

Грищенко Ю. В., Самоткан Н. М., Хімін В. М. Інтегральне оцінювання повітряного корабля з урахуванням авіоніки пріоритетними технологіями розгортання. // Електроніка та системи управління.- К.: НАУ, № 1, 2008. – с. 98-109.
УДК 331.101.1:629.735:303.7(045)

Ю. В. Грищенко, канд. техн. наук, доц.,
Н. М. Самоткан,
В. М. Хімін, доц.

ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ПОВІТРЯНОГО СУДНА З УРАХУВАННЯМ АВІОНІКИ ПРІОРИТЕТНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ РОЗГОРТАННЯ

Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: iesy@nau.edu.ua

*Розглянути підходи різних наукових шкіл в області експлуатаційних льотних технологій.
Запропоновані прогресивні методи аналізу ринку технологій та нормативної документації
льотної експлуатації.*

Вступ та постановка завдання. Ринок системних технологій в авіації сформувався і працює по принципу купівля-продаж, яка відбувається зі сторони країн СНД. Виявилось, що фактично в області експлуатаційних льотних технологій усі авіабудівельні фірми за останні 50 років використовують одну й ту саму методологічні основи. Процесний аналіз, як методична основа нових технологій в області експлуатації (повітряних суден) ПС і рішення проблем людського фактору, можуть позитивно змінити світовий ринок в даному напрямку. Для країн СНД продаж технологій у галузі експлуатації ПС може стати головним у ринковому процесі. Розглянемо ці технології на прикладі АН-124-100 „Руслан”.

Аналіз особливостей літака АН-124-100 „Руслан” як унікального повітряного судна. АН-124-100 був заснований у 1982 році, і є представником нового покоління широкофюзеляжних літаків для перевезення різних вантажів, у тому числі і тих, які за своїми габаритами та масами не можуть перевозитись залізничними та іншими видами транспорту. Своєчасне бортове транспортне обладнання дає можливість без допомоги наземних засобів швидко завантажувати та розвантажувати літак.

Високопрохідне шасі дозволяє експлуатувати літак не тільки на бетонованих, але і на ґрунтових аеродромах. Велика високопідйомність та дальність літака, економічність двигунів та автономність використання літака забезпечують високу рентабельність експлуатації. Собівартість перевезення вантажів літаком АН-124-100 в два рази дешевше, ніж перевезення іншими експлуатуючими транспортними літаками.

Літак розраховано на масові вантажні перевезення на дальні відстані, в тому числі на міжконтинентальних маршрутах.

З максимальним комерційним навантаженням 120 т літак здатен подолати відстань 4500 км. Літак виконує польоти на всіх географічних широтах у діапазонах висот до 10000 м та при температурі від мінус 60° С до плюс 45° С, а також забезпечує можливість експлуатації при метеомінімумі 60х600 м I категорії ІКАО на аеродромах, що сертифіковані по всій категорії.

АН-124-100 „Руслан” вже десять років працює на міжнародному ринку авіаційних перевезень і досі не має аналогів у світовій практиці. Літаки АН-124-100 зайняли стабільне місце в середовищі багатогабаритних авіаперевезень у світі, які широко використовуються в різних заходах, проведених під егідою ООН (перевезенні вантажу при ліквідації стихійного лиха) і приваблюють багато країн світу щодо перевезення спеціального вантажу гуманітарної допомоги. Аналіз показує, що світовий ринок авіаперевезень багатогабаритного вантажу в теперішній час швидко зростає. Повітряному транспортуванню підлягають міцні генератори, турбіни, нафтопереробні пристрої, елементи космічних ракет, морські та авіаційні порти, крани, бульдозери різних видів, міцні транспортні засоби. Ці види техніки іноді не можуть бути перевезені іншим видом транспорту, або їх доставка потребує використання комбінації різних транспортних засобів (морський, автомобільний, залізничний), що збільшує терміни і вартість транспортування.

Виникнення і ріст необхідності перевезення важкого багатогабаритного вантажу на пряму були пов'язані з появою на початку 90-х років широкофюзеляжного транспортного літака АН-124-100. Унікальне оздоблення вантажної кабіни, наявність переднього і заднього вантажолоків, довершені бортові завантажуючі засоби, які забезпечують навантаження та розвантаження (зі застосуванням спеціальних навантажуючих засобів) багатогабаритного вантажу, можливість експлуатації в усіх регіонах світу, в усіх кліматичних умовах, на обладнаних і необладнаних аеродромах, у відриві від бази, дуже швидко були оцінені постачальниками вантажу, що дозволяло літаку АН-124-100 одержати популярність, стати лідером світового ринку багатогабаритного авіаперевезення.

Постійно зростаючий світовий попит на послуги по транспортуванню важких і багатогабаритних вантажів змусив серйозно зайнятись модернізацією літака АН-124-100. На теперішній час розробляється міжнародний проект з удосконаленням цього літака, встановлення на нього сучасних західних двигунів та бортового електронного обладнання.

Цьому літаку призначено служити ще не одне десятиріччя, поширювати повітряні вантажні потоки, змінювати технології виробництва багатогабаритного обладнання, при цьому змінюючи розклад, що склався на світовому авіаринку.

Унікальні транспортні характеристики дають реальні можливості для експлуатації літака АН-124-100 на міжнародних авіалініях.

Аналіз особливостей авіоніки АН-124-100. Згідно з даними А. Баранівського в статті „Радіоелектронне обладнання АН-124-100” на „Руслані” встановлено три електронні комплекси (навігаційний, пілотажний і радіокомплекс), що дозволяють вести польоти при мінімальній залежності від наземних служб (рис. 1).

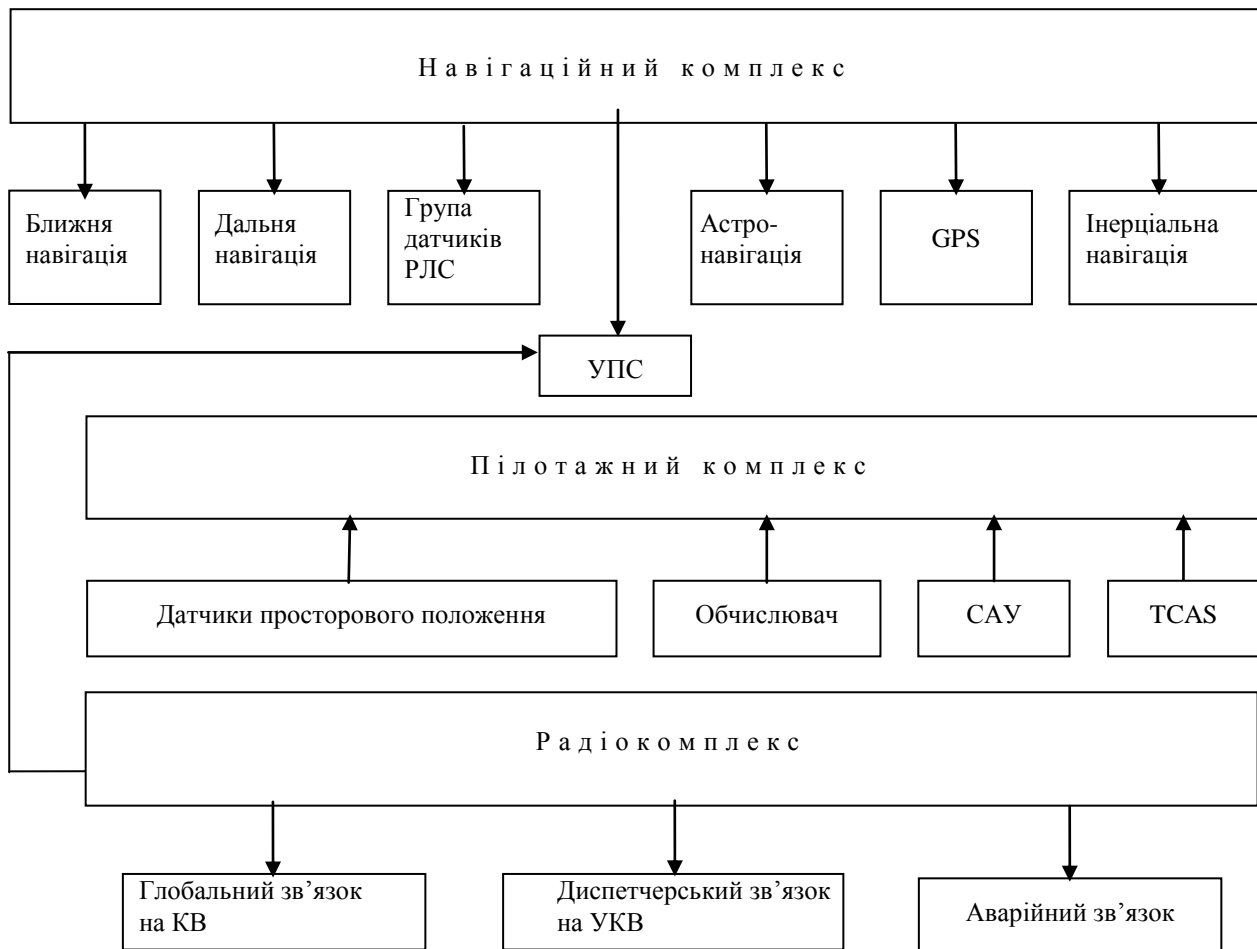


Рис. 1. Радіоелектронний комплекс літака АН-124-100 „Руслан”

На АН-124-100 розмістили деякі імпорتنі системи авіоніки (GPS, TCAS).

Навігаційний комплекс сучасних вантажних „Русланів” складається із шести радіосистем: далекої й ближньої навігації, групи датчиків РЛС, астронавігаційної, космічної (GPS) і повністю автономної інерціальної навігаційних систем, які і дозволяють вести звіт польоту від крапки вильоту.

Інформація про всі координати літака передається на керуючу обчислювальну систему (КОС) і в обробленому виді надходить пілотові на дисплеї та інші прилади відображення інформації, а також на пілотажний комплекс і через радіоканал у диспетчерську наземну службу.

Пілотажний комплекс АН-124-100 складається із системи датчиків просторового положення літака щодо трьох осей координат. Обчислювач пілотажного комплексу видає інформацію пілотам на авіагоризонт і у систему автоматичного управління (САУ).

Система RVSM забезпечує відхилення по вертикальному ешелонуванню польотів згідно вимогам ІКАО.

На жаль, цього не можна сказати про систему запобігання зіткнення в повітрі – TCAS. Системи TCAS видає рекомендації пілотам який вертикальний маневр треба зробити, щоб уникнути зіткнення або небезпечного зближення літаків. Найбільший власник цих літаків авіакомпанія „Волга-Дніпро” купив їх у рахунок кредиту на 1,5 млн. дол., отриманого в „Ексімбанку” США.

Спільна робота навігаційного й пілотажного комплексів дозволяє вести політ по заданому ще на землі маршруту.

Радіозв'язний комплекс складається із блоків глобального зв'язку, що працює на КВ, диспетчерському або командирському (діючий звичайно на УКВ) і аварійному зв'язку. Але й тут останнім часом відбуваються зміни. ІКАО, посиляючись на значне збільшення числа літаків, що перебувають одночасно в повітрі, зажадала введення нових стандартів частоти роботи, виділеної для кожної радіостанції. У результаті смуга була зменшена в три рази – з 25 до 8,33 кГц. Тому на „Русланах” установили по дві нові радіостанції „Орлан”.

ІКАО, прагнучи підвищити безпеку польотів у все більш перевантаженому небі планети, постійно посилює вимоги до їхнього радіоелектронного обладнання.

Аналіз методів аналізу ринку технологій та нормативної документації льотної експлуатації. Ринок системних технологій в авіації сформувався і працює по принципу купівля–продаж, до того ж купівля відбувається зі сторони країн СНД, особливо, якщо мова йде про експлуатаційні технології. При цьому ні про які їх пріоритети не може бути й мови. Прикладом можуть слугувати технології та програми в області людського фактору (ЛФ) – CRM (управління ресурсами екіпажу) і LOFT (льотна підготовка в умовах наближених до реальних), захищені авторськими правами американських дослідників особливо в обробці двосторонніх анкет. (Двосторонні анкети були запропоновані в інженерній психології для експертної оцінки автоматизованих електронних комплексів на базі РЛС ще у 60 рр. ХХ ст. при розробці кільцевих підходів). Ринок процесних технологій існує поки що як внутрішній ринок СНД.

Пріоритетний аналіз та пріоритетна загальна теорія процесів (ЗТП), як методична основа нових технологій в області експлуатації ПС і рішення проблем людського фактору, можуть позитивно змінити світовий ринок експлуатаційних технологій. Для країн СНД продаж технологій у галузі експлуатації ПС може стати головним у ринковому процесі, який створює авторитет власними розробками (рис. 2, 3) [1 – 6].

Якщо розглянути деякі аспекти роботи, яка вже була зроблена в області ТПАП – технологій процесного аналізу для літаків різних авіабудівельних фірм у різних авіакомпаніях.

Науково-технічна революція в галузі промислових технологій авіації за останні 30-40 років загальновідома, – конструкторська та виробнича думка вже далеко попереду і по промисловим технологіям, – вже говорять про літаки нового покоління. ІЛ-96-300, ТУ-204, АН-124, АН-70, аеробуси Airbus Industry, Boeing останніх розробок цьому приклад.

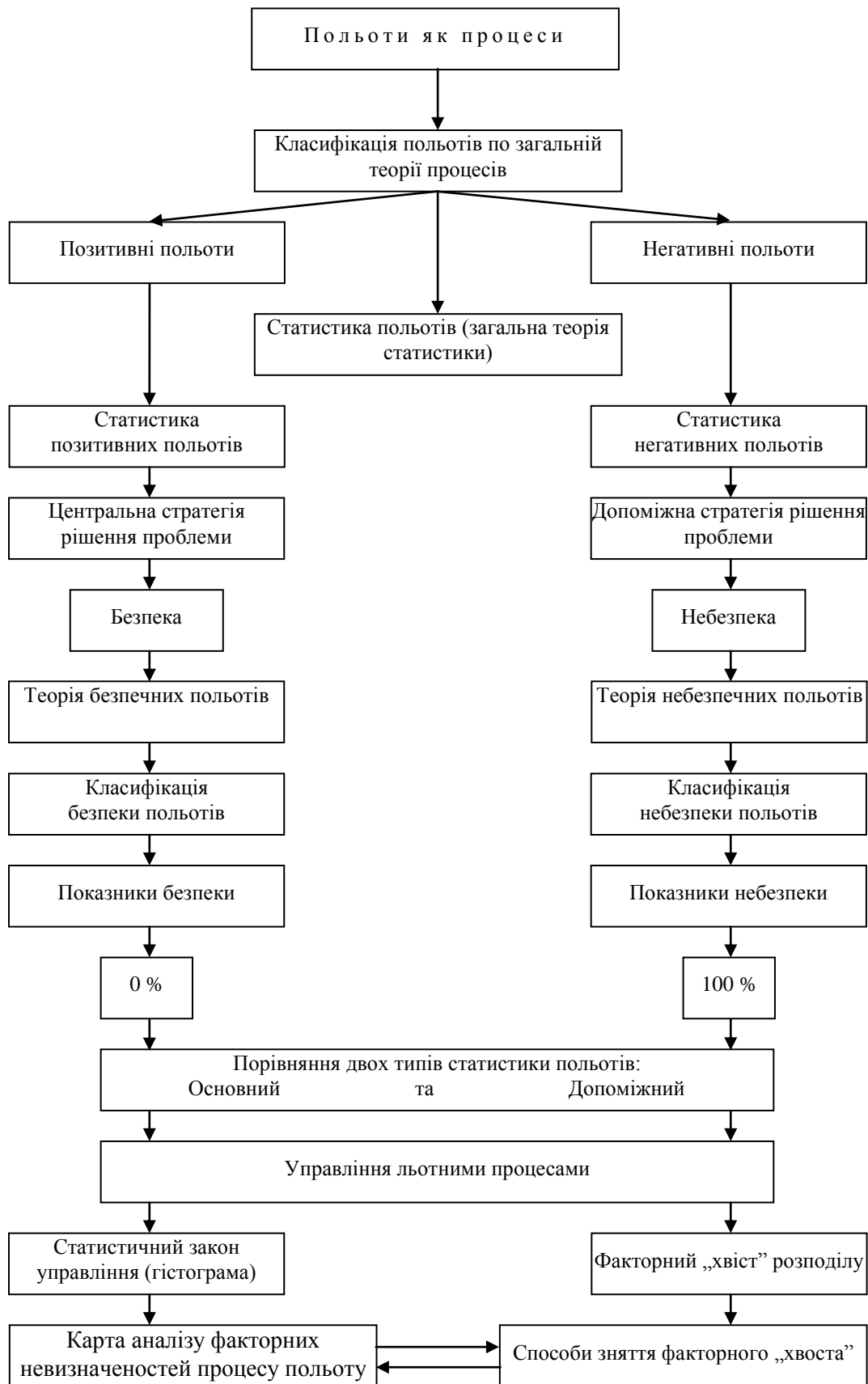


Рис. 2. Процесний аналіз проблем безпеки польотів

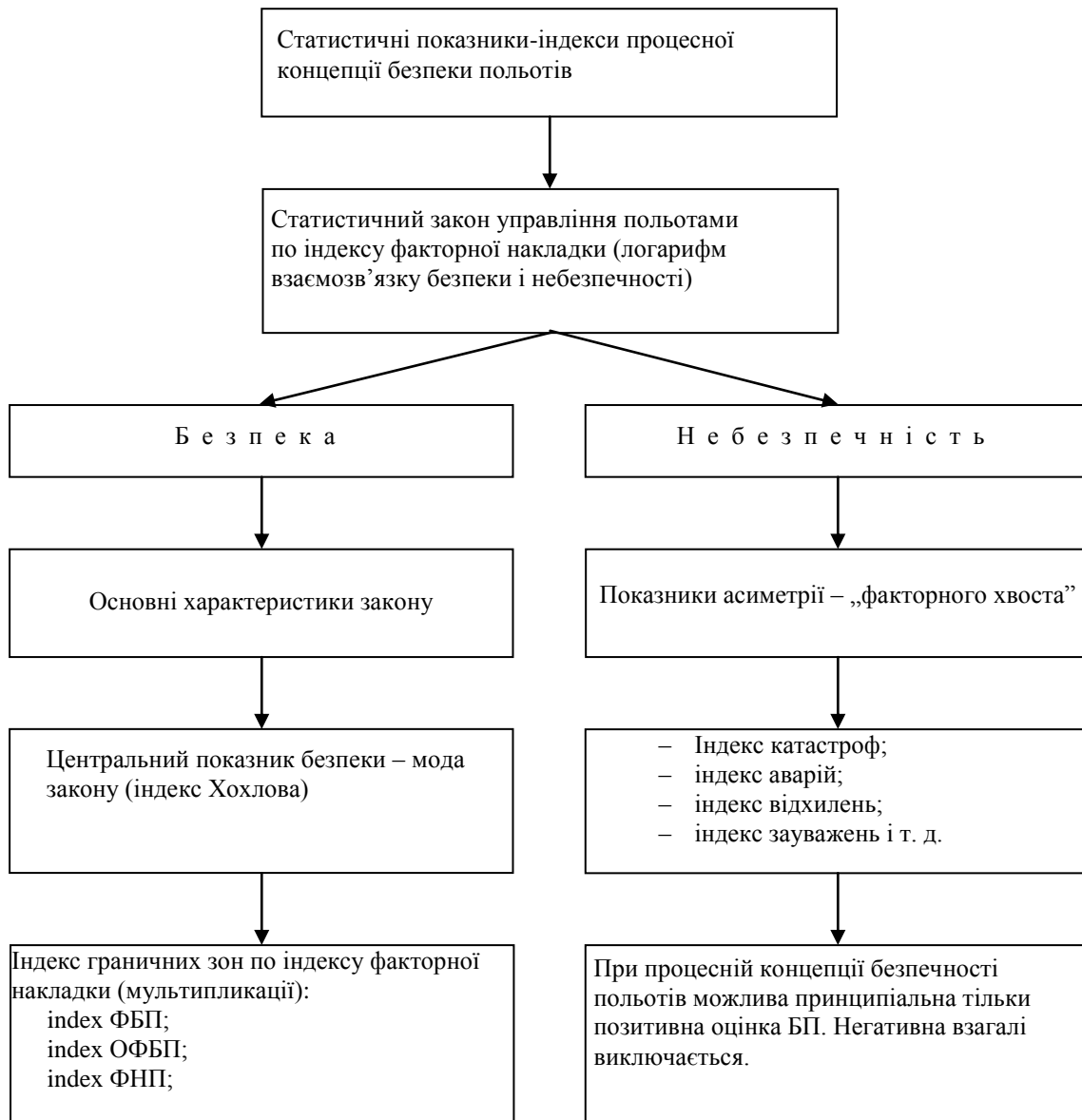


Рис. 3. Класифікація статистичних показників (index) безпеки та небезпечності при процесній безпечності польотів

Але все рівно процесний аналіз нормативної льотної документації, особливо РЛЕ старих та нових літаків, показав надзвичайні результати. Виявилось, що фактично в області експлуатаційних льотних технологій усі авіабудівельні фірми за останні 50 років використовують одну й ту саму методологічні основи – так звану табличну циклографію.

Як відомо, основу такої циклографії складають циклограми дій екіпажу. Безумовно, за ці роки різні фірми створили різні форми табличних циклограм дій екіпажу. Циклограми для літаків ІЛ відрізняються від циклограм літаків Boeing та аеробусів. Але якісна основа – таблична циклограма при цьому залишається. В цьому легко впевнитись, якщо взяти для порівняння управління по льотній експлуатації, наприклад, перших ІЛ-ів (розробка 40-50 років) та останніх модифікацій ІЛ-ів, АНів (розробка 90-х років) – таблична циклографія зберігається майже без змін (рис. 4).

До таких висновків призводить процесний аналіз існуючої документації ГОСТ, яка розробляється і розглядає питання польотної експлуатаційної технології.

Вперше таблична циклографія з'явилась в практиці експлуатації промислових машин ще 150 років тому. Сучасна форма циклограм, яка на даний етап застосовується в авіації має історію

у 50-60 років, але елементи табличної циклографії застосовувались з самого зародження авіації.

Перехід від табличної циклографії до картографічної здійснює посилення до технологічної революції.

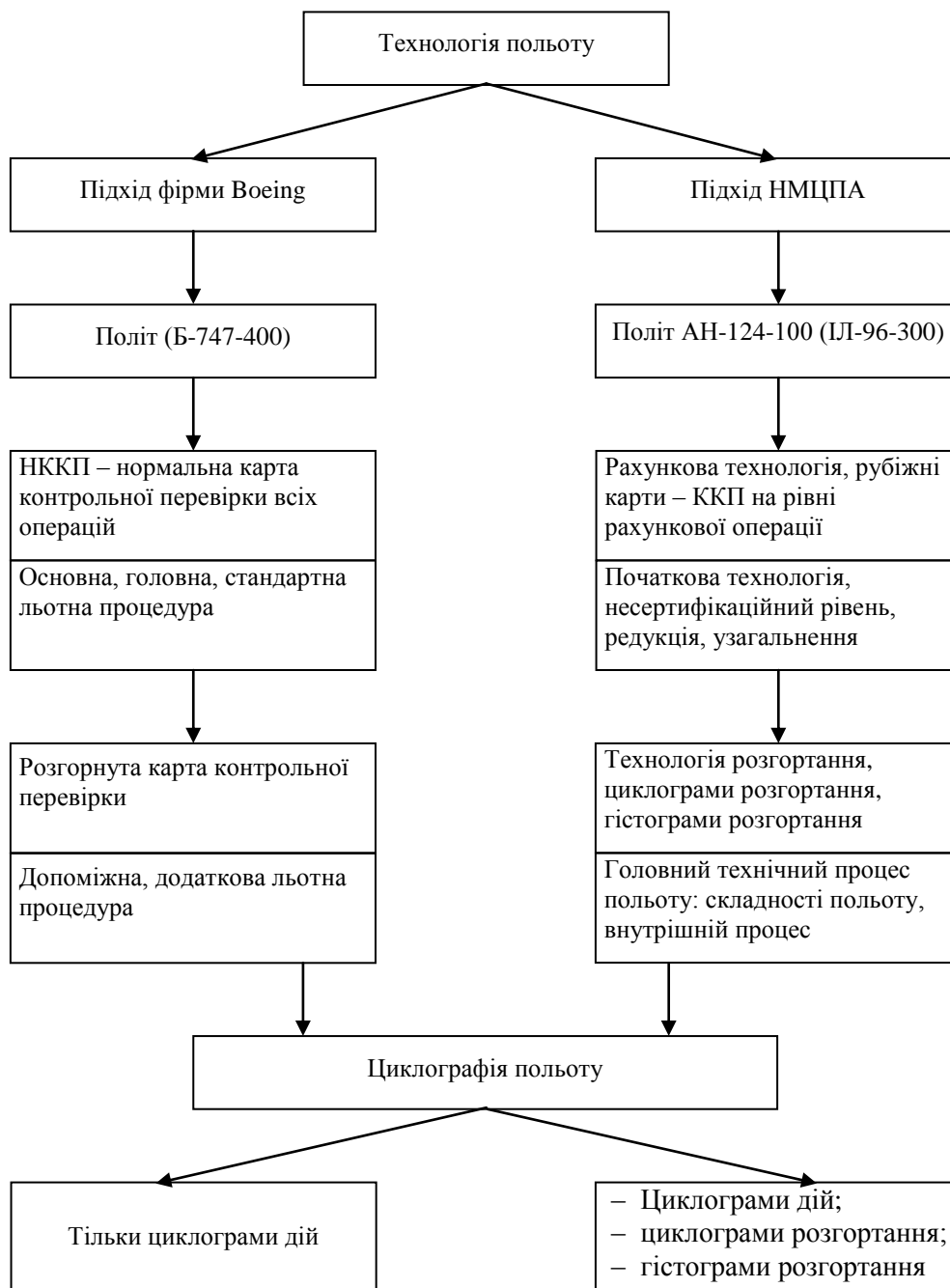


Рис. 4. Відмінності в процесі розгортання по технології НМЦПА та фірми Boeing

Слід також зауважити, що застосування в практиці, так званої, карти контрольних перевірок (ККП) не потрібно відносити до картографічної циклографії, так як вони представляють собою табличні переобліки контрольних операцій, які виконуються в певну мить. Під картографічною циклографією розуміють циклографію, яка виконується в вигляді графіків, або діаграм та спеціальних схем.

Для літаків ІЛ-ів вперше у світовій практиці у 1993 році був створений „Довідник по циклографії розгортання ІЛ-96-300”, проведений процесний аналіз і наукове обґрунтування

ППЛС для даного типу літаків. В цьому довіднику були представлені нові технологічні карти процесного аналізу для етапів процесних польотів усіх 24 систем і комплексів обладнання, так звані, циклограми розгортання. Роботи проводились згідно наукового договору НМЦПА (Науково-методологічного центру процесного аналізу) з ЦПАП (Центром підготовки авіаційного персоналу авіакомпанії „Аерофлот – Російські міжнародні авіалінії”), які названі „Наукові обґрунтування існуючих програм підготовки льотного складу ІЛ-96, їх доповнення і коректування методів процесного аналізу”.

В науковій постановці враховувалось те, що з 1990 по 1993 рр. для літаків нового покоління, до якого відносився ІЛ-96-300, головною проблемою стала боротьба з „електронними катастрофами”. В цей час в авіаційній пресі після „електронних” катастроф з аеробусами з’явилась стаття „Комп’ютер – це АС чи вбивця?”.

Експлуатаційна складність освоєння нового електронного обладнання спостерігається в авіакомпаніях всього світу. Саме тому важливо вирішити цю проблему спочатку теоретично. В процесі аналізу виявилось, що фактично пілоти не мають засобів оцінки технологічної складності автоматичного управління літаків, а новітні електронні системи ІЛ-96-300, як допоміжна система управління польотів (ДСУП), розглядається на рівні традиційних систем управління.

Створені діаграми та гістограми процесного аналізу дозволили врахувати конструкторську та експлуатаційну технологічну складність електронного обладнання для включення їх у спеціальні програми підготовки пілотів нового покоління.

На сьогодні закінчуються роботи по циклографії розгортання та процесному аналізу усіх вироблених ІЛ-ів, починаючи з ІЛ-18 і закінчуючи ІЛ-96 (ІЛ-18, ІЛ-62, ІЛ-76, ІЛ-86 і ІЛ-96).

Технологія процесного аналізу польоту застосована до літака ТУ-204 у 1991 році. Технологія метода „факторних накладок” – до ТУ-154 різних модифікацій з 1985 року.

Основна науково-практична мета – розгляд ПС ТУ-204 як літаючого автоматизованого електронного комплексу (ЛАЕК) першого покоління. Вже первинний інженерно-психологічний аналіз у 1990 році показав, що в експлуатаційній технології ТУ-204 були допущені значні помилки у порівнянні з промисловими технологіями, які відповідали вимогам НТР. Не дивлячись на високу ступінь автоматизації літака в цілому (розрахунок коефіцієнта електронізації та автоматизації для ТУ-204 показав, що він складає 0,7-0,9), основу льотної технології і досі зберігає таблична циклографія дій пілотів (екіпажу), а циклограми роботи електронних автоматів не були розроблені. Замість того – приховані парадоксальні явища: електронна автоматизована система управління потрапила у список самих надійних систем та комплексів обладнання, не дивлячись на принципи, що застосовуються в багаторазовому резервуванні. Концепція ЛАЕК не була розроблена і саме тому виникла необхідність створення багатотонного керівництва по технологіям підвищення безпеки польотів з людським фактором (Human factors) – екіпажу ТУ-204. На даний момент це керівництво застосовується в авіакомпаніях Росії та АНТК.

Технології процесного аналізу польотів (ТПАП) вперше були застосовані в 1993 році у зв’язку з катастрофою АН-124 при сертифікаційних випробуваннях (рис. 5). Технологія „факторних накладок” застосовувалась щодо АН-124 ще у 1985 році. ТПАП вперше застосовані до ПС Boeing у 1992 році в зв’язку з початком експлуатування цих літаків у країнах СНД, а також з катастрофами В-747 у 1992 році. Саме тоді у 1992 році зроблено:

- порівняльний аналіз льотних технологій фірми Boeing з літаками інших авіафірм;
- шляхи вирішення проблеми SOP – Standart operating Procedures для літаків Boeing методами процесного аналізу;
- пошук шляхів наукового обґрунтування початкового льотного експлуатування літаків Boeing в країнах СНД шляхом процесного аналізу і т.п.

Льотні екіпажі є найбільшим фактором, який викликає АП. За останні 10 років більше 60% АП з втратою літака визнані діями саме цього фактору.

У 1992 році шляхи вирішення проблем SOP на літаках Boeing опубліковані у пресі для обговорення і не зустріли суттєвих заперечень з боку авіаспеціалістів.

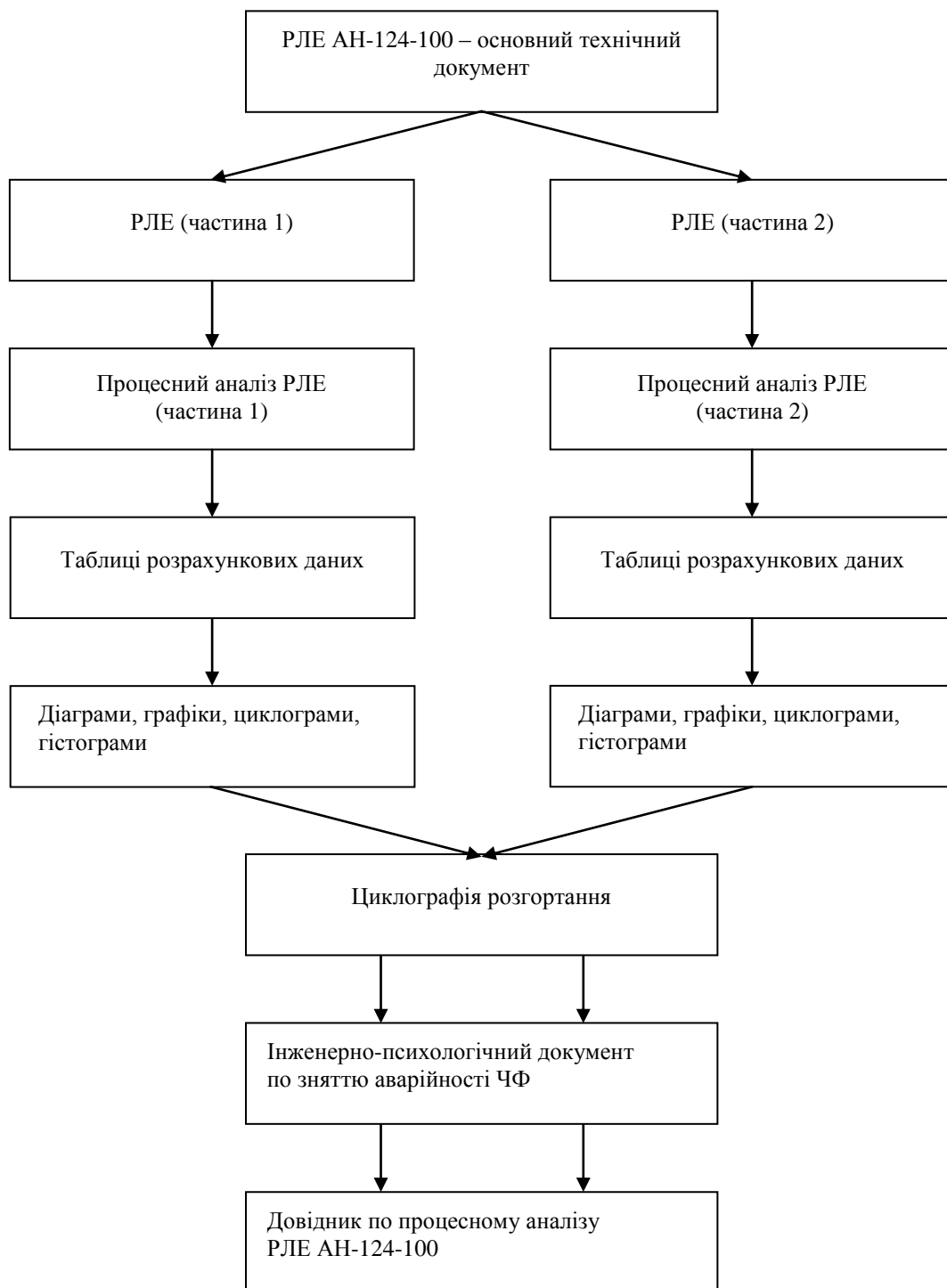


Рис. 5. Проблема процесного аналізу РЛЕ АН-124-100 при знятті аварійності по ЛФ (екіпажу) та її рішення

Застосування ТПАП до літаків фірми Boeing у 1996-2000 році дозволить більш якісно вирішити проблему людського фактору на літаках даного типу і, безперечно, зняти у найближчі роки практичну проблему SOP як центральний аспект проблеми Human factors.

У 1991 році проведено первинний інженерно-технічний процесний аналіз РЛЕ-А310 і порівняно льотну технологію А310 з льотною технологією ТУ-204. Метою цього аналізу було з'ясування якісної різниці у льотних технологіях А310 і ТУ-204 з позиції спеціалістів з людського фактору.

Основним висновком цієї роботи стало те, що з'ясувались якісні розбіжності льотної технології даного аеробусу від льотної технології вітчизняного виробника. З позиції рішення питань людського фактору, льотні технології А310 слід назвати „технологіями згортання”, а технології вітчизняних літаків – „технологіями розгортання”.

Таким чином, процесний аналіз льотних процесів А310 та ТУ-204 по РЛЕ показав, що за своєю льотною технологією в аспектах рішення проблеми людського фактора (пілот–екіпаж–льотний підрозділ) ці літаки різні. Принципи згортання та розгортання відносяться до категорій логічної дихотомії. Ці висновки були дуже важливі для організації початкової експлуатації А310 в країнах СНГ, але, нажаль, вони і досі не знайшли потрібного визнання серед керівників авіакомпаній, які мають А310, не дивлячись на технологічні складності, які вони мають. В тому числі і авіакатастрофи. Однією із центральних задач процесного аналізу при експлуатації аеробусів в країнах СНГ є організація фундаментального наукового обґрунтування етапів початкової експлуатації цих літаків в країнах СНГ з метою зняття аварійності по ЛФ.

Аналіз вказівок РЛЕ АН-124-100 методом ТПАП. Розглянемо діаграми кількості від виду операцій вказівок РЛЕ АН-124-100 (рис. 6 – 8).

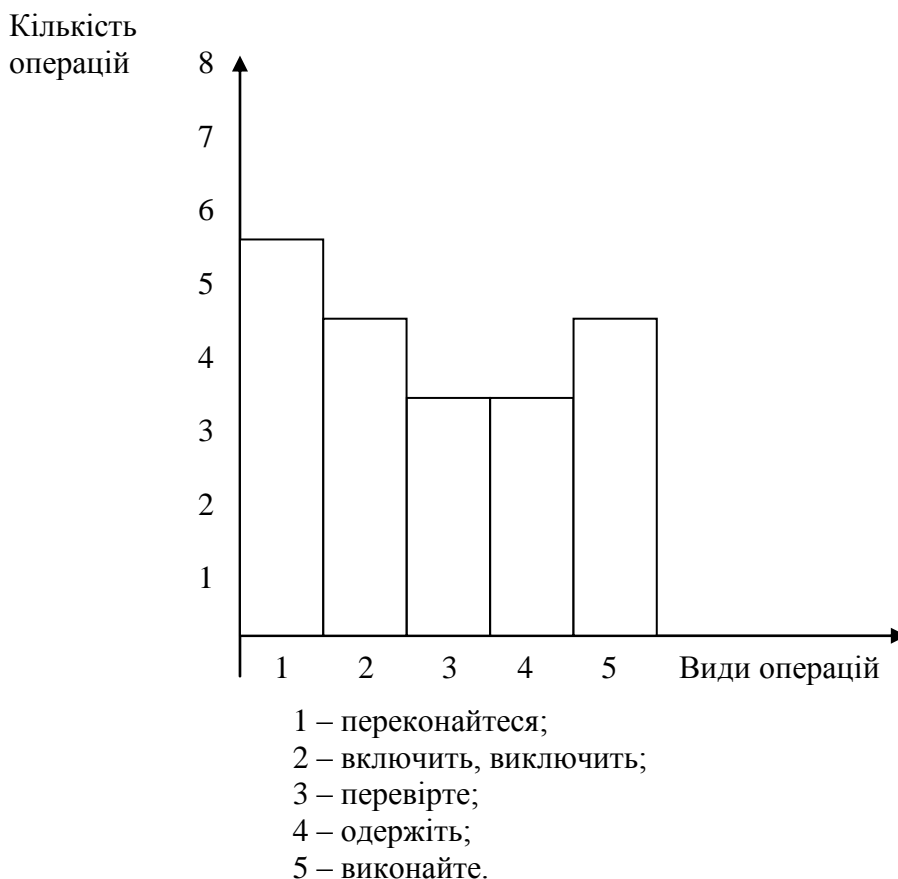
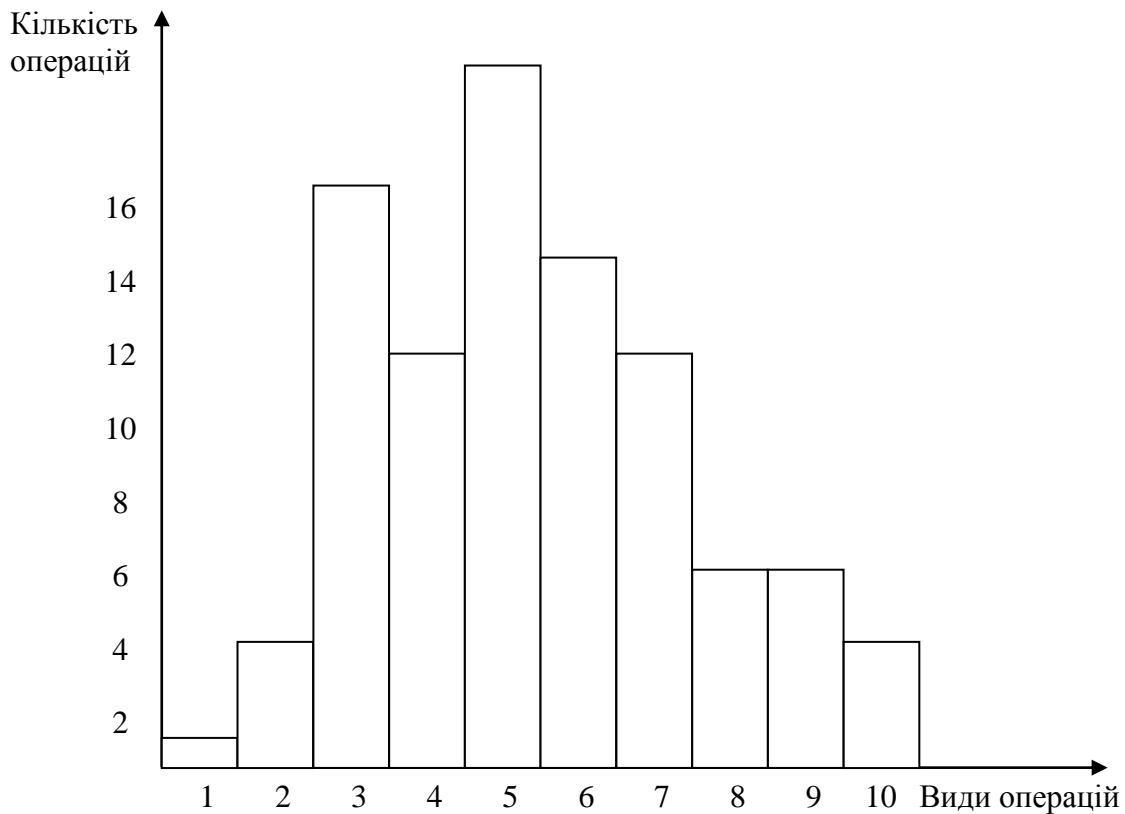
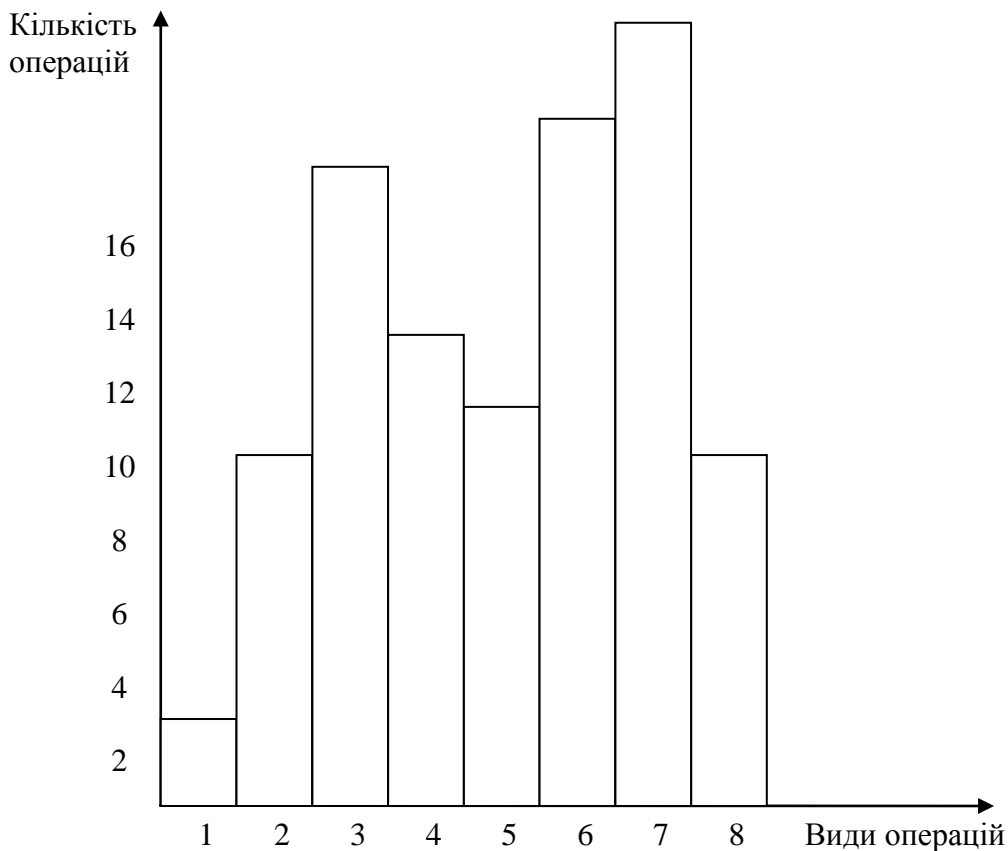


Рис. 6. Діаграма операцій рулювання (вказівки РЛЕ) АН-124-100



- 1 – переконайтеся;
- 2 – включіть, виключіть;
- 3 – перевірте, проконтролюйте;
- 4 – виконайте;
- 5 – установити;
- 6 – витримуйте;
- 7 – розрахуйте, визначте, звірте, зрівняйте, перегляньте;
- 8 – уточніть;
- 9 – переведіть, використайте;
- 10 –

Рис. 7. Діаграма операцій польоту по маршруту (вказівки РЛЕ) АН-124-100



- 1 – переконайтеся;
- 2 – включити, виключити;
- 3 – перевірте, проконтролюйте;
- 4 – виконайте;
- 5 – установіть;
- 6 – витримайте, забезпечте;
- 7 – доповісти, подайте;
- 8 – використайте, одержіть, збалансуйте, заберіть, звільніть, застосуйте.

Рис. 8. Діаграма операцій (вказівок РЛЕ) заходу на посадку АН-124-100

Як ми бачимо, в процесі рулювання найбільша кількість операцій вказівок РЛЕ випадає на „переконайтеся”, в процесі польоту по маршруті на „витримуйте”, а при заході на посадку на „доповісти” та „подайте”, а найменша на „переконайтеся”.

Розглянемо рис. 9. Як ми бачимо, найбільш технологічна складність приходить на пілотажно-навігаційне обладнання. Далі йдуть силова установка, потім – електропостачання.

З точки зору інженерно-психологічної оцінки ефективності найменшу технологічну складність мають освітлення, система управління літаком, гідравлічний комплекс, протиобледенева система, система кондиціонування.

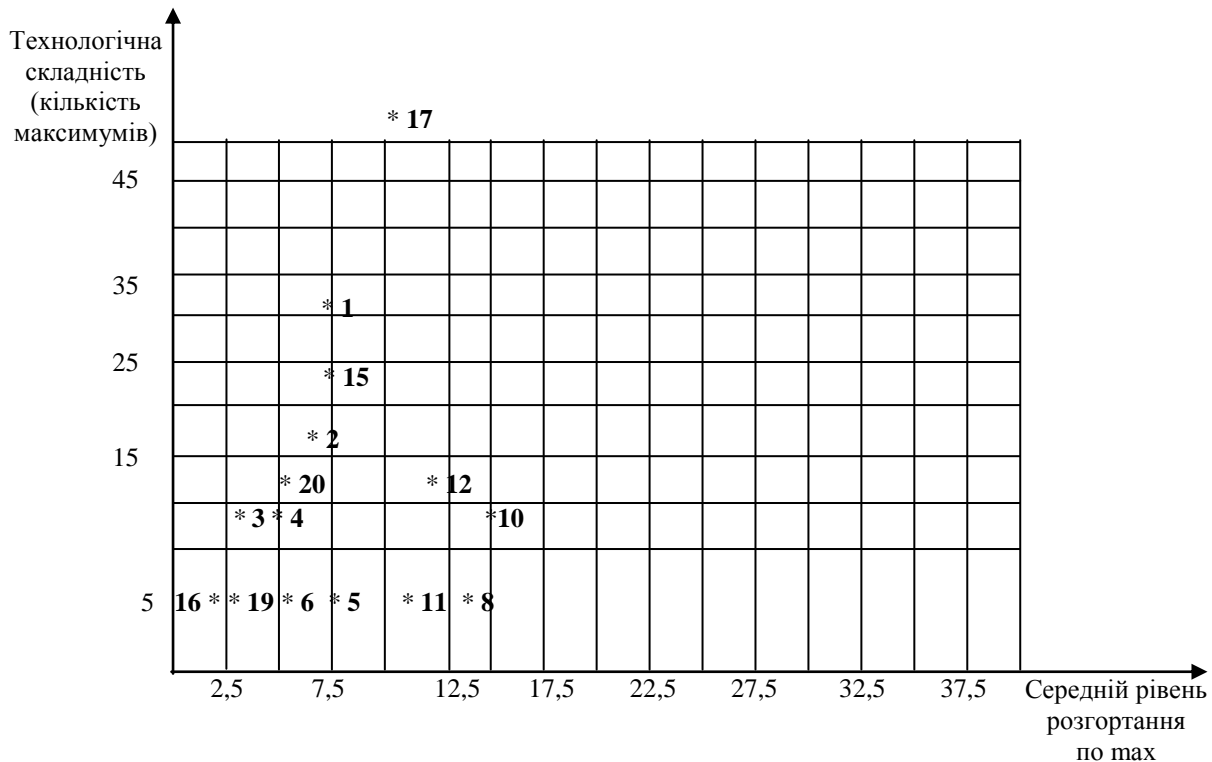


Рис. 9. Діаграма розгортання максимумів по системі літака АН-124-100 (інженерно-психологічна оцінка ефективності), де:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 – Силова установка; | 11 – ПОС; |
| 2 – Допоміжна система управління; | 12 – Двері, люки; |
| 3 – Паливна система; | 13 – Битове, аварійно-рятувальне обладнання; |
| 4 – Пожежне обладнання; | 14 – Транспортне обладнання; |
| 5 – Гідравлічний комплекс; | 15 – Електропостачання; |
| 6 – Система управління літаком; | 16 – Освітлення; |
| 7 – Шасі; | 17 – ПНО; |
| 8 – Система кондиціонування; | 18 – Радіотехнічне обладнання; |
| 9 – Пневматична система; | 19 – Комплекс зв'язку. |
| 10 – Кисневе обладнання; | |

Висновки:

1. В теперішній час розвиток і дослідження процесів експлуатації ПС нового покоління або ПС з сучасною модифікацією (наприклад, АН-124-100) затримуються через відсутність методології експлуатаційних (льотних) технологій.
2. Конструкторські організації, як правило, на стадії проектування не проводять загальної (інтегральної) оцінки технологічної складності експлуатації ПС в цілому, а обмежують свої конструкторські розробки тільки системотехнічною оцінкою ПС на рівні окремих систем (підсистем) ПС.
3. Інтегральна оцінка технологічної складності ПС, в цілому, може бути отримана тільки при використанні прогресивних льотних технологій – технологій розгортання.
4. Діаграми інтегральної оцінки технологічної складності експлуатації ПС, в цілому, створені на основі технологічного розгортання, дозволяє на ПС нового покоління запобігти потенційно можливим „електронні катастрофи”.

Список літератури

1. Хохлов Е. М. Процессная концепция безопасных полетов как формула мирового научного приоритета и методология защиты летного эксплуатанта // Проблемы безопасности полетов. – М. – 1994. – №12. – С. 3 – 12.
2. Хохлов Е. М. Процессный анализ. Т. 2. Ч. 2. Процессная концепция безопасности полетов. Свидетельство по правам автора, ПА №119, Украина, 04.05.1996.
3. Хохлов Е. М. и др. Способ определения работоспособности оператора или группы операторов воздушного транспорта. – Пат. Украины №6479А.
4. Хохлов Е. М. Анализ границ применения факторных процедур ИКАО и перспективы развития новых процедур или обеспечения безопасности труда авиаспециалистов комплексным анализом процессов // Проблемы охраны труда и окружающей среды: Сб. научных трудов. – Киев: КИИГА, 1986. – С. 72 – 76.
5. Хохлов Е. М. Законы факторных переходов при прогнозировании и предотвращению маловероятных аварийных непроектных процессов // Проблемы охраны труда: Сб. научных трудов. – Киев, КМУГА, 1993. – С. 14 – 21.
6. *Die Computer im Cockpit arbeiten perfekt... die piloten auch?* // Peter Moosleitners interessantes Magazin. – 1994. – № 9.

Ю. В. Грищенко, Н. Н. Самоткан, В. М. Химин

Интегральная оценка воздушного судна с учётом авионики приоритетными технологиями развёртывания

Рассмотрены подходы разных научных школ в области эксплуатационных лётных технологий. Предложены прогрессивные методы анализа рынка технологий та нормативной документации лётной эксплуатации.

Y. V. Grischenko., N. N. Samotkan, V. M. Himin

Air ship integral estimation with account avionic`s priority technology of the deployment

Approaches of the different scientific schools in the field of working flight technology have been considered. The some progressive methods of the analysis of technology`s market and normative documentation and flight usage have been offered.