

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ДЕРЖАВНОГО НЕКОМЕРЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»
Циклова комісія комп'ютерних систем та мереж
(повна назва циклової комісії)

Допустити до захисту

Голова випускової циклової комісії
комп'ютерних систем та мереж

(повна назва циклової комісії)


(підпис) Ірина КРАВЧУК
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« 10 » 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОГО СТУПЕНЯ
ФАХОВИЙ МОЛОДШИЙ БАКАЛАВР

Тема: «Програмування пристрою контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту»

Група: 3-012 Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Здобувач освіти 
(підпис) Артему ДРАГУНОВУ
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи 
(підпис) Володимир САРНИЦЬКИЙ
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Консультант з оформлення
пояснювальної записки 
(підпис) Оксана ОСАДЧА
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Кривий Ріг 2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ДЕРЖАВНОГО НЕКОМЕРЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

Відділення комп'ютерної та програмної інженерії
Циклова комісія комп'ютерних систем та мереж
Освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова випускової циклової комісії
комп'ютерних систем та мереж

(повна назва циклової комісії)


(підпис)

Ірина КРАВЧУК
(ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ

Драгунову Артему Антоновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Програмування пристрою контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту»

Керівник роботи Сарніцький Володимир Вікторович, викладач вищої категорії
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по коледжу від « 04 » 04 2025 року № 50-ст

2. Строк подання здобувачем освіти роботи з _____ по _____

3. Вихідні дані до роботи програма роботи мікропроцесорного пристрою

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Актуальність заявленої теми, приклади її технічного рішення, та розробка принципів власного рішення даної проблеми. А саме: продемонструвати та

описати загальний принцип, або ідею рішення вказаної технічної проблеми,

розробити структурну та функціональну схему системи та програму роботи

мікропроцесорного пристрою

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація Microsoft PowerPoint

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Узгодження технічного завдання	16.03.2025	Виконано
2	Огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи	18.03.2025	Виконано
3	Проблема безпеки польотів літаків цивільної авіації	20.03.2025	Виконано
4	Приклади сучасних технічних рішень з підвищення безпеки польотів	26.03.2025	Виконано
5	Розробка системи контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту	13.05.2025	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2025	Виконано
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи	02.06.2025-06.06.2025	Виконано
8	Захист кваліфікаційної роботи		

Здобувач освіти


(підпис)

Артем ДРАГУНОВ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир САРНИЦЬКИЙ

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)



Звіт подібності

метадані

Назва організації
Ukrainian national aviation university
Заголовок
Диплом Драгунова
Автор: Науковий керівник / Експерт
ДрагуноваСарніцький В.В
підрозділ
Криворізький Фаховий коледж

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

7590






Кількість слів

60410

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		1
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		26

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз		Колір тексту
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	КПІ_2024_123_Кравчук 7/11/2024 Ukrainian national aviation university (Ukrainian national aviation university)	114 1.50 %
2	Диплом Дмитра Процика 6/2/2025 Ukrainian national aviation university (Криворізький Фаховий коледж)	68 0.90 %

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Програмування системи контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту» викладена на 56 сторінках, містить: 26 рисунків, 1 таблицю, 16 використаних джерел, 1 додаток. БЕЗПЕКА ПОЛЬОТІВ, ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР, ЦИФРОВИЙ ДВІЙНИК, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Мета роботи: використати для побудови системи контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту сучасні технологічні інновації.

Актуальність роботи: програмування системи контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту є актуальною інженерною задачею, яка дозволяє підвищити безпеку польотів літаків цивільної авіації.

Об'єкт дослідження: Літаки цивільної авіації на етапі зльоту. **Предмет дослідження:** розробка системи контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту.

В результаті роботи над кваліфікаційною роботою виконано програмування системи контролю динаміки розгону літака на етапі зльоту. Розроблено діючу імітаційну модель, що імітує процеси які відбуваються при зльоті літака і яка дозволяє контролювати цей процес.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
--------------------------------	---

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ФАКТОР БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ У КОМЕРЦІЙНІЙ АВІАЦІЇ	9
1.1. Фактор безпеки польотів у комерційній авіації	9
1.2. Людський фактор в системі безпеки польотів	13
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЕТАПУ ЗЛЬОТУ ЛІТАКА ТА ПОЗВ'ЯЗАНІ З НИМ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ	17
2.1. Характеристика етапу зльоту літака	17
2.2. Випадки авіаційних пригод та катастроф цивільних літаків на етапі їх зльоту	21
РОЗДІЛ 3 ЦИФРОВІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНІЙ КОМЕРЦІЙНІЙ АВІАЦІЇ	28
3.1. Сучасні цифрові та інформаційні технології в сучасній комерційній авіації	28
3.2. Цифрове майбутнє авіації	31
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ ЗЛЬОТУ ЛІТАКІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ	38
4.1. Загальна ідея контролю процесу контролю динаміки зльоту літаків цивільної авіації	38
4.2. Технічна система контролю динаміки зльоту літака та її програмування	40
4.3. Вартість імітаційної моделі реальної технічної системи	50
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52
ДОДАТОК А	54

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ШПР – швидкість прийняття рішення

ЦП – цифровий пристрій

ІМ – імітаційна модель

ГПБП – глобальний план забезпечення безпеки польотів

ЦТ – цифрові технології
ІТ – інформаційні технології
ЗПС – злітно-посадкова смуга

7

ВСТУП

Виконання польотів є основним видом діяльності комерційної цивільної авіації, а безпека польотів є основним її пріоритетом. Безпека польотів є як кажуть, альфою і омегою своєї її діяльності. Найголовнішим фактором у цій системі називають так званий людський фактор. Мається на увазі, що саме помилки людини стоять на першому місці у походженні більшості авіаційних інцидентів та катастроф. І у значному відсотку таких випадків людина допускає помилки не тільки з причини неувважності, некомпетентності, або непрофесійності, а з причини того, що деякі технологічні процеси за своїми динамічними характеристиками виводять людину за рамки її фізичних можливостей. Саме у цих випадках на допомогу людині оператору мають прийти сучасні технології і саме таку проблему я розглядаю у даній роботі та пропоную своє рішення даної проблеми.

Відносно авіаційної тематики я досліджую такий особливо відповідальний та напружений етап польоту літака як зліт. Саме зі зльоту починається політ літака. І мабуть, саме у цьому явищі заключається найбільша магія польоту, бо з простого руху по землі машини, що створена людиною починається її політ. Проте цей перехід від простого швидкого руху до польоту є одним з найвідповідальніших та найбільш небезпечних процесів. Адже для того щоб літак полетів, мають бути скурпульозно виконаними цілий ряд фізичних умов та процесів причому у строго заданих їх величинах та у строгому їх часовому протіканні. Зліт літака є дуже строгим тестом на те полетить він чи не полетить і саме головне, чи полетить безпечно. Тобто чи все людина зробила правильно, чи все виконала, чи правильно розрахувала, чи правильно виконує технологічні процедури у протікаючому реальному часі. Особливу небезпеку представляє зліт тим, що на цьому етапі літак має максимальне завантаження паливом, тобто саме на цьому етапі він є найбільш важким і вогнебезпечним. Крім цього, на етапі зльоту його двигуни літака працюють у максимально тяжкому та напруженому режимі, що значно збільшує

На інших етапах польоту літака відмова двигунів не є такою катастрофічною подією, адже на цих етапах літак по перше, уже використав частину палива і є значно легшим, по друге він має запас висоти для продовження польоту та маневрування і по третє, екіпаж має запас часу для аналізу ситуації і прийняття оптимальних рішень. На етапі зльоту немає ні першого, ні другого, ні третього і тому на цьому етапі все має бути виконаним як кажуть як по нотах. І звісно яким би не була людина суперменом, чи як би вона не була підготовленою, існує межа її візичних можливостей і в цих ситуаціях, а зліт як було показано відноситься саме до таких ситуацій, на допомогу людині мають прийти сучасні технології. Саме такий підхід я намагаюся реалізувати у своїй роботі.

Метою даної роботи є огляд проблеми людського фактору у керуванні літаком на етапі його зльоту та зниження ризику негативної дії цього фактору за рахунок використання сучасних цифрових та інформаційних технологій. Предметом роботи є розробка технічної системи контролю динаміки розгону літака на етапі його зльоту та інформаційної допомоги екіпажу у правильному аналізі розвитку динамічних ситуацій та прийняття правильних рішень.

РОЗДІЛ 1

ФАКТОР БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ У КОМЕРЦІЙНІЙ

АВІАЦІЇ 1.1 Фактор безпеки польотів у комерційній авіації

У процесі розвитку цивільної авіації питання безпеки польотів завжди мав пріоритетний характер. Зі зростанням швидкостей, висоти та дальності польотів, введення в експлуатацію повітряних суден з великою кількістю пасажирів на борту, оснащення повітряних суден складними технічними системами ще більше ускладнили процес повітряних перевезень та інших видів авіаційних робіт.

Незважаючи на значні досягнення у цій області фактор безпеки польотів та людський фактор не втрачають своєї актуальності. Не пройшло і десяти днів з дня інаугурації президента Трампа як Сполучені Штати Америки потрясла жахлива

авіакатастрофа у самому центрі американської столиці місті Вашингтон (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Жахлива авіакатастрофа у центрі Вашингтону

Безпека польотів - це стан авіаційної системи або організації, при якому ризики, пов'язані з авіаційною діяльністю, що стосується експлуатації повітряних суден або безпосередньо забезпечує таку експлуатацію, знижені до прийняттого

10

рівня і контролюються. Безпека польотів визначається здатністю авіаційно транспортної системи здійснювати повітряні перевезення без загрози життю і здоров'я людей.

Це поняття не слід плутати з авіаційною безпекою. Залежно від контексту поняття безпеки польотів може мати різні інтерпретації. Наприклад: - відсутність авіаційних подій;

- відсутність або прийнятні рівні ризиків, тобто ймовірність негативних наслідків тих факторів, які можуть призвести до шкоди;
- ставлення працівників до небезпечних дій та умов, тобто корпоративна культура безпеки з супутніми процесами виявлення джерел небезпеки та управління ризиками з метою попередження авіаційних подій (людських жертв, шкоди майну та навколишньому середовищу).

Жоден вид людської діяльності та жодна штучна система не вільні від ризиків.

Безпека - відносне поняття, що передбачає наявність ризиків і в "безпечній" системі за їх прийняттого рівня. Відповідно, безпека розглядається як результат управління факторами ризику - стан, при якому ризики заподіяння шкоди особам або майну знижено до прийняттого рівня і підтримуються на цьому або нижчому рівні шляхом систематичного виявлення джерел небезпеки та контролю факторів ризику.

Безпека польотів є основним пріоритетом в авіації. Глобальний план забезпечення безпеки польотів (ГПБП) є глобальною стратегією дій, спрямованих на безперервне вдосконалення забезпечення безпеки польотів. Мета ГПБП полягає у неухильному зменшенні кількості загиблих в авіаційних пригодах та ризику загибелі людей шляхом надання керівних принципів розробки узгодженої стратегії у сфері безпеки польотів. Безпечна, здатність до швидкого відновлення і стійка авіаційна система сприяє економічного розвитку держав та галузей промисловості.

ГПБП сприяє ефективному впровадженню державної програми забезпечення безпеки польотів, включаючи реалізацію державного контролю за забезпеченням безпеки польотів, застосування заснованого на оцінці ризику

11

підходу до управління безпекою польотів, а також координованого підходу до співпраці між державами, регіонами (тобто групами держав та/або організацій певного географічного району, працюючими спільно над зміцненням безпеки польотів) та галуззю. в рамках якого розробляються та реалізуються регіональні та національні плани забезпечення безпеки польотів (РПБП та НПБП).

Міжнародна організація цивільної авіації (*ІКАО*) визнає той факт, що її стратегія в галузі безпеки польотів має розвиватися та забезпечувати свою стійку ефективність та дієвість у змінних регулятивних, економічних та технічних умовах. У ДПШП видання 2023–2025 рр. як і раніше, містяться деякі ключові елементи з попереднього видання, такі як шість цілей і п'ять глобальні категорії подій підвищеного ризику (G-HRC). Основні зміни у плані включають нові та переглянуті завдання, а також доповнення, що ґрунтуються на зворотному зв'язку, отриманому, головним чином, під час Конференції високого рівня COVID-19 (HLCC 2021). У цьому виданні також розглядається вплив збоїв у діяльності

міжнародної авіації на безпеку польотів та необхідність забезпечення стійкості (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Цивільна авіація під час ковіду

12

Концептуальне бачення ДПШП полягає в тому, щоб до 2030 року досягти бажаної мети в області безпеки польотів за відведенням до нуля кількості загиблих в авіаційних пригодах і надалі підтримувати такий рівень безпеки польотів, що відповідає Порядку денному у сфері стійкого розвитку на період до 2030 року Організації Об'єднаних Націй. Завдання цього плану полягає у постійному підвищенні рівня ефективності та здатності до швидкого відновлення безпеки польотів у міжнародному масштабі шляхом надання системи, у межах якої здійснюється співробітництво держав, регіонів та галузі

Для зниження ризику загибелі людей державам, регіонам та галузі необхідно звернути увагу на *G-HRC*. Визначення типів подій ґрунтується на фактичних показниках числа загиблих у результаті раніше авіаційних подій, що мали місце, високого ступеня ризику загибелі людей на кожну подію або числі подій та інцидентів. Для цього видання ДПБП визначено у довільному порядку наступні *G-HRC*:

- зіткнення справного повітряного судна із землею, втрата управління у

польоті,

- зіткнення у повітрі, виїзд за межі ЗПС та несанкціонований виїзд на ЗПС. Кожен регіон та кожна держава повинні використовувати ГПБП для розробки відповідно РПБП та НПБП, що передбачає та участь галузі. РПБП або НПБП вказує стратегічний напрямок управління безпекою польотів на регіональному чи національному рівні на встановлений період часу, що має розроблятися відповідно до цілей, завдань та G-HRC, наведених у глобальному плані безпеки польотів.

Для досягнення цілей та виконання завдань, поставлених у ГПБП, уповноважені органи держав мають виділяти достатню кількість ресурсів та кваліфікованого технічного персоналу на розробку та реалізацію НПБП держави. Глобальна дорожня карта забезпечення безпеки польотів є планом дій, спрямованих на допомогу авіаційній спільноті у досягненні цілей ДПБП. Дорожня карта, що раніше включалася в ГПБП, була доопрацьована і тепер входить до "Глобальної дорожньої карти забезпечення безпеки польотів.

13

1.2 Людський фактор в системі безпеки польотів

В даний час існує два принципові підходи до безпеки: нормативне забезпечення безпеки польотів та запобігання авіаційним подіям. Діяльність авіації будується на основі законів та нормативних положень, більшість з яких спрямовані на підтримку або підвищення безпеки польотів. Сказане має особливе відношення до регулярному повітряному транспорту, на якому досягнуто рівні безпеки польотів, що рівні наземному громадському транспорту. Такий підхід до безпеки, що часто називається нормативним забезпеченням безпеки польотів, є невід'ємним елементом діяльності авіації. Але аналіз статистичних даних цього напрямку показує, нормативні методи нині майже вичерпали себе і що потрібні нові підходи до забезпечення безпеки польотів. З практичної сталості частки людського фактора у структурі причин авіаційних подій та високого рівня аварійності по ньому зі всією очевидністю слідує, що безпека польотів може і повинна бути підвищено за рахунок вирішення проблем, пов'язаних із людським фактором.

Останніми роками спостерігається постійне ускладнення авіаційної техніки,

внаслідок якого різко зростає кількість елементів управління та контролю. Внаслідок такого ускладнення скорочується час, необхідний для виходу з екстремальної ситуації. Крім того, деякими авторами відзначається виникнення психофізіологічного бар'єру, наявність якого особливо позначається при ускладненні умов польоту, коли внаслідок недостатньої психофізіологічної та психологічної підготовленості пілот не може забезпечити якісне виконання професійних функцій (рисунок 1.3).

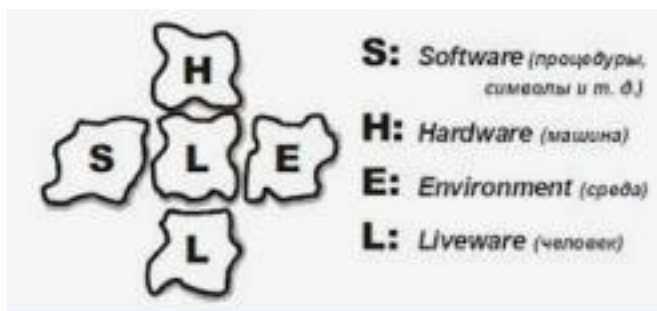


Рисунок 1.3 – Загальний аналіз людського фактору

Безперервні кількісні зміни, що відбуваються в авіації, призвели до порівняно швидкої якісної зміни проблеми безпеки польотів, трансформації її з технічної в соціальну, психологічну, психофізіологічну тощо. п., які в узагальненому вигляді сприймаються як проблема людського фактора в авіації.

Проблема людського фактора в авіації, таким чином, виникла внаслідок невідповідності можливостей людини-оператора вимогам до неї в системі управління сучасною авіаційною технікою.

У разі розвитку постіндустріального суспільства, становлення економіки знань, коли основним ресурсом стають знання та інформація, з погляду, трактування людського чинника значно розширюється. Необхідно формувати на рівні авіакомпаній концепцію людського фактора, яка розглядала б працівника у всьому різноманітті його здібностей, потреб, ціннісних орієнтацій, як гарант безпеки польотів і, таким чином, конкурентоспроможності підприємства. Доцільно використовувати поняття «людський чинник» в авіації, як прояв усієї сукупності особистісних якостей людини, які впливають на її трудову активність та безпеку польотів (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Людський фактор в авіації

15

Зростання людського чинника виробництва, у сучасних умовах – складний процес. Він зачіпає як техніко-економічні питання перебудови виробництва, а й всебічний облік соціально-психологічних чинників праці працівника. Причин, чому проблема активізації людського чинника стала сьогодні дуже гостро, кілька.

По-перше, ускладнився взаємозв'язок між факторами виробництва. Причому це ускладнення характеризується тим, що технічні, організаційні та економічні сторони виробничої діяльності стають все більшими залежними від людського (суб'єктивного) фактора, тобто. соціальних якостей та особистісної установки людини, що склалася у трудовому колективі соціально-психологічного клімату (який може як стимулювати, а й стримувати розвиток трудового потенціалу як окремого працівника, і підприємства загалом).

По-друге, стрімкий розвиток авіаційної техніки динамічно змінює умови трудової діяльності, ускладнює систему факторів, що впливають на реалізацію трудових потенцій працівника.

По-третє, система управління виробництвом «запізнюється», а часом і просто не готова до вирішення питань, пов'язаних із зростанням мобільності кадрів, мінливістю соціальних інтересів людей.

Регульована ринкова економіка і сучасна науково-технічна революція поставили нове, виключно важливе завдання: відтепер необхідно готувати не раз і назавжди навчених людей, а кадри, що володіють методами накопичення знань, здатні протягом усього активного періоду життя до сприйняття нових знань, розширення кола професійних інтересів та адаптації до мене.

Здатність працівника швидко пристосовуватися до нової техніки, до ускладнення трудових функцій та місць застосування своєї праці, потреба підвищувати свою кваліфікацію та освоювати нові професії, тобто мобільність робочої сили – це один із головних факторів активізації та підвищення ефективності залучення людського фактора авіації.

Особистий потенціал працівника є здатність сукупності фізичних та духовних властивостей окремого індивіда досягати в заданих умовах певних

16

результатів виробничої діяльності. Він включає: психофізіологічний потенціал – здібності і схильності людини, стан її здоров'я, працездатність, витривалість, тип нервової системи і т.д. п.; кваліфікаційний потенціал – обсяг загальних та спеціальних знань, трудових знань та умінь, що зумовлюють здатність до праці певної якості; особистісний потенціал – рівень соціальної зрілості, ступінь засвоєння працівником норм ставлення до руди, ціннісні орієнтації, інтереси, потреби та запити у сфері праці.

Особистий трудовий потенціал – як інтегральний показник професійних, інтелектуальних та психофізіологічних можливостей людини щодо здійснення широкого комплексу функцій у процесі суспільно корисної діяльності, характеризується системою показників, що розкривають різні межі його можливостей щодо участі у праці та дозволяють комплексно підійти до виявлення резервів їх активізації. Він залежить від чотирьох взаємопов'язаних факторів: ресурсного, психофізіологічного, освітнього та комунікативного. Ресурсний чинник – сукупний регламентований фонд робочого дня. Психофізіологічний фактор - професійна придатність; міра обдарованості та таланту, вік, стан здоров'я. Освітній фактор – якість та обсяг загальноосвітньої, професійної, техніко-економічної підготовки; культурно-технічний рівень Комунікативний чинник – здатність до співробітництва та взаємодії у колективі; відповідальність,

ініціативність та підприємливість; система життєвих цінностей Особистий потенціал працівника є вихідною точкою, що визначає його подальшу трудову поведінку. Розмежування потенціалів працівника має важливий теоретичний та практичний зміст. По-перше, безпека польотів залежить від ступеня взаємного узгодження у розвитку виробничо-кваліфікаційного, психофізіологічного та особистісного потенціалу, механізм управління кожним з яких істотно відрізняється. По-друге, для управлінської діяльності дуже важливо, усвідомивши механізм дії кожного компонента трудового потенціалу працівника, розробити систему взаємопов'язаних заходів, які впливають найповніше використання його резервів.

17

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ЕТАПУ ЗЛЬОТУ ЛІТАКА ТА ПОВ'ЯЗАНІ З НИМ ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕКИ

2.1 Характеристика етапу зльоту літака та пов'язані з ним проблеми безпеки

Аналіз авіаційних подій та серйозних інцидентів у цивільній авіації показує, що викочування повітряного судна за межі злітно-посадкової смуги та кінцевої смуги безпеки при перериванні зльоту трапляється не часто, але є надзвичайно небезпечним. Якщо причина переривання зльоту (наприклад, відмова двигуна) виявляється до швидкості, яка менша за "швидкість прийняття рішення", то повітряне судно, як правило, встигає зупинитися в межах аеродрому. Як показує аналіз аварійних ситуацій, реальна дистанція перерваного зльоту (ДПВ) (довжина ділянки гальмування до повної зупинки літака) може відрізнитися від заздалегідь розрахованого значення. Тому уточнений розрахунок ДПВ у режимі реального часу може допомогти екіпажу прийняти більш точне та безпечне рішення щодо можливості припинення зльоту.

Продовжено дослідження попередньої роботи авторів. Запропонований алгоритм використовує шматково-постійну інтерполяцію не лише тяги, як у попередній роботі, а й інших параметрів літака. За такої інтерполяції рівняння Ріккати руху

літака має явні рішення. Крім використання відомих інтервалів часу, явно обчислюється час до досягнення заданої швидкості, оскільки деякі параметри змінюються стрибком досягнення певної швидкості. Для перевірки та дослідження запропонованого алгоритму оцінки ДПВ у режимі реального часу було створено систему комп'ютерного моделювання. За допомогою цієї системи проводилося порівняння оцінки ДПВ, отриманої з використанням запропонованого алгоритму, з відстанню, обчислену на основі повної моделі руху шляхом чисельного інтегрування. Для підтвердження адекватності алгоритму, результати моделювання порівнювалися зі значеннями, отриманими на основі

18

номограм реального літака. Запропонований алгоритм після уточнення ряду параметрів може використовуватись у реальних умовах перерваного зльоту.

Характеристика та визначення етапу зльоту літака.

Порівняно з іншими типами літальних апаратів літак має найтривалішу за часом та найскладнішу з організації управління фазу зльоту. Зліт починається з початку руху по злітно-посадковій смугі (ВПП) для розбігу і закінчується на висоті переходу.

Зліт літака буває кількох видів:

- Зліт з гальм. Двигуни виводяться на режим максимальної тяги, де літак утримується на гальмах; після того, як двигуни вийшли на встановлений режим, гальма відпускаються і починається розбіг.

- Зліт із короткочасною зупинкою на ЗПС. Екіпаж не чекає, поки двигуни вийдуть на необхідний режим, а відразу починає розбіг (двигуни повинні досягти потрібної потужності до певної швидкості). У цьому довжина розбігу збільшується.

- Зліт без зупинки (англ. *rolling start*), «з ходу». Двигуни виходять на потрібний режим у процесі вирулювання з руліжної доріжки на ЗПС, застосовується при високій інтенсивності польотів на аеродромі для економії часу.

- Зліт із застосуванням спеціальних засобів. Найчастіше це зліт із палуби авіанесучого корабля в умовах обмеженої довжини ЗПС. У разі короткий розбіг компенсується трамплінами, катапультними пристроями, додатковими твердопаливними ракетними двигунами, автоматичними утримувачами коліс шасі тощо. п.

- Зліт літака з вертикальним або укороченим зльотом (напр., Як-38). -

Зліт із поверхні води.

Конкретні правила зльоту кожного типу повітряного судна описані у посібнику з льотної експлуатації літака. Корективи можуть вносити схеми виходу, спеціальні умови (наприклад, правила зниження шуму), проте існують деякі загальні правила.

19

Для розгону двигуни зазвичай встановлюють злітний режим (*TOGA*). Це надзвичайний режим, тривалість польоту на ньому обмежена кількома хвилинами. Іноді (якщо дозволяє довжина лінії) при зльоті допустимо номінальний режим. Найчастіше під час зльоту двигуни встановлюють на номінальний режим саме з метою зниження рівня шуму, якщо аеропорт розташований в безпосередній близькості від населеного пункту та маршрут польоту пролягає над житловими кварталами. У сучасній авіації безпосередньо перед зльотом пілот спочатку дає 40% тяги на кілька секунд, і лише переконавшись у стабільній роботі двигунів, встановлює злітний/номінальний режим.

Кожне повітряне судно перед польотом має пройти передпольотну підготовку. Літак готують до тих умов, в яких належить злітати. Наприклад, якщо прогнозується зледеніння, літак обробляють протизледенювальною рідиною. Перед кожним зльотом штурман (якщо є) або другий пілот розраховує швидкість прийняття рішення (*VI*), до якої зліт може бути безпечно припинено, і літак зупиниться в межах злітно-посадкової смуги (ЗПС). На сучасних літаках *VI* розраховує бортовий комп'ютер. Також розраховуються *Vr* (швидкість підняття

передньої стійки шасі) та V_2 (швидкість відриву). Розрахунок V_1 враховує безліч факторів, таких, як: довжина ЗПС, її стан, покриття, ухил, висота аеродрому над рівнем моря, метеоумови (вітер, температура), завантаження літака, центрування та інші. Якщо відмова сталася на швидкості, меншій за V_1 , у разі екстреного гальмування літак встигне зупинитися в межах ЗПС і не викотиться. У разі, якщо відмова відбулася на швидкості, більшій за V_1 , єдино правильним рішенням буде продовжити зліт і потім зробити посадку. Більшість типів літаків цивільної авіації з кількома двигунами сконструйовані так, що, навіть якщо на зльоті відмовить один із двигунів, потужності інших вистачить на те, щоб, розігнавши машину до безпечної швидкості, піднятися на мінімальну висоту, з якої можна зайти на глісаду і посадити літак.

20

Перед зльотом пілот випускає закрилки та передкрилки у розрахункове положення, щоб збільшити підйомну силу, і водночас мінімально перешкоджати розгону літака. Це зменшує довжину розбігу та дозволяє відірватися від смуги на меншій швидкості. Потім, дочекавшись дозволу авіадиспетчера, пілот встановлює двигунам злітний режим і відпускає гальма коліс і літак починає розбіг. Під час розбігу головне завдання пілота – тримати машину строго вздовж осі ЗПС, не допускаючи поперечного усунення літака. Особливо це важливо при бічному вітрі. До певної швидкості аеродинамічний кермо на пряму неефективний і рулювання відбувається шляхом пригальмовування однієї з основних стійок шасі. Після досягнення швидкості, на якій кермо на пряму стає ефективним, керування проводиться кермом напрямку. Передня стійка шасі на розгоні зазвичай заблокована для повороту, або переведена в режим малих кутів (повороти повітряного судна з її допомогою здійснюються при рулюванні на малій швидкості на аеродромі). Як тільки злітну швидкість досягнуто, пілот плавно відхиляє штурвал на себе, збільшуючи кут атаки. Ніс літака піднімається («підйом»), а потім і весь літак відривається від землі.

Відразу ж після відриву для зменшення лобового опору (на висоті не нижче 5 метрів) забираються шасі (якщо забираються), і (за наявності) випускні фари, потім проводиться поступове прибирання механізації крила. Поступове прибирання обумовлено необхідністю повільного зменшення підйомної сили

крила. При швидкому прибиранні механізації літак може дати небезпечне просідання. Взимку, коли літак влітає у відносно теплі шари повітря, де ефективність двигунів падає, просідання може бути особливо глибоким. Приблизно за таким сценарієм сталася катастрофа літака «Руслан» в Іркутську. Порядок збирання шасі та механізації крила суворо регламентований у РЛЕ для кожного типу літака.

Як тільки досягнуто висоти переходу, пілот встановлює стандартний тиск 760 мм рт. ст. (або 1013 гПа). На деяких літаках на вказівнику тиску висвічується "*Std*". Аеропорти розташовані на різних висотах, а управління повітряним транспортом здійснюється в єдиній системі, тому на висоті переходу пілот

21

повинен перейти з системи відліку висот за тиском аеропорту на ешелон (умовну висоту), де облік ведеться за тиском 760 мм. рт. ст., чи 1013 ДПа. Також на висоті переходу двигунам встановлюють номінальний режим та включають автопілот. Після цього етап зльоту вважається завершеним і починається наступний етап польоту: набір висоти.

2.2 Випадки авіаційних пригод та катастроф цивільних літаків на етапі їх зльоту

Якщо подивитися на статистику за 2018 рік, 47% усіх авіаційних подій трапляються на етапі заходу на посадку. На щастя, 99% із них не смертельні, але після них літаки стають на тривале та дороге ТО (рисунок 2.1).

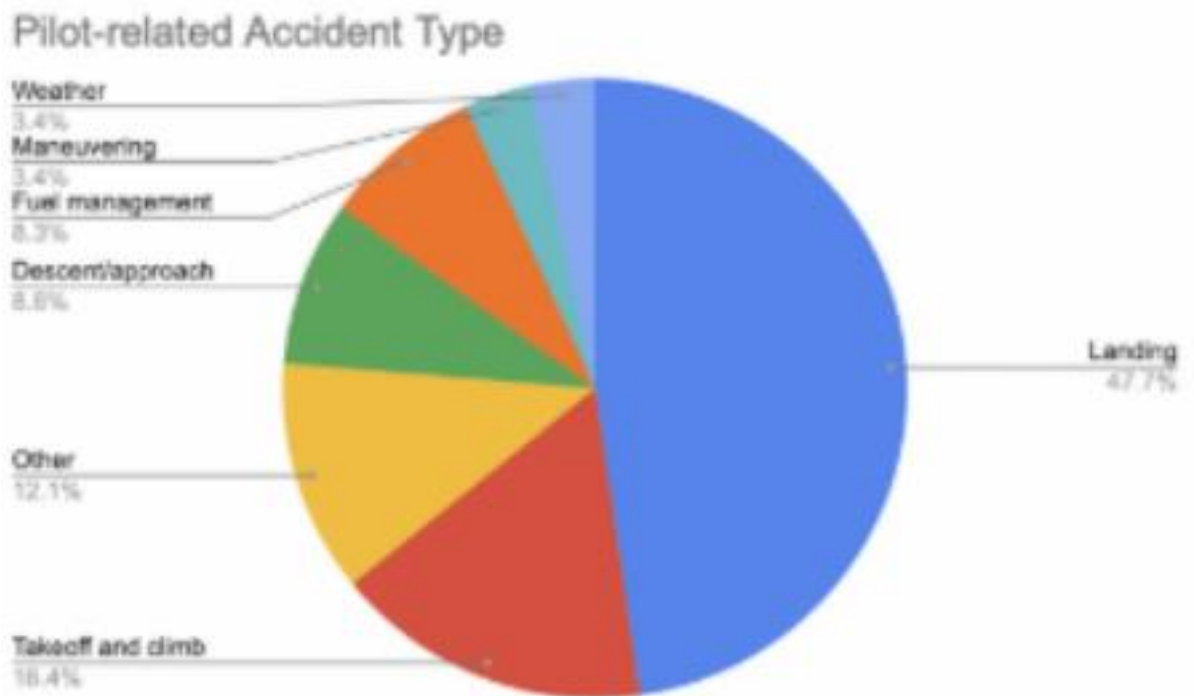


Рисунок 2.1 – На яких етапах польоту найчастіше трапляються аварії з вини пілота

Більшість подібних інцидентів відбуваються через втрату управління, наприклад, викочування за межі ЗПС. Особливу увагу приділило АОРА літакам з хвостовою опорою шасі. Другою причиною невдалих заходів на посадку стало

22

звалювання, за яким слідує жорстке приземлення. Відносно невелика кількість аварій сталася з вини неякісного обслуговування ЗПС.

Усі ці сценарії здаються банальними. Але саме тому, що вони дуже поширені. Тренуйте захід на посадку, але й не забувайте про інші етапи польоту. Насамперед, намагайтеся літати якнайчастіше. Не робіть довгих перерв від місяця і більше. Багато звітах фігурують малодосвідчені пілоти, які намагаються посадити літак у поривчастий вітер на незнайомий аеродром.

З іншого боку, авіаційні пригоди на зльоті відбуваються в 3 рази рідше, ніж на посадці, але більш ніж у 20 разів частіше закінчуються смертельними наслідками. За статистикою, це найнебезпечніший етап польоту. У пілота дуже мало часу на виправлення припустимих помилок. Причина інцидентів - втрата управління: викочування за межі ЗПС або звалювання після відриву від землі. Тут пілотові важливо звертати увагу на ретельну підготовку, висоту, швидкість та інші важливі параметри польоту. А також правильно заповнювати дані про масу

та центрування.

Аварії після зльоту заслуговують на більшу увагу, згідно зі звітами *NTSB*. Внесено деякі рекомендації щодо зменшення кількості випадків: Знати метеомінімум КВС для зльоту, а також вивчати метеомінімум аеродрому і конкретного типу ВС;

Проводити ретельний інструктаж перед кожним зльотом, звертаючи увагу на навички керування ПС при боковому вітрі (як на зльоті, так і на посадці) (рисунок 2.2).

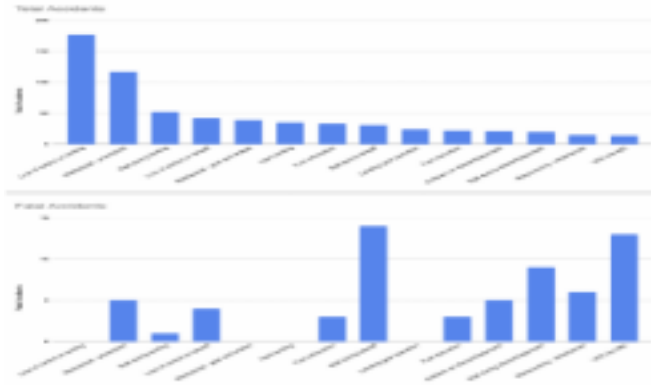


Рисунок 2.2 – Загальна кількість інцидентів до аварій зі смертельними наслідками

На другому місці у списку найпоширеніших причин авіаційних пригод з вини пілота йде зниження та захід на посадку. За останні 10 років кількість інцидентів на цьому етапі досягла максимальної позначки. І якщо на зльоті головною причиною було звалювання чи втрата управління, то на посадці цим фактором виявилось зіткнення після приземлення. Це говорить про те, що заходячи на смугу, орієнтуйтеся не лише на диспетчера, а й на свої очі. Будьте готові піти на друге коло.

Неврахування метеоумов.

Нарешті ми підійшли до катастроф з вини метеоумов. Їм присвячені десятки статей, відео та семінарів. Хороша новина полягає в тому, що кількість аварій у цій категорії продовжує знижуватися: на 65% менше порівняно з 2010 роком та на 41% менше порівняно з 2015 роком. Можливо, сучасні методи передачі інформації про погоду допомагають пілотам приймати усвідомленіші рішення.

Проте понад 60% аварій посідає ПВП польоти за умов ПМУ. У 2018 році сталося

З авіаційні події зі смертельним наслідком. Інша статистика каже, що 22% авіапригод у погану погоду були пов'язані з одномоторними НД із фіксованим шасі.

Літаки з високими льотними характеристиками частіше літають на великі відстані та частіше літають приладами. В результаті вони набагато частіше потрапляють в аварії зі смертельними наслідками, ніж можна було припустити. Понад 50% пілотів, які потрапили в катастрофу з вини погодних умов, мали свідчення *CPL* або *ATPL* - як нагадування про те, що мати-природу не турбує ні висококласний літак, ні досвід членів екіпажу.

6 лютого 1958 року в аеропорту Мюнхена зазнав аварії літак, на борту якого знаходилися футболісти та тренери "Манчестер Юнайтед".

Команда поверталася в Манчестер з Белграда після матчу проти "Црвени Зірки", за результатами якого завоювала вихід до півфіналу Кубка європейських чемпіонів. в'їхав у снігову кашу, виїхав за межі злітно-посадкової смуги та врізався у будинок (рисунок 2.3).

24



Рисунок 2.3 – На місці трагедії

Внаслідок катастрофи загинули 23 людини з 44, що перебувають на борту, у тому числі 8 футболістів "Манчестер Юнайтед", членів легендарної команди "малюків

Басбі", 3 представники тренерського штабу команди, а також 8 журналістів, 2 члени екіпажу, туристичний агент і вболівальник клубу.

Загиблих могло бути і більше, якби не голкіпер "Манчестер Юнайтед" Гаррі Грегг, який, прийшовши до тями після зіткнення літака з будинком, вирішив, що він мертвий. За його спогадами, він "відчував, що по обличчю тече кров, і подумав, що верхня частина голови була зрізана, як яйце, зварене круто". У напівнепритомному стані Гаррі пробив ногами отвір у фюзеляжі і, вибравшись із салону, витяг за собою кількох людей, серед яких були головний тренер Метт Басбі та капітан збірної Англії Боббі Чарльтон.

Після катастрофи "Манчестер Юнайтед" ледь не припинив своє існування, але знекровлена команда все-таки продовжила сезон, набравши склад з молодіжки: манкуніанці поступилися "Мілану" у півфіналі Кубка чемпіонів, програли у фіналі Кубка Англії "Болтону" і посіли підсумкове "Болтон". У сезоні

1958/59 Метт Басбі, який поправив здоров'я, повернувся до тренерської діяльності

25

і почав збирати нову команду. У 1968 році, через 10 років після мюнхенської трагедії, "Манчестер Юнайтед" завоював Кубок чемпіонів, здобувши у фіналі перемогу над "Бенфікою": у вирішальному матчі за трофей взяли участь Боббі Чарльтон і Біл Фоулкс, що вижили в авіакатастрофі (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Футбольна команда "Манчестер Юнайтед" 1958 року

Іншим прикладом трагедії на зльоті за іронією долі ще один спортивний клуб з Ярославля з Росії. Це хокейний клуб «Локомотив». Трагедія відбулася 7 вересня 2011 року, коли літак Як-42, що перевозив команду розбився на зльоті. Керівник слідчо-оперативної групи, слідчий із особливо важливих справ ДСУ СКР Антон Нікітін розповів «Комерсанту», що, за даними слідства, за весь час спільних польотів три члени екіпажу Як-42 жодного разу не відпрацювали свою взаємодію на тренажері. Як показує розшифровка розмов у кабіні літака під час останнього польоту екіпажу, мабуть, відсутність належної міри цих навичок і стала фатальною (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – На місці падінні Як-42

Хоча раніше в пресі вже з'являлося повне розшифрування розмов у кабіні пілотів, тепер газета дає пояснення діям екіпажу.

Слідчі встановили, що першою помилкою стало те, що розбіг літака 7 вересня командир почав не з її торця, а з повороту стежки, скоротивши дистанцію майже на 500 метрів. Режим роботи двигунів під час зльоту був встановлений не максимальним, а номінальним – з міркувань економії палива та комфорту для пасажирів.

Але причиною трагедії стали інші грубі помилки екіпажу, пише "Комерсант". Фатальну роль зіграла зневага до інструкції. Коли Як-42 розбігся та набрав потрібну швидкість, пілоти виявили, що не можуть відірвати від смуги передню стійку шасі. Як раніше встановила комісія МАК, відриву заважало те, що один із пілотів випадково притиснув ногами гальмо.

Не зрозумівши причину неполадки, командир закричав: «Злітний!», «Злітний!», наказуючи бортмеханіку збільшити потяг двигунів. Однак другий

пілот, який сумнівався в правильності встановлення стабілізатора, одночасно

крикнув: «Стабілізатор!» У результаті було виконано обидві команди. Коли це не допомогло і машина опинилася на ґрунті за межами смуги, бортмеханік поспішив переставити двигуни на малий газ.

Ти що робиш? – спитав Солом'янців. «Додай...», - наказав Жевелов, супроводивши команду матом. У результаті машина відірвалася від землі, але через перекладений на закритий кут стабілізатора та втрату гальмівного моменту на колесах полетіла не вперед, а вертикально вгору. Після ривка Як-42 впав у штопор і звалився на землю.

До катастрофи літака Як-42 під Ярославлем спричинили помилкові дії екіпажу. На цьому наголосив голова технічної комісії Міждержавного авіаційного комітету Олексій Морозов. За його словами, такого висновку дійшли всі члени технічної комісії. "Безпосередньою причиною катастрофи літака стали помилкові дії екіпажу, що виразилися у відтисканні гальмівних педалей перед підйомом носового колеса при неправильному положенні ніг на педалі в процесі зльоту на гальмівних майданчиках", - сказав Морозов.

Це, підкреслив він, "привело до створення гальмівного зусилля на колесах основних стійок шасі, додаткового моменту, що пікірує, неможливості своєчасного створення злітного кута тангажу, викочування за межі ВПП на великій швидкості". "Своєчасна оцінка ситуації екіпажем, ухвалення рішення про припинення зльоту замість встановлення злітного режиму двигуна за приблизно тисячу метрів до вихідного торця злітно-посадкової смуги - 23 дозволило б запобігти авіаційній пригоді", - сказав Морозов.

28

РОЗДІЛ 3

ЦИФРОВІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНІЙ КОМЕРЦІЙНІЙ АВІАЦІЇ

3.1 Сучасні цифрові та інформаційні технології в сучасній комерційній авіації

Створення цивільної та військової авіатехніки сьогодні є одним із найскладніших та високовитратних технічних процесів. Підприємства авіабудівної галузі стають

піонерами застосування новітніх цифрових технологій, які з одного боку дозволяють заощадити кошти, час і підвищити якість продукції, а з іншого – змінюють обличчя самої індустрії.

Ще зовсім недавно всі учасники процесу проектування літака були змушені занурюватись у паперову роботу. Між конструкторами та виконавцями відбувався безперервний обмін документами різного штибу (рисунок. 3.1)



Рисунок 3.1 – Стенд конструювання деталей

29

Однак ця статична інформація не дозволяла побачити всі нюанси роботи тих чи інших вузлів та агрегатів майбутнього літака у різних умовах та у взаємодії один з одним. Те, що було зафіксовано на папері навіть у суворій відповідності до всіх норм, не завжди відповідало дійсності, вірніше, дійсність виявлялася складнішою та непередбачуваною. Виникали додаткові ризики, і виявлені пізніше проблеми доводилося вирішувати вже на наступних етапах, що виливалося «у копійчину» та перенесення термінів.

Перехід від паперової документації до цифрової допомагає змінити цю ситуацію. Такий метод називається модельно-орієнтованим і передбачає обмін математичними моделями всім учасників процесу всіх стадіях проектування літака.

Математичне опис всіх елементів літака надає великі змоги опрацювання різних варіантів рішень, додаткового аналізу й у результаті – прийняття більш зважених і обгрунтованих рішень. Без переведення процесу проектування в цифровий простір неможливо уявити роботу в територіально-розподіленому середовищі, яке зараз повсюдно практикується в авіабудівній галузі.

Цифрові методи почали застосовувати у галузі з кінця 1950-х років, з появою перших ЕОМ. По суті, цифровізація - це рішення вже існували раніше задач методами автоматизації. А цифрова трансформація – прикмета нашого часу, глобальніша зміна, що характеризується появою нових завдань та нових технологій.

Так, переклад проектної документації з паперового виду на цифровий можна розглядати в руслі цифровізації. А прикладом цифрової трансформації можна назвати застосування в авіабудуванні Інтернету речей, технологій передиктивної аналітики, віртуальної реальності. Вже сьогодні застосовуються технології, які дозволяють не шукати поломки у літаку – машина сама повідомляє про несправності у всіх деталях. Цей напрямок активно розвивається. Наступний етап - широке впровадження можливості показати у віртуальній реальності проблемний вузол та підказати техніку, як усунути відмову (рисунок. 3.2)



Рисунок 3.2 – Стенд прототипування кабіни літака

Однак, як показує практика, цифровізацію від цифрової трансформації може відокремлювати лише один крок. Наприклад, створений на етапі проектування цифровий прототип літака в процесі подальшої роботи перетворюється на повноцінний цифровий двійник машини, а це вже нова технологія і нові можливості. В наявності всі ознаки цифрової трансформації.

Створення цифрової версії літака на ранніх етапах його розробки - це світовий тренд, якому з 1990-х років йдуть найбільші авіавиробники, такі як *Airbus* і *Boeing*.

Цифровий прототип літака, виконаний з дотриманням усіх вимог, не є просто набором відомостей про машину, перекладеним в електронний формат. Він стає важливим інструментом взаємодії та конкурентної боротьби. Прототип скорочує витрати на етапах проектування та виробництва. Робота з ним може значно зменшити кількість тестувань на стендах та льотних випробувань, які зазвичай «з'їдають» більшу частку ресурсів.

Критичним моментом у цифровому проектуванні літаків є його однаковість та

цілісність. У створенні літака задіяні великі ресурси, беруть участь різні підрозділи та підрядники, часто розподілені територією країни. Важливо, щоб усі учасники процесу використовували одне програмне забезпечення, інакше можуть виникати дорогі казуси. Подібний прецедент мав місце під час будівництва літака Airbus A380, коли французькі та німецькі інженери скористалися різними версіями програми для проектування. Проблема обернулася мільярдними втратами та двома роками затримки випуску авіалайнера.

У концепції "цифрового двійника" віртуальна модель не відкидається після створення виробу, а використовується у зв'язці зі своїм фізичним двійником протягом усього життєвого циклу: на етапах тестування, доопрацювання, експлуатації та утилізації. Тобто цифровий прототип перетворюється на цифрового двійника.

На етапі проектування цифрова копія дозволяє швидко знаходити та виправляти помилки у геометрії деталей, а під час експлуатації віртуальне графічне середовище допомагає оперативно виявляти ризики потенційних несправностей та аварій, а також скорочувати витрати на обслуговування. Що б не трапилося з будь-якою із систем літака, все це заздалегідь відобразить цифровий двійник.

3.2 Цифрове майбутнє авіації

Інтеграція передових технологій, таких як штучний інтелект (ШІ), цифрові близнюки, а доповнена реальність/віртуальна реальність (AR/VR) радикально змінює ці традиційні підходи до технічного обслуговування та ремонту літаків. Авіакомпанії та виробники аерокосмічної продукції все частіше звертаються до цих інноваційних рішень для оптимізації процедур технічного обслуговування, покращення протоколів безпеки та зниження експлуатаційних витрат.

Аерокосмічна, оборонна та інші промислові галузі гостро потребують модернізації своєї інфраструктури для підвищення операційної ефективності за

рахунок використання технологій цифрових двійників. Існуючі процеси експлуатації, навчання та технічного обслуговування значною мірою засновані на двовимірних паперових посібниках з мінімальним цифровим моделюванням

(рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Цифрове майбутнє авіації

Відсутність існуючих цифрових моделей серйозно знижує оперативну ефективність, планування місій та готовність літаків. Цифрові двійники сьогодні революціонізують способи проектування, будівництва, експлуатації та ремонту фізичних об'єктів та систем. Цифрова трансформація промислових процесів потребує впровадження технологій цифрових двійників, які допоможуть забезпечити найкращі інструменти десятиліття вперед.

Виробники аерокосмічної галузі, як і раніше, стикаються з безліччю проблем, включаючи відсутність великих моделей *3D CAD*. Для застарілих літаків є дуже обмежена кількість *3D*-моделей, а більшість моделей, вимог і специфікацій представлені в *2D*-формі. Створення точних *3D*-моделей з використанням спеціальних сканерів та цифрових модифікацій на основі *2D*-даних з використанням традиційних методів дуже дорого та потребує багато часу. Крім

33

того, більшість програм для *3D*-сканування зберігають моделі у власних форматах, що значно обмежує корисність моделей через обмежену сумісність. Додаткові завдання включають можливість включення генерованих *3D* моделей в існуючі. СисМЛ робочі процеси та/або створення гнучких робочих процесів, не

прив'язаних до пропрієтарних моделей та систем. Щоб змоделювати автономну поведінку кожної моделі та підсистеми, а також взаємодію між різними підсистемами, виробникам необхідно включити 3D-модель та їх фізичну поведінку до імітаційної моделі системи за допомогою *SysML*. Для цього необхідно створити структуру для включення всіх індивідуальних та комбінованих системних вимог до робочого процесу *SysML*, параметризації конфігурацій моделі, моделювання та моніторингу поведінки окремих компонентів, а також їх взаємодії.

Прогностичне обслуговування на основі штучного інтелекту

Технічне обслуговування літаків традиційно ґрунтувалося на планових перевірках та оперативному ремонті, заснованому на виявлених проблемах. Проте прогнозне обслуговування на основі штучного інтелекту тепер змінює цей підхід, використовуючи аналіз даних та алгоритми машинного навчання для прогнозування потенційних збоїв до того, як вони відбудуться. Авіакомпанії використовують штучний інтелект для моніторингу величезних обсягів даних, зібраних з датчиків, вбудованих у компоненти, двигуни та системи літаків. Ці дані в режимі реального часу аналізуються для виявлення тонких закономірностей, що вказують на збої або погіршення продуктивності.

Алгоритми штучного інтелекту можуть виявляти аномалії в шаблонах даних, наприклад, коливання температури двигуна або нерегулярні вібраційні сигнатури, які можуть вказувати на основні проблеми. Постійно відстежуючи та аналізуючи ці дані, ІІ може точно прогнозувати, коли конкретні компоненти можуть вимагати обслуговування чи заміни, що дозволяє авіакомпаніям заздалегідь планувати ремонт під час планового технічного обслуговування. Перехід до профілактичного оптимізує експлуатаційну ефективність та зводить до мінімуму час простою.

Роль цифрових двійників.

Цифрові двійники – це віртуальні уявлення фізичних активів, таких як літаки, створені з використанням даних у реальному часі, зібраних з датчиків, історичних записів про обслуговування та експлуатаційних даних. Ця технологія дозволяє виробникам аерокосмічної галузі та авіакомпаніям моделювати та візуалізувати

роботу компонентів та систем літака у віртуальному середовищі. Інтегруючи алгоритми штучного інтелекту в моделі цифрових двійників, оператори можуть отримати цінну інформацію про працездатність та робочий стан окремих літаків та їх компонентів.

При технічному обслуговуванні літаків цифрові двійники пропонують перетворюючий підхід, забезпечуючи всебічне розуміння стану та поведінки літака. Бригади технічного обслуговування можуть використовувати цифрові двійники для моделювання різних сценаріїв експлуатації та оцінки потенційного впливу на характеристики літака та вимоги до технічного обслуговування. Це дозволяє більш точно планувати заходи щодо технічного обслуговування, оптимізувати управління запасами запасних частин та приймати ефективніші рішення на основі прогнозного аналізу.

Цифрові двійники також полегшують віддалений моніторинг та діагностику, дозволяючи групам технічного обслуговування виявляти проблеми без фізичного огляду (рисунок. 3.4).



Рисунок

3.4 – Цифрові двійники

Впровадження 3D-технологій у цифрові двійники

Провідні постачальники рішень для цифрових двійників сьогодні змінюють способи використання штучного інтелекту і просторових обчислень в промислових секторах для додатків цифрових двійників, автоматизації та робототехніки. бази штучного інтелекту для швидкого, точного та економічного створення цифрових 3D-двійників, що підвищує ефективність та автоматизацію та продуктивність у виробництві, експлуатації, навчанні та підтримці.

З поширенням високоякісних датчиків, а саме кольорових камер високої роздільної здатності, датчиків глибини (таких як лідери), датчиків руху і айтрекерів, вбудованих в ці *COTS*-пристрої, провайдери отримують доступ до просторових даних дуже високої якості для генерації точні тривимірні просторові карти практично в реальному часі. (батареєю) цих мобільних пристроїв. Сучасні платформи оптимізують робочі процеси *3D*-сканування та створення цифрових двійників, а також використовують хмарні обчислення, дозволяючи доступному споживчому обладнанню перевершувати стандартні можливості.



Рисунок 3.5

– Цифровий двійник

Ці рішення долають обмеження мобільних пристроїв за часом автономної роботи та обчислювальним ресурсам за рахунок обробки даних у хмарі (локально/з повітряним зазором або віддалено, наприклад, *AWS GovCloud*). Це дозволяє швидко створювати докладні *3D*-моделі з точністю до міліметра за допомогою датчиків мобільних телефонів, планшетів та гарнітур *XR*.

36

Переносячи найбільш інтенсивні завдання обробки в хмару, програмне забезпечення на основі штучного інтелекту створює високоякісні хмари точок за допомогою недорогих *COTS*-пристроїв. Це значно прискорює створення цифрових двійників у порівнянні з традиційними методами. ПК.

Додатки *AR/VR* в обслуговуванні та навчанні

Технології доповненої реальності (*AR*) та віртуальної реальності (*VR*) змінюють процедури технічного обслуговування літаків та програми навчання технічних фахівців. *AR* накладає цифрову інформацію у поле зору технічного спеціаліста,

надаючи рекомендації та інструкції в режимі реального часу під час виконання завдань технічного обслуговування. Наприклад, *AR* може накладати схеми, контрольні списки або діагностичні дані на фізичні компоненти літака, дозволяючи технічним спеціалістам виконувати більш складний ремонт і ефективно.

VR, з іншого боку, здійснює революцію у навчанні технічних фахівців, пропонуючи іммерсивне та інтерактивне моделювання процедур технічного обслуговування у віртуальному середовищі. Стажери можуть відпрацьовувати складні завдання, такі як розбирання двигуна або ремонт електропроводки без необхідності фізичного доступу до літака. Моделювання *VR* може відтворювати різні моделі літаків та сценарії, забезпечуючи практичний досвід у безпечній та контрольованій обстановці (рисунок. 3.6).

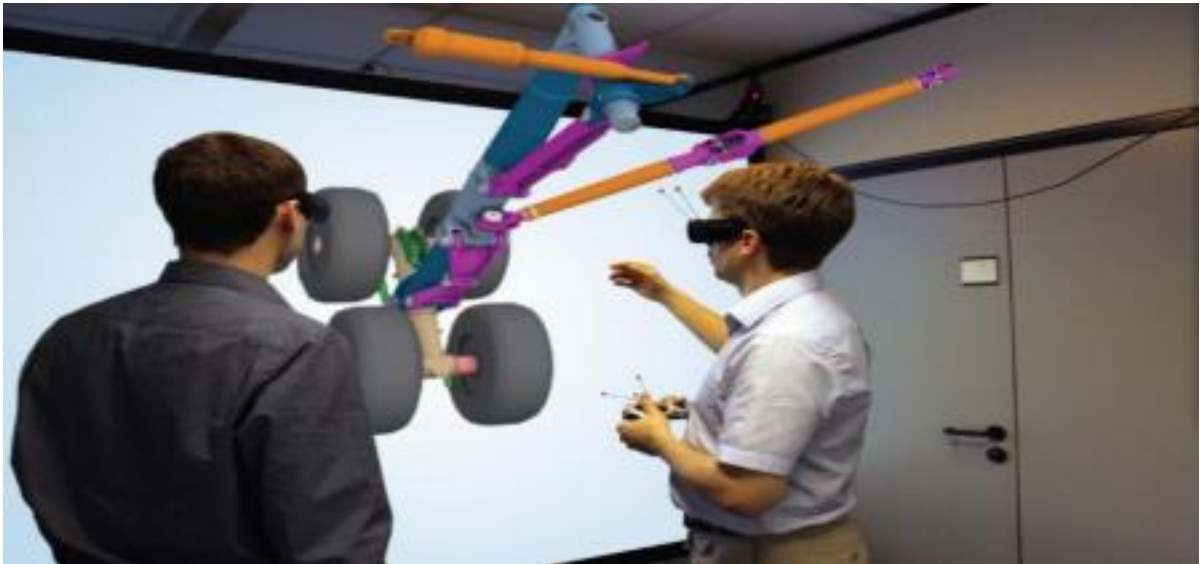


Рисунок 3.6 – використання віртуальної реальності

Переваги та перспективи на майбутнє.

Інтеграція штучного інтелекту, просторових цифрових двійників *3D* та технологій *AR/VR* у функції обслуговування та ремонту літаків пропонує безліч переваг для авіакомпаній та виробників аерокосмічної продукції. Розширені можливості прогностичного обслуговування скорочують збої у роботі, продовжують термін служби літаків та оптимізують витрати на технічне обслуговування. Цифрові двійники забезпечують цілісне уявлення про стан повітряного судна, дозволяючи приймати запобіжні рішення та оптимізувати процеси технічного обслуговування. Технології *AR/VR* підвищують ефективність та кваліфікацію

технічних фахівців, що зрештою підвищує загальну безпеку та надійність. Використовуючи ці технології, виробники аерокосмічної галузі та авіакомпанії можуть значно покращити процес технічного обслуговування та ремонту літаків.

38

РОЗДІЛ 4

ПРОГРАМУВАННЯ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ ДИНАМІКИ ЗЛЬОТУ ЛІТАКІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

4.1 Загальна ідея контролю процесу контролю динаміки зльоту літаків цивільної авіації

Виконання польотів є основним видом діяльності комерційної цивільної авіації, а безпека польотів є основним її пріоритетом. У моїй роботі з цієї точки зору буде досліджуватися режим зльоту літака як особливо відповідальний та напружений етап його польоту. Особливу небезпеку представляє зліт тим, що на цьому етапі літак має максимальне завантаження паливом, тобто саме на цьому етапі він є найбільш важким і вогнебезпечним. Крім цього, на етапі зльоту його двигуни літака працюють у максимально тяжкому та напруженому режимі, що значно збільшує ймовірність їх відмови, а відмова двигунів на цьому етапі несе найбільшу загрозу у порівнянні з іншими етапами, де є запас висоти, запас маневру і головне запас часу для аналізу ситуації та прийняття оптимальних рішень. На етапі зльоту немає ні першого, ні другого, ні третього.

Підтвердження цього є той факт, що найстрашніша катастрофа в історії авіації за числом жертв відбулася саме етапі зльоту двох літаків Боїнг 747 на Канарських островах у 1977 році. Тоді загинуло 583 людини. Інший дуже значущий випадок – катастрофа знаменитого літака Конкорд на зльоті у аеропорту де-Голя після якого людство, що вже скоштувало надзвукові пасажирські польоти на Конкорді, коли час польоту від Нью Йорку до Парижу займав всього 3 години замість 9 годин звичайним літаком, або від Москви до Алма Ати на Ту-144 за дві години замість 6 годин. Але після катастроф цих літаків на етапі зльоту людство тепер має забути про казкову опцію надзвукового польоту до невизначеного майбутнього (рисунок. 4.1).

Рисунок 4.1 – Катастрофа «Конкорду» на зльоті

Етап зльоту з точки зору діяльності людини-оператора містить багато різних аспектів. У своїй роботі я розглядаю тільки такий аспект як контроль динаміки розгону літака при зльоті. На перший погляд це ніби то і не така складна проблема, адже зазвичай екіпажі справляються з цим процесом і нібито особливо загрозливої статистики у цьому напрямку немає. А та статистика яка є лякає своєю стабільністю і відсутністю прогресу у цьому напрямку. Доказом цього є інциденти та катастрофи, що відбуваються з деякою постійною частотою, починаючи від дуже відомої катастрофи на зльоті літака британських авіаліній у Мюнхені у 1958 році, коли загинула відома та дуже популярна футбольна команда «Манчестер Юнайтед» та закінчуючи за іронією долі, знову таки спортивним хокейним клубом «Ярославський шинник», який загинув при зльоті літака Як-42 під Ярославлем і у Росії. В обох випадках пілоти не розпізнали вчасно слабку динаміку розгону літака і справа завершилася катастрофою. В обох випадках екіпажі мали найвищу кваліфікацію. Це говорить про те що, людина допускає помилки не з причини неуважності, чи некомпетентності, або непрофесійності, а з причини того, що деякі технологічні

процеси за своїми динамічними характеристиками виводять людину-оператора

за рамки її фізичних можливостей. Саме у цих випадках на допомогу людині мають прийти сучасні технології, використання яких я пропоную у даній роботі для рішення даної проблеми.

Таким чином метою моєї роботи є наступне:

- Розглянути та проаналізувати проблему людського фактору при керуванні літаком на етапі його зльоту;
- Запропонувати принципи підвищення безпеки та якості керування екіпажами режимом зльоту літака;
- Розробити технічну систему контролю динаміки розгону літака на етапі його зльоту на основі сучасних цифрових та інформаційних технологій. - Розробити програму роботи цифрового пристрою вказаної технічної системи.

4.2 Технічна система контролю динаміки зльоту літака та її програмування

Загалом ідея проекту роботи та структурна схема технічної, що пропонується мною показана на рисунку 4.2.

Як видно зі схеми, ідея проекту заключається у тому що, до стандартної, штатної системи індикації пілотажно-навігаційних параметрів, ми додаємо свою невелику панель на якій за допомогою трьох простих світлодіодів реалізується індикація нормального, або ненормального режимів розгону літака на зльоті.

Для визначення цих режимів використовується сучасний цифровий програмований мікропристрій, який завдяки своїй мініатюрності може бути встановленим не обов'язково у технічному відсіку літака як це показано на схемі, а у принципі будь де, тобто у будь якому доречному для цього місці. Інформаційні сигнали для реалізації своєї функції цифровий пристрій може отримувати від штатного обладнання літака.

Рисунок 4.2 – Ідея проекту та пропонована структура технічної системи

Саму індикаційну панель розміром максимум 10 x 10 см можна розмістити на верхній частині приладної панелі літака як це показано на цій схемі. Хочу зауважити, що я розумію, що авіація це сфера яка потребує особливого дозволу від відповідних органів на встановлення будь якого додаткового обладнання. Але я так розумію, що моє право запропонувати ідею та технологію її вирішення, а справа відповідних компетентних та дозвільних органів її розглядати та затверджувати.

З метою захисту такої позиції я можу наголосити, що як відомо всі технічні системи у процесі серійного виробництва вдосконалюються, модернізуються і допрацьовуються і випускаються зі вказуванням серії виробленої продукції та документацією де вказуються відмінності даної серії від

42

попередніх. Що до авіаційної техніки то я також можу продемонструвати застосування такого принципу та такої технології на наступних фото. Якщо розглянути приладну панель українського літака Ан-26, для якого я у

подальшому буду пропонувати свій проект, то наприклад, навіть у інтернеті можна знайти різні варіанти її обладнання відповідно до року та серій випуску. Ось наприклад, на фото рисунку 4.3 можна побачити приладну панель літака Ан-26.

Рисунок 4.3 – Кабіна літака Ан-26 стандартної комплектації

А на нижньому знімку ми бачимо туж саму панель, того ж самого літака, але на цьому знімку на козирку приладної панелі ліворуч від монітору радіолокатора ми вже бачимо прилад, який явно встановлений додатково на якийсь серії літаків. Якщо так, то чому не можна встановити ще один додатковий прилад на тому ж місці, тільки праворуч від монітору радіолокатора, як це пропонується на моїй схемі рисунку 4.4.

Рисунок 4.4 – Кабіна літака Ан-26 зі додатково встановленим приладом

На наступному наступному рисунку 4.5 показана функціональна реалізація вище розглянутої структури.

Рисунок 4.5 – Функціональна схема системи

44

На даній функціональній схемі в якості цифрового програмованого мікро

пристрою використовується популярний мікроконтролер Ардуіно Уно. Для рішення мікроконтролером задачі контролю динаміки розгону літака на зльоті на його вхід подаються п'ять дискретних параметрів:

- Шасі літака прибрано;
- Наявність тиску у приймачах повітряного тиску;
- Поздовжнє прискорення літака відсутнє;
- Поздовжнє прискорення літака слабке;
- Поздовжнє прискорення літака нормальне.

Ці параметри можна отримати відповідно від кінцевого вимикача передньої опори шасі, датчика повітряної швидкості ДАС і датчика поздовжніх перевантажень МП-95.

Останні чотири параметри мають аналоговий характер, тому для їх перетворення у відповідний дискретний сигнал я використав чотири компаратори. На схемі показані як блок формування дискретних сигналів. На основі аналізу цих параметрів мікроконтролер за розробленою мною програмою контролює процес розгону літака і інформує про це екіпаж відповідною сигналізацією на індикаційній панелі.

Сенс такої системи полягає у тому, що фізичні процеси, що протікають у процесі розгону літака на зльоті є надто швидкоплинними і при наявності відхилень у цих процесах вони помічаються людиною оператором у кращому випадку через 5-10 секунд. Далі ще потрібно аналізувати ситуацію та приймати рішення. На це ще втрачається деякий, а іноді навіть досить значний час. А на зльоті навіть 10 секунд це приблизно 500-700 метрів злітної смуги. З урахуванням того, що літак вже пробіг майже її половину, та з урахуванням того, що злітні смуги аеропортів місцевого значення мають довжину від 1200 до 1500 метрів, то виявиться, що вона вже закінчилася. Саме так сталося з Ярославським Як-42 про який я згадував вище.

На відміну від людини моя система реагує практично миттєво. Але для надійності ідентифікації процесів моя система спеціально додає затримку у 2

секунди щоб виключити з процесу випадковий можливий збій у роботі

обладнання і однозначно визначити подію втрати літаком необхідного прискорення.

Для презентації свого проекту я виготовив технічну систему, що імітує роботу запропонованої реальної технічної системи. Від реальної системи ній використовується інформаційна панель, яку я пропоную встановити на приборній панелі, як це було показано на рисунку 4.5. Реальні відповідні сигнали від пілотажно-навігаційного комплексу літака Ан-26 в моделі імітаторі моделюються п'ятьма вимикачами (рисунок 4.6).

Рисунок 4.6 – Функціональна схема міні-системи імітатора

При захисті своєї кваліфікаційної роботи я продемонструю її реальну роботу. Ця робота буде демонструвати реальний алгоритм розгону літака на злеті та принцип його контролю за наступною схемою.

Зелений перемикач у лівій частині моделі-імітатора імітує подавання сигналу від блоку затримки та формавання дискретних сигналів разового(бінарного) сигналу

«швидкість 100 км.год.». Наявність цього сигналу імітує той факт, що літак почав зліт і розганяється по злітно-посадковій смузі. При включенні цього перемикача і отриманні сигналу «швидкість 100 км.год.» система контролю динаміки розгону літаків на зльоті включається у роботу, тобто у процес контролю динаміки його розгону. Включення системи у роботу сигналізується засвічуванням у лівій частині інформаційної панелі жовтого світлодіоду (рисунок 4.7).

Рисунок 4.7 –
Сигналізація системи про початок роботи

Другий зліва перемикач жовтого кольору імітує сигнал, що інформує систему про відсутність прискорення при руху літака по злітно-посадковій смузі. При надходженні цього сигналу засвічується червоний світлодіод у правій верхній

47

частині інформаційної панелі сигналізуючи транспорт «швидкість не зростає» (рисунок 4.8).

Рисунок 4.8 –

Сигналізація системи про ненормальний режим зльоту літака

Третій зліва перемикач жовтого кольору імітує сигнал, що інформує систему про слабе прискорення літка. При надходженні цього сигналу засвічується жовтий світлодіод у правій верхній частині інформаційної панелі сигналізуючи транспорт «розгін слабкий». Далі екіпаж має прийняти своє рішення (рисунок 4.9).

Четвертий зліва перемикач жовтого кольору імітує сигнал, що інформує систему про нормальне прискорення при руху літака по злітно-посадковій смузі. При надходженні цього сигналу засвічується зелений світлодіод у правій верхній частині інформаційної панелі сигналізуючи транспорт «швидкість не зростає».

48

Одночасно з цим включається звуковий зумер для привертання уваги екіпажу на факт ненормально розгону літака (рисунок 4.10).

Рисунок 4.9 –
Сигналізація системи про слабкий розгін літака

Рисунок 4.10 –
Сигналізація системи про нормальний розгін літака

49

П'ятий зліва перемикач червоного кольору імітує сигнал, що інформує про те, що передня опора шасі літака прибрана. Для системи контролю зльоту це означає те, що літак нормально злетів і її робота по контролю за зльотом вже не потрібна.

Таким чином, після надходження цього сигналу системв виключається, про що свідчить виключення жовтого світлодіоду у лівій частині інформаційної панелі біля транспоранту «робота системи» (рисунок 4.11).

Рисунок 4.11 –
Сигналізація системи про нормальний розгін літака

Мікроконтролер імітаційної міні-моделі програмувася найбільш популярною сучасною мовою високого рівня програмування C++ в середовищі *Arduino UNO*, так як у якості мікроконтролера системи використовуvasя популярний для такого класу задач мікроконтролер *Arduino UNO*. Середовище такого програмного забезпечення підтримується такими популярними операційними системами як *Windows*, *MacOs* та *Linux*.

Код програми приведений у додатку А пояснювальної записки кваліфікаційної роботи.

4.3 Вартість імітаційної моделі реальної технічної системи

Як бачите в обох випадках загальна сума є неспівставною з тими збитками

та наслідками, які можуть мати місце не дай боже реальних негативних ситуаціях. Сама імітаційна міні-модель реальної системи звичайно є неспівставною за ціною у порівнянні з її ефектом, який вона може принести при монтажі її на літаку з дозволу відповідних служб. Ця сума є неспівставною з тими збитками та наслідками, які можуть мати місце без її використання.

1. Мікроконтролер *Arduino UNO* - 182.0 грн. 2. 5 мм діоди(*diff.*)матові (4 шт.) - 8.0 грн. 3. Кнопка-вимикач *RZ KCD4-A201T*(5шт.) - 55.0 грн. 4. Дисплей *LCD-1602* - 55.0 грн. 5. Плата та елементи електросхеми - 70.0 грн. 6. Декоративне оформлення системи - 60.0 грн. Усього: - 430.0 грн.

51

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній дипломній роботі розглянуто проблему використання системи дзвінків на уроки та перев між ними у навчальних закладах. Коротко описана еволюція системи подавання дзвінків та технічний аспект цієї проблеми на сьогоднішній день.

Розроблено структуру технічної системи подання дзвінків на уроки на основі сучасних цифрових та інформаційних технологій у стилі сучасних смарт-систем. Практично це означає можливість гнучкого використання системи як з точки зору часових аспектів подавання дзвінків так і з точки зору різних за інформаційною суттю видів звучання сигналу дзвінка.

Виконано програмування мікроконтролера *Arduino UNO*, що використовується системою смарт-дзвінка.

Розроблено та випробувано реально діючий стен, на основі якого можна розробляти систему для встановлення та її експлуатації у навчальному закладі.

52

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрій Совенко "Ан-7Х та А400М: суперництво триває" – журнал "Авіація та час"; 2001р.

2. Горяшко А. М. Цивільна авіація України: науково-популярна література / За ред. А. Ф. Аксьонова.
3. Віктор Беляєв "Громадянська авіація на рубежі століть: магістральні літаки" - журнал "Авіація та час"; 2000 нар.
4. Гусєв Б. К. Основи авіації: посібник для середовищ.
5. Шишкін Ж. К. Портрет авіації ХХ століття: Короткий довідник. - М.: 2001. - 406 с.
6. Бойко Ю. С. Блакитна мрія століття: З історії повітроплавання, 1783-1940. - М.: Машинобудування, 1991. - 118, с.
7. В.М.Локатюк. Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК. К. Видавничий центр «Академія» 2004р., -260 с.
8. О.І.Шепотьєв, В.В.Щепетов. Надійність авіаційної наземної техніки. К. «НАУ-друк», 2009р., -320 с.
9. Тарасенко В.П., Маламан А.Ю., Черніченко Ю.П., Корнійчук В.П. Надійність комп'ютерних систем. Навч.посібник.-К.: "Корнійчук", 2007р.-256 с.
10. Старих А.І. Зачеса В.Я., Зінковський Н.М. Безпека польотів літальних апаратів) Методичні основи) / За ред. А.І. Старікова. - М.: Транспорт, 1988. - 159 с.
11. Б.М.Каган. «Електронные вычислительные машины и системы». М., «Енергоатомиздат» 1988, с.180.
12. В.Ф.Карпов. «Теория автоматов». Изд.дом. «Питер» 2001, с.270.
13. В.М.Касаткін. «Введение в кибернетику».К. «Радянська школа» 1986.
14. Максимов Ю.О., Салімов Р.М., Є.О.Сікорський. Авіаційно-транспортна система України як об'єкт автоматизації. // Відкриті інформаційні і комп'ютерні інтегровані технології. Зб. наук.праць.-Харьків.:ХАІ, 1998.- с.129.
15. Комаров А.О., Василенко В.О., Салімов Р.М. Проблеми керування процесами технічної експлуатації повітряних суден на основі неповної інформації. // Вісник КМУЦ А №1. Зб. наук. праць. -К.:КМУЦА, 1998.- с.36-39.
16. І.А Філатов та ін. Історія вітчизняної цивільної авіації. М., Повітряний транспорт, 1998, с.256.

Додаток А Код програми.

```

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
bool power = false;
int mode = 0;
int curentMode = 0;
void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT);
  pinMode(11,OUTPUT);
  pinMode(12,OUTPUT);

  pinMode(2,INPUT);
  pinMode(3,INPUT);
  pinMode(4,INPUT);
  pinMode(5,INPUT);
  pinMode(6,INPUT);
  digitalWrite(9,LOW);
}

void loop() {
  if(digitalRead(2) && !digitalRead(6)){
    mode = 0;
    digitalWrite(12,HIGH);
    power = true;
  }else{
    mode = 0;
    digitalWrite(12,LOW);
    power = false;
  }
  if(digitalRead(3)&& power && !digitalRead(6) && !digitalRead(4) &&
  !digitalRead(5)){
    mode = 1;
    digitalWrite(9,HIGH);
    tone(7, 1000);
  }else{
    digitalWrite(9,LOW);
    noTone(7);
  }
}

```

```

}

if(digitalRead(4)&& power && !digitalRead(6) && !digitalRead(3) &&
!digitalRead(5)){
mode = 2;
digitalWrite(10,HIGH);
}else{
digitalWrite(10,LOW);
}
if(digitalRead(5)&& power&& !digitalRead(6) && !digitalRead(4) &&
!digitalRead(3)){
mode = 3;
digitalWrite(11,HIGH);
}else{
digitalWrite(11,LOW);
}
if(digitalRead(6)){
mode = 0;
digitalWrite(9,LOW);
digitalWrite(10,LOW);
digitalWrite(11,LOW);
digitalWrite(12,LOW);
noTone(7);
}
if(digitalRead(2)&& digitalRead(3) && digitalRead(4) && digitalRead(5)){
digitalWrite(9,LOW);
digitalWrite(10,LOW);
digitalWrite(11,LOW);
noTone(7);
}
if(digitalRead(2) && digitalRead(3) && digitalRead(4)){
digitalWrite(9,LOW);
digitalWrite(10,LOW);
digitalWrite(11,LOW);
noTone(7);
}
if(digitalRead(2) && digitalRead(3) && digitalRead(5)){
digitalWrite(9,LOW);
digitalWrite(10,LOW);
digitalWrite(11,LOW);
noTone(7);
}
if(digitalRead(2)&& digitalRead(4) && digitalRead(5)){
digitalWrite(9,LOW);
digitalWrite(10,LOW);
}

```

```

digitalWrite(11,LOW);
noTone(7);
}
printLcd();
}
void printLcd(){
if(curentMode != mode){
lcd.clear();
switch(mode){
case 0:
break;
case 1:
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("speed does not");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("increase");
break;
case 2:
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("acceleration is ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("weak");
break;
case 3:
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("acceleration is ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("normal");
break;

}
curentMode = mode;
}
}

```