

Автомобільний, річковий, морський та авіаційний транспорт

УДК 007.629.735

doi: 10.26906/SUNZ.2022.3.004

Алі Аль-Амморі, А. Є. Клочан, А. О. Дегтярьова, Х. А. Аль-Амморі, Н. М. Полева

Національний транспортний університет, Київ, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-ФАКТОРНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗГОРТАННЯ ПРОГНОЗУ НА ЕТАПІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІТАКІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Анотація. Метою даної статті є розробка інформаційно-факторних технологій розгортання на етапі експлуатації літаків нового покоління для зменшення помилок екіпажу під час їх управління. У статті розглядаються інформаційно-факторні технології прогнозування потенційної аварійної статистики за людським чинником для літаків, що знаходяться на початковій стадії експлуатації. Це досягається шляхом підбору літака-аналогу за коефіцієнтами розгортання із сімейства літаків, які мають багаторічну експлуатацію, а також репрезентативну та представницьку статистику аварійних пригод за людським чинником. Таке прогнозування дозволить зняти та зменшити частку людського чиннику в аварійній статистиці шляхом обґрунтування існуючих програм підготовки льотного складу з переходом до якісно нових принципів підготовки льотного складу, а також шляхом використання можливостей літаків нового покоління як літаючого автоматизованого електронного комплексу.

Ключові слова: розгортання прогнозу, інформаційно-факторні технології, аварійна статистика, літак нового покоління, програма підготовки льотного складу, технологія виконання польоту.

Вступ

Постановка проблеми. В даний час інтенсивно йдуть процеси експлуатації літаків нового покоління (ЛНП), таких як ТУ-204, ІЛ-96-300, Ан-140, Ан-148, Ан-158, Boeing-777, А-320 та інших. Дуже важливо на етапі експлуатації зробити статистичні прогнози експлуатації ЛНП, будуючи прогноз за принципом – “ЛНП – аналог”, та проводити порівняння між ЛНП та літаком – аналогом за аварійною статистикою літака – аналога та циклограмами розгортання рахункових операцій з керівництва по льотній експлуатації (КЛЕ) ЛНП.

З цією метою у роботі наведено прогноз, виконаний з використанням технологій процесного аналізу польоту (ТПАП) [1-3] літака ІЛ-96-300 в порівнянні з літаком Boeing -747-400.

Перспективні види інформаційно-факторних технологій (ІФТ) показані на рис. 1, з якого випливає, що ІФТ застосовуються в структурі експлуатації повітряного судна (ПС), центральною частиною якої відповідно до документів ІКАО є виробництво польотів. Тому розробка ІФТ під час виробництва польотів є актуальним науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [1] проводиться аналіз питання застосування процесного підходу у транспортних процесах та висвітлюється проблема вивчення виробництва польотів на ЛНП. Роботи [2, 3] спрямовані на зняття аварійності по людському чиннику (ЛЧ), внаслідок реальних та потенційних помилок екіпажу, на ЛНП, які, за даними ІКАО, на сьогоднішній день досягають 80-85%. У КЛЕ та програмах льотного навчання [4, 5, 6] показано, що складність вправ та час їх відпрацювання не мають чітко вираженої залежності. Так на деякі складні вправи дається менше часу, ніж на простіші. Тому виникла потреба

розгляду КЛЕ ЛНП для виключення та зменшення коефіцієнта аварійності щодо ЛЧ та його прогнозування для певних типів літаків.

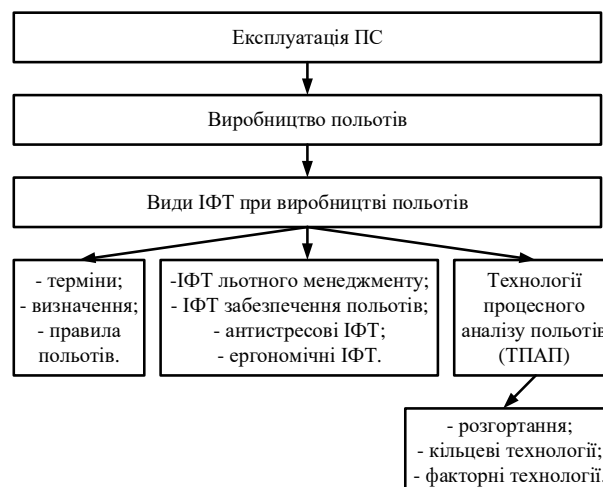


Рис. 1. Основні види ІФТ під час виробництва польотів

Основною метою даної статті є розробка інформаційно-факторних технологій розгортання на етапі експлуатації ЛНП для зменшення помилок екіпажу під час їх управління.

Виклад основного матеріалу

До ІФТ можна віднести ІФТ льотного менеджменту, ТПАП, а також антистресові технології забезпечення польотів. При аналізі процесів польоту доцільно застосувати нові аналітико-інформаційні ТПАП, а саме: технологію розгортання, кільцеві технології та факторні технології. Технології розгортання полягають в складанні нових технологічних карт процесу польоту - циклограм розгортання, а також побудові гістограм розгортання та різних діаграм розгортання.

В даний час створені та використовуються в льотній практиці довідники з циклографії розгортання літаків АН-124-100, ІЛ-76, ІЛ-96-300, ТУ-204 та для літаків компанії Boeing. Кільцеві технології застосовуються при аналізі потоків зауважень авіаційних фахівців, аналізі факторних списків, обліку концепцій причинності авіаційних подій. Факторні технології є сукупністю технологій з обліку комплексу факторів, факторних переходів, явищ факторного резонансу та інших поліфакторних процесів. Найбільш знайомою авіаційним спеціалістам з факторних технологій ТПАП є технологія обліку "факторних накладок" - метод аналізу факторних накладок (так званих ефектів факторної мультиплікації).

Циклографія розгортання є новою пріоритетною технологією процесного аналізу польотів, що призначена для зменшення аварійності по ЛЧ.

Циклографія розгортання дозволяє оцінити технологічні складності експлуатації ПС та врахувати технологічні максимуми у льотній експлуатації з метою зменшення негативних ефектів інформаційно-факторного навантаження при впливі ефекту поліфакторності та комплексу одночасно взаємодіючих факторів. Практика багаторічної експлуатації ІЛ-96-300 показала, що ІЛ-96-300 не лише не гірше, а значно краще за статистику, ніж Boeing-747-400, А320 тощо. За ці роки на ІЛ-96-300 не було жодної катастрофи чи авіаційної пригоди. Етап експлуатації літаків нового покоління потребує розрахунків за прогнозами аварійної статистики з ЛЧ. Аналіз процесів розгортання рахункових операцій та розрахунок лише на рівні розгортання дозволяють зробити це.

Ідея статистичного прогнозу аналізу процесів розгортання полягає в тому, що є досить чітко виражена аналогія між процесами розгортання за етапами польотів та часткою аварійної статистики за ЛЧ по етапам польотів. Аварійна статистика повторює характер процесів розгортання в тому, що найбільш розгорнуті етапи, наприклад, зліт, захід на посадку та посадка мають підвищену аварійність за ЛЧ. Тому, якщо знайти аналог нового літака за коефіцієнтами розгортання (КР) за етапами польоту серед сімейства літаків, які експлуатуються вже багато років і мають досить представницьку статистику щодо авіаційних пригод, то можна дати прогноз і за аварійною статистикою нового літака вже на початковій стадії його експлуатації та своєчасно приймати заходи щодо зменшення аварійності за ЛЧ.

Коефіцієнт розгортання можна представити такою залежністю: $k_p = k_{СМО}/k_{ЛО}$, де k_p – коефіцієнт розгортання, $k_{СМО}$ – кількість сенсомоторних операцій (СМО), $k_{ЛО}$ – кількість лічильних операцій (ЛО). Аналіз процесів розгортання різних типів літаків показав, що для літака ІЛ-96 аналогом по операціях розгортання можна вважати Boeing -747 [4, 5].

На рис. 2, який складений за статистикою фірми "Boeing", шляхом процесного аналізу КЛЕ Boeing 747-400 показані тенденції зміни частки льотних пригод по етапах польоту та розподіл коефіцієнтів розгортання по цих же етапах.

На рис. 3 показано розподіл коефіцієнтів розгортання по етапах польоту літака Boeing -747.

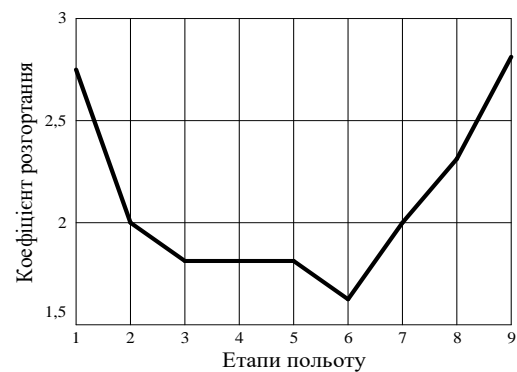


Рис. 2. Розподіл частки авіапригод за даними фірми "Boeing"

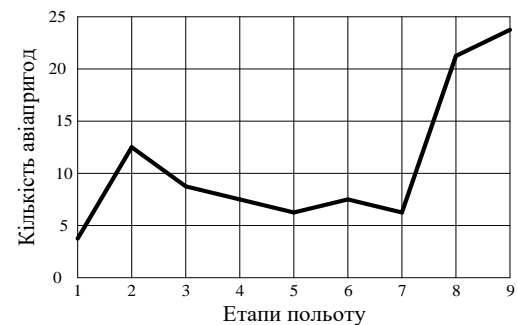


Рис. 3. Розподіл коефіцієнтів розгортання на етапах польоту для літака Boeing -747. 1 - посадка пасажирів, рулювання; 2 – зліт; 3,4 – набір висоти; 5 – крейсерський політ (маршрут); 6 – зниження; 7- етап початкової підготовки; 8-кінцевий етап заходу; 9 – посадка

Порівняння рис. 2 і 3 наочно показує, що природа процесу розгортання рахункових операцій та процесу зміни частки аварійності подій однорідна, а кількісні зрушення у цих процесах фактично збігаються: найбільші коефіцієнти розгортання відповідають ділянкам польоту з максимальним ступенем аварійності. Це, звісно, закономірний результат. Якщо взяти до відома, що коефіцієнти розгортання пропорційні ступеню технологічної складності польоту, то стає зрозумілим, чому кількісні та якісні зміни в цих процесах - у процесі розгортання за етапами та зміни частки аварійності по етапах тотожні.

На рис. 4 наведено дані з гістограмного аналізу циклограм розгортання ІЛ-96 та Boeing -747, які показують однорідність процесів розгортання рахункових (нормальних) операцій та процедур для цих літаків. У табл. 1-3 наведено статистику фірми "Boeing" по льотним обставинам, а в таблицях 4 і 5 - розрахунки коефіцієнтів розгортання для літаків ІЛ-96 і Boeing -747. Тому в процесі експлуатації ІЛ-96-300, що має статистику по ЛЧ (екіпажу) фірми "Boeing" для літака ІЛ-96, можна було прийняти як однорідну статистику (статистику - аналог з причин льотних пригод) при прогнозі можливої аварійності. Аналіз даних показує, що помилки, відхилення тощо. розглядаються без аналізу технологічних процесів розгортання та їх складності, що ускладнює запобігання авіапригод. Використовуючи принцип аналогії та закону логічного висновку за аналогією, у 1994 році було зроблено прогноз щодо ходу початкової експлуатації ІЛ-96 та його можливої аварійної статистики з ЛЧ.

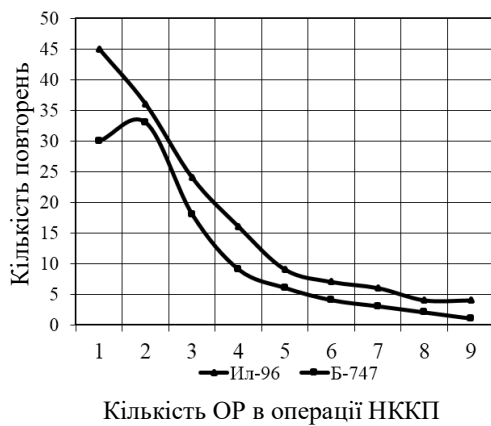


Рис. 4. Результати гістограмного аналізу циклограм розгортання та порівняльного аналізу Boeing -747-400 та ИЛ-96-300 за технологіями процесного аналізу польоту (ОР – операції розгортання, НККП – нормальні контрольні карти перевірки)

Безумовно, метод аналогій у сфері статистики не видовим способом, а родовим, тобто. дуже важлива при цьому якісна аналогія, а кількісна аналогія є як доповненням до якісного прогнозу. Тому слід звернути особливу увагу на той факт, що порушення стандартних льотних процедур на літаках "Boeing" становить не менше 33, а при проведенні рекласифікації статистики фірми "Boeing" - всі 68. При цьому потрібно враховувати головне – це відбувається не з вини льотного складу, а через складність процесу польоту та невизначеність процесів розгортання етапів польоту в нормальних умовах. Вся справа у складності польоту та його стандартних процедурах. Звідси й головна вимога до програми підготовки льотного складу (ППЛС) [6] для вирішення проблеми ЛЧ (екіпажу) з аварійних пригод – протидія типу та максимуму процесів розгортання.

Результати порівняльного аналізу показують відносну однорідність процесів розгортання рахункових операцій ИЛ-96 (операцій нормальних (нормальних контрольних карток перевірки - НККП Boeing -747)) етапів польоту.

Таблиця 1 – Причини АП з вини льотного складу

№	Чинні причини льотних пригод	Кількість
1	Відхилення членами екіпажу від стандартних процедур	33
2	Погана взаємодія та невиконання членами екіпажу контрольних операцій	26
3	Неправильність дії членів екіпажу щодо усунення відхилень у роботі систем, що виникли	9
4	Пілот не усвідомив необхідності догляду на 2 коло	6
5	Недостатність техніки пілотування	4
6	Нездатність пілота впоратися з ситуаціями, що виникли	4
7	Неправильне виконання процедур догляду на 2 коло	3
8	Помилки пілота під час тренувальних польотів	3
9	Пізнні дії пілота на сигнали СБЗП (система попередження зближення землі)	3
10	Помилки пілота при частковій втраті видимості ЗПС нижче висоти прийняття рішення	3
11	Неправильне використання наявних засобів заходу на посадку	4
12	Недостатній досвід пілотів в експлуатації даного типу літака	2

Таблиця 2 – Причини льотних пригод на літаках фірми Boeing за останні 10 (25) років

№	Причина льотної події	Останні 10 років, %	Останні 25 років, %
1	з вини льотного складу	70.8	73.3
2	з вини авіатехніки	12.3	11.6
3	з вини техн. обслугов.	2.3	1.6
4	за погодними умовами	6.2	5.5
5	з вини служби руху	5.4	14.2
6	з інших причин	3.1	3.2

Таблиця 3 – Літні обставини та його розподіл за етапами польоту

№	Етапи польоту	%
1	Керування	3.1
2	Зліт	11.5
3	Початковий набір висоти	9.6
4	Наступний набір висоти	6.3
5	Політ за маршрутом	5.5
6	Зниження	7.9
7	Етап початкового заходу	7.2
8	Фінальний етап заходу	24.4
9	Посадка	24.5

Таблиця 4 – Розрахунок коефіцієнтів розгортання рахункових операцій за рівнем сенсомоторики для суб'єктів циклограми ИЛ-96

	Кількість рахункових операцій	Кількість сенсомоторних операцій	Коефіцієнти розгортання
КС	30	45	1.5
2/П	21	31	1.49
ПП	69	141	2.18
НП	16	52	3.29
КС,2/П	6	21	3.5
Б/І	66	172	2.6
Е	14	37	2.7

2/П – другий пілот; КС – командир літака; БІ – бортінженер; Е – екіпаж; ПП – пілотуючий пілот; НП – непілотуючий пілот

Таблиця 5 – Розрахунок коефіцієнтів розгортання рахункових операцій за рівнем сенсомоторики для різних етапів виконання польоту

Назва операцій	Кількість ЛО ИЛ-96-300	Кількість СМО ИЛ-96-300	КР ИЛ-96-300	КР Boeing -747-400
Керування	31	62	2	2.7
Зліт	60	116	1.9	1.9
Набір висоти	19	37	1.9	1.9
Крейсерський політ	21	40	1.9	1.9
Зниження	19	35	1.8	1.7
Захід на посадку	25	99	3.9	2.3
Посадка	21	39	1.9	2.0
Після посадки	25	52	2.1	2.8
			Середнє	
			2.1	2.2

Кордони процесів розгортання по етапах польоту ИЛ-96 та Boeing-747 за кількістю розгортань в операції приблизно однакові (близько 7).

Межі нерозгортання та розгортання ИЛ-96 та Boeing-747 приблизно однакові (на рівні 0.5).

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Інформаційно-факторні технології це такі інформаційні технології, у структурі яких можна врахувати факторні явища та процеси.

2. Інформаційно-факторні технології може бути теоретичною основою до створення нових ІФ технологій. Заснована формула ІФА враховує будь-яку кількість експлуатаційних факторів.

3. За процесами розгортання рахункових операцій можна робити прогнози про потенційну аварійну статистику за людським фактором (екіпажем) літаків, що знаходяться на початковій стадії експлуатації, якщо підібрати літак-аналог за коефіцієнтами розгортання з сімейства тих літаків, які мають багаторічну експлуатацію і вже досить репрезентативну та представницьку статистику аварійних пригод за людським фактором.

4. Для зняття та зменшення частки людського фактору (екіпажу) в аварійній статистиці доцільно використати два основні шляхи: - здійснити багаторівневе обґрунтування існуючих одноетапних та однорівневих ППЛС із переходом до якісно нових принципів підготовки льотного складу на ІЛ-96 як літака нового покоління. - Використовувати реальні можливості СНП як літаючого автоматизованого електронного комплексу.

5. Необхідно враховувати, що поки що у технологію виконання польоту СНП як ТУ-204, ІЛ-96-300, АН-140, АН-148 конструктори та проектувальники неповністю вклали всі технічні можливості нових електронних систем літака (КІРС, ВСУП, ВСУТ тощо) .д.), та технології виконання польоту на СНП по РЛЕ перших редакцій якісно не відрізняється від технології виконання польоту на літаках

старого покоління, і містить невизначеності (невизначеність режимів етапів польоту, рахунково невизначені етапи польоту, невизначеність циклограмних функцій ПП-НП тощо).

6. Методи прогнозу аварійної ситуації щодо ЛФ (екіпажу) через коефіцієнти розгортання дозволяють враховувати результати прогнозу не лише на початковій стадії експлуатації СНП, але в умовах широкого впровадження у практику експлуатації ПС.

7. Під порушеннями стандартних льотних процедур (термінологія ІКАО або фірми "Боїнг") або порушеннями у виконанні рахункових операцій етапів польоту слід розуміти такі негативні кількісні або якісні зміни у технологічній послідовності операцій етапів польоту або у змісті самих операцій, що призводять до льотних (авіаційних)) подій через граничну складність процесів розгортання рахункових операцій (процедур) етапів польоту, але не через винність льотного складу. Отже, такі порушення повинні зніматися шляхом спеціальних заходів щодо розгортання у льотного складу належного рівня протидії будь-яким факторним накладкам та обліку "флуктуаційного" (випадкового, стохастичного тощо) характеру процесів розгортання рахункових операцій нормального польоту.

8. Аналіз процесів розгортання рахункових операцій етапів польоту на СНП, наочне уявлення процесів розгортання операцій нормального польоту СНП спеціальними циклограмами, складний вид таких циклограм розгортання переконливо доводить той факт, що виконання нормального польоту та його етапів на СНП є гранично складною процедурою прийняття рішень для членів екіпажу, тому що сам процес польоту ІЛ-96-300 в нормальних умовах експлуатації гранично складний через складність внутрішніх процесів розгортання рахункових операцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хохлов Е.М., Али Аль-Аммори. Авторский процессный подход (авторский взгляд на первое десятилетие внедрения процессного подхода в глобальном масштабе 1995-2005 г.г. К.: Издательский дом «Компьютерпресс», 2010. 176 с.
2. Скрипец А.В., Али Аль-Аммори, Хохлов Е.М. Процессная концепция анализа ошибок летных экипажей по СУ самолетов нового поколения на начальном этапе эксплуатации. *Авиошляховик України*. 2007. № 10. С. 112-116.
3. Аль-Аммори Али. Процессный подход до забезпечення ефективності інформаційно-керуючих систем повітряних суден. *Вісник НАУ*. 2008. № 10. С. 97-99.
4. ИЛ-96-300. Руководство по летной эксплуатации в 3-х книгах. М.: АК им. С.В. Ильюшина, 1992, 878 с.
5. Boeing -747-400. *Airplane flight manual: part 1 and 2*.
6. Программы летного обучения на самолетах ТУ-154, ТУ-134, ИЛ-86, ЯК-42, АН-24.

Received (Надійшла) 24.02.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 29.05.2022

Information-factor technologies for deployment the prediction at the stage of operation of new aircraft generation

Ali Al-Ammory, Arsen Klochan, Anastasia Degtyareva, Hasan Al-Ammory, Natalia Poleva

Abstract. The purpose of this article is the development of information-factor deployment technologies at the operation-stage of new-generation aircraft to reduce crew errors during their control. The article considers information-factor technologies for predicting potential emergency statistics caused by human factor for aircraft in the initial stage of operation. This is achieved by selecting an analog aircraft based on deployment coefficients from a family of aircraft that have many years of operation, as well as representative and respectable statistics of accidents caused by human factor. Such forecasting will allow to remove and reduce the part of human factor in emergency statistics by justifying existing training programs for flight crews with the transition to qualitatively new principles of flight crew training and also by using the capabilities of next-generation aircraft as a flying automated electronic complex.

Keywords: deployment the prediction, information-factor technologies, emergency statistics, a new-generation aircraft, flight crew training program, flight technology.