

УДК: 629.7.072: 331.101.1: 519.172

О.М. РЕВА<sup>1</sup>, О.М. ДМІТРІЄВ<sup>2</sup>, В.А. ШУЛЬГІН<sup>2</sup>, В.О. ЛИПЧАНСЬКИЙ<sup>1</sup><sup>1</sup>Кіровоградський національний технічний університет, Україна<sup>2</sup>Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Україна

## ПРИНЦИПИ ЕРГОНОМІЧНОЇ ДЕКОМПОЗИЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ПІЛОТІВ

*З проведеного аналізу статистики авіаційних подій витікає, що забезпечення належного рівня безпеки польотів при різноманітних відмовах авіаційної техніки суттєво залежить від вміння льотного складу діяти в особливих випадках польоту. Відповідні навички формуються, головним чином, під час тренажерної підготовки, яка є невід'ємною складовою системи професійної підготовки пілотів. Враховуючи недоліки сучасної організації тренажерної підготовки, розроблено моделі її аналізу і синтезу, спираючись на принципи вертикальної та горизонтальної декомпозиції. Запропоновано змістовну модель тренажерної підготовки, яка орієнтується на рекомендації ICAO, JAA, FAA та Державної авіаційної адміністрації України.*

**Ключові слова:** тренажерна підготовка і безпеки польотів, принципи вертикальної і горизонтальної декомпозиції, взаємний вплив тренажерних засобів

### Постановка проблеми

Враховуючи, що за мірою розвитку цивілізації, адекватно зростає цінність людського життя, загально визнано, що виконання цивільною авіацією (ЦА) своїх основних функцій з перевезення пасажирів і вантажів має супроводжуватися не менш адекватним забезпеченням максимально високого рівня надійності функціонування системи "екіпаж – повітряне судно (ПС) – навколишнє середовище (НС)" (СЄПСНС). Зрозуміло, що виконання цієї вимоги можливо лише за умов системного підходу до вирішення проблеми безпеки польотів (БП), який має враховувати вплив різноманітних факторів на виникнення та розвиток аварійних ситуацій (АС) та настання авіаційної події (АП) або катастрофи. Факторний аналіз АС вказує, що причинами виникнення 15-20% АП є ПС; 70-80% АП – людський чинник (ЛЧ); 10-15% АП – НС [1 – 4].

Однак, слід зазначити, що пілот-оператор, чи льотний екіпаж в цілому, як колективний оператор, можуть й позитивно вплинути на надійність досліджуваної СЄПСНС, активно втручаючись в додання наслідків відмов її технічної частини, чи негативно впливу НС [5, 6]. Наведене забезпечується високим рівнем готовності льотного складу (ЛС) до дій в АС, який формується під час професійної підготовки (ПП), у тому числі на авіаційних тренажерах (АТ). При цьому слід зазначити, що на теперішній час організація тренажерної підготовки (ТП) не враховує сучасних досягнень авіаційної педагогіки і психології, ергономіки, психології праці, інженерної психології й тому не є досконалою [7, 8]. Вимоги

JAR, FAR та нового стандарту ICAO 9625 не враховуються і не реалізуються в програмах ТП, а, переважним чином, лише декларуються.

Наведене створює певні хибні ланки у безперервному ланцюгу заходів з забезпечення належного рівня БП і гальмує послідовний розвиток вітчизняної авіаційної транспортної системи (АТС).

### Аналіз досліджень і публікацій

З аналізу доступних авторам джерел витікає, що їх абсолютна більшість присвячена розв'язанню проблем побудови, вдосконалення обладнання комплексних тренажерів літака (КТЛ) та тренажерних засобів (ТЗ) інших типів, вирішенню питань їх ідентифікації відповідним типам ПС, але фактично не приділяється уваги вдосконаленню методик їх застосування [9, 10]. В той же час визнано, що завдяки саме правильній організації і проведенню ТП можна зробити її надзвичайно ефективною, навіть на недосконалих ТЗ (класу А, В, С згідно стандартів JAA, FAA та I класу згідно міжнародних стандартів ICAO [11 – 13]). Абсолютна більшість КТЛ на Україні не відповідає або умовно відповідають класифікаційним рівням ICAO за технічними параметрами (системи візуалізації, можливості моделювання різноманітних схем маневрування і заходу в районі аеродрому, виконання програми LOFT [14], якість імітації акселераційних відчуттів і акустичних шумів, відсутність автоматизованих систем визначення відповідності характеристик, що імітуються, параметрам ПС, а з урахуванням моральної застарілості КТЛ – невідповідність обладнанню та характеристикам ПС, що знаходяться в експлуатації) [9, 10]. Так саме питання організації та проведення ТП залишаються на рівні, що характеризу-

ється часом їх розробки та введення в експлуатацію (70-80 роки минулого сторіччя). На теперішній час досліджуються лише окремі напрямки методичного забезпечення ТП, скажімо, організації та проведення оцінювання якості пілотування [15 – 17].

### Постановка завдання дослідження

Як витікає з вищенаведеного, хоча окремі елементи ТП більш-менш привертають увагу фахівців та дослідників, сама вона як процес системно не розглядається, що, певним чином, зводить нанівець відповідні результати. Саме тому **мета статті** полягає у розробці методами системного аналізу змістовної моделі ТП пілотів, яка орієнтується на рекомендації ICAO, JAA, FAA та Державної авіаційної адміністрації України.

### Застосування принципів вертикальної та горизонтальної декомпозиції для аналізу та синтезу процесів тренажерної підготовки пілотів

В методології системного аналізу активно застосовується принципи вертикальної та горизонтальної декомпозиції (насамперед, під час побудови «дерева цілей») задля розробки змістовних моделей аналізу і синтезу будь-яких процесів [18 – 22]. При цьому під вертикальною декомпозицією в контексті цієї статті будемо розуміти суворо підпорядковану рівневу систему цілей, виконання яких направлене на досягнення глобальної мети ТП пілотів – набуття необхідних навичок для безпечного та ефективного виконання польотного завдання в будь-яких умовах (рис. 1). Для досягнення цілей аналізу вертикальну структурування «дерева» зроблено до елементарного рівня з використанням системних принципів істотності, однорідності та незалежності [18 – 22]. Подальшу декомпозицію можна проводити до будь-якого рівня деталізації в процесі ТП, навіть до рівня формування елементарних операцій та елементарних дій (оперативних одиниць) [23 – 25].

З метою деталізації кожного рівня авторами здійснено також горизонтальну декомпозицію, але водночас з деяким укрупненням її складових елементів (дотримання рівноваги між принципами повноти та простоти побудови). Найбільш показовим є рівень розподілу по етапах польоту. Їх кількість була обмежена нами вісьмома елементами, тому що згідно аналізу АП саме на цих етапах відносна кількість АП перевищує 5% [9].

Визначення потенційно можливих елементів на кожному рівні здійснюється із врахуванням природно-логічної побудови комбінацій відмов авіаційної техніки та варіантів впливу НС. У зв'язку з тим, що час для проведення ТП обмежений (15 – 40 год.) постає пи-

тання забезпечення ТП пілотів належного рівня при неможливості відпрацювання всіх ситуацій, які є імовірними під час реального польоту. Враховуючи результати попередніх досліджень [6, 9, 10, 26], можливо оптимізувати структуру ТП з використанням методу комбінаторної оптимізації (зрізавши тупикові гілки із заздалегідь неможливим розвитком АС) [18 – 22, 26].

З урахуванням швидкоплинності деяких етапів польоту (зліт, посадка), що унеможлиблює відпрацювання всієї кількості можливих варіантів комбінацій (елементів найнижчого рівня), постає завдання оптимального вибору відповідних вправ. З метою забезпечення вимог керівних документів [27 – 32] щодо рівня знань і навичок, які повинні продемонструвати пілоти після проведення ТП, нами запропоновані такі шляхи оптимізації дерева цілей ТП:

а) систематизацію АС по спеціальним групам за визначеними ознаками:

- відмови, що потребують термінового втручання;
- відмови, що потребують своєчасного розпізнавання;
- відмови, що потребують правильних дій;

б) врахуванням психофізіологічної здатності екіпажу ПС розв'язати АС;

с) організацією тренування до дій тільки в таких АС, які не можуть бути змодельовані на більш простих тренажерах (функціональному, операційному чи будь-якому іншому тощо);

д) врахуванням статистичних даних та експертних оцінок (імовірність виникнення АС по етапах польоту).

Отримані результати відкривають перспективи побудови типових програм ТП. На етапі початкової підготовки та вводу до строю будова структури ТП повинна бути динамічного типу, оскільки рівень складності окремо взятого польоту на КТЛ повинен враховувати поступове ускладнення польотних завдань та рівень здібностей того, хто навчається. Під час підвищення кваліфікації та виконанні сертифікаційного польоту на КТЛ структура ТП є статичною.

З метою підвищення економічної ефективності ТП ті самі принципи вертикальної та горизонтальної декомпозиції були застосовані авторами для побудови структури формування професійно необхідних навичок пілотів (рис. 2).

Якщо уявити увесь спектр ТЗ, що використовуються для ПП ЛС та їх методологічні можливості, то з рис. 2 витікає, що деякі навички (простіші елементи даної системи) дійсно можуть формуватися на статичних авіаційних тренажерах нижчого класу: спеціалізованих тренажерах пілота (СТП), тренажерах штурмана (СТШ), процедур, що виконуються у кабіні (СТКП), функціональних систем (СТФС), етапів польоту (СТЕП), тренажерах початкового

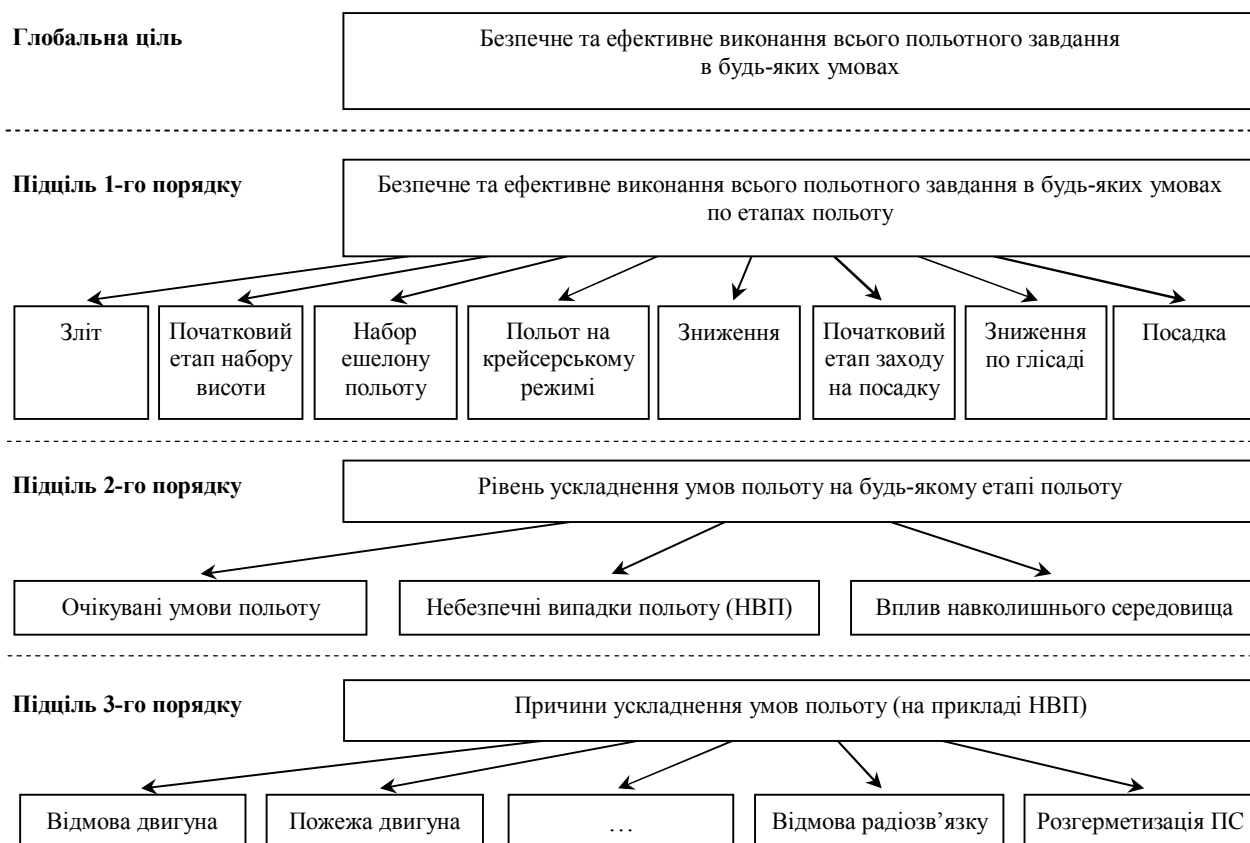


Рис. 1. Ієрархічне дерево цілей тренажерної підготовки членів льотного екіпажу

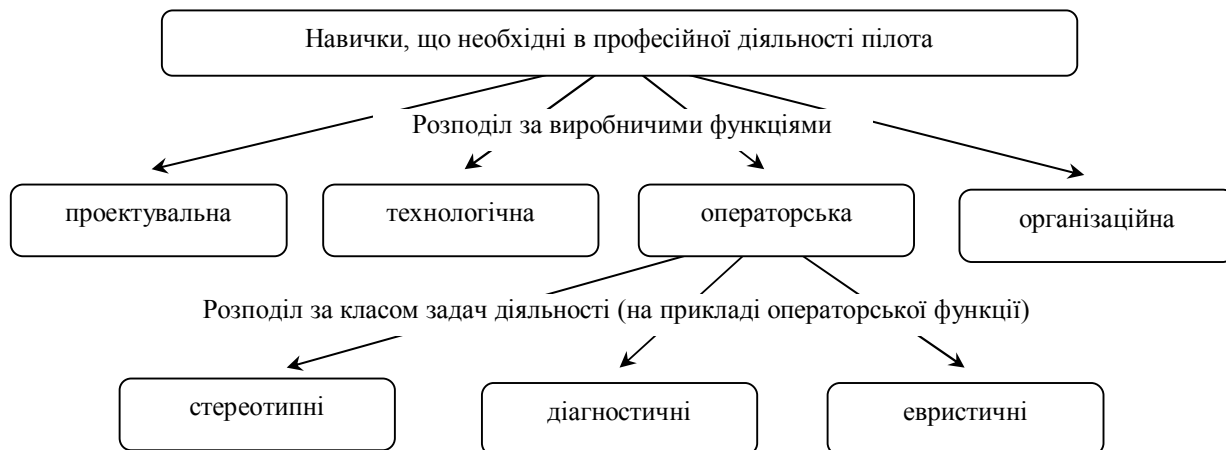


Рис. 2. Структура формування професійно необхідних навичок пілота

навчання (СТПН), тренажерах аварійного залишення літака (СТАЗ) та найбільш перспективному – Flight Simulator (FS) на базі новітніх комп'ютерних технологій. Комплексне використання існуючих авіаційних тренажерів (нижчого класу за КТЛ) дозволяє сформувати необхідні навички та вміння діяти в усіх очікуваних нормальних, критичних та АС

згідно з технологією роботи членів льотного екіпажу, але без відпрацювання техніки пілотування.

На рис. 3 подані дані, що відображають вертикальну декомпозицію послідовності використання різних ТЗ в ході ТП з оцінкою їх взаємного впливу (позитивну інтерференцію навичок, що формуються). Під час побудови даної структури використані лише ті ТЗ,

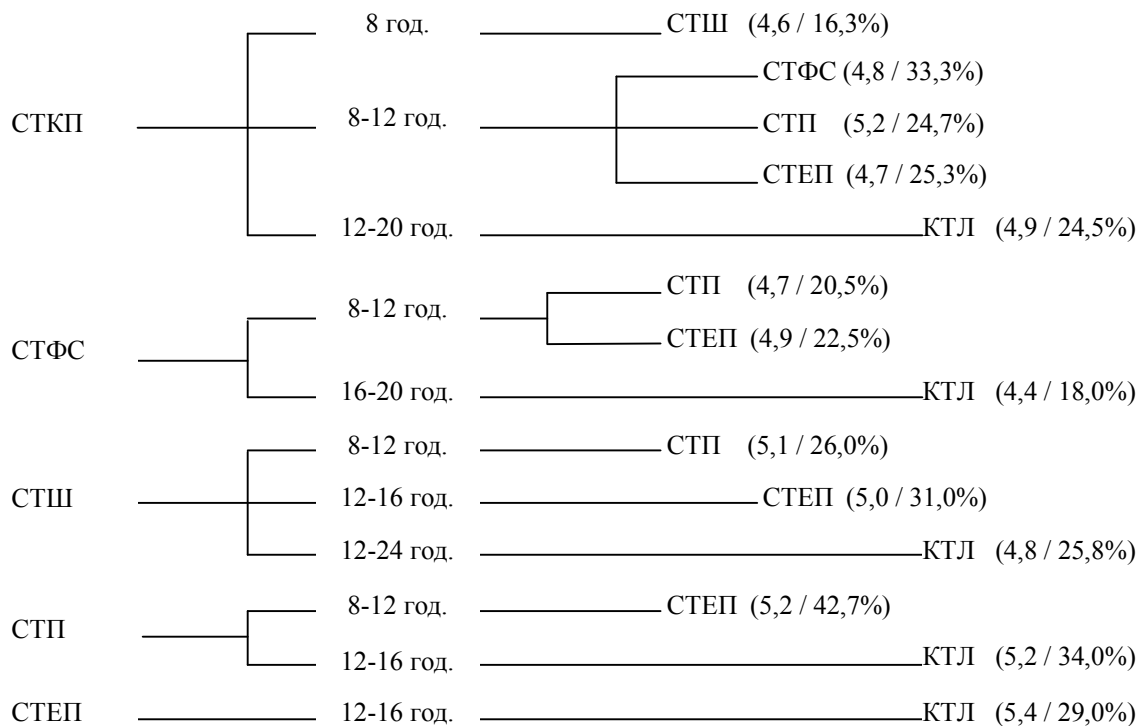


Рис. 3. Взаємний вплив послідовності використання тренажерних засобів

що на теперішній час застосовуються під час початкової ТП пілотів. Для оцінки ефективності їх взаємного впливу в залежності від витраченого часу на попередньому етапі ТП нами наведено показники досягнутого рівня ПП (у дев'яти бальної шкалі оцінок ІКАО) та очікуваного зниження необхідного об'єму ТП (у %).

Оцінка взаємного впливу ТЗ при організації ПП за встановленим ланцюгом СТКП → СТФС → СТШ → СТП → СТЕП → КТЛ виявила, що СТФС нейтральний по відношенню до СТШ. Інші комбінації ТЗ дають статистичне значуще зменшення програм ТП: від 16,3% (послідовна зв'язка ТКП → СТШ) до 42,7% (послідовна зв'язка СТП → СТЕП).

## Висновки

1. Аналіз наукових джерел і практики організації ТП показує її недосконалість (невідповідність існуючих ТЗ на Україні класифікаційним рівням ІКАО за технічними параметрами, методичне забезпечення ТП істотно не корегується більш ніж 30 років), що створює певні хибні ланки у безперервному ланцюгу формування високого професійного рівня готовності пілота до дій в очікуваних умовах та АС під час польоту.

2. Спираючись на такі принципи системного аналізу (істотності, однорідності, незалежності та принципи вертикальної та горизонтальної декомпозиції) розроблено змістовну модель ТП пілотів, яка враховує рекомендації ІКАО, JAA, FAA та Держав-

ної авіаційної адміністрації України.

3. Отримані результати з ефективності використання ТЗ дозволяють істотно скоротити частину «старої» програми ТП на КТЛ, та збільшити частину часу на відпрацювання дій в АС, особливо розвитку навичок діяльності по складним алгоритмам, які містять процедуру прийняття раніше невідомих рішень і потребують використання великих масивів оперативної й раніше засвоєної інформації.

4. Подальші дослідження слід проводити у напрямку оцінки взаємного впливу різноманітних ТЗ, що створені під конкретні ПС з урахуванням впровадження в практику ТП FS на базі новітніх комп'ютерних технологій.

## Література

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах [Текст] // Человеческий фактор: сб. м-лов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
2. Аналіз рівня безпеки польотів та виявлення потенціальних факторів аварійності з цивільними повітряними судами України за 10 років (1997р – 2007р) [Текст]. – К.: ДАА, 2008. – 63 с.
3. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников "Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства" в 2007 году (Доклад Межгосударственного авиационного комитета) [Текст]. – М.: МАК, 2008. – 32 с.

4. Гудзий, А. Г. Количественное оценивание показателей текущего уровня безопасности полетов эксплуатанта воздушных судов [Текст] / А.Г. Гудзий, А.М. Лушкин // Проблемы безопасности полетов: информационный сборник. - М.: ВИНТИ, 2008. - №10. - С. 12-19.

5. Рева, О.М. Вплив на безпеку польотів елементів ергатичної системи "екіпаж (пілот) – повітряне судно – орган управління повітряним рухом" [Текст] / О.М. Рева, А.А. Бекмухамбетов, Г.М. Селезньов // Наукові праці академії. – Кіровоград: ДЛАУ, 2002. – Вип. VI, Ч.І. – С. 147-155.

6. Рева, А.Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (проактивное исследование влияния) [Текст]: моногр. / А.Н. Рева, К.М. Тумышев, А.А. Бекмухамбетов; науч. ред. Рева А.Н., Тумышев К.М. – Алматы, 2007. – 242 с.

7. Васильев, О. Для подготовки пилотов требуется новое оборудование и новые методики [Текст] / О. Васильев // Авиатранспортное обозрение. – 2008. – № 87. – С. 47-49.

8. Меденков, А. Тренажер без психологии – деньги на ветер! [Текст] / А. Меденков // Авиационная. – 2008. – №4. – С. 28-31.

9. Оптимизация профессиональной деятельности инструктора авиационного тренажера [Текст]: 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.

10. Эргономические методы и средства тренажерной подготовки летного состава [Текст]: 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.

11. Aeroplane flight simulators: Doc JAR - STD 1A [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://123.127.67.21/fagui/JAR%20std1a.pdf>. – 24.11.2011 г.

12. Flight Simulation Training Device Initial and Continuing Qualification and Use: Doc. FAR - Part 60 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.faa.gov>. – 24.11.2011 г.

13. Manual of Criteria for the Qualification of Flight Simulation Training Devices: Doc ICAO 9625 Edition 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.icao.int>. – 24.11.2011 г.

14. Flight Crew Training: Cockpit Resource Management (CRM) and Line-Oriented Flight Training (LOFT) // Human Factors Digest No. 2. – Cir. ICAO 217-AN/132 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.icao.int>. – 24.11.2011 г.

15. Шульгин, В.А. Нечітка модель агрегування окремих якісних оцінок техніки пілотування [Текст] / В.А. Шульгин // Сучасні наукові дослідження. – 2006: м-ли II Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2006. – Т.34. Психологія і соціологія. – С. 9-13.

16. Алгоритмізація процедури агрегування нечітких оцінок точності пілотування на льотних тренажерах [Текст] / О.М. Рева, С.О. Дмитрієв,

В.А. Шульгин, О.М. Дмитрієв, С.В. Недбай // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2010. – №1 (68). – С. 86-91.

17. Щеглов, И.Н. Алгоритм формирования оценки знаний в автоматизированной системе обучения авиационных специалистов [Текст] / И.Н. Щеглов, М.А. Никитов // Проблемы безопасности полетов: информационный сборник. – М.: ВИНТИ, 2009. – №3. – С. 13-16.

18. Губанов, А.А. Введение в системный анализ [Текст]: учеб. пособ. / А.А. Губанов, В.В. Захаров, А.Н. Коваленко; науч. ред. Л.А. Петросян. – Л.: ЛГУ, 1988. – 288 с.

19. Клар, Дж. Системология: Автоматизация решения системных задач [Текст]: пер. с англ. М.А. Зуева / Дж. Клар; под ред. А.И. Горлина. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.

20. Сурмин, Ю.П. Теория систем и системный анализ [Текст]: учеб. пособ. / Ю.П. Сурмин. – К.: МАУП, 2003. – 368 с.

21. Системный анализ в информационных технологиях [Текст]: учеб. пособ. / Ю.Ю. Громов, Н.А. Земская, А.В. Лагутин, О.Г. Иванова, В.М. Тютюнник. – 2-е изд. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 176 с.

22. Герасимов, Б.М. Організаційна ергономіка: методи і алгоритми дослідження та проектування [Текст] / Б.М. Герасимов, В.В. Камишин. – К.: Інфосистем, 2009. – 212 с.

23. Коваленко, Г.В. Летная эксплуатация [Текст]: учеб. пособ. / Г.В. Коваленко, А.Л. Микинелов, В.Е. Чепига. – М.: Машиностроение, 2007. – 416 с.

24. Рева, А.Н. Экспертиза учебных занятий для подготовки курсантов-пилотов к действиям в особых случаях полета [Текст] / А.А. Комаров, А.Н. Рева, К.М. Тумышев // Обеспечение безопасности при летной эксплуатации воздушных судов: сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1993. – С. 84-90.

25. Рева, А.Н. Алгоритмическая оценка сложности алгоритмов управления самолетом Ан-28 по рекомендуемым схемам [Текст] / А.А. Комаров, А.Н. Рева, К.М. Тумышев // Эргономическая оценка эргатических систем "экипаж - самолет" и "экипаж - тренажер": Сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1993. – С. 7-16.

26. Рева, О.М. Проблеми формування у пілота навичок долавання наслідків відмов авіаційної техніки в режимі синхронного генератора [Текст] / О.М. Рева, С.О. Дмитрієв, О.М. Дмитрієв // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2009. – № 2 (59). – С. 97-102.

27. Выдача свидетельств авиационному персоналу: Приложение 1 к Конвенции о международной гражданской авиации [Текст]. – ICAO: Монреаль, Канада, 1988. – 8-е издание. – 157 с.

28. Руководство по обучению, ICAO 7192-AN/857. 4.B-5. – Комплексный курс подготовки пилотов коммерческой авиации (Курс №236 ICAO): Для подготовки пилотов в соответствии со стандартами

по выдаче свидетельств пилота коммерческой авиации (самолет) квалификационной отметкой о классе "многодвигательный самолет (сухопутный)" [Текст]. Т. 1. – Подробное описание курса. – Монреаль, Канада, 1985. – 266 с.

29. Правила видачі свідоцтв авіаційному персоналу в Україні [Текст]. Затверджено Наказом Державіаслужби № 486 від 07.12.98 р.

30. Курс учебно-лётной подготовки пилотов транспортной авиации и ПАНХ на самолете Ан-2

(КУЛП Ан-2 1972г.) [Текст]. – М.: Воздушный транспорт, 1980. – 120 с.

31. Курс учебно-лётной подготовки на самолетах Ан-24, Ан-26 для курсантов высших летных училищ гражданской авиации (КУЛП Ан-24, Ан-26) [Текст]. – М.: Воздушный транспорт, 1985. – 110 с.

32. Курс учебно-лётной подготовки на самолете Як-18Т курсантов высших летных училищ гражданской авиации [Текст]. – Кировоград: КВЛУ, 1986. – 155 с.

Надійшла до редакції 24.11.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри проектування авіаційних двигунів С.В. Єпіфанов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

## ПРИНЦИПЫ ЭРГОНОМИЧНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ В ОРГАНИЗАЦИИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ

*А.Н. Рева, О.Н. Дмитриев, В.А. Шульгин, В.А. Липчанский*

Из проведенного анализа статистики авиационных происшествий следует, что обеспечение надлежащего уровня безопасности полетов при различных отказах авиационной техники существенно зависит от умения летного состава действовать в особых случаях полета. Соответствующие навыки формируются, главным образом, во время тренажерной подготовки, которая является неотъемлемой составляющей системы профессиональной подготовки пилотов. Учитывая недостатки современной организации тренажерной подготовки, разработаны модели ее анализа и синтеза, опираясь на принципы вертикальной и горизонтальной декомпозиции. Предложена содержательная модель тренажерной подготовки, ориентированная на рекомендации ICAO, JAA, FAA и Государственной авиационной администрации Украины.

**Ключевые слова:** тренажерная подготовка и безопасность полетов, принципы вертикальной и горизонтальной декомпозиции, взаимное влияние тренажерных средств.

## PRINCIPLES OF ERGONOMIC DECOMPOSITION IN THE ORGANIZATION OF FLIGHT SIMULATOR TRAINING

*O.M. Reva, O.M. Dmitriev, V.A. Shulgin, V.O. Lipchanskiy*

From the performed analysis of statistics of aviation incidents follows that maintenance of appropriate level of safety of flights at various faults of aviation technics essentially depends on ability of flight crew to operate in special cases of flight. Corresponding skills are formed, mainly during flight simulator training, which is an integral component of pilots' vocational training system. Given the shortcomings of the modern organization of flight simulator training, models of analysis and synthesis are developed, based on the principles of vertical and horizontal decomposition. Proposed substantial model of flight simulator training, which is guided by recommendations of ICAO, JAA, FAA and the state aviation administration of Ukraine.

**Keywords:** The flight simulator training and the flight safety, the principles of vertical and horizontal decomposition, the interference of simulator means.

**Рева Олексій Миколайович** – д-р техн. наук, проф., професор кафедри автоматизації виробничих процесів Кіровоградського національного технічного університету, доктор технічних наук, професор; e-mail: ran54@meta.ua

**Дмитрієв Олег Миколайович** – заступник декана факультету льотної експлуатації Кіровоградської льотної академії національного авіаційного університету; e-mail: Dmitronik1970@rambler.ru

**Шульгін Валерій Анатолійович** – канд. техн. наук, декан факультету льотної експлуатації Державної льотної академії України, кандидат технічних наук; e-mail: VAShulgin@ukr.net

**Липчанський Володимир Олександрович** – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри економіки праці та менеджменту Кіровоградського національного технічного університету, кандидат педагогічних наук, доцент