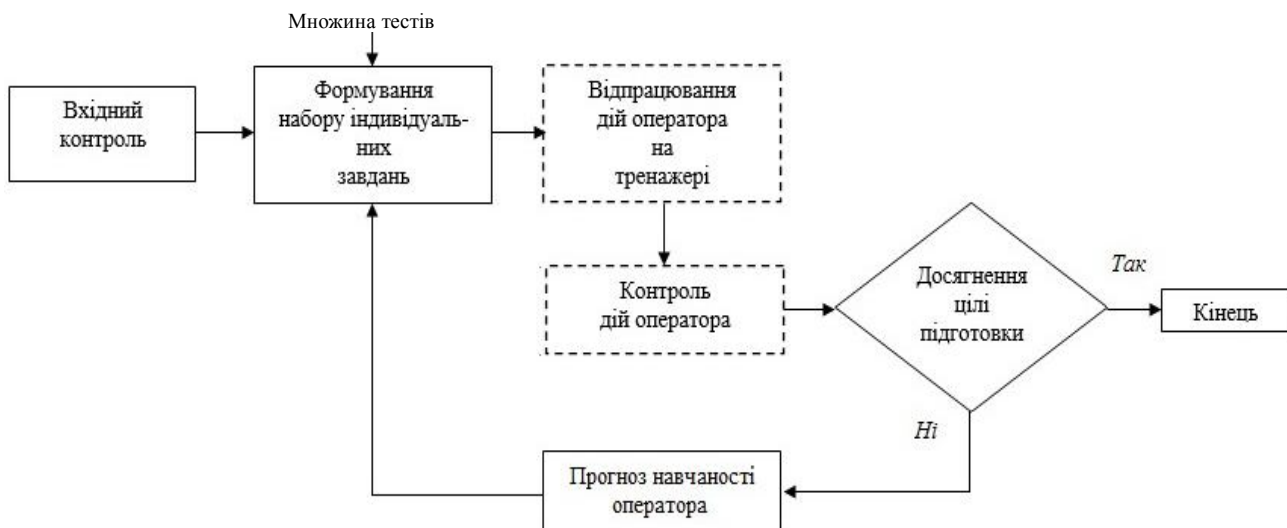


Рис. 3. Загальна структура управління якістю підготовки диспетчера УПР на тренажері

За результатами вхідного контролю по виконанню окремих операцій і етапів розв'язуваного операторами завдання формується стратегія їх навчання, і розраховується прогноз навченості, що робить можливим реалізацію індивідуального підходу до підготовки операторів АСУ УПР.

Після визначення рівня підготовки і формування стратегії навчання відбувається процес ситуативного адаптивного формування середовища навчання оператора в процесі тренажерної підготовки шляхом його інтелектуалізації з використанням нечітких штучних нейронних мереж.

Більш детально процес ситуативного адаптивного формування середовища навчання тренажерної підготовки представлений на рис. 4.

На початку навчання операторів АСУ УПР, виходячи зі стратегії підготовки, формується перелік типових завдань для відпрацювання їх на тренажері. Далі оператор приступає до відпрацювання своїх дій.

При формуванні індивідуального набору тестових завдань необхідно враховувати: персональні дані оператора, рівень складності тестів, час їх виконання, валідність і інші характеристики [1, 2]. В процесі тестування здійснюється оперативний контроль, при якому реєструються дії оператора на пультовому обладнанні автоматизованого робочого місця (АРМ), визначаються логічні, операційні та тимчасові відхилення дій оператора (перевищення часу виконання операцій, тривала бездіяльність).

В результаті всі відхилення дій оператора порівнюються з тими діями, які регламентовані в даній системі управління. При цьому виявляються порушення послідовності дій, невиконані обов'язкові або виконані неприпустимі дії. Часові відхилення також фіксуються, особливо якщо відмінність між нормативним (по інструкції) і фактичним часом виконання тієї чи іншої команди перевищує допустимий часовий інтервал.

Процес контролю дій оператора АСУ УПР за своєю структурою не зміниться, але в залежності від характеру вирішуваних завдань, правильності та ефективності дій операторів глибина і масштаби його проведення можуть бути різними. Процес контролю нами було розглянуто вище.

Однак у міру придбання необхідних навичок операторів АСУ УПР тренажерні засоби повинні забезпечувати модифікацію умов проведення тренувань.

Параметри умов і ситуацій повинні змінюватися в найбільш ймовірному діапазоні, як в цілях оптимізації обсягу інформації, що пред'являється оператору на різних етапах підготовки, так і з метою формування гнучких, адаптивних навичок, які можуть бути використані в прогнозованих реальних умовах його діяльності.

Тому, тренажер повинен дозволяти інструкторові змінювати ситуації, вводити нові або додаткові умови, що ускладнюють управління об'єктом або

створюють перешкоди, а також формувати вправи дозовано-прогресуючої складності. При цьому навички ранжуються за значимістю; характер завдань,

які виконуються в процесі тренування, індивідуалізовано з урахуванням функціональних обов'язків і можливостей оператора.

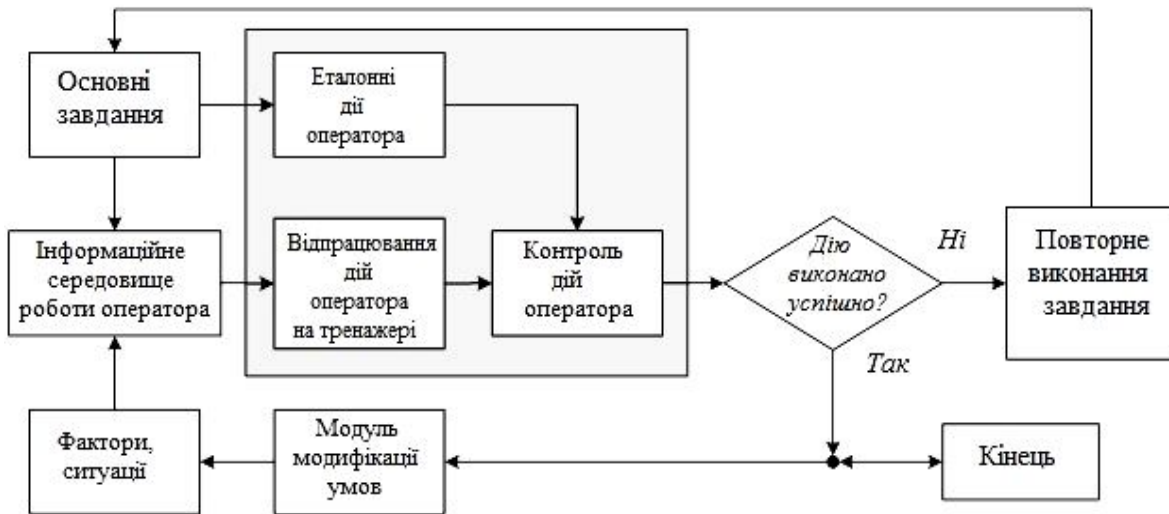


Рис. 4. Ситуаційне адаптивне формування середовища навчання оператора АС УПР в процесі тренажерної підготовки

Вихідні та проміжні результати контролю діяльності операторів АС УПР заносяться в базу даних результатів тренування і після відпрацювання комплексу типових задач автоматизована система управління якістю підготовки операторів повинна визначити ступінь підготовленості операторів АС УПР до роботи на реальному робочому місці або їх готовність до переходу на відпрацювання іншого тренувального завдання. Крім того в разі невиконання будь-якої типової задачі система повинна сформулювати індивідуальну програму підготовки з урахуванням здібностей оператора, його навичок та умінь, а також спрогнозувати його подальше навчання аналізуючи результати попередньої роботи.

### Висновки

Підтримка професійно важливих якостей і відновлення їх за допомогою тренажерної підготовки – це один з основних видів підготовки операторів АС УПР, що дозволяє закріпити й поглибити отримані знання, придбати навички й уміння в управлінні екіпажами в будь яких умовах навігаційно-тактичної обстановки.

Від того, наскільки продуманий зміст такої підготовки, як організований і проведений навчальний процес, буде залежати рівень професійної майстерності та безпека польотів. Зазначені обставини викликають необхідність уніфікації проведення тренажерної підготовки на всіх рівнях, починаючи від навчального закладу закінчуючи місцем постійної роботи фахівця.

З метою підвищення ефективності навчання при підготовці операторів АС УПР на тренажерах повинен передбачатися постійний контроль дій операторів, в тому числі процес сприйняття ситуації оператором, його осмислення, формування необхідних навичок, а також психофізіологічного стану оператора при вирішенні їм поставленого завдання. На даний момент питання проектування і розробки перспективних тренажерних систем для професійної підготовки операторів АС УПР, які дозволять не тільки формувати навички та вміння в автоматизованому управлінні екіпажами, а й здатні аналізувати, контролювати й оцінювати їх дії, ставити різні рівні складності вправ і варіювати їх зміст залишаються не розглянутими.

Тренажер повинен дозволяти інструкторові змінювати ситуації, вводити нові або додаткові умови, що ускладнюють управління об'єктом або створюють перешкоди. Контроль і оцінка операторської діяльності дозволяє здійснювати зворотний зв'язок, даючи можливість оцінювати ступінь досягнення поставлених цілей, коригувати подальшу програму навчання, робити висновок про рівень підготовленості оператора до практичної роботи на реальному робочому місці.

Тому подальші дослідження необхідно направити на розробку автоматизованої системи оцінки операторської діяльності, до якої включені засоби реєстрації, аналізу, оцінки дій оператора, модифікацію умов проведення тренувань і їх застосування на тренажерах.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шукшунов В. Е., Циблиев В. В., Потоцкий С. И. Тренажерные комплексы и тренажеры : технологии разработки и опыт эксплуатации. М. : Машиностроение, 2005. 383 с.
2. Шукшунов В. Е., Бакулов Ю. А., Григоренко В. Н. Тренажерные системы. М.: Машиностроение, 1981. 256 с.
3. Красовский А. А. Основы теории авиационных тренажеров. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

4. Паленный А. С. Разработка алгоритма автоматизированной оценки действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения. *Наукові праці академії*. Кіровоград: ДЛАУ, 2006. Вип. XI. С. 118-130.
5. Неделько С. Н., Григорецкий В. А., Паленный А. С. Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения. *Наукові праці академії*. ДЛАУ. 2005. Вип. IX. С. 387-400.
6. Аксюта Е. Ф., Кузнецов Ю. Н. Методика тестирования антиципирующей реакции при профессиональной подготовке специалистов по боевому управлению авиацией. *Актуальные проблемы ВУЗов ВВС*. М.: 2003. С. 16-19.
7. Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов летательных аппаратов / Л. С. Демин, Ю. Г. Жуковский, А. П. Семенихин и др. / под ред. В. Е. Шукшунова. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
8. Руснак І. С., Шевченко В. Л. Проблеми модернізації та створення тренажно-моделювальних комплексів військового призначення. *Наука і оборона*. 2002. № 1. С. 26-32.

## REFERENCES

1. Shukshunov, V.E., Tsibliyev, V.V. and Pototskiy S.I. (2005), Technologies of development and experience of exploitation of the trainer systems and trainers,. Mashynostroenye, Moscow, Russia. 383 p.
2. Shukshunov, V.E. Bakulov, Yu.A. and Grigorenko V.N. (1981), Training systems, Mashynostroenye, Moscow, 256 p.
3. Krasovskiy, A.A. (1995), Bases of theory of aviation trainers. Mashynostroenye, Moscow, Russia. 304 p,
4. Palennyi, A.S. (2006), "Development of the algorithm for the automated estimation of air traffic controllers actions on the training simulator for maintenance of air traffic", *Scientific works of the academy*, Vol. XI, pp. 118-130.
5. Nedelko, S.P., Hryhoretskii, V.A. and Palennyi, A.S. (2005), "Development of the estimation criteria system for the automated analysis of air traffic controllers actions on the training simulator for maintenance of air traffic", *Naukovi pratsi akademii*, Issue IX, DLAU, Kirovograd, pp. 387-400.
6. Maksyuta, E.F. and Kuznetsov, Yu.N. (2003), "Testing methods antedating reaction at specialists professional training on aviation combat command and control", *Aktualnye problemy VUZov VVS*, Moscow, pp. 16-19.
7. Demin, L.S., Zhukovskiy, Y.G. and Semenixhin, A.P. (1986), "Teaching CASS of professional preparation of operators of aircrafts", *Mashynostroenie*, Moscow. Russia, 240 p.
8. Rusnak, I.S. and Shevchenko, V.L. (2002), "Problems on upgrading and creating military training systems and simulators", *Nauka i oborona*, No. 1, pp. 26-32.

Надійшла (received) 04.09.2018

Прийнята до друку (accepted for publication) 24.10.2018

### Принципы построения перспективных тренажерных систем подготовки операторов автоматизированных систем управления воздушным движением

В. С. Сторчак

**Предметом** изучения статьи является анализ способов и средств обеспечения повышения уровня профессиональной подготовки операторов автоматических систем управления воздушным движением. **Целью** работы является определение направлений повышения эффективности профессиональной подготовки операторов автоматических систем управления воздушным движением при использовании интеллектуальных технологий проектирования тренажерных систем. **Задача** – обоснование технических решений, внедрение которых позволит расширить круг решаемых на тренажерах задач, разнообразить условия проведения тренажей, адаптивно контролировать и регулировать сложность решения контрольных задач, а также формировать и корректировать индивидуальные программы подготовки учащихся с учетом их знаний, опыта и навыков. **Выводы** – с целью повышения эффективности обучения при подготовке операторов на тренажерах должен проводиться постоянный контроль действий операторов, в том числе процесс восприятия ситуации оператором, его осмысление, формирование необходимых навыков, а также психофизиологического состояния оператора при решении им поставленной задачи. Контроль и оценка операторской деятельности позволяет осуществлять обратную связь, давая возможность оценивать степень достижения поставленных целей, корректировать дальнейшую программу обучения, делать вывод об уровне подготовленности оператора к практической работе на реальных объектах.

**Ключевые слова:** тренажерный комплекс; оператор АСУ; диспетчер УВД; подготовка.

### Principles of construction of automated control system operator training perspective simulator systems

V. Storchak

**The subject of the study** in the article is an analysis of ways and means to improve the determination of directions of increase of efficiency of professional preparation of ACS. **The purpose** is to determinate directions of efficiency of professional preparation of ACS operator increase using of intelligent information technologies of of the trainer systems planning. **The task** is justification of technical solutions, the introduction of which in the practice allow to expand the range of tasks, vary conditions of simulators, adaptive control and regulate the complexity of the control tasks, as well as create and adjust individual training programs for students with regard to their knowledge, experience and skills. **Conclusion** – to increase the effectiveness of training in the training of operators on simulators, constant monitoring of operators' actions, including the process of perceiving the situation by the operator, his comprehension, the formation of necessary skills, as well as the psychophysiological state of the operator when solving his task, should be carried out. Monitoring and evaluation of operator activity allows us to provide feedback, making it possible to assess the degree of achievement of set goals, adjust the further training program, draw a conclusion about the level of the operator's preparedness for practical work on real objects.

**Keywords:** training complex; ACS operator; air training controller; training.