

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра АВІОНІКИ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Павлова С.В.

" " _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО СТУПЕНЯ "МАГІСТР"

Тема: Модернізація індикації персональної системи
попередження зіткнень у повітрі (PCAS)

Виконав: Стущанський Юрій Васильович

Керівник: проф. Тронько Володимир Дмитрович

Нормоконтролер Левківський Василь Васильович

Київ 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1	
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ	
ЗІТКНЕНЬ У ПОВІТРІ.....	11
1.1. Аналіз загальних вимог до БСПЗ... ..	11
1.2. Авіаційні події та безпека польотів	16
1.3. Загальна характеристика системи попередження зіткнень в повітрі TCAS	19
1.4. Загальна характеристика персональної системи попередження зіткнень PCAS XRХ	23
1.5. Ергономічні проблеми сприйняття інформації від PCAS XRХ пілотом..	
РОЗДІЛ 2	
ІНДИКАЦІЯ ІНФОРМАЦІЇ, ЯКА ВИДАЄТЬСЯ ПІЛОТАМ, ЗРУЧНІСТЬ	
ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	30
2.1. Способи індикації інформації	30
2.2. Кодування інформації	35
2.3. Характеристики індикаторів	39
2.4. Форма і розмір екрану	40
2.5. Кути огляду.....	41
2.6. Яскравість.....	47
2.7. Контраст.....	52
2.8. Кольоровість.....	56
2.9. Тимчасові характеристики.....	57
2.10. Геометричні спотворення.....	58
РОЗДІЛ 3	
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРСОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ	
ЗІТКНЕНЬ (PCAS).....	60
3.1. Модернізація системи індикації PCAS.....	60

3.2. Забезпечення взаємодії пристрою додаткової індикації та приладу PCAS XRX	62
3.3 Економічна ефективність наукових досліджень.....	
РОЗДІЛ 4	
РОЗРАХУНОК ДЛЯ ПРИСТРОЮ ДОДАТКОВОЇ ІНДИКАЦІЇ.....	68
4.1. Розрахунок АЦП для мікроконтролера PIC16F873.....	68
4.2. Розрахунок надійності	71
РОЗДІЛ 5	
ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	77
5.1. Радіолокаційне випромінювання, загальні положення	77
5.2. Механізми біологічної дії радіолокації	84
5.3. Роль радіолокаційного випромінювання у життєдіяльності тварин ...	85
РОЗДІЛ 6	
ОХОРОНА ПРАЦІ.....	91
6.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при обслуговуванні електричного обладнання повітряного судна	91
6.2. Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів.....	92
6.3. Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів	97
6.4. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при обслуговуванні електричного обладнання ПС	101
6.5. Інструкція з охорони праці при обслуговуванні електричного обладнання ПС.....	102
ВИСНОВКИ.....	104
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	105

ВСТУП

На нинішньому етапі розвитку авіації та збільшення повітряних перевезень і авіаційних робіт все більше уваги приділяється підвищенню безпеки польотів. Основними факторами, що визначають безпеку польотів, є:

- льотна експлуатація повітряних суден;
- технічний стан авіаційної техніки;
- вплив несприятливих факторів природи;
- якість обслуговування повітряного руху.

Безпека повітряного руху є одним з ключових комплексних показників безпеки польотів, що включає сукупність складових, кожна з яких визначає одну з її сторін.

При організації повітряного руху, поряд з іншими заходами, передбачена система забезпечення безпечного ешелонування повітряних суден, з метою запобігання зіткнень в повітрі. Для забезпечення безпечного розосередження повітряних суден у повітряному просторі розроблені норми вертикального, подовжнього та бічного ешелонування.

Для запобігання небезпечних зближень повітряних суден в повітрі застосовують радіолокаційний контроль повітряного простору. У цьому випадку повітряний простір є контрольованим, до них відносяться диспетчерські райони (СТА) і диспетчерські зони (CTR). У цих районах забезпечується диспетчерське обслуговування, яке передбачає контроль за витримання безпечних інтервалів і дистанцій під керівництвом диспетчера. Екіпаж у цьому випадку виконує маневри з витримання курсу і ешелону, згідно з командами диспетчера.

Радіолокаційний контроль з боку диспетчера часто обмежений дальністю до повітряного судна, його висотою польоту та розмірами (ефективною радіолокаційною поверхнею). В цьому випадку безпосереднє забезпечення безпечних інтервалів між повітряними судами забезпечується екіпажем, на основі інформації про повітряний рух, візуального контакту та за допомогою бортових систем попередження зіткнень у повітрі.

Аналізуючи передумови до льотного події та авіаційні катастрофи, виявилось, що причиною небезпечних зближень і зіткнень повітряних суден в повітрі, в більшості випадків, є людський фактор, неправильна оцінка та прогнозування повітряної обстановки з боку диспетчера. У зв'язку з цим була розроблена допоміжна технічна бортова система попередження зіткнень в повітрі (БСПЗ). Бортове обладнання системи попередження називають системою TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System). За стандартами ICAO, система TCAS повинна бути встановлена на всі повітряні судна важче 5,7 тонн або сертифікованих для перевезення більше 19 пасажирів, а відповідно до поправкою №2010-03 Євроконтролю починаючи з 01.01.2015 р всі повітряні судна (модифікація 7.1) [5, 9]. Згідно Частини I "Международный коммерческий воздушный транспорт" Приложения 6 "Эксплуатация воздушных судов" містить наступні вимоги, які стосуються оснащення повітряних суден БСПЗ: все самолеты следует оборудовать бортовой системой предупреждения столкновений (БСПС II) (рекомендация) []

У Європі наявність TCAS обов'язково з 1 січня 2007 року.

В теперішній час спостерігається збільшення кількості легкомоторної авіації, як комерційного так і аматорського призначення. Польоти легкомоторної авіації, як правило виконуються за правилами візуального польоту (ПВП), які виконуються на малих висот, в денний час і при гарній видимості. Такі польоти, як правило, виконуються в районах польотної інформації нижнього повітряного простору, територіях яки забезпечується польотно-інформаційне обслуговування та аварійне сповіщення. Тому контроль за витримуванням безпечних інтервалів і дистанцій між повітряними судами покладається на самого пілота (командира екіпажу), який проводиться візуально. Роблячи аналіз авіаційних подій, пов'язаних з небезпечним зближенням, можна визначити, що виникають випадки, коли візуальний контакт з конфліктуючим судном утруднений. Це може виникати при засліпленні сонячним світлом або при знаходженні повітряного судна, що конфліктує поза межою огляду пілота. Оснащення цих повітряних суден повноцінною системою БСПС не

представляється можливим через високу вартість самої системи і вартості її установки та обслуговування.

Проблему можна вирішити установкою спрощеної портативної системи попередження зіткнень - Portable Collision Avoidance System (PCAS) типу XRХ.

Цю роботу присвячено підвищенню ефективності та модернізації системи попередження зіткнень у повітрі, шляхом доповнення індикації про небезпечний рух для кращого сприйняття цієї інформації пілотом та скорочення його часу реакції на небезпеку.

З цією метою досліджується призначення і принцип дії систем індикації повітряних суден, систем попередження зіткнень у повітрі, питання монтажу додаткового індикатора на повітряне судно, модернізації і підвищення надійності авіаційної техніки та безпеки виконання польотів.

При встановленні додаткового обладнання на повітряні суда підвищується візуальне, розумове та психологічне навантаження на пілота, що може привести до зниження уваги та збільшення часу реакції людини.

Тому в даний час існує актуальна науково-технічна задача вибору методу індикації і типу пристрою індикації польотної інформації.

Результати досліджень, які висвітлені у дипломній роботі були апробовані та оприлюднені у доповідях на наступних наукових конференціях:

- "Авіація, промисловість, суспільство" I Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів, 27 квітня 2018 р., Кременчук. – Кременчук : КЛК НАУ, 2018.;
- IV Міжнародна науково-практична конференція присвячена 45-річчю БГАА "Авиация: история, современность, перспективы развития" м. Мінськ 24 жовтня 2019р. Мінськ : БГАА, 2019.;
- всеукраїнська науково-практична конференція ” Новітні технології сучасного суспільства ” м. Чернігів 12 грудня 2019р. Чернігів : ЧНТУ, 2019;
- I Міжнародна науково-практична конференція "Авіація, промисловість, суспільство". м. Кременчук 14 травня 2020р. Кременчук: КЛК ХНУВС.

2020.;

- міжнародна науково-практична конференція "Шлях успіху і перспективи розвитку (до 26 річниці заснування харківського національного університету внутрішніх справ)".– Харків: ХНУВС, 2020 р.

Також результати наукового дослідження були висвітлені в монографії "Modern aspects of helicopters modernization "/ Monograph / Boiko S.M., Romanenko V.H., Stushchanskyi Yu.V., Nozhnova M.O., Doludariiev V.M., Doludarieva Ya.S., Koval I.M., Koversun N.A.: Monograph.– Warsaw, 2020 .

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ У ПОВІТРІ

1.1 Аналіз загальних вимог до БСПЗ

Обладнання БСПЗ, яке найбільш застосовується в теперішній час - бортове обладнання системи TCAS II (модифікацій 7.0 і 7.1), відповідає рівню БСПС II.

Бортові системи попередження зіткнень (БСПС) (англ. ACAS - Airborne Collision Avoidance System) призначені для запобігання зіткнень або небезпечних зближень в повітрі шляхом видачі пілотам рекомендацій по маневрам при виявленні ризику зіткнення.

Основні вимоги до характеристик і режимам БСПЗ відображені в документах Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО), міжнародної корпорації ARINC, Inc, радіотехнічного комітету з авіації RTCA, а також Федерального Авіаційного Агентства США (FAA).

Призначення БПСЗ, загальний опис системи, цілі розробки, вимоги відносно впровадження системи відображаються в руководстві ІКАО DOC 9863 „Руководство по бортовой системе столкновений (БСПС)” видання друге 2012 р. [3] Матеріал, який міститься в цьому керівництві доповнює Стандарти і Рекомендовану практику (SARPS), що містяться в томі IV "Системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений" Додатка 10 "Авиационная электросвязь"[3], а також правила в документах "Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения" (PANS-ATM, Doc 4444) [3] і "Правила аэронавигационного обслуживания. Производство полётов воздушных судов" (PANS-OPS, Doc 8168) [3]. Інструктивний матеріал в даному документі містить докладний опис БСПЗ, а також технічних і експлуатаційних питань, з тим щоб сприяти в забезпеченні правильної експлуатації системи і контролю за її експлуатацією, а також при навчанні персоналу.

З питань впровадження були розроблені наступні документи:

- ACAS II Safety Bulletin 1, Follow the RA!, Eurocontrol, www.eurocontrol.int/acas/, July 2002.

- ACAS I I Safety Bulletin 2 , RAs and 1 0 00 f t level-off manoeuvres, Eurocontrol, www.eurocontrol.int/acas/, March 2003.
- ACAS II Safety Bulletin 3, Wrong reaction to "Adjust Vertical Speed" RAs, Eurocontrol, www.eurocontrol.int/acas/, October 2003.
- Advisory Circular (AC) 120-55B, Air Carrier Operational Approval and Use of TCAS II, Federal Aviation Administration, United States, 2001.
- Advisory Circular (AC) 20-131A, Airworthiness Approval of Traffic Alert and Collision Avoidance Systems (TCAS II) and Mode S Transponders, Federal Aviation Administration, United States, 1993.
- Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации – "Эксплуатация воздушных судов", часть I "Международный коммерческий воздушный транспорт. Самолеты", 2010 г., и часть II "Международная авиация общего назначения. Самолеты", 2008 г., ИКАО.

Також визначені компанії, які мають право виготовляти обладнання БСПЗ та розроблені версії обладнання БСПЗ.

Основні вимоги до систем попередження зіткнень (СПЗ), які визначаються вищевказаними документами, наступні:

- Повна сумісність СПЗ із системою ОПР і забезпечення автоматичним попередженням диспетчерів ОПР про маневри, виконувані ПС відповідно до команд СПЗ;

- СПЗ повинна бути придатна для установки на всіх класах ПС, економічна і практична, тобто системи, що вимірюють різні характеристики на різних класах ПС, повинні бути сумісні;

- у разі виникнення загрози зіткнення СПЗ повинна сигналізувати пілотові про загрозу зіткнення і указувати маневр на запобігання зіткнення;

- команди СПЗ на маневри відхилення від зіткнення повинні бути сумісні з характеристиками ПС на всіх етапах польоту й подаватися в реальному масштабі часу;

- бортовий індикатор попередження зіткнень повинен сигналізувати пілотові про знаходження інших ПС у небезпечній близькості, він також може забезпечити пілота інформацією про відносне положення інших ПК, щоб допомогти йому візуально визначити їхнє місце розташування;

- маневри по командах СПЗ не повинні допускати зменшення ешелонування між ПС;

- дані по маневруванню, що поступають від СПЗ, повинні безперервно враховувати траєкторію польоту конфліктуючого ПС;

- логіка СПЗ не повинна бути розрахована на те, що конфліктуючому ПС необхідно самостійно розпочати допоміжні маневри по усуненню зіткнення, і повинна бути розрахована на велику кількість конфліктів;

- СПЗ не повинна бути джерелом радіоперешкод при роботі інших систем;

- система повинна забезпечувати попередження зіткнень при одночасному знаходженні великої кількості ПС у межах радіуса дії і забезпечувати відсутність насичення робочих частот;

- СПЗ повинна бути працездатна при будь-яких метеорологічних умовах.

Індикатор попередження зіткнень є системою, що полегшує пілотові візуальне визначення місця розташування іншого ПК. Прилад повинен мати наступні характеристики:

- задовільно працювати при будь-яких метеорологічних умовах, що дозволяють пілотові покладатися на візуальне виявлення для усунення зіткнення;

- поряд з попередженням про близькість конфліктуючого ПК індикатор повинен забезпечувати пілота додатковою інформацією про його положення по висоті й пеленгу, що дуже важливо для візуального виявлення конфліктуючого ПС;

- індикатор повинен бути сумісним з СПЗП;

- конструкція індикатора повинна передбачати можливість поліпшення

його характеристик за допомогою використання додаткових блоків;

- індикатори, що використовуються в інших радіосистемах, наприклад, в системах вторинної радіолокації, не повинні викликати погіршення характеристик цих систем.

У документах обумовлюються особливості, які необхідно враховувати для можливості стикування з іншими бортовими системами (інтерфейси, види і рівнів ні напруг живлення, габаритно-вагові параметри і т п). При розробці системи, на основі цих документів, були розроблені протоколи інформаційної взаємодії системи з бортовим обладнанням літака. Також були враховані рекомендації, що стосуються необхідних органів управління системою.

1.2 Авіаційні події та безпека польотів

Безпека польотів та авіаційна безпека відіграють першорядну роль у функціонуванні та розвитку міжнародного повітряного транспорту. Держави несуть на собі основну відповідальність за забезпечення нормативного контролю у сфері безпеки польотів та авіаційної безпеки незалежно від будь-яких змін в системі економічного регулювання..

За даними Міжнародної організації цивільної авіації, відносні показники рівня безпеки польотів у вітчизняній галузі цивільної авіації значно гірші від середніх загальносвітових показників. Проблема безпеки перевезень авіаційним транспортом дуже важлива, тому що вона пов'язана із значними збитками соціального та економічного характеру. Моральні збитки у зв'язку з травматизмом чи загибеллю людей, втрата іміджу авіатранспортних підприємств, втрата підготовлених фахівців і необхідність їх заміни в суспільстві, економічні збитки, пов'язані з необхідністю відшкодувань наслідків авіапригод, розробка та реалізація заходів із запобігання причин транспортних пригод та інше – являють собою складові цих втрат. При цьому безпека повітряного транспорту стосується не тільки безпеки пасажирів. Це поняття стосується і безпеки транспортників, населення в зоні можливих авіапригод, вантажів, транспортних засобів та споруд,

довкілля, які можуть постраждати внаслідок авіаційних пригод. Питання забезпечення безпеки польотів залишалися і залишатимуться актуальними, поки експлуатуються літальні апарати самого різного призначення, зокрема, і повітряні судна цивільної авіації. Відбувається постійне вдосконалення конструкції повітряних суден, методів і способів їх експлуатації, підготовки екіпажів, проблеми льотної придатності, живучості повітряних суден, безпеки повітряного руху, що постійно залишається у полі зору представників експлуатуючих підприємств і наукових установ. Дані процеси найгостріше позначають проблему браку нових способів управління процесами забезпечення безпеки польотів, визначення загроз та відповідних джерел небезпеки авіаперевезень, а відтак продовжуватимуть ставати все більш актуальними.

Проблема безпеки польотів, незважаючи на стрімкий науково-технічний прогрес у галузі авіаційної техніки, набула в наш час виключної соціальної гостроти. Це пояснюється кількістю та характером аварій і катастроф.

При аналізі авіаційних інцидентів та катастроф за останні 20 років видно, що по причині не витримування безпечних інтервалів в повітрі скоїлась певна кількість авіаційних пригод:

1.29.вересня 2006 року в небі над Бразилією і Мату-Гросу Авіалайнер Boeing 737 – 8 ЕН та приватний літак Embraer EMB-135BJ Legacy 600 зіткнулися в небі по причині ряду помилок диспетчера та пілотів.

2.1 липня 2002 року в небі над Швейцарією Ту-154 і Boeing 757 зіткнулись в небі по причині ряду помилок диспетчера та пілотів.

3.10 червня 2020 року в небі над Ростовською областю Airbus A320 і Boeing 777 перетнулися курсами на небезпечній відстані.

Авіакатастрофи, які відбуваються в результаті зіткнення повітряних суден,одні з найбільш тяжкі, так як приводять можна сказати до подвійної кількості жертв.

С кожним роком вимоги щодо забезпечення безпеки польотів ПС цивільної авіації стають все вище і вище. На цей рахунок є вагомі причини а саме:

а) значно зріс парк повітряних суден у багатьох державах світу;

- б) збільшилася кількість аеропортів міжнародного значення;
- в) зросла інтенсивність польотів як на місцевих так і на міжнародних повітряних лініях;
- г) зросла кількість авіаційних пригод пов'язаних з зіткненнями ВС в повітрі, на землі, з земною поверхнею при посадці, з штучними перешкодами і земною поверхнею в польоті.
- д) людський фактор - недостатня підготовка диспетчерського складу з управління повітряним рухом і як наслідок помилкові команди екіпажу призвели до серйозних авіаційним пригоди.
- е) недостатнє обладнання ЗС, особливо малої авіації, відповідним обладнанням для підвищення БП як на землі так і в повітрі.

1.3 Загальна характеристика системи попередження зіткнень в повітрі TCAS II

В даний час найбільш застосовується бортове обладнання системи TCAS II (модифікацій 7.0 і 7.1), відповідає рівню БСПС II. Системою, що задовольняє ці вимоги, є система TCAS 2000. Дана система являє собою автономну бортову систему запобігання зіткнень, призначену для допомоги льотним екіпажам в запобіганні зіткнень в повітряному просторі. Система TCAS 2000 повинна бути включена під час польоту в тих зонах повітряного простору, в яких потрібне використання системи TCAS. Система TCAS 2000 на базовій конфігурації складається з встановлених на літаку антен, блоку обчислювача TCAS 2000, відповідача режиму-S і встановлених в кабіні екіпажу індикаторів і пульта управління. На обчислювальний блок системи TCAS 2000 (CU) від відповідних приладів літака надходять дані про радіовисоту, барометричну висоту, перебування літака в повітрі або на землі, про випущеному або прибраному шасі, а також від сигналізатора висоти, блоку управління або пульта управління режимами. Виявлення літаків, що знаходяться поблизу, проводиться по відповідним сигналам від літакових відповідачів режимів А / С і S. За відповідями оцінюється взаємне просторове положення літаків, проводиться прогностичний

аналіз повітряної обстановки, виявляються літаки, які становлять потенційну загрозу зіткнення, і екіпажу видаються відповідні вказівки (рекомендації), які відображаються на індикаторі (рис.1.1), а також голосові повідомлення.



Рисунок 1.1 - Зображення літаків порушників на індикаторах БСПЗ

Устаткування БСПЗ може видавати рекомендації двох видів:

1) ТА (traffic advisory) - консультативна інформація про те, що певний повітряне судно-порушник є потенційною загрозою.

2) RA (resolution advisory) - рекомендації щодо розв'язання (усунення) загрози зіткнення, які наказують відповідні маневри.

Розрізняють три типи БСПЗ:

- БСПЗ I надає тільки консультативну інформацію ТА (на рівні ІКАО впровадження в міжнародному масштабі не планується);

- БСПЗ II надає ТА і рекомендації RA у вертикальній площині;

- БСПЗ III надає ТА і рекомендації RA у вертикальній і горизонтальній площинах, але в зв'язку зі складною технічною реалізацією роботи по даній системі преостановлени.

Алгоритм роботи системи TCAS II з видачі рекомендацій ТА і RA складається з етапів:

1) визначення (оцінки) взаємного просторового положення літаків (свого і порушника);

2) обчислення швидкості взаємного зближення;

3) обчислення часу польоту τ_{CPA} до моменту найбільшого зближення (точка CPA - Closest Point of Approach);

4) порівняння обчисленого значення τ_{CPA} з граничним значенням $\tau_{\text{ПЗ}}$ (ПЗ - «порогове значення»).

Для оцінки взаємного просторового положення літаків, TCAS визначає три параметри: відносну висоту, дальність і відносний пеленг (рис.1.2).

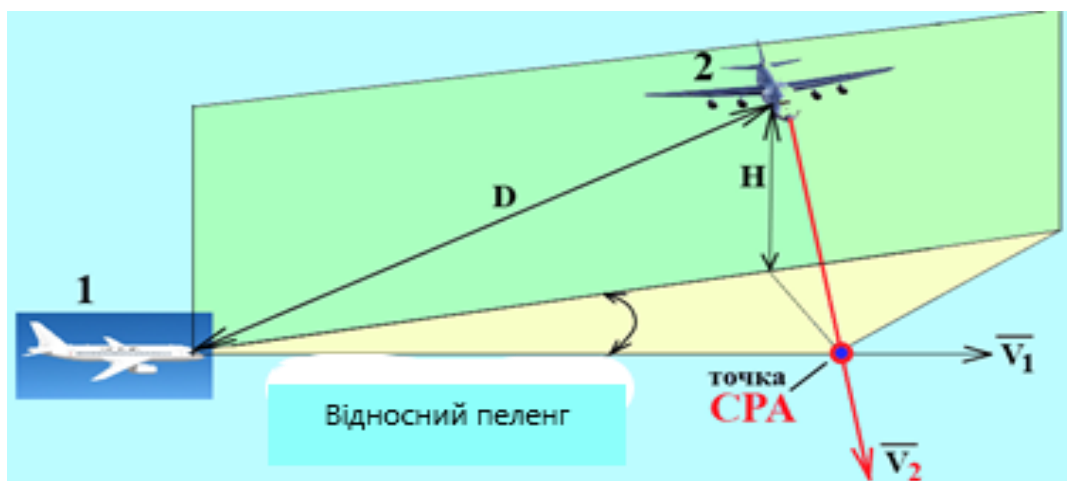


Рисунок 1.2 - Взаємне просторове положення конфлікуючих літаків

Швидкість взаємного зближення визначається за двома складовими:

- 1) швидкістю зменшення дальності між літаками;
- 2) швидкості зменшення висоти.

За першою складовою обчислюється час польоту τ_{CPA} по дальності. Час польоту визначається шляхом ділення відстані D на швидкість зменшення дальності.

Система TCAS II видає рекомендації TA або RA за умови, коли і τ_{CPA} і τ_{H} менше порогового значення $\tau_{\text{ПЗ}}$. Граничне значення $\tau_{\text{ПЗ}}$ для видачі рекомендації RA встановлюється в діапазоні від 15 до 35 с, а TA зазвичай видається за 5 або 20 секунд до видачі RA [5]. Конкретне значення часу $\tau_{\text{ПЗ}}$ залежить від рівня чутливості SL (Sensitivity Level). Рівень чутливості залежить від абсолютної

висоти польоту свого літака і змінюється в межах від 1 до 7. Рівень чутливості встановлюється автоматично або самою системою TCAS, або по командах від наземної ВОРЛ, або самим пілотом (тільки рівні 1 і 2). Чим вище рівень чутливості, тим більше розміри зон рекомендацій TA і RA (вище рівень забезпечується захисту).

На рис. 1.3 вказані розміри зон видачі рекомендацій TA і RA в залежності від висоти польоту літака або в залежності від рівня SL. Розміри зон вказані в одиницях часу для порогового значення $T_{пз}$, а також в одиницях відстані для випадку малої швидкості зміни відстані. Справа вказані мінімальні висотні інтервали ZH (для зон видачі рекомендацій TA і RA по висоті).

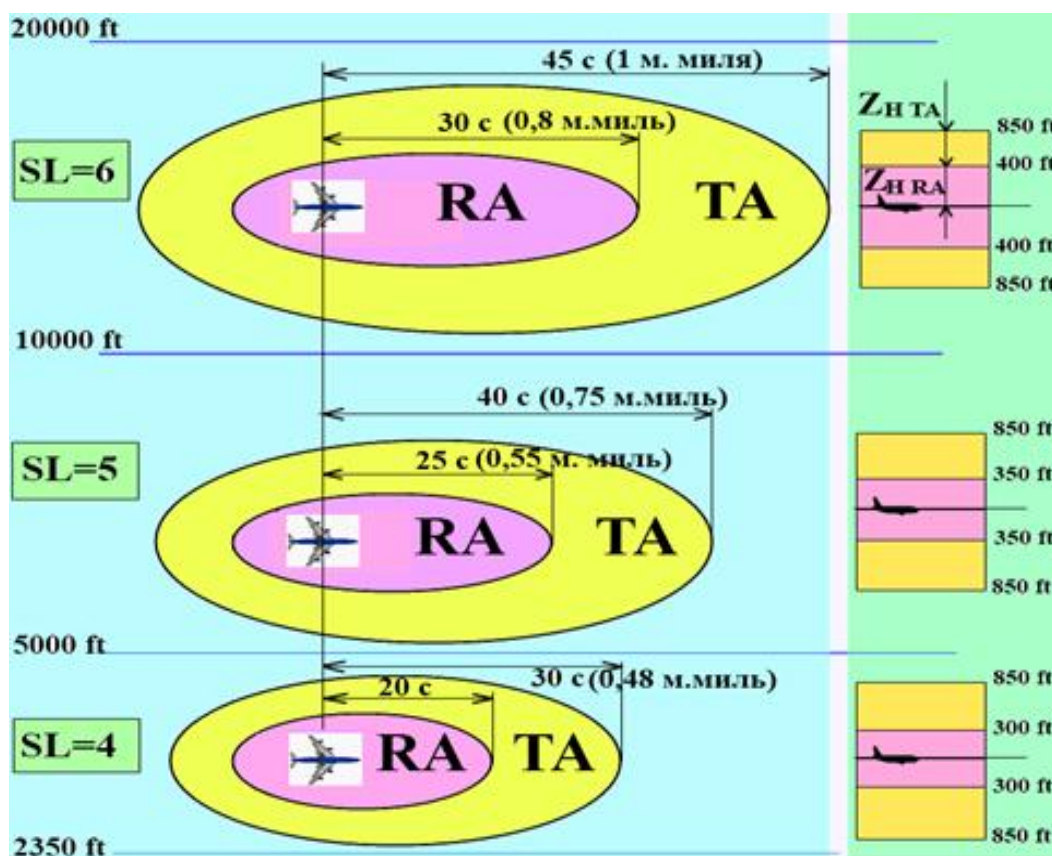


Рисунок 1.3 - Розміри зон видачі рекомендацій TA і RA в залежності від рівня чутливості SL

Якщо літак-порушник обладнаний такою ж системою TCAS II, то між системами по каналу передачі даних режиму S передаються запити для

формування координованих рекомендацій RA. Ці запити (сигнали запиту) повторюються з максимальним числом спроб до тих пір, поки приємовідповідач режиму S на літаку-порушника не видасть відповідний координаційний сигнал (про те, що він прийняв сигнал запиту з рекомендацією RA і його літак відреагує відповідно до надісланої рекомендації RA). Якщо повідомлення не отримане, система TCAS самостійно вибирає RA виходячи з геометричних характеристик конфліктної ситуації.

До складу системи TCAS II входить (рис.1.4) [1, 8]:

- процесор TCAS (обчислювач);
- дисплеї або індикатори;
- дві антени (напрвлена та ненапрвлена);
- приємовідповідач режиму S (з однією або двома ненаправленими антенами);
- пульт управління.



Рисунок 1.4 Структурна схема TCAS II

Приємовідповідач режиму S є обов'язковим елементом системи TCAS II тому, що саме через приємовідповідач система отримує інформацію про висоту.

Система TCAS II сполучається з бортовими системами:

- обчислювачем повітряних сигналів, для отримання інформації про висоту польоту (абсолютної барометричної), швидкості (істинної, приладової, вертикальної) і ін.;

- радіовисотоміром, для отримання інформації про поточну істину висоту польоту (при польоті на малих висотах);

- датчика положення «повітря - земля», для отримання інформації про статус літака (в польоті / на землі).

Управління режимами роботи системи TCAS II проводиться з пульта управління (ПУ). Залежно від комплектації і типу обладнання, пульт ПУ може бути або суміщеного типу з пультом управління приємоответчика, або окремий.

На приємоответчик A, C, S і обчислювач приймача TCAS надходить інформація, необхідна для функціонування системи (адресний код - N; географічні координати - ϕ , λ ; висота, швидкість і ін.).

Приймач TCAS складається з передавача, приймача і обчислювального пристрою:

- передавач запитує відповідачі сусідніх літаків в режимах S і C;

- приймач отримує відповіді від відповідачів;

- обчислювальний пристрій на підставі інформації, виділеної з відповідних сигналів та інформації отриманої в результаті вимірів, проводить оцінку взаємного просторового положення літаків і видає відповідні рекомендації, які відображаються на дисплеї або індикаторі VSI / TRA (VSI-показчик вертикальної швидкості, TRA - дисплей попереджень про повітряну обстановці і рекомендацій щодо усунення конфліктної ситуації).

Випромінювання і прийом сигналів проводиться на частотах 1030 та 1090 МГц.

Сигнали запиту приймаються антеною відповідача літака II. У відповідачі, згідно до коду запиту, формується відповідний сигнал, наповнюється інформацією про абсолютну висоту, адресний код літака II, а також іншими даними, якщо

використовується розширений сквіттер (112 біт). Сформований відповідний сигнал випромінюється антеною відповідача режиму S на частоті 1090 МГц. Таким чином, на антену приймача TCAS літака I надходить сигнал відповіді, що містить дані про висоту і інші параметри літака II. В обчислювальному пристрої приймача TCAS літака I виділяються дані про висоту, а також інша інформація, якщо вона є. На підставі даних про отриману висоту проводиться порівняння своєї висоти з висотою літака II. Якщо робиться висновок про те, що висота літака II близька до висоти свого літака, то проводиться адресний запит літака II з метою визначення його відстані і азимутального положення. Залежно від відносної висоти (і відстані), сигнали запиту випромінюються з періодичністю або 0.8с, або 1 секунди. Канали запиту / відповіді ті ж самі: 2 - 2 - 3 - 3. Відстань до літака II визначається з тимчасового інтервалу між сигналами запиту і відповіді, а азимутальне положення по параметрам сигналу, що визначається верхньою антеною спрямованої дії. Вимірювання проводяться по кожному циклу запит / відповідь. Швидкість зміни висоти польоту і швидкість зміни відстані до іншого літака, обчислюється за результатами декількох вимірів. Дані вимірювань вводяться в логічну програму попередження зіткнень для визначення необхідності у видачі TA або RA.

За допомогою лінії передачі даних режиму S система TCAS може передавати інформацію про RA наземним ВОРЛ режиму S. Повідомлення RA підтримується протягом 18 ± 1 с [1]. Напрямок приходу радіохвиль від передавача літака-порушника визначається за допомогою антени направленої дії, встановленої зверху фюзеляжу літака.

Антену складається з чотирьох несиметричних випромінюючих елементів, які розташовані на поверхні літака у вигляді квадратної решітки з чвертьхвильовим поділом. При попарному з'єднанні виходу елементів, наприклад 1 і 2, 3 і 4 (рис.1.5) утворюється діаграма спрямованості у вигляді двох вісімок (в кружечках вказані фазові співвідношення напруг).

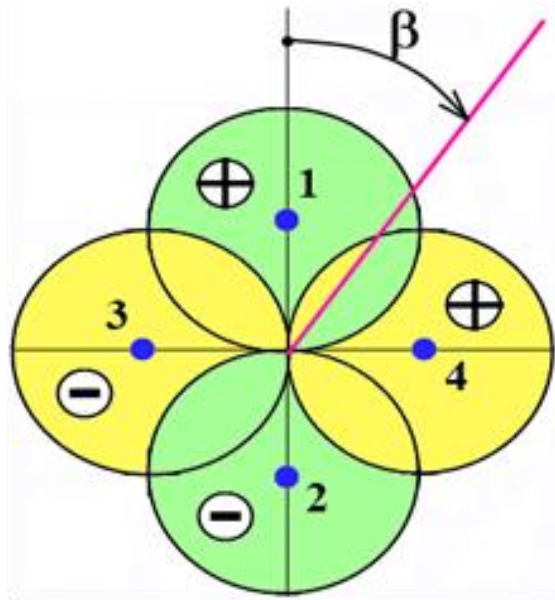


Рисунок 1.5 - Діаграма напрямленості в горизонтальній площині напрямленої антени системи TCAS

Амплітудні значення напруги:

$$U_{1,2} = U_0 \sin \beta \quad (1.3.1)$$

$$U_{3,4} = U_0 \sin \beta \quad (1.3.2)$$

де: U_0 – амплітуда для максимуму діаграми

Порівняння прийнятих сигналів по амплітуді і фазі дозволяє визначити кут приходу радіохвиль або відносний пеленг літака-порушника.

В системі TCAS спрямовані властивості такої антени використовуються дещо інакше. Прийом сигналів здійснюється тільки на один елемент. Діаграма спрямованості елемента має форму кола. Якщо виробляти почергове перемикання елементів, наприклад 1 - 2 - 3 - 4 і т.д., то одиночна діаграма буде сканувати в напрямках «вперед-назад-вліво-вправо». Пеленг визначається також: шляхом порівняння зафіксовані амплітудних і фазових співвідношень.

У вертикальній площині ширина діаграми спрямованості близько 30° .

Відповідно до вимог ICAO, похибка визначення відносного пеленга не повинна перевищувати 10° [2].

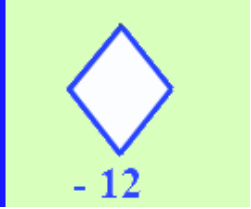
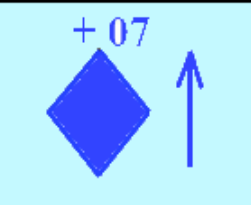


В якості індикаторів системи TCAS можуть бути застосовані індикатори типу VSI / TRA (VSI - показчик вертикальної швидкості, TRA - дисплей попереджень про повітряну обстановку та рекомендацій щодо усунення конфліктної ситуації) (рис.1.6), електронні індикатори - дисплеї, а також модифіковані погодні індикатори.



Рисунок 1.6 - Зображення тестової картинки на дисплеї індикатора VSI/TRA

Повітряні суда, які опинилися в зоні дії системи TCAS позначаються на індикаторі у вигляді символів. Залежно від групи небезпеки символи мають різні кольори і фігури. Значення символів вказані в таблиці 1. В таблиці також надана розшифровка позначок поля даних.

Таблиця 1. Розшифровка символів на індикаторі VSI/TRA

Позначка на індикаторі	Група небезпеки (розшифровка поля даних)	Положення в зоні видачі рекомендації	Tn	Відстань до літака – порушника, м.милях
	БЕЗПЕЧНО (нижче 1200)	-	-	Більше 6
	БЛИЗЬКО (вище 700, виконує підйом)	-	-	Менше 6
	УВАГА (вище 300 Без зміни висоти)	-	-	Менше 6
	НЕБЕЗПЕЧНО (вище 200, виконує зниження)	-	-	Менше 6

Поле даних включає двозначне число, знак «плюс» чи «мінус», а також може включати стрілку. Двозначне число характеризує відносну висоту літака-порушника в сотнях футів. Якщо число вище символу, то літак-порушник знаходиться вище, і навпаки. Крім того, знак «плюс» чи «мінус» також вказує на положення літака-порушника (вище-нижче). Якщо поле даних переміщається на екрані з положення нижче символу літака в положення вище нього або навпаки, то це означає, що літак-порушник перетинає висоту. Стрілка вказує на зміну висоти літаком -нарушителем: стрілка вгору - підйом зі швидкістю понад 500 футів в хвилину, стрілка вниз - зниження зі швидкістю понад 500 футів в хвилину.

Вертикальні маневри, рекомендовані системою TCAS, позначаються дугами червоного і зеленого кольору (рис.6). Дуга червоного кольору показує пілоту, яку

область вертикальних швидкостей слід уникати. Дуга зеленого кольору показує, яку вертикальну швидкість повинен мати літак, щоб виключити зіткнення. В даному випадку, вертикальна швидкість літака повинна бути змінена таким чином, щоб покажчик (стрілка) вертикальної швидкості на дисплеї перемістився з червоної зони в зелену. Причому маневр щодо усунення небезпечної ситуації повинен бути виконаний вручну (відключивши автопілот). Хоча ведуться розробки направлені на те, щоб рекомендації RA виконувалися за допомогою системи автоматичного управління повітряного судна для зниження впливу „людського фактору”.

Система TCAS для індикації може використовувати електронну систему індикації повітряного судна (Electronic Instrument System - EIS) (рис. 1.7).

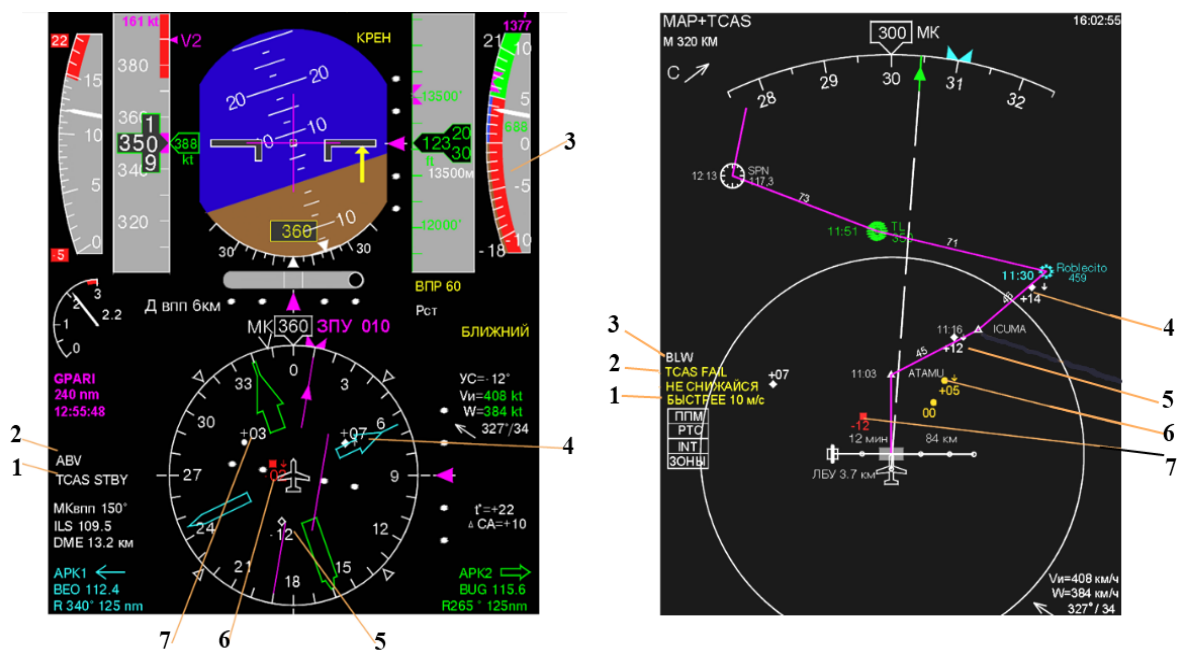


Рисунок 1.7 – Представлення інформації від системи TCAS на електронних індикаторах EIS

Інформація від системи TCAS, що виводиться на екрани електронних індикаторів така ж, як і на індикатори типу VSI / TRA. Причому ця інформація поєднується з інформацією, яка видається іншими пілотажно - навігаційної системами.

При сполученні системи TCAS з індикаторами бортових метеорадіолокаторів, зображення про повітряну обстановку може виводитися на їх індикатори. На екрані індикатора таких стацій можливо спільне відображення радіолокаційної інформації та інформації від систем попередження зіткнень в повітрі (TCAS), з землею (TAWS - terrain awareness and warning system), радіонавігаційної інформації або окремо. На рис.1.8 наведено приклад поєданого зображення інформації від системи TCAS і навігаційної системи на індикаторі радіолокаційної станції «КОНТУР» [11].



Рисунок 1.8 – Зображення інформації TCAS на індикаторі радіолокаційної станції «КОНТУР»

Від системи TCAS на екрані відображається коло (з 12 точок) і символи літаків-порушників з інформаційними полями даних. Зображення відповідає тестовому режиму перевірки працездатності системи TCAS.

З розглянутого огляду системи попередження зіткнень в повітрі модифікацій 7.0 і 7.1 TCAS 2000 можна зробити висновок, що даний пристрій має складну апаратну частину, що позначається на високій ціні виробу, а також має глибоку

інтеграцію в пілотажно-навігаційні комплекси повітряного судна, що визначає високу вартість її установки і технічного обслуговування.

1.4 Загальна характеристика персональної системи попередження зіткнень PCAS XRX

При збільшенні інтенсивності польотів малої авіації, як комерційного так і аматорського призначення, а також безпілотних апаратів, виникає гостра потреба обладнання цих повітряних суден системами попередження зіткнень у повітрі. Але, як було зазначено вище, обладнання цих ПС повноцінною системою TCAS є недоцільним із-за їх складності, вартості та особливостями технічного обслуговування.

Проблему можна вирішити установкою спрощеної портативної системи попередження зіткнень - Portable Collision Avoidance System (PCAS) типу XRX.

Оригінальна технологія PCAS була розроблена ZAON в 1999 році. У наші дні, лінійка MRX / XRX систем попередження зіткнення має в своєму складі четверте покоління технології PCAS. Завдяки цим технологіям, повітряні судна, обладнані приймально-передавальними пристроями системи вторинної інформації, виявляються в просторі, з визначенням їх дальності і висоти.

Інформація про рух приймає три форми:

- першим параметром є дальність, або наскільки далеко перебувати повітряне судно;
- другим параметром - відносне перевищення, говорить нам про те, наскільки вище або нижче нашого повітряного судна перебувалітак;
- третім параметром є напрямок на конфліктує повітряне судно.

Іншими словами, дальність, відносне перевищення, і напрямок, разом можуть вказати нам X, Y і Z координати конфліктуючого літака в тривимірному просторі навколо нас, або щодо нашого становища. Зону виявлення, яка охоплює повітряне судно в польоті, представлено на рис.1.9.

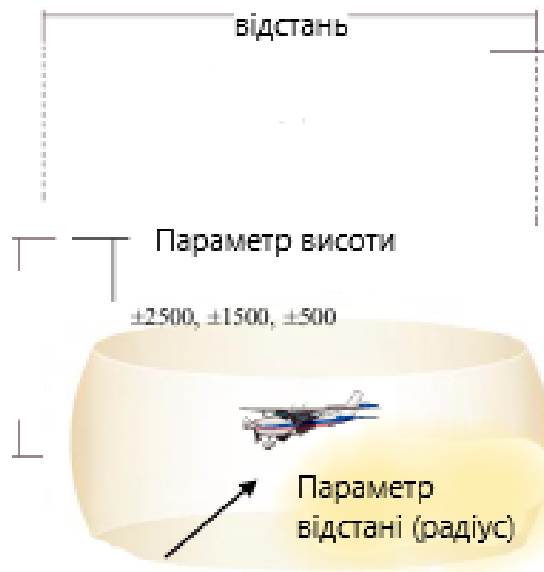


Рисунок 1.9 – Зона виявлення PCAS XR

PCAS XR подає такі можливості:

1. Огляд секторів з кроком в 45° в "3-D" форматі
2. Цифровий діапазон, що масштабується, від 1 до 6 миль
3. Відносна висота, масштабована від ± 2500 м до ± 500 футів, з зростанням / спаданням показника
4. Інформація про повітряний рух
5. Меню-орієнтований інтерфейс, з можливістю вибору типів ВС і додаткових параметрів калібрування
6. Вбудований альтиметр, вбудований компас, вбудований датчик включення, внутрішній термометр - забезпечують максимально високу точність в реальному часі.
7. Показує місцевий код відповідача, висоту, кут нахилу, азимут і температуру
8. Звукові голосові сигнали про небезпеку попереджає і рекомендаційного характеру, як з гарнітурою Direct™ підключеної в кабіні, а також RS-232 інтегрованих з іншими системами.

XRX буде відображати будь-яке повітряне судно, яке обладнане приймально-передавальними пристроями системи вторинної інформації, яке

знаходиться в межах зони виявлення. Розмір зони змінюється установками, які налаштовуються в залежності від повітряної обстановки. Обмеження обох параметрів по висоті і дальності можуть бути встановлені, не залежно один від одного.

Визначення першого параметра – дальності повітряного судна, яке конфліктує, починається з циклу запиту. Щоб почати цикл, відправляється запит від наземних радіолокаційних станцій і / або TCAS, або інших активних запитувачів систем в своєму районі знаходження. Цей сигнал відсилається на частоті 1030 МГц. Як для TCAS, цей діапазон запиту може мати радіус 40 миль або більше, відносно джерела, що відправляє запит. Діапазон роботи наземної РЛС може становити 200 миль або більше. Транспондер на будь-якому повітряному судні, що знаходиться в зоні запиту, відповідає на частоті 1090 МГц кодом відповідача (відомий як режим А (Mode A)) і кодом висоти (режим С (Mode C)). Інформація про висоту передається в закодованому форматі. Транспондери, що працюють в режимі S (Mode S), також відсилають відповідь на тій же частоті, причому кодується при передачі в режимі S інформація режиму А (Mode A) (відповідач) і інформація режиму С (Mode C) (висота). Військові повітряні судна також використовують ту ж частоту, але мають інший протокол відправки. Приємовідповідач (транспондер) нашого повітряного судна також повинен відповісти. Однак PCAS, виглядає цей сигнал і не сприймає його як повітряне засіб, що представляє загрозу. Відповідь будь-якого повітряного судна, що знаходиться в зоні виявлення XRХ (максимум 6 миль) буде отриманий. Діапазон обчислюється, код висоти декодується, і визначається кут приходу сигналу. PCAS розпізнає запити від TCAS, Skywatch і будь-яких інших "активних" систем, військових протоколів і передач в режимі S. Відстань до конфліктує повітряного судна визначається за часом між власним запитним сигналом і приходом сигналу у відповідь від іншого повітряного судна.

Визначення другого параметра - відносної висоти, повітряного судна, що конфліктує. У процесі визначення цього параметра приймає участь вбудований

висотомір PCAS. Алгоритм обчислення цього параметра відбувається наступним чином:

1. Декодер транспондера конфліктуючого повітряного судна передає його локальну (поточну) висоту, яка визначається за значенням тиску кодуючого висотоміра бортової системи повітряних сигналів.

2. XRX перехоплює і декодує цю поточну висоту.

3. XRX порівнює це з висотою, яка отримана від вбудованого барометричного висотоміра для забезпечення належного рівня точності.

4. Якщо допускається, XRX використовує висоту транспондера як точку відліку.

5. XRX надає точну інформацію про відносну висоту для відображення трафіку.

Іноді, отримання інформації про локальну висоту не можливо від транспондера повітряного судна, яке конфліктує, або на неї неможливо спиратися. Це нормально для всіх систем запобігання зіткнень і XRX автоматично забезпечує вирішення проблеми обхідним шляхом. У цих випадках відбувається наступне:

1. XRX використовує вбудований барометричний висотомір як точку відліку.

2. XRX надає точну інформацію про відносну висоту для відображення трафіку.

Портативний пристрій PCAS попередження зіткнень, який відображає інформацію про висоту, повинен швидше покладатися на вторинне джерело визначення висоти, ніж тільки на інформацію від власного транспондера.

Визначення третього параметра - напрямлення на повітряне судно, яке конфліктує, полягає в конструктивній особливості антени. В XRX застосована спеціально розроблена антена, яка використовує поєднання амплітуди сигналу фазової нейтралізації, що є єдиним шляхом для точного визначення напрямку безпосередньо зсередини пілотської кабіни. Ця решітка складається з чотирьох точно налаштованих спрямованих антенних елементів, які з'єднані з чотирма окремими супергетеродинного приймачами радіочастот. Інформація про

напрямок руху іншого повітряного судна, для адаптації змін курсу, безпосередньо зав'язана на внутрішній твердотільний компас, отже, напрямок в будь-який момент часу відображається щодо відносно нашого курсу. Ця конструкція дозволяє пристрою "чути", з якого напряму літак наближається і відобразити інформацію на екрані. Даний метод дозволяє відстежувати відразу кілька повітряних суден одночасно. Видима курсова інформація безпосередньо пов'язана з кутом, під яким система XRХ розміщена на козирку приладової дошки. Транспондери цільових повітряних судів не завжди знаходяться в режимі передачі. Тому, якщо ціль знаходиться прямо перед нами і ми розпочинаємо поворот, то прилад буде продовжувати помилково показувати, що повітряне судно все ще знаходиться прямо перед Вами, до моменту наступної передачі транспондера. Оскільки XRХ має в своєму складі вбудований компас, пристрій знає, що ми змінили свій курс і може точно перерахувати відносні позиції інших ВС. Це може бути застосовано до будь-якого повітряному судну, що знаходиться в межах дальності виявлення. Дуже важливо, щоб компас був точно відкалібрований для забезпечення загальної точності визначення курсів. Без необхідного рівня точності внутрішнього компаса, рух буде як і раніше відображатися прямо перед ЗС, до отримання наступної відповіді. З вбудованим компасом XRХ буде правильно і безперервно супроводжувати рух, постійно оновлюючи інформацію про відносне становище, навіть між відповідями транспондерів.

відображаються в даній момент часу. PCAS використовує власні алгоритми для визначення, який з двох або більше літаків представляє велику загрозу.

Застосування PCAS XRХ можливо навіть на повітряних судах, які не обладнані відповідачем вторинної радіолокації, оскільки до складу обладнання XRХ входить вбудований висотомір. Він зазвичай використовується в якості резервного джерела для визначення локальної висоти. Тому це обладнання може застосовуватися на планерах, повітряних кулях, або надлегких ЛА, які, як правило, не обладнані приймачами. Незалежно від локального приймача, XRХ

завжди зможе визначити локальну висоту, забезпечуючи точну інформацію про повітряний рух.

Інформація про виявлення руху надається екіпажу в візуальному і звуковому вигляді. При цьому проводиться градація, повітряних суден, що наближаються, за ступенем небезпеки. Оцінка виконується за наступними критеріями:

- відносне перевищення загрозового повітряного судна (інтервал вертикального ешелонування);
- вертикальний напрямок швидкості повітряного судна, що конфліктує (набір висоти або зниження з часом);
- вертикальний напрямок швидкості нашого повітряного судна;
- дальність до цілі, якщо два і більше ПС відповідають наведеним вище критеріям. В результаті для відображення виводиться інформація про три конфліктуючих повітряних судах, одне - основне (найбільш небезпечне) і два другорядних.

XRX включає в себе два методи попередження про загрозу, що насувається: голосові повідомлення через гарнітуру, гучномовець тон-генератора, і короткочасна спалах на екрані дисплея. Застосовується два рівня загроз: оповіщення і попередження про трафік.

XRX є автономною, пасивною системою. Основним блоком пристрою є прилад PCAS XRX (рис.1.10).



Рисунок 1.10 – Прилад PCAS XRX

Прилад PCAS XRX має вбудовану антену приймача запитів транспондерів інших повітряних суден, також вбудований електронний компас і висотомір. Установка приладу полягає в його розміщенні, підключення харчування і висновок аудіоканали для звукових сповіщень. Кращим місцем розміщення приладу XRX є козирок приладової дошки кабіни над панеллю приладів. Для забезпечення найкращої чутливості XRX необхідно очистити область навколо антеною решітки від будь-яких перешкод приблизно на 6", включаючи і магнітний компас, який повинен бути, принаймні, в 5" від приладу XRX для забезпечення нормальної калібрування. Це також стосується середньої стійки лобового скла, антен GPS, супутникової метеоантенни (особливо, ті що з магнітною основою). Дотримання цих правил дозволить уникнути можливих магнетичних перешкод і забезпечити належну роботу антени XRX.

Візуальна індикація про повітряну обстановку виведена на передню панель приладу PCAS XRX. Прилад має наступні органи управління і індикації (рис.1.11)

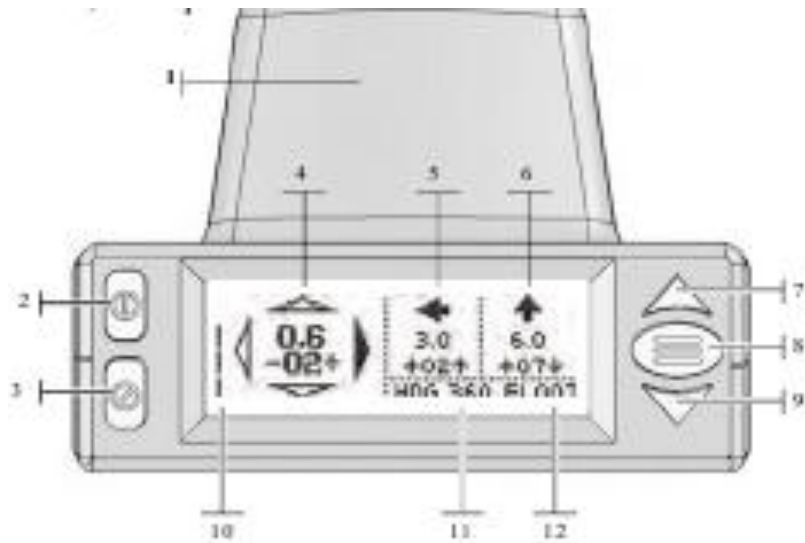


Рисунок 1.11 – Управління та індикація PCAS XRX

- 1 - Спрямована антена.
- 2 - Кнопка включення живлення.
- 3 - Кнопка відключення звуку.
- 4 - Відображення основного повітряного судна
- 5 - Індикація другорядного повітряного судна № 1.
- 6 - Індикація другорядного повітряного судна № 2.
- 7 - Кнопка «Вгору».
- 8 - Кнопка виклику меню.
- 9 - Кнопка «Вниз».
- 10- Індикатор рівня звуку.

При виявленні і оцінці небезпеки, інформація про конфліктуючих повітряних судах виводиться на екран відображення повітряної обстановки (рис.1.12).

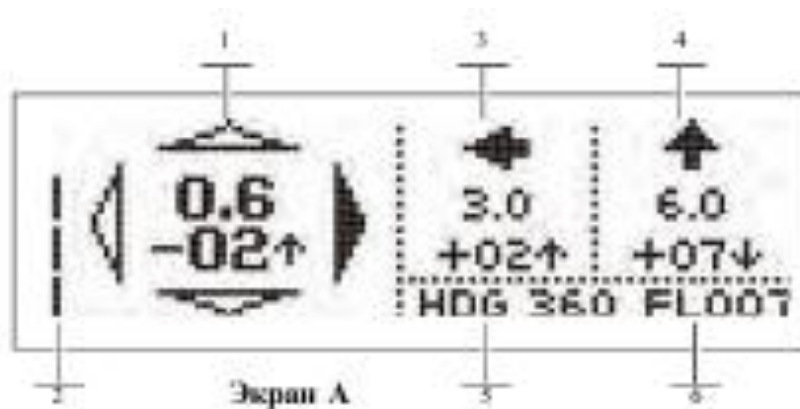


Рисунок 1.12 – Відображення інформації на приладі PCAS XRХ.

- 1 Основне повітряне судно.
- 2 Індикатор рівня звуку.
- 3 Другорядне повітряне судно № 1.
- 4 Другорядне повітряне судно № 2.
- 5 Власний курс.
- 6 Власна висота.

При відображенні інформації про основне і другорядне повітряне судно, виводяться дані, які необхідні для подання пілоту взаємного розташування цих літаків щодо власного літального апарату.

Надання інформації про рух здійснюється індикацією наступних параметрів (рис.1.13).

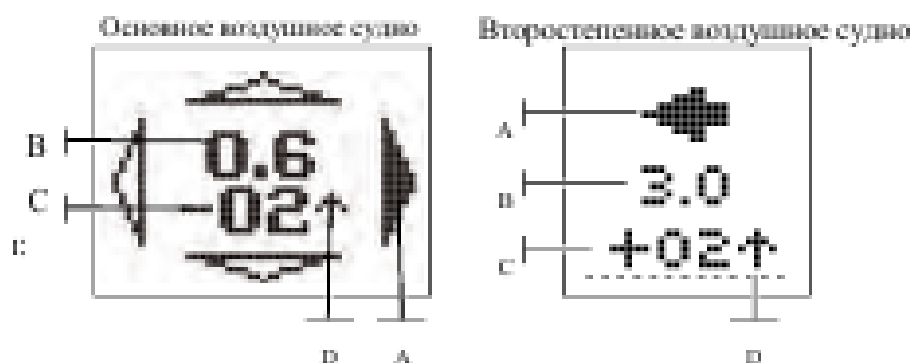


Рисунок 1.13 – Параметри інформації про рух

A - Напрямок щодо нашого курсу (визначається шкалою вбудованого компаса).

B - Відстань до повітряного судна, яке конфліктує, в морських милях.

C - Висота відносно нашої фактичної висоти ((+) - вище або (-) - нижче).

D – Рух по вертикалі висхідний (∪) або спадний (∩)

Інші моменти відображення повітряної обстановки:

- "Відсутність руху" відображається незаповненими пробілами на дисплеї як в розділах дальності і висоти, так і напрямки. Дане правило діє як для основної, так і для вторинної зони руху;

- повітряне судно, що знаходиться на тій же висоті відображається "00" в розділі відносного перевищення;

- на другорядній позиції за рівнем загрози (1 і 2), напрямок руху може відображатися тільки з кроком 90 °;

- тільки основне за рівнем загрози повітряне судно може відображатися з кроком 45 °.

Таким чином, завданням системи PCAS XRX є вчасно надати пілотові достовірну інформацію про трафік, для прийняття ним рішення щодо виправлення конфліктної ситуації.

1.5 Ергономічні проблеми сприйняття інформації від PCAS XRX пілотом.

Польоти легкомоторної авіації частіше виконуються за правилами візуального польоту, при яких пілот, отримавши інформацію про трафік, зобов'язаний встановити візуальний контакт з конфліктуючим повітряним судном, з метою уникнути небезпечного зближення і зіткнення. Часом інформації від диспетчерських служб буває не достатньо, а зорове виявлення може бути утруднено внаслідок візуальних спотворень. Візуальні спотворення можуть виникати з наступних причин:

- навіть для добре тренованого зору, невелике повітряне судно на видаленні від 1,5 до 2 кілометрів занадто мале, щоб побачити його;

- візуальні явища, такі як ефект підстильної поверхні, оптична короткозорість, і серпанок може приховати повітряне судно;

- лише порівняно невеликий "сектор" з 360 ° огляду навколо кабіни екіпажу перебуває в межах огляду пілота;

- повітряні судна вище, нижче і ззаду можуть бути заблоковані корпусом вашого повітряного судна, що ускладнює можливість їх виявлення;

- повітряні судна на вашій висоті або рівнем вище, як правило, виявляються на 200 футів нижче на кожні пів милі відстані між вами і повітряним судном. Це оптична ілюзія, яка викликана кривизною Землі (горизонтом) в поєднанні з кутом атаки вашого повітряного судна, що може привести до прийняття не вірного рішення на маневрування.

Система PCAS XRX відрізняється від інших аналогічних систем своїми низькими габаритними показниками , не високою вартістю, простотою встановлення на повітряне судно і малим обсягом робіт технічному обслуговуванню. При всій своїй простоті персональна система попередження зіткнень в повітрі XRX надає достатньо інформації пілоту для прийняття вірного рішення про маневрування для запобігання небезпечного зближення, а також скорочує час на прийняття цього рішення.

Але для якісного сприйняття пілотом інформації про повітряні суда, які конфліктують, є кілька ергономічних проблем індикації PCAS XRX:

- індикатор має малі геометричні розміри (ширина - 100 мм, висота 69 мм), що ускладнює зчитування інформації;

- індикатор має чорно-біле зображення і не високу яскравість, що ускладнює сприйняття інформації при освітленні кабіни сонцем;

- індикатор повинен розміщуватися по центру приладової дошки, на її козирке для кращого забезпечення чутливості та точності приладу, що відповідає 7 ергономічній зоні сприйняття пілота (рис.1.14);

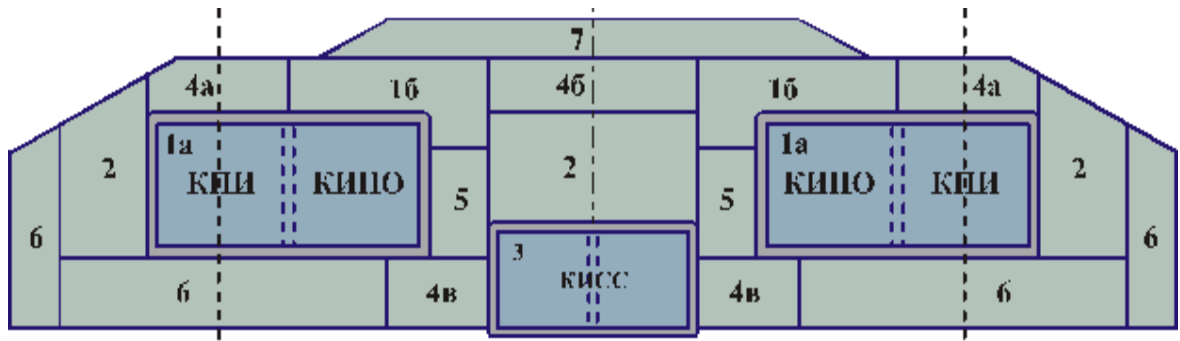


Рисунок 1.14 – Ергономічні зони сприйняття пілота на приладовій дошці

- при виникненні конфліктної ситуації пілот концентрує свою увагу на контролі власних параметрів польоту (висота, курс, швидкість) і перенесення уваги на індикатор PCAS XRХ значно збільшує час реакції.

Якщо усунути недоліки індикації, які перераховані вище, то персональна система попередження зіткнень в повітрі типу XRХ може значно підвищити безпеку польотів.

Висновки до розділу 1

В цьому розділі були розглянуті основні вимоги до характеристик і режимам БСПЗ, які відображені в документах Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО), міжнародної корпорації ARINC, Inc, радіотехнічного комітету з авіації RTCA, а також Федерального Авіаційного Агентства США (FAA). Ці вимоги також зачеплюють і вимоги до систем індикації систем попередження зіткнень.

При розгляді авіаційних подій, які скоїлися за рахунок небезпечного зближення повітряних суден у польоті, можна зробити висновки, що ці авіаційні події мають тяжкі наслідки за кількістю людських жертв, а також мають тенденцію до збільшення, за рахунок збільшення парку легкомоторної авіації.

Зробивши огляд загальних характеристик систем попередження зіткнень у повітрі TCAS II, видно, що ці системи забезпечують екіпажі повітряних суднів не тільки необхідною інформацією про взаємне положення у повітрі, але і надають рекомендаційну інформацію по усуненню конфліктної інформації. Ці системи

дозволяють значно зменшити вірогідність небезпечних зближень у повітрі. Але системи попередження зіткнень в повітрі модифікацій 7.0 і 7.1 TCAS 2000 можна мають складну апаратну частину, що позначається на високій ціні виробу, а також має глибоку інтеграцію в пілотажно-навігаційні комплекси повітряного судна, що визначає високу вартість її установки і технічного обслуговування.

При аналізі загальних характеристик спрощеної персональної системи PCAS XRX видно, що вона в змозі вчасно надати пілотові достовірну інформацію про трафік, для прийняття ним рішення щодо виправлення конфліктної ситуації і може бути застосована для цієї цілі для легкомоторних повітряних суден. Але для якісного сприйняття пілотом інформації про повітряні суда, які конфліктують, є кілька ергономічних проблем індикації. При усуненні цих проблем персональна система попередження зіткнень в повітрі типу XRX може значно скоротити час прийняття рішення пілотом та значно підвищити безпеку польотів.

РОЗДІЛ 2

ІНДИКАЦІЯ ІНФОРМАЦІЇ, ЯКА ВИДАЄТЬСЯ ПІЛОТАМ, ЗРУЧНІСТЬ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1. Способи індикації інформації

Основним способом подання інформації екіпажу є індикація за допомогою різних приладів, сигналізаторів і електронних індикаторів, які розміщують на панелях приладів в кабіні екіпажу.

Незважаючи на велику різноманітність літальних апаратів існують загальні правила розташування індикаційних пристроїв на панелях приладів відповідно до виду на дисплеї інформації.

До теперішнього часу розроблено багато різних способів індикації інформації і вибір відповідного для конкретного випадку способу часто є непростим завданням. Основні способи, їх переваги і недоліки, області застосування розглядаються в розділі.

На сучасних ЛА головним засобом індикації стали електронні індикатори. На відміну від традиційного приладу, індикують обично 1-2, максимум 5-8 параметрів, на екрані електронного індикатора можуть відтворюватись десятки параметрів і сигналів, змінюючи один одного за необхідністю. Така гнучкість, поряд з добрими ергономічними якостями, високою надійністю, ефективністю за багатьма критеріями (наприклад, по масі, габаритам, вартості, споживаної потужності) призвели до того, що в даний час електронні індикатори захопили всі головні ролі в кабіні, відтіснивши традиційні прилади й сигналізатори на периферію робочої зони в якості додаткових і резервних коштів. До авіаційним електронним індикаторами пред'являється безліч різних вимог. Щоб задовольнити їм, індикатор повинен володіти певними характеристиками. Необхідні для бортового індикатора характеристики розглядаються в розділі.

Способи індикації класифікують за рядом ознак. З точки зору безперервності індикації вона ділиться на:

- постійну;
- періодичну;
- на запит;
- за подією.

Постійна індикація здійснюється протягом усього польоту. Так індицируються пілотові основні пілотажні параметри - кути крен і тангажа, висота, швидкість.

При періодичній індикації контрольований параметр опитується і відображається засобами індикації час від часу, з певним періодом. Індикація за запитом здійснюється по команді пілота. Потрібна інформація виводиться на індикатор і залишається там до тих пір, поки не буде замінена іншою знадобилася пілотові інформацією.

Так відображається, наприклад, інформація від літакових систем гідро системи, системи електропостачання і т.д. Пілот звертається до цієї інформації тільки в тому випадку, якщо виникає така необхідність - на певних етапах польоту або при виникненні несправностей.

Індикація за подією здійснюється в тому випадку, якщо відбулося якесь подія, інформацію про який слід негайно довести до пілота, наприклад, відбулася відмова важливою системи або якщо по цифровому каналу зв'язку надійшло повідомлення диспетчера. У подібних випадках необхідна інформація відображається автоматично, індикація триває до техпор, поки вона не буде сприйнята пілотом або поки що викликало її подія не закінчиться.

За типом яку вказують інформації індикація ділиться на:

- вимірювальну;
- що прогнозує;
- задану;
- що погоджує;
- командну;
- інтегральну.

Вимірювальна інформація повідомляє про стан об'єкта в даний момент часу. Якщо цей стан контролюється за допомогою будь-якого параметра, то вимірювальна інформація являє собою миттєве значення цього параметра. Вимірювальна інформація обмежується тільки констатацією стану, залишаючи на частку пілота оцінку, узагальнення та аналіз цієї інформації. До цього типу належить вся основна індикація в кабіні.

Прогнозуюча інформація повідомляє про можливе ході польоту і стан систем в майбутньому, виходячи з ситуації, що склалася і динаміки її розвитку. Передбачення ситуації дозволяє пілоту точно і своєчасно управляти ЛА і його системами, уникнути небезпек, які ще не настали, але можуть наступити, якщо не вжити коригувальних дій. Прикладами прогнозуючої інформації можуть служити наявна дальність польоту (виходячи з залишився запасу палива), прогнозована через 5-10 с швидкість ЛА (виходячи з набраного прискорення), сигналізація про небезпеку зіткнення з іншим ЛА (виходячи з напрямку руху і швидкості як свого, так і чужого ЛА).

Задана інформація повідомляє про режими польоту або значеннях параметрів, які повинні бути досягнуті виходячи з поставленого завдання.

Наприклад, на шкалі висоти спеціальний індекс може відзначати потрібну висоту ешелону. Подібна індикація спрощує пілотування, витримування потрібного режиму польоту зводиться до поєднання індексу або стрілки, що показують вимірювальну інформацію, з індексом заданого значення.

Індикація погоджуючої інформації дозволяє забезпечити високий ступінь спрощення управління об'єктом. Замість двох значень - вимірюваного і заданого - індіцирується величина їх неузгодженості, тобто величина відхилення контрольованого параметра від заданого. Подібна індикація використовується, наприклад, під час посадки для подання відхилення ЛА від глісади.

Командна (директорной) інформація об'єднує кілька параметрів в одному. Зіставлення показань за окремими параметрами в цьому випадку не потрібно, пілот повинен лише виконувати яку вказують команду. Пілот як би перестає управляти ЛА і управляє лише стрілкою на індикаторі. На сучасних ЛА в

діректорній режимі управління пілот керується показаннями двох взаємно перпендикулярних планок на екрані. Система автоматичного управління розраховує необхідні маневри, які дозволять утримувати ЛА на заданій траєкторії польоту, система індикації показує за допомогою планок, в якому напрямку потрібно коригувальну дію, а завданням пілота є зведення планок в суворе перехресті у вихідній точці екрану. Командна інформація відрізняється від заданої і согласуючої. Утримуючи командні планки на нулі, пілот може і не перебувати на заданій траєкторії: показання планок свідчать лише про те, що він правильно на неї виходить.

Інтегральна інформація об'єднує групу вимірювальних параметрів з метою створення єдиної узагальненої картини, безпосередньо інформує пілота про режим польоту. Прикладом такого параметра може служити вектор повної енергії - величина, яку неможливо безпосередньо виміряти, але за допомогою якої можна пілотувати ЛА.

За ступенем деталізації інформації індикація ділиться на:

- кількісну,
- якісну,
- статусну.

Кількісна індикація передає інформацію про величину контрольованого параметра. Інформація подається в цифровій формі або на шкалі.

Якісна індикація нічого не говорить про абсолютну або відносну величину параметра, а показує напрямок його зміни і близькість до пороговим значенням.

Статусна індикація передає інформацію про об'єкт по типу «так / ні»: працює - не працює, включений - вимкнений і т.п.

Стосовно властивостей зображення до властивостей об'єкта розрізняють образотворчу і абстрактну індикацію. *Образотворча індикація* дозволяє встановити зв'язок між властивостями об'єкта або процесу і його зображенням. Прикладом може служити рух індексу, який зображує ЛА, по карті місцевості.

Образотворча індикація легко сприймається пілотом, проте висока ступінь образотворчості сама по собі не є гарантією успішної передачі інформації, так як

візуальне сприйняття польоту не забезпечує повного отримання даних, необхідних для пілотування ЛА.

У ряді випадків набагато простіше користуватися приладом, до якого внесено спрощення та умовності в порівнянні з видимою картиною польоту. Крім того, зображення тривимірної картини навколишнього простору поки технічно неможливо, а невдала спроба перекладу її на двомірний індикатор призводить до спотвореного сприйняття і чревата небезпеками.

Абстрактна індикація позбавлена подібної аналогії між зображенням і об'єктом, вона передає інформацію в абстрактній формі.

Три основних види абстрактної індикації - шкальна, знакова і графічна.

При *шкальній індикації* значення параметра відзначається на шкалі будь-яким покажчиком - стрілкою, індексом, стрічкою.

При *знаковою індикації* для передачі інформації використовується деякий алфавіт знаків - цифри, букви, абстрактні фігури, умовні символи, піктограми. *Графічна індикація* зображує об'єкти і їх зв'язку графічно, при цьому на відміну від образотворчої індикації властивості об'єктів і процесів тут не відтворюються. Інформація передається пілоту в формі своєрідного просторового коду. Разом з тим спосіб сприйняття просторового коду має багато спільного зі сприйняттям зображення: переробивши цю інформацію, людина оперує просторовими образами. При цьому з'являється можливість вирішувати складні математичні і логічні задачі на рівні образного мислення.

До графічної індикації відносяться схеми, графіки, діаграми, гістограми, блок-схеми, мнемосхеми. З усіх перерахованих видів графічної індикації в авіаційному застосуванні набули поширення тільки мнемосхеми. Мнемосхеми дозволяють спростити контроль і управління літаковими системами, тому використовуються, в основному, для цього. [9]

2.2 Кодування інформації

У разі застосування абстрактної індикації виникає проблема оптимального кодування інформації. По суті вся абстрактна індикація є код, знання якої необхідно для розуміння переданої з її допомогою інформації. Тому сприйняття

такої інформації складається з двох етапів - виявлення / розпізнавання і декодування, тобто усвідомлення її сенсу. У ряді випадків і при образотворчій індикації використовуються окремі абстрактні символи, а значить теж присутній кодування.

Під кодуванням будемо розуміти перетворення переданої пілотові інформації в візуальну форму, зручну для швидкого і надійного сприйняття, яка потребує при цьому значних розумових зусиль. Для кодування використовують набори простих зображень - цифри, букви, знаки, геометричні фігури, лінії. Рис.2.1.

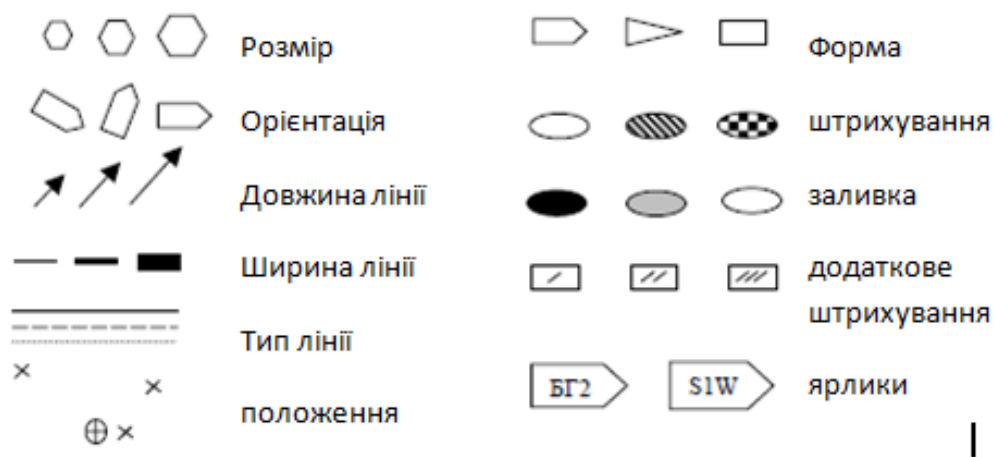


Рисунок 2.1 – Способи кодування інформації

Додаткова інформація може передаватися шляхом зміни атрибутів цих первинних зображень - їх яскравості, кольору, розміру, орієнтації і положення на екрані, форми, штрихування, заливки, типу ліній, довжини і ширини ліній, частоти миготіння.

З цією ж метою до складу первинних зображень включають додаткові елементи - ярлики (позначення), штрихи і т.п.

Використовувані для кодування атрибути зображення характеризуються кількістю градацій, тобто кількістю рівнів, можливих для даного атрибута.

Проблема оптимального кодування полягає перш за все в правильному виборі: 1) способу кодування інформації, 2) довжини алфавіту знаків 3) кількості градацій образотворчих атрибутів.

Вибір цих характеристик коду визначається характером розв'язуваної задачі: та характеристика, яка ефективна при вирішенні однієї задачі, може бути неефективна при вирішенні іншої.

У більшості випадків надання зображенню деяких рис подібності з об'єктом дозволяє підвищити швидкість і точність розрізнення і впізнання.

Потрібно також враховувати звичні асоціації людини, його життєвий і професійний досвід.

Найчастіше розміри відображуваного символу або його яскравість добре асоціюються з розмірами об'єкта або його важливістю. Розмір символу використовують для передачі інформації в тому випадку, якщо щільність інформації на екрані невелика. При цьому сусідні розміри повинні відрізнятися не менш, ніж в півтора рази.

Просторова орієнтація символу може бути використана для передачі напрямки руху. Однак слід враховувати, що сприйняття орієнтації зображення залежить від нахилу голови, положення тіла, що діють на людину прискорень. Тому на екрані слід показувати опорна напрямки і орієнтувати зображення щодо вертикальної або горизонтальної осі екрану.

Для залучення уваги добре підходить частота миготіння символу.

По можливості слід використовувати тільки два стани символу: блимає не блимає, хоча якщо інформація відображається в центральній частині поля зору, людина вільно розрізняє до 4 різних частот миготіння. Частоту миготіння слід вибирати в діапазоні 1-5 Гц зі шпаруватістю 2 (в кожному циклі половину часу символ відображається, половину - ні). Текст повинен блимати з частотою не більше 2 Гц, при цьому в кожному циклі 70% часу він повинен відтворюватись, а 30% - відсутні. У всіх випадках потрібно передбачати можливість відключити миготіння, а де можливо - синхронізувати все миготливі елементи зображень в кабіні для виключення стробоскопічного ефекту руху.

Для поліпшення розпізнавання символів, збільшення ймовірності безпомилкового зчитування інформації та зменшення часу зчитування доцільно кодування різних елементів зображення кольором. Колір дозволяє розрізнити символи навіть в разі,

якщо яскравість символів і фону однакова, але різний їх колір. Колір ефективно розділяє символи в тих випадках, коли вони не можуть бути розділені просторово. Колір дозволяє скоротити час пошуку. Результати проведених досліджень показують, наприклад, що при індикації повітряної обстановки колір допомагає ідентифікувати можливі загрози швидше і з меншою кількістю помилок. Кожен з квітів має своє емоційне забарвлення. Так, червоний колір означає небезпеку, помаранчевий - попередження, жовтий - увага, зелений - спокій.

При виборі кольору необхідно враховувати, що для безпомилкового розпізнавання кольірних сигналів між ними має бути певна кількість кольірних порогів, а кількість одночасно використовуваних квітів не повинно перевищувати 5, включаючи і білий колір. Слід також враховувати наступні обмеження, властиві сприйняттю кольору у людини.

1) Колір покращує характеристики системи індикації тільки в тому випадку, якщо кут огляду відповідає зоні кольорового сприйняття очі - в межах тілесного кута 30-40 ° щодо лінії візування очі.

2) Колір є ефективним засобом залучення уваги (сигналізації), але тільки при низькій освітленості. В умовах великої освітленості додатково до кольору слід використовувати інші методи залучення уваги: переміщення символу; зміна форми, наприклад, окреслення рамки навколо поточного значення параметра; короткочасне мигання символів (до 10 с).

3) При втоми очей знижується гострота зору до червоного кольору і зменшується розрізнення зеленого і синього кольорів. Тому символи, що позначають критичні параметри або події, повинні відрізнятися від нормальних символів крім кольору ще якимось відмітною ознакою (розміром, формою, розташуванням і т.п.).

При кодуванні важливої інформації слід використовувати більше одного атрибута (наприклад, колір, розмір і форму одночасно).

Довжина алфавіту знаків і кількість градацій образотворчих атрибутів не повинні бути занадто великими, інакше при декодуванні інформації, що передається виникають помилки. У разі використання буквено-цифрових знаків довжина

алфавіту не повинна перевищувати 50, при використанні абстрактних знаків їх повинно бути не більше 8-16.

Найбільше знаків людина здатна розрізнати, якщо в основі їх побудови лежать деякі асоціативні ознаки. Тоді алфавіт може досягати декількох сотень знаків.

Рекомендована кількість градацій для різних атрибутів зображень наведено в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Число градацій для різних атрибутів зображень

<i>Атрибут зображення</i>	<i>Число градацій</i>
колір	3-10
розмір	3
орієнтація	4-8
яскравість	2-4
контраст	2-8
частота миготіння	2-4
тип лінії	3-8
довжина ліній	2-4
ширина ліній	2-3
лінійне розташування	3-5
двомірне розташування	4-9

2.3. Характеристики індикаторів

Бортові індикатори, що розміщуються на приладовій дошці в кабіні екіпажу, характеризуються рядом параметрів - геометричних, світлотехнічних, масогабаритних та інших. До основних характеристик відносяться:

- форма і розмір екрану, а в разі прямокутного екрану - співвідношення його сторін (aspectratio);
- допустимі кути огляду;
- роздільна здатність;
- форма і склад пікселя;
- яскравість зображення, рівномірність яскравості по площі екрану, можливості по регулюванню яскравості;
- контрастність зображення;
- колірні можливості;
- коефіцієнти відображення екрану;

- частота регенерації зображення;
- точність відтворення зображення, геометричні спотворення;
- використовується електроживлення, споживана потужність;
- маса і габарити;
- напрацювання на відмову.

Крім перерахованих характеристик індикатори розрізняються своїми можливостями, в першу чергу:

- наявністю вбудованого обчислювача - генератора символів;
- здатністю показувати відеозображення від зовнішнього джерела і можливістю накладання на це зображення іншої інформації. [9]

2.4 Форма і розмір екрану.

Існуючі бортові індикатори мають екран квадратної або прямокутної форми. Така форма викликана як технологічними обмеженнями використовуваних плоскопанельних технологій, так і міркуваннями зручності компоновання індикаторів на приладовій дошці.

Квадратна форма екрану, тобто співвідношення сторін (горизонталі до вертикалі) 1: 1, більш краща для індикації карти та іншої інформації в обмеженому просторі приладової дошки. Більшість бортових екранних індикаторів перших поколінь мало квадратний екран, цей формат був затверджений і авіаційними стандартами. Однак останнім часом на перший план вийшли міркування вартості і ситуація змінилася.

У зв'язку з тим, що розробка елементної бази індикації спеціально для авіації надто дорога і при малих потребах цього сегмента ринку не окупається, розробники індикаторів зорієнтовані на застосування модифікованих або зміцнених комерційних індикаційних панелей, які використовуються в дисплеях переносних комп'ютерів і мають формат 4: 3. Тому в даний час неформальним стандартом для авіаційних індикаторів стало співвідношення сторін екрану 4: 3. У індикаторів малого і середнього розміру частіше використовується портретне розташування екрану, при якому більш довга сторона розташовується вертикально (формат 3: 4), у індикаторів великого

розміру - ландшафтне, при якому довга сторона розташовується горизонтально (формат 4: 3). Деякі індикатори показують відеозображення в телевізійному форматі 4: 3, а символи малюють в форматі 1: 1.

Розмір екрану бортових електронних індикаторів з моменту їх появи на борту повільно, але постійно зростає. Спочатку встановлювалися індикатори з екранами невеликого розміру - 100x100 мм або 125x125 мм. На сучасних ЛА основні індикатори мають екран розміру 150x200 мм чи 200x200 мм. І з вдосконаленням технології розміри екранів індикаторів продовжують збільшуватися. Сьогодні на новітніх військових ігражданських ЛА можна бачити індикатори з діагоналлю екрана 12 "-14" (250-350 мм). Аналогічна тенденція спостерігається і в комерційних дисплеях: з моменту появи в 1988 р і до 2000 р розмір діагоналі рідкокристалічних індикаторів з активною матрицею збільшився з 3 до 30 дюймів.

2.5 Кути огляду.

Екран індикатора може спостерігатися під різними кутами, при цьому якість зображення може змінюватися. Зазвичай з відхиленням спостерігача від центру екрану в сторону якість зображення погіршується.

Кути огляду індикатора - це кути, під якими зображення має прийнятну якість. Їх вимірюють від нормалі до центру екрану, а якість характеризують мінімально-допустимим контрастом зображення. Зазвичай діапазони кутів огляду вказують в двох напрямках: по горизонталі і по вертикалі.

Для деяких технологій індикації, наприклад для електронно-променевої трубки, кути огляду не є критичним фактором. Що стосується рідкокристалічних індикаторів, які повсюдно використовуються в кабінах сучасних літаків, у них кути огляду обмежені.

Рідкокристалічний (РК) матеріал володіє подвійним променезаломленням, тому він перетворює лінійно поляризоване світло, що падає на поляризатор під номінальним кутом, в еліптично поляризоване світло, що відхиляється від первинного напрямку. Так як світло еліптично поляризоване, лінійний поляризатор на передній панелі індикатора направляє частину падаючого на нього

світла в сторону. Виникають витоку світла від лампи підсвітки в напрямках, що відрізняються від перпендикуляра до площини екрану, причому зі збільшенням кута відхилення витоку збільшуються і, як наслідок, зменшується контраст зображення, погіршуються яскравість і хроматична.

В кабіні винищувача, де пілот, як правило, один і сидить близько до приладовій дошці, вимоги до кутів огляду невисокі. Наприклад, на F-22A, виходячи з положень, які може займати голова пілота і з урахуванням антропометричних характеристик пілотів, пред'явлені кіндікаторам вимоги по кутах огляду виявилися дуже скромними: $\pm 25^\circ$ по горизонталі і $\pm 10^\circ$ по вертикалі, тобто діапазон кутів огляду становить всього 50° по горизонталі і 20° по вертикалі. У великих кабінах транспортних пасажирських літаків вимоги до кутів огляду вище. Орієнтовно можна вважати, що діапазон кутів огляду повинен бути:

- не менше 30° по горизонталі ($\pm 15^\circ$) і не менше 30° по вертикалі - в кабіні з одним пілотом, 120° по горизонталі і 60° по вертикалі - в кабінах з двома пілотами.

Сучасні РКІ легко перебивають ці вимоги. Комерційні дисплеї забезпечують діапазон кутів огляду 140° - 170° як по горизонталі, так і по вертикалі. У авіаційних індикаторів успіхи скромніші, але кращі з них забезпечують діапазон 120° - 130° по горизонталі і 90° - 120° по вертикалі.

Кути огляду залежать від режиму роботи РК панелі. Нормально чорні ЖК панелі мають кращі кути огляду в порівнянні з нормально білими.

Роздільна здатність і інформаційна ємність. Роздільна здатність характеризує здатність індикатора показувати дрібні деталі зображення.

Залежно від прийнятого способу побудови зображення роздільну здатність можна оцінити по мінімальній товщині лінії, до якої здатний показати індикатор, або за мінімально можливою для даного індикатора діаметру точки на екрані. Для індикаторів з растровим способом побудови зображення така елементарна точка називається пікселем. Піксель може перебувати в двох станах - світитися і темном. Для дисплеїв комп'ютерів і для телевізорів роздільну здатність часто оцінюють,

виходячи з лінійного розміру пікселя або товщини лінії. При цьому її висловлюють кількома способами:

- а) безпосередньо лінійним розміром в мм;
- б) щільністю пікселів / ліній - їх кількістю на одиницю довжини (1 сміли 1 дюйм);
- в) питомою кількістю пікселів, тобто кількістю пікселів на одиницю площі екрану (1 см² або 1 кв.дюйм);
- г) загальною кількістю пікселів по горизонталі H і по вертикалі V екрану у вигляді $H \times V$ (наприклад, 1024x768) або посиланням на стандартне комерційне дозвіл екрану VGA, HVDT итд;
- д) числом ліній розгортки по вертикалі.

Такі способи оцінки роздільної здатності дозволяють порівнювати індикатори між собою, однак вказівка одного тільки лінійного розміру пікселя / лінії або похідних від нього характеристик нічого не говорить проте, чи здатна людина розрізнити цю окрему точку / лінію і отже наскільки хороший цей індикатор: необхідно ще знати, на якій відстані знаходиться екран від спостерігача. Тому в загальному випадку розмір точки або товщину лінії було б логічніше висловлювати через кут, який він обіймає цією точкою / лінією в полі зору спостерігача, і виміряти в кутових одиницях - частках радіана або градуси. В окремому випадку дисплеїв комп'ютерів роздільну здатність можна звести до лінійних розмірів, так як положення екрану щодо спостерігача вважається фіксованим і відомим. Дійсно, в тому випадку, коли прямо перед людиною-оператором знаходиться тільки один екран, кутовий розмір пікселя в центрі і в кутку екрану відрізняється незначно. Наприклад, при відстані оператора в 40 см від екрану 15 "дисплея SXGA (1024x768) кутовий розмір точок в центрі екрану і на краях відрізняється на 9% і цим можна знехтувати. В кабіні екіпажу, де пілот користується різними індикаторами, рознесеними по площі приладової дошки (а в кабінах з двома пілотами, вони можуть використовувати ще і індикатори на середній приладовій дошці), різниця в кутових розмірах точок на індикаторах може бути вельми істотною.

Таблиця 2.2 – Стандарти роздільної здатності

Стандарти роздільної здатності		
Стандарт розширення	Формат зображення	Розширення, HxV
QVGA	4:3	320x240
VGA	4:3	640x480
SVGA	4:3	800x600
XGA	4:3	1024x768
SXGA	5:4	1280x1024
UXGA	4:3	1600x1200
SDTV	4:3 або 16:9	704x480
HDTV	16:9	1920x1080
	16:9	1280x720

При збільшенні роздільної здатності індикатора поліпшується якість сприйняття зображення. Вважається хорошою роздільна здатність близька до роздільної здатності ока - 1 '. Хоча зору вважається таку роздільну здатність тільки в обмеженій зоні огляду, це не означає, що за межами цієї зони вимоги до роздільної здатності індикатора можуть бути знижені: по-перше, при передачі рухомих зображень і периферійний зір чутливо до надання дозволу, по-друге, очей дуже швидко може переміщатися в межах широкого діапазону кутів огляду. Мінімальна роздільна здатність, при якій індикатор ще можна вважати прийнятним для бортового застосування - 100 кутових секунд.

Оцінити кутовий розмір зображення α , створюваний на сітківці одним пікселем індикатора можна за формулою:

$$\alpha = \arctan \frac{S}{D} \quad (2.1)$$

де S - лінійний розмір пікселя, D - відстань від очей пілота до екрану.

Виходячи з формули 2.1, при типовому для кабіни екіпажу відстані допріборної дошки $D = 750$ мм розмір пікселя, еквівалентний розрешаючій здатності очі $1'$, дорівнює $0,21$ мм, звідси щільність пікселів повинна бути не менше 47 на 1 см. Це означає, що, наприклад, індикатор розміром 6 "x 8 " повинен мати роздільну здатність не гірше 768×1024 , а індикатор 9 "x 12 " - не гірше 1050×1400 .

У перших промислових РК індикаторів в 1988 р щільність була нарівні 30 піксель / см, зараз стандартної вважається 47 піксель / см.

В авіаційних ЖК індикаторах щільність зараз становить $30-50$ піксель / см.

Проведені дослідження показують, що для досягнення оптимальної роздільної здатності в бортових індикаторах буде потрібно щільність $63-67$ піксель / см (для індикатора 9 "x 12 " це відповідає роздільній здатності 1500×2000).

У перспективних індикаторах, що показують рухливі і складні зображення, наприклад, «тунель в небі» буде потрібно щільність близько 80 піксель / см.

У тривимірних ауто стереоскопічних дисплеях, поява яких на борту очікується вбол віддаленій перспективі, для того, щоб зберегти розрешаючу здатність, горизонтальну щільність пікселів потрібно буде збільшити вдвічі.

Роздільна здатність визначає не тільки можливу якість зображення, вона є мірою інформаційної ємності екрану: при рівній площі екрану індикатор з більшою роздільною здатністю може розмістити на екрані більше інформації. По суті піксель є аналогом інформаційного біта і чим більше таких одиниць зображення включає екран, тим більше його інформаційна ємність.

Тому інформаційну ємність I можна визначити як загальна кількість пікселів екрану:

$$I = H \times V \quad (2.2)$$

де H і V - роздільна здатність, відповідно, по горизонталі і вертикалі. Інформаційна ємність виражається в мільйонах пікселів -мегапікселях.

У комп'ютерній промисловості РК дисплеї протягом 13 років існування безперервно нарощували свою інформаційну ємність: от 0,03 Мпксел (VGA) до 1,3 Мп (SXGA). Телебачення високої чіткості вимагає роздільної здатності 1920x1080 (2 Мпксел). Сейчасдоступни монітори з роздільною здатністю 2000x2000 (4 Мпксел), а 22" кольоровий РК монітор фірми IBM має інформаційну ємність 9,2 Мпкселя. Авіаційні індикатори повторюють шлях промислових дисплеїв. Зараз їх інформаційна ємність становить від 0,3-0,4 Мпксел (серійно випускаються індикатори розробки 5-7-річної давності) до 1,3-1,4 Мпксел (нові індикатори з великим екраном).

За прогнозами інформаційна ємність основних індикаторів в майбутньому складе близько 5М пікселів, інші індикатори на приладовій дошці матимуть інформаційну ємність 1-2 Мпксел.

Індикатори, про які йшла мова вище, представляють інформацію у вигляді двовимірних зображень. Людське зорове сприйняття є тривимірним і з урахуванням третього виміру зорова система людини має інформаційну ємністю 1000 Мпкселей (1 гігапкселя). Індикатори, що представляють тривимірні зображення, вже з'являються, але для авіаційного застосування вони поки не придатні.

Структура пікселя. У монохромних індикаторах піксель є найменшої структурною одиницею зображення і власною структурою необладає. У кольорових індикаторів розрізняють кольоровий піксель і підсвічений.

Кольоровий піксель складається як мінімум з 3 субпкселей червоного, синього і зеленого кольорів, які разом створюють потрібний колір. У бортових індикаторах до складу кольорового пікселя іноді додають четвертий підсвічений зеленого кольору, що дозволяє показувати монохромне зелене зображення від сенсорів (оптико-локаційної станції, радіолокатора) свдвое більшою роздільною здатністю, так як кількість керованих зелених точок на екрані виявляється вдвічі більшим.

Субпкселі можуть розташовуватися у вигляді вертикальної або горизонтальної смужки (stripe), трикутника (deltatriad) або квадрата (quad). Ісследования фірми Honeywell показали, що форма трикутника є оптимальною для індикаторів,

призначених для пасажирських магістральних літаків. Для військових ЛА, у яких потрібно індикація зображень від сенсорів, краще структура quadRGBG (RGGB), тобто. квадрат з одним червоним, одним синім і двома зеленими субпикселів.

Структура пікселя має значення при обмеженою роздільної здатності. У міру її збільшення важливість розташування субпикселів зменшується. [9]

2.6 Яскравість.

Яскравість є основною характеристикою світла. Великою яскравості визначається величина нервових імпульсів, що виникають в сітківці ока. Джерело світла або освітлений предмет буде тим краще видно, ніж велику силу світла випромінює кожен елемент поверхні в напрямку ока. Яскравість елемента індикації визначається як відношення сили світла, що випускається в напрямку оператора до площі світиться знака

$$B = \frac{J}{S \times \cos \beta} \quad (2.3)$$

де J - сила світла, тобто світловий потік, що випромінюється на одиницю тілесного кута;

S - площа світиться поверхні; β - кут між площиною екрану і напрямком на спостерігача. Яскравість вимірюється в канделах на квадратний метр.

У загальному випадку яскравість предмета визначається двома складовими яскравістю випромінювання і яскравістю за рахунок зовнішнього засвічення (яскравістю відображення):

$$B = B_{\text{випр}} + B_{\text{відобр}} \quad (2.4)$$

Яскравість випромінювання визначається потужністю джерела світла і його светоотдачей. Яскравість відображення визначається рівнем освітленості даної поверхні і її відбивають властивостями:

$$B_{\text{відобр}} = \frac{E \times \rho}{\pi} \quad (2.5)$$

де E - освітленість поверхні;

ρ - коефіцієнт відбиття поверхні, π - константа (3,14).

Індикатор повинен забезпечувати яскравість, що дозволяє надійно зчитувати з його екрану інформацію під будь-яких умов застосування. Необхідна яскравість зображення визначається, в основному, рівнем освітленості екрану: зі збільшенням освітленості зображення стає гірше помітним, «розпливається». Для моніторів комп'ютерів, які експлуатуються при низькій освітленості (на землі, затінене приміщення) норма яркості становить 25-65 кд / м², для розрізнення найдрібніших деталей потрібно не менше 100 кд / м², для впізнання рухомих зображень - не менше 300 кд / м². До авіаційних індикаторами пред'являються значно вищі вимоги по яскравості, так як освітленість збільшується зі збільшенням висоти над поверхнею землі. Для пасажирських літаків освітленість в площині приладової дошки в зоні прямого попадання сонячних променів може досягати величини 70000-78000 лк, проте такий рівень освітленості в процесі тривалого польоту досить рідкісне явище і становить 2-5% від загального часу польоту. У той же час освітленість в площині приладової дошки в межах 30000-50000 лк при польотах літака на висотах до 15000 м зустрічається досить часто. На військових літаках, що мають прозорий ліхтар і літають на великих висотах, освітленість в кабіні може досягати 100000 лк. Так як на дисплеї інформація життєво важлива, індикатор повинен бути розрахований на граничний для даного класу ЛА рівень освітленості.

Для індикаторів з великим екраном, в яких в основному використовуються комерційні ЖК панелі, досягнення зазначеного рівня яскравості проблематично. Максимальна яскравість комерційних панелей - 300 кд / м².

Характеристики яскравості бортового індикатора повинні враховувати не тільки можливий рівень освітленості в площині приладової дошки, нотакоже і ту обставину, що пілот постійно переводить погляд изза кабінного простору на індикатор і назад. Якщо сонце б'є йому в глаза, то для розрізнення інформації на екрані після переведення погляду в кабіну потрібно акомодация очей. Щоб

скоротити час акомодациі індикатор повинен забезпечувати дуже високу яскравість. Дослідження на землі в приміщенні з природним освітленням показали, що при переводі погляду, що сфокусований в нескінченність, на екран індикатора, в залежності від часу пере акомодациі від яскравості зображення має сходинку: при яскравості більше $750 \text{ кд} / \text{м}^2$ помітного скорочення часу акомодациі не спостерігається. Таким чином, якби робота оператора вимагала постійного переведення погляду за вікно і назад на індикатор, то на землі такої яскравості було б достатньо. Для умов авіаційного застосування подібні дослідження також проводяться, відомі попередні результати, згідно з якими мінімальний час акомодациі спостерігається при яскравості індикатора порядку $1200\text{-}1370 \text{ кд} / \text{м}^2$.

Вночі рівень яскравості індикатора повинен бути зовсім іншим, зазвичай потрібно $0,35 \text{ кд} / \text{м}^2$, якщо не використовуються окуляри нічного бачення і $1 \text{ кд} / \text{м}^2$, якщо використовуються. Бажано мінімальна межа яскравості на рівні $0,1 \text{ кд} / \text{м}^2$.

Так як в поле зору оператора можуть потрапляти предмети з різною яскравістю, то в інженерній психології вводиться поняття адаптуючий яскравості. Під нею розуміють ту яскравість, на яку адаптований (налаштований) вданий момент часу зоровий аналізатор. Наближено можна вважати, що для зображень з прямим контрастом адаптує яскравість дорівнює яскравості фону, а для зображення зі зворотним контрастом - яскравості предмета.

Найкращі умови для роботи будуть при рівнях адаптуючей яскравості, що лежить в межах від декількох десятків до декількох сотень $\text{кд} / \text{м}^2$. Сигнали з більшою яскравістю можуть спричинити стан очей засліпленість. Сліпуча яскравість зображень визначається розміром світиться поверхні об'єкта, що спостерігається, яскравістю сигналу і рівнем адаптації ока [5].

Для створення оптимальних умов зорового сприйняття необхідно не тільки забезпечити необхідну яскравість і контраст сигналів, але також і рівномірність розподілу яркостей в поле зору, щоб сприйняття інформації не вимагало постійної переадаптації очей. Рівномірність яскравості визначається як відношення мінімальної яскравості світних елементів до максимальної, по всьому полю

індикатора вона повинна бути не менш 1 : 3. Якщо зміна яскравості по площі екрану на 50-100% цілком прийнятно, то різкі перепади яскравості вже в 5% помітні оком і не повинні мати місця. Тому іноді задають рівномірність яскравості окремо на великій і на малій площі.

Сучасні плоскопанельні індикатори (рідкокристалічні та інші) в більшості випадків не є аналоговими: їх яскравість може змінюватися тільки дискретно, тобто з певним кроком. Діапазон регулювання цих індикаторів характеризують числом цих ступенів, яке має зовсім інший зміст, ніж для аналогових індикаторів, так як ступені відрізняються між собою не в 2 раз, а в зовсім іншому, обраному розробником, співвідношенні. Крім числа ступенів регулювання яскравості характеризується законом регулювання - лінійним, логарифмічним або іншим. При лінійному законі регулювання яркості кількість ступенів вказують у вигляді відношення, наприклад, 9600: 1, що при максимальній яскравості 700 кд / м² означає, що мінімальний крок зміни яскравості і мінімальне значення яскравості складають $0,079600700 = \text{кд} / \text{м}^2$. Для сучасного авіаційного індикатора мінімально прийнятним вважається діапазон регулювання яскравості 4000: 1, від 685 кд / м² до 0,17 кд / м². Для РКІ з урахуванням впливу на лампу підсвітки температури і старення бажано мати набагато більш широкий діапазон регулювання. У багатьох сучасних РКІ забезпечується діапазон регулювання 10000: 1, 20000: 1 і навіть 30000: 1.

Регулювання яскравості може проводитися як вручну пілотом, так і автоматично самим індикатором. Автоматичне регулювання дозволяє підтримувати необхідний контраст зображення при зміні зовнішньої освітленості. Для цього індикатор повинен мати датчик освітленості. Автоматичне регулювання характеризується діапазоном регулювання (зазвичай від 100 до 100000 лк), часом відгуку і законом регулювання. [9]

У перспективних індикаторах очікується діапазон яскравості:

- для пасажирських ЛА від 3,4 до 750 кд / м²;
- для військових літаків від 0,1 до 1200 кд / м².

Діапазон регулювання яскравості повинен зрости до 40000: 1.

2.7 Контраст.

Видимість предметів визначається також контрастом їх по відношенню до тла. Контраст характеризує якість відтворення на індикаторі інформації і впливає на час сприйняття оператором індикації, швидкість зчитування і точність впізнання, що має велике значення в умовах дефіциту часу, який відведений пілотові на огляд індикатора.

Розрізняють контраст яскравості і контраст кольору. Контраст яскравості характеризує розрізнення предмета на тлі з точки зору співвідношення їх яскравостей, контраст кольору - з точки зору співвідношення їх кольорів.

Є два види контрасту яскравості, прямий (предмет темніше фону) і зворотній (предмет яскравіше фону). Робота при прямому контрасті є більш сприятливою, ніж робота при зворотному контрасті.

Кількісно величина контрасту яскравості оцінюється як відношення різниці в яскравості предмета і фону до більшої яскравості:

$$K = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{B_{\max}} \quad (2.6)$$

При прямому контрасті B_{\max} - яскравість фону, B_{\min} - яскравість символу; При зворотному контрасті B_{\max} - яскравість символу, B_{\min} - яскравість фону.

Контраст може виражатися у відносних одиницях або відсотках.

Контраст до 0,2 розглядається як малий, 0,2-0,5 - як середній і більше 0,5 - як високий. Оптимальна величина контрасту вважається рівною 0,6-0,95.

Мінімальне значення яскравості контрасту, при якому око розрізняє об'єкт (поріг контрастної чутливості), дорівнює 0,02-0,03 в разі, коли точно відомо напрямок на об'єкт, і 0,07-0,09 при нефіксованому спостереженні.

Великий вплив на умови видимості предметів надає величина зовнішньої освітленості. Однак цей вплив буде різним при роботі оператора з зображеннями, що мають прямий і зворотний контраст.

Збільшення освітленості при прямому контрасті призводить до поліпшення умов видимості (величина контрасту збільшується). При зворотному контрасті

відбитий від екрану індикатора світло додається до світла, що випромінюється, при цьому видимість символів погіршується (величина контрасту зменшується). Забезпечення необхідної величини контрасту є тільки необхідним, але ще недостатньою умовою нормальної видимості предметів. Потрібно знати також, як цей контраст сприймається в даних умовах. Для його оцінки вводиться поняття граничного контрасту, який дорівнює:

$$K_{\text{пор}} = \frac{dV_{\text{пор}}}{V_{\text{ф}}} \quad (2.7)$$

де $dV_{\text{пор}}$ - порогова різниця яскравості, тобто мінімальна різниця яркості предмету і фону, вперше розрізняєма оком, $V_{\text{ф}}$ - яскравість фону.

Для нормальної видимості величина контрасту K повинна бути більше $K_{\text{пор}}$ в 10-15 разів.

Величина граничного контрасту залежить від яскравості і розмірів предметів. Зі збільшенням яскравості зменшується значення граничного контрасту, однак при яскравості фону від 0 до 3000 кд / м² пороговий контраст практично не залежить від яскравості фону і кольоровості світіння пропонованої інформації, а визначається тільки кутовим розміром зображень (знаків, цифр, символів, геометричних фігур і ін.): пороговий контраст зменшується при збільшенні розміру зображення, тобто предмет більшого розміру видно при менших контрастах.

Для оцінки контрасту часто замість яскравості контрасту використовують коефіцієнт контрастності K_c (contrastratio):

$$K_c = \frac{B_{\text{max}}}{B_{\text{min}}} \quad (2.8)$$

де при зворотному контрасті B_{max} - середня яскравість символу; B_{min} - середня яскравість фону, при прямому - навпаки.

Яскравість контрасту K і коефіцієнт контрастності K_c пов'язані між собою в такий спосіб:

$$K = 1 - \frac{1}{K_c} \quad (2.9)$$

Часто K_c вказують у вигляді відношення, наприклад, $K_c = 4,66$ записують у вигляді 4,66: 1.

Вимоги до бортових індикаторів в частині яскравості контрасту висловах максимальної освітленості 100000 лк встановлені в ОСТ1 00345-87 і керівництві по ергономічного забезпечення цивільної авіації РЕО-ГА-ЕТ (не менше, відповідно, 0,5 і 0,6). До настоящемувремені ці вимоги дещо застаріли. Сучасний рівень вимог відображає таблиця 2.3.

Таблиця 2.3 – Вимоги по контрасту

Вид індикації	K	K_c
Цифрова	0,5	2
Цифро-буквена	0,67	3
Графічна	0,79	4,66
Відео	0,82	5,66

В існуючих авіаційних ЖК індикаторів коефіцієнт контрастності в умовах високої освітленості становить 5-8, при низькій (вночі) - 50-120.

За кордоном також прийняті такі характеристики контрасту, як: - відносний контраст - модуляція яскравості (luminance modulation, Michaelson contrast):

$$K_{\text{мод}} = \frac{B_{\text{max}} - B_{\text{min}}}{B_{\text{max}} + B_{\text{min}}} \quad (2.10)$$

Так як для стислості всі чотири характеристики контрасту (K , K_c , $K_{\text{відн}}$, $K_{\text{мод}}$) називають просто «контрастом», це часто створює плутанину.

Коефіцієнт відображення. Яскравість фону індикаторних пристроїв при незмінному рівні освітленості зростає зі збільшенням коефіцієнта відображення фону. Коефіцієнт відображення вказує, яка частина падаючого на поверхню світлового потоку відбивається нею. Багато в чому він визначається кольором поверхні і в більшості випадків знаходиться в діапазоні від 0,07 (чорний колір) до 0,9 (білий). Так як більшість електронних індикаторів працює в умовах зворотного контрасту (чорний фон, яскраві символи), то при збільшенні яскравості фону погіршується контраст зображення, тому при розробці електронних індикаторів намагаються забезпечити мінімально можливу величину коефіцієнта відбиття фону за рахунок використання нейтральних світлофільтрів, поляризаційних плівок і покриттів. В більшості випадків ці заходи негативно позначаються на яскравості зображення - вона зменшується.

Властивості відбитого світла залежать від будови, напряму і форми джерела світла, від орієнтації і властивостей поверхні. Відбитий від об'єкта світло може бути дифузним або дзеркальним.

Дифузійне відбиття світла відбувається, коли світло як би проникає під поверхню об'єкта, поглинається, а потім знову випускається нею. При цьому положення спостерігача не має значення, так як дифузійно відображене світло розсіюється рівномірно в усіх напрямках.

Коефіцієнт дифузного віддзеркалення залежить від властивостей речовини і від довжини хвилі світла, але зазвичай вважається постійним. Коефіцієнт дифузного відображення сучасних бортових РКІ становить 0,1-0,2%.

Дзеркальне відображення походить від зовнішньої поверхні об'єкта.

На відміну від дифузного віддзеркалення світла, дзеркальне відображення є спрямованим. Коефіцієнт дзеркального відображення залежить від кута падіння, проте навіть при перпендикулярному падінні дзеркально відбивається тільки частка світла, а решта або поглинається, або відбивається дифузно. Ці співвідношення визначаються властивостями речовини і довжиною хвилі світла.

Коефіцієнт дзеркального відображення екрану повинен бути не більше 0,75%.

Сильною стороною РКІ є розрізнення зображення при сонячній засвітці, проте відносно відображення вони мають ті ж проблеми, що і інші типи індикаторів. Екран РКІ складається з декількох шарів і кожен шар вносить свою частку в відношенні дзеркального відображення, крім того поляризатор виготовляють із пластику й він має інший коефіцієнт заломлення, ніж сусідній шар скла або клей між ним і шаром скла.

2.8 Кольоровість.

В даний час всі технології індикації (ЕПТ, рідкокристалічні, плазмові й т.д.), які використовуються в авіації, демонструють можливість створення повнокольорових індикаторів.

Діапазон кольорів, які здатний відтворити індикатор, визначається його первинними кольорами - червоним, зеленим і синім, змішання яких і створює всі можливі кольори. Чим ближче первинні кольори до монохроматичним, тим більш насиченими вони стають і тим ширше кольорова палітра індикатора. Однак жоден фіксований набір первинних кольорів не здатний створити весь діапазон, що розрізняється людиною. Більш того, при збільшенні насиченості первинного кольору зменшується його спектральний діапазон і як наслідок зменшується яскравість випромінювання, тому вибір первинних кольорів - це завжди компроміс між палітрою кольорів і яскравістю.

У бортових індикаторів кольоровість характеризується кількістю рівнів сірого. Кількість рівнів сірого NG - це кількість відтінків кожного з основних кольорів (червоного, зеленого і синього), які може показати даний індикатор. Змішуючись один з одним відтінки трьох основних кольорів дозволяють мати палітру з (NG) 3 кольорів. Наприклад, індикатор з 64 рівнями сірого дозволяє отримати $64^3 = 262144$ кольору, а індикатор з 256 рівнями сірого має понад 16 мільйонів кольорів. Важливе значення має витримування лінійної залежності при розподілі діапазону кольору на градації.

Для індикації символічної інформації досить додатково до 3 основних кольорів мати всього 1-4 змішаних кольору. У растрових індикаторах типу РКІ при зображенні рухомих, обертових елементів потрібно згладжування, в цьому

випадку необхідно мати не менше 8 рівнів сірого. При виведенні відео зображення та інформації від бортових сенсорів потрібно щебільше рівнів сірого - не менш 16. Сучасні РКІ рідко імеютменьше 64 рівнів.

Слід зазначити, що кількість рівнів сірого дозволяє одержати високу якість зображення тільки за умови забезпечення по всьому полю екрану хорошого контрасту і рівномірної яскравості, а також за умови лінійності зміни рівнів сірого. 128 рівнів не мають сенсу при рівномірності яскравості 40%, не лінійності рівнів сірого і низькому контрасті.

2.9 Тимчасові характеристики.

Тимчасові характеристики індикації повинні бути обрані з урахуванням часу інерції очей (часу, протягом якого світло після виключення продовжує діяти на око) і часу затримки сприйняття світлових сигналів. До тимчасових характеристик відносяться: запізнювання індикації, частота оновлення інформації і частота регенерації зображення.

Для інформації, використовуваної при ручному пілотуванні ЛА, частота оновлення на екрані повинна бути 15-30 Гц, а запізнювання індикації (включаючи датчик), не повинна перевищувати еквівалентну постійну часу 100 мс. У багатьох типів систем індикації промальовування зображення необхідно постійно повторювати, інакше воно швидко тьмяніє і зникає з екрану. Так, наприклад, йде справа з індикаторами на ЕПТ: люмінофор в них світиться дуже короткий час. Для таких систем однією з основних характеристик є частота регенерації зображення на екрані індикатора (ЧРІ).

Величина ЧРІ повинна бути більше критичної частоти миготіння. Для монохромних індикаторів ЧРІ повинна бути не менше 50 Гц, а для кольорових - не менше 60 Гц. При телевізійному методі відтворенні зображення частота полів / кадрів повинна становити не менше 40/80 Гц для монохромних і 50 / 100 Гц для кольорових індикаторів. Це значно більше, ніж потрібно для комерційного телебачення (25/50 Гц в системі SECAM, 30/60 Гц в системі PAL).

Висока частота регенерації зображення потрібно не тільки для того щоб забезпечити його яскравість. Для рухомих зображень потрібно, щоб пікселі не тільки швидко включалися, а й швидко вимикалися, інакше на екрані за рухомими зображеннями виникає світиться шлейф. Протягом циклу регенерації зображення піксель повинен встигати перейти з одного стану в протилежне.

2.10 Геометричні спотворення

Точність відтворення інформації в системі індикації характеризує зміщення зображення щодо системи координат. Точність відтворення повинна бути не нижче точності її обробки. Вже згадана характеристика в значній мірі залежить від можливостей пілота і характеру вирішуваних завдань. Рекомендується, щоб ні один елемент зображення не зміщувався більше, ніж на величину, рівну 2% висоти екрану. Характеристиками геометричних спотворень також є тремтіння зображення по горизонталі і по вертикалі, лінійні спотворення по горизонталі і по вертикалі. ARINC 421 встановлює наступні вимоги щодо спотворень:

- помилка позиціонування не більше 1% діагоналі екрану або 2 мм (що менше);
- помилка положення одного символу відносно одного не більше 0,5 мм;
- тремтіння символів не більше 2 мм;
- позиційна нестабільність всього зображення не більше 1,3 мм по вертикалі і по горизонталі;
- нестабільність розміру зображення не більше 1,8 мм по вертикалі і по горизонталі.

Наведені вимоги ставляться до індикаторів на ЕПТ, для плоско панельних технологій, зокрема - РКІ, зазначені дефекти зображення нехарактерні і положення символу на екрані забезпечується з точністю до 1 пікселя. [9]

Висновки до розділу 2

У цьому розділі розглядаються основні способи індикації, їхні переваги й недоліки, області застосування. До теперішнього часу розроблено багато різних

способів індикації інформації і вибір відповідного для конкретного випадку способу часто є непростим завданням.

На сучасних ЛА головним засобом індикації стали електронні індикатори. На відміну від традиційного приладу, індицирують звичайно 1-2, максимум 5-8 параметрів, на екрані електронного індикатора можуть відтворюватись десятки параметрів і сигналів, змінюючи один одного в міру необхідності. Також в порівнянні зі старими варіантами вони відрізняються по функціональності довговічності і ваговими параметрами.

На повітряних судах з аналоговою приладовою дошкою заміна на багатофункціональні РКІ панелі може бути економічно не доцільним. При дообладнанні цих ПС сучасними системами, слід враховувати те, що інформація з додаткових систем індикації повинна доповнювати діючі прилади та не відволікати і не перевантажувати увагу екіпажу. Наряду з цим індикатори додаткових систем повинні відповідати сучасним авіаційним вимогам.

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРСОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ (PCAS)

3.1 Модернізація системи індикації PCAS

Як було розглянуто вище у Розділі 1, оснащення легкомоторних повітряних суден повноцінною системою попередження зіткнень модифікацій 7.0 та 7.1 не є можливим у зв'язку з високою вартістю обладнання, його складністю обладнання та необхідністю встановлення додаткового обладнання. Цю ситуацію можна виправити встановленням більш доступної персональної системи попередження зіткнень у повітрі PCAS XRХ. Вказана система дозволяє вирішувати питання витримування безпечних дистанцій та інтервалів у повітрі та безпеки польотів. Але за рахунок своєї простоти та малих габаритів виникає ряд ергономічних проблем по сприйняттю інформації пілотами від цієї системи.

Для вирішення проблеми пропонується продублювати візуальну індикацію PCAS XRХ за допомогою додаткового пристрою відображення інформації.

Пристрій додаткової індикації представляє собою кільце за розміром аналогового приладу барометрического висотоміра (рис.3.1).

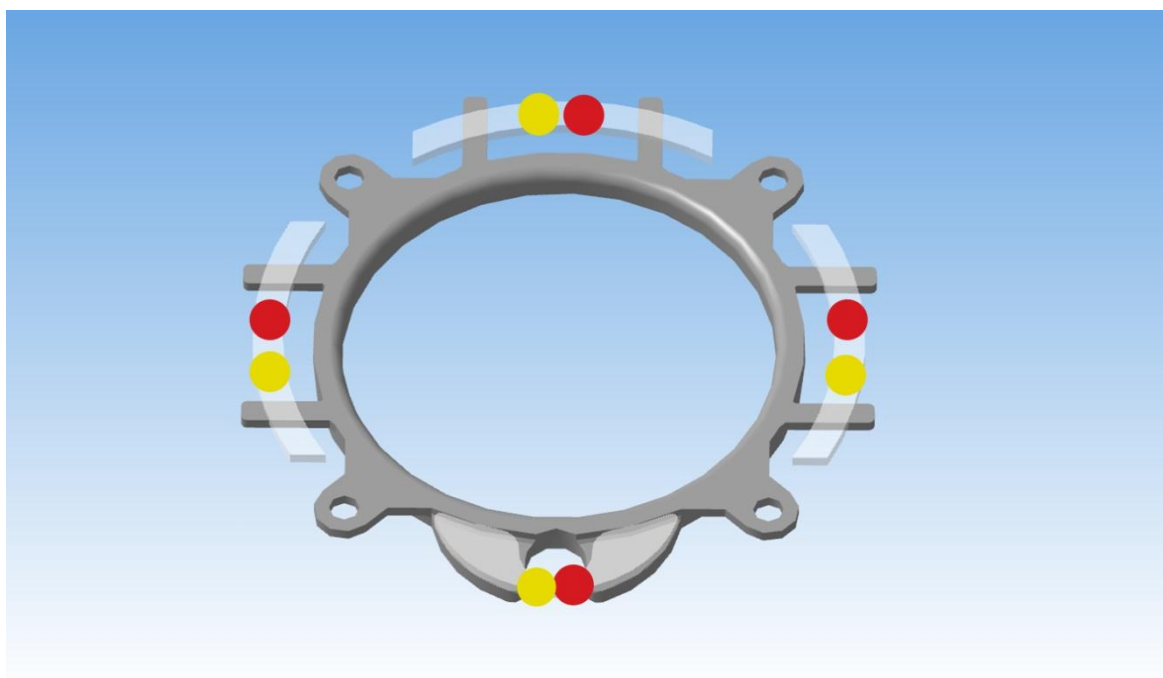


Рисунок 3.1 – Пристрій додаткової індикації

Пристрій додаткової індикації виконаний за допомогою 3D друку, в який вбудовані світло діоди червоного та жовтого кольору. Розміщуються світло діоди попарно, відповідно 00, 03, 06 та 09 годин циферблату. Світлодіоди загоряються в залежності від повітряної обстановки навколо повітряного судна і дублюють інформацію, яка формується пристроєм PCAS XRX. Залежно від градації наближення повітряного судна, яке є конфліктуючим, на пристрої додаткової індикації загоряється світлодіод відповідного кольору. Якщо конфліктуюче судно ідентифікується системою PCAS XRX як основне, то загоряється світлодіод червоного кольору, якщо ідентифікується, як другорядне - світлодіод жовтого кольору. Розташування світлодіода, що спрацював, відповідає напрямку на конфліктуюче повітряне судно, щодо власного курсу.

Алгоритм принципу сигналізації пристрою додаткової індикації та його взаємозв'язок з індикацією PCAS XRX розглянуто на прикладі чотирьох варіантів трафіку:

- варіант 1 – основне конфліктуюче повітряне судно наближається зліва зі зниженням, другорядне – зправа (рис.3.2);

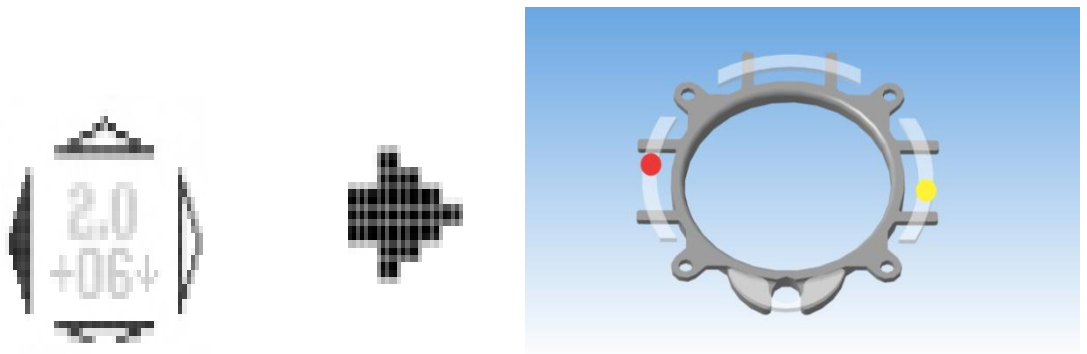


Рисунок 3.2 – Індикація при варіанті 1

- варіант 2 – основне конфліктуюче повітряне судно наближається на зустрічному курсі зі зниженням, другорядне – позаду (рис.3.3);

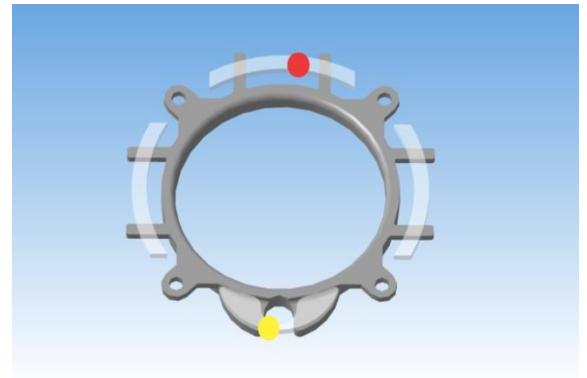
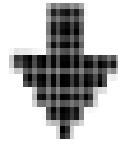
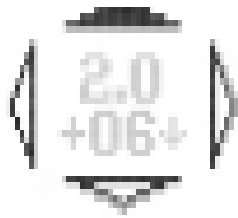


Рисунок 3.3 – Індикація при варіанті 2

- варіант 3 – основне конфліктуюче повітряне судно наближається зправа зверху зі зниженням, другорядне – зліва (рис.3.4)

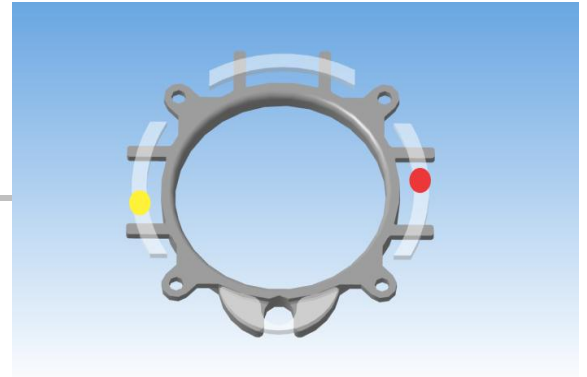
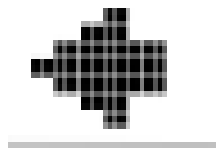
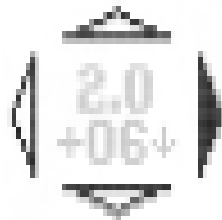


Рисунок 3.4 – індикація при варіанті 3

- варіант 4 – основне конфліктуюче повітряне судно наближається позаду зверху зі зниженням, другорядне – на зустрічному курсі (рис.3.5)

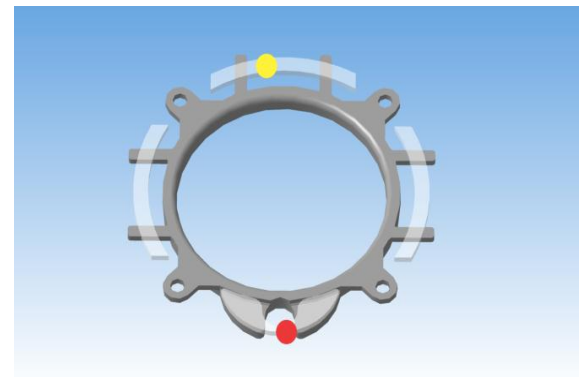


Рисунок 3.5 – Індикація при варіанті 4

Пропонується розмістити пристрій додаткової індикації PCAS XRХ на окантовці барометричного висотоміра. Прилад цього висотоміра розташований, згідно вимог, на приладовій дошці в першій ергономічній зоні пілота. Таким чином, інформація про небезпечний трафік буде знаходитися у зоні найліпшого візуального сприйняття пілота, як було розглянуто у Розділі 2.

В якості дослідного приладу був обраний висотомір ВД-10К, який часто застосовується для обладнання приладових дошок легкомоторної авіації (рис.3.6)



Рисунок 3.6 – Висотомір ВД-10К

Як видно з рисунку 3.1, прилад додаткової індикації виготовлений таким чином, що його отвори співпадають з вузлами кріплення висотоміра ВД-10К на приладовій дошці, також передбачений отвір для кремалери приладу.

За концепцією запобігання зіткнень в повітрі TCAS II розходження конфліктуючих повітряних суден проводиться зміною висоти, бортова БСПЗ видає екіпажам рекомендаційну інформацію на набір висоти або зниження з приписаної інтенсивністю. Відповідно, при пілотуванні легкомоторного повітряного судна, пілот також буде виходити з конфліктної ситуації шляхом зміни висоти. Легко припустити, що при небезпечному зближенні увагу пілота

буде зосереджено на огляді повітряного простору в передній півсфері і на показчику висотоміра. Індикатор PCAS XRX, який знаходиться в сьомій ергономічній зоні, буде відволікати увагу пілота, що збільшить час реакції на небезпечне зближення і зменшить час на виконання маневру. Також слід звернути увагу, що легкомоторні повітряні суда виконують польоти поблизу землі у нижньому повітряному просторі, що потребує підвищеної уваги за контролем висоти.

При застосуванні пристрою додаткової індикації, який пропонується, що пілот буде спостерігати безпосередньо свою поточну висоту, напрям на повітряне судно, що наближається, і ступінь небезпеки, який воно задає. У разі появи сигналізації завдання пілота буде зводитися до візуального виявлення конфліктуючого повітряного судна, якщо це можливо, та маневрування по висоті до згасання червоних сигналізаторів пристрою, при цьому не залишаючи контроль за своєю висотою. При загорянні сигналізаторів жовтого кольору, пілот контролює витримування своєї висоти по індикатору висотоміра і візуально простір перед повітряним судном. При цьому інформація з індикатора PCAS XRX може зчитуватися епізодично для контролю дальності до конфліктуючого повітряного судна і зміни відносної висоти повітряних суден.

Таким чином, пристрій додаткової індикації дозволяє поліпшити сприйняття пілота, тим самим зменшити час прийняття рішення про уникнення конфліктної ситуації і підвищити тим самим безпеку повітряного руху.

3.2 Забезпечення взаємодії пристрою додаткової індикації та приладу PCAS XRX

Пристрій додаткової індикації буде підключатися до PCAS XRX до роз'єму RS-232 приладу через пристрій перетворення (рис.3.7)



Рисунок 3.7 – Схема з'єднання додаткового пристрою індикації

Роз'єм RS-232 приладу PCAS XRХ призначений для підключення його до широкого спектру третіх виробників, а саме до рухомих мап і електронних систем польотної інформації, в тому числі Garmin GPSMap 396/496, AnywhereMap, Blue Mountain Avionics, Grand Rapids Technologies.

RS-232 (англ. Recommended Standard 232 або інша назва EIA232) - стандарт фізичного рівня для асинхронного інтерфейсу UART (UniversalAsynchronousReceiver-Transmitter - «універсальний асинхронний приймач»). Інтерфейс RS-232 (або EIA-232) призначений для організації прийому-передачі даних між передавачем або терміналом (англ. Data Terminal Equipment, DTE) і приймачем або комунікаційним обладнанням (англ. Data Communications Equipment, DCE) за схемою точка-точка.

Пристрій перетворення коду RS-232 в сигнал включення світлодіоду призначений для формування напруги на відповідних світло діодах пристрою додаткової індикації згідно з інформацією на PCAS XRХ.

Як було описано в пункті 3.1 Розділу 3 пристрій додаткової індикації передбачається встановлювати на окантовці барометричного висотоміру ВД-10К приладової дошки повітряного судна. Для опробування та демонстрації запропонована система була змонтована в кабіні тренажеру вертольоту Мі-2 Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ (рис.3.8)



Рисунок 3.8 – Монтаж системи в кабіні вертольоту Мі-2

Прилад XRХ розміщений зправа приладової дошки для того, щоб по-перше забезпечити пілоту зручний обзор повітряного простору, по-друге забезпечити коректну роботу самого приладу згідно вимог до установки. Для забезпечення найкращої чутливості XRХ необхідно очистити область навколо антеною решітки від будь-яких перешкод приблизно на 6 ", включаючи і магнітний компас, який повинен бути, принаймні, в 5 "від приладу XRХ для забезпечення нормальної калібрування. Це також стосується середньої стійки лобового скла, антен GPS, супутникової метеоантенни (в особливості, ті що з магнітною основою) і т.д. дотримання цих правил дозволить уникнути можливих магнетичних перешкод і забезпечити належну роботу антени XRХ [].

Рекомендації до установки приладу XRХ показані на рис.3.9



Рисунок 3.9 – Рекомендації по установці XRХ в кабіні пілотів

Сумісна робота діючої моделі додаткового пристрою індикації та PCAS XRS за варіантами спрацювання показана на відповідних рисунках:

- варіант 1 – основне конфліктуюче повітряне судно наближається попереду зі зниженням, другорядне - зправа (рис.3.10);



Рисунок 3.10 – Сумісна робота діючої моделі індикації при варіанті 1

- вариант 2 – основне конфліктуюче повітряне судно наближається зправа, другорядне зліва (рис. 3.11)



Рисунок 3.11 - Сумісна робота діючої моделі індикації при варіанті 2

- вариант 3 – основне повітряне судно наближається зправа, другорядне ззаду (рис.3.12)



Рисунок 3.12 - Сумісна робота діючої моделі індикації при варіанті 3

- варіант 4 – основне конфліктуюче судно наближається ззаду, другорядне - зпереду (рис.3.13).



Рисунок 3.13 - Сумісна робота діючої моделі індикації при варіанті 4

Таким чином, застосування розробленого пристрою додаткової індикації дозволить:

- вивести сигналізацію про небезпечне зближення в 1 ергономічну зону сприйняття пілота (зона розміщення барометрического висотоміра);
- поліпшити сприйняття інформації пілотом при вібрації і візуальних ілюзіях;
- зменшити час прийняття рішення пілотом щодо усунення конфліктної ситуації;
- підвищити безпеку польотів.

3.3 Економічна ефективність наукових досліджень

Ефективність наукових досліджень проявляється в підвищенні продуктивності праці за рахунок створення нових машин, обладнання, високих технологій, поліпшенні стану охорони праці та довкілля, в заміні ручної праці працею машин, в цілому у покращенні життєвого рівня людей.

Фундаментальні теоретичні дослідження які інколи приводять до вагомих відкриттів, важко виміряти будь-якими кількісними показниками. Їх впровадження, одержання значних результатів, розширюється на нові галузі, сфери та в часі. Тим самим, саме вони збагачують науку, розширюють горизонти знань людства і рано чи пізно дають відчутні результати.

Прикладні наукові дослідження освоюються в порівняно короткий термін (1-3 роки). При цьому дають, теж значні результати, економічний ефект. В ринкових умовах впровадження у виробництво результатів прикладних досліджень приносить фірмам значний вигаш у конкурентній боротьбі. Через це в розвинутих країнах функціонує ринок наукових, науково-технічних розробок, інновацій. Під цей ринок створюється відповідна структура та інфраструктура.

Ефективність наукових досліджень окремих наукових працівників оцінюється кількістю авторських свідоцтв, патентів, опублікованих наукових праць, їх значимістю. Загальна формула для визначення економічної ефективності має вигляд:

$$K = \frac{E}{B} \quad (3.1)$$

де, E – економічний ефект від впровадження наукових досліджень; B – витрати на виконання і впровадження.

В залежності від стану наукового дослідження розрізняють попередню, очікувану і фактичну економічну ефективність.

Попередня ефективність розраховується по укрупнених орієнтовних показниках при складанні плану (програм) досліджень.

Очікувана ефективність під час виконання досліджень, після визначення стану досліджуваного питання і даних про програму впровадження результатів дослідження.

Фактична економічна ефективність визначається після впровадження наукових досліджень у виробництво, галузь, сферу.

Значення економічного ефекту у в формулі (3.1) розраховується як різниця витрат B_1 , при старих процесах, конструкції технології і нових, науково обґрунтованих витрат B_2 , тобто визначається за формулою:

$$E = B_1 - B_2 \quad (3.2)$$

де, B_1 і B_2 - капітальні витрати на одиницю продукції в рік до і після впровадження нововведення.

В ринкових умовах основним критерієм роботи галузі є прибуток, який визначається шляхом співставлення доходу (ефекту) із затратами.

$$П = Д - В \quad (3.3)$$

де, П-прибуток; Д-дохід; В – витрати.

Наряду із ним визначається фондівіддача, рентабельність, затрати на одну гривню товарної продукції, ефект від нововведень та їх ефективність.

Поряд із цим визначають і специфічні показники для кожної галузі: використання сировини, палива, матеріалів, робочої сили. В енергетиці це: питомі витрати палива; штатний коефіцієнт електростанції; фондоозброєність.

Показниками загальної ефективності капітальних вкладень є:

- відношення приросту чистої продукції до капітальних вкладень, теж інноваційних затрат;
- питомі капітальні вкладення на одиницю виробничої потужності;
- термін окупності;

- коефіцієнт загальної ефективності (κ) - це відношення річного прибутку (Π_p) до капітальних вкладень (K).

$$\kappa = \frac{\Pi_p}{K} \quad (3.4)$$

Термін окупності повних капітальних вкладень в проектуючий, або об'єкт, що будується, розраховується по формулі:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi - I} = \frac{K}{m} \quad (3.5)$$

де, K - калькуляційна вартість об'єкту; Π - вартість річного випуску продукції в оптових цінах; I - річні витрати виробництва; m - річний прибуток підприємства.

Обернена величина терміну окупності характеризує суму прибутку в розрахунку на гривню капвкладень (інвестицій).

Основними напрямками технічного прогресу в енергетиці є модернізація, реконструкція, автоматизація, впровадження інноваційних технологій та "ноу-хау".

Ефективність інновацій повинна перевірятися з допомогою техніко-економічних розрахунків. В якості узагальнюючих критеріїв порівняльної економічної ефективності використовують вартісні показники, такі як капіталовкладення, термін окупності, витрати виробництва, приведені витрати, річний економоефект.

Якщо нова техніка, що впроваджується дорожча, то різницю у вартості розглядають як додаткові капіталовкладення, які повинні бути співставленими з економією в річних витратах виробництва. Результати розрахунків повинні показати, чи являється економічно вигідним в даних умовах використання даного виду нової техніки, і яким буде при цьому економічна ефективність.

Всі розрахунки повинні вестися з врахуванням вимог економічної і енергетичної співставленості варіантів і суміжних витрат. Зокрема, необхідно враховувати збільшення потужностей, в цілому змін обсягів виробництва.

Завжди потрібно правильно вирішити питання із старим обладнанням: замінити його, автоматизувати, модернізувати, утилізувати тощо, використовувати на іншій ділянці.

При оцінці порівняльної ефективності нового обладнання, процесу необхідно обґрунтувати із аналогом. На етапі проведення науково-дослідних та дослідноконструкторських робіт завданням економічних розрахунків є обґрунтування вибору варіанту створення нової техніки. В якості аналогу приймається краща техніка у світі. При впровадженні нової техніки на діюче виробництво в якості аналога використовується замінююча техніка.

Застосування пристрою додаткової індикації є економічно вигідною завдяки низькій стоїмості самого пристрою, мінімальними витратами на його реалізацію та технічне обслуговування.

Висновки до розділу 3

У цьому розділі розглянуто модернізація персональної системи попередження зіткнень в повітрі шляхом застосування пристрою додаткової індикації. Описана реалізація та функціонування пристрою додаткової індикації, його розміщення та взаємодії з приладом PCAS XRX.

Описано техніко-економічну доцільність дослідження цього питання.

Впровадження розробленого пристрою дозволить знизити ергономічні проблеми використання персональної системи попередження зіткнень в повітрі тим самим підвищити безпеку польотів.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ДЛЯ ПРИСТРОЮ ДОДАТКОВОЇ ІНДИКАЦІЇ

4.1 Розрахунок АЦП для мікроконтролера PIC16F873

Як було описано в пункті 3.2 Розділу 3 додатковий пристрій індикації підключається до виходу RS -232 приладу PCAS XRX через пристрій перетворення. Для функціонування цього пристрою одним з елементів в його складі є аналого – цифровий перетворювач АЦП.

Для оцінки якості аналогового сигналу в каналі збору даних використовують відношення сигнал/шум, яке емпірично пов'язане із числом розрядів і нелінійністю використовуваного АЦП. Збільшення числа розряду m приводить до підвищення його розв'язної здатності, тобто чутливості до рівня вхідного аналогового сигналу й безпосередньо впливають на збільшення відносини С/Ш. Для реального АЦП:

$$C/Ш = 6,02 \cdot m + 1,76 - \Delta(C/Ш). \quad (4.1)$$

де, $\Delta(C/Ш)$ – девіаційна зміна, виражене через диференціальну нелінійність перетворювача.

$$\Delta(C/Ш) = 10 \cdot \lg(1 + 12 \cdot \delta_{дн}^2), \quad (4.2)$$

де $\delta_{дн}$ – диференціальна нелінійність перетворення.

$$\delta_{дн} = 0,1;$$

$$m = 10;$$

$$\Delta(C/Ш) = 10 \cdot \lg(1 + 12 \cdot 0,1^2) = 0,49;$$

$$C/Ш = 6,02 \cdot 10 + 1,76 - 0,49 = 61,47.$$

Частота перетворення АЦП із двотактним інтегруванням:

$$T_{инт} = N_{max} \cdot \tau_0; \quad (4.3)$$

N_{\max} - ємність лічильника визначальна розв'язну здатність АЦП;

$$N_{\max} = \frac{1000 \cdot (V_{\text{IN}} + V_{\text{B}})}{V_{\text{REF}}} = \frac{1000 \cdot (15 + 0)}{1} = 15000;$$

$V_{\text{IN}}=15$ - вхідна аналогова напруга;

$V_{\text{B}}=0$ - напруга зсуву;

$V_{\text{REF}}=1$ - табличне значення;

$$\tau_0 = \frac{1}{F_{\text{CLK}}} = \frac{1}{50000} = 2 \cdot 10^{-5};$$

$F_{\text{CLK}}=50000$;

$$T_{\text{инт}} = N_{\max} \cdot \tau_0 = 15000 \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 0,3.$$

Частота дискретизації оцінюється по числу розрядів і часу перетворення використання АЦП:

$$f_{\text{д}} = \frac{1}{T_{\text{пр_max}}} = \frac{1}{2 \cdot T_{\text{инт}}} = \frac{1}{2 \cdot 0,3} = 1,67 \text{ Гц};$$

Пропускна здатність каналу складання й обробки даних (Q) оцінюється по числу розрядів і час перетворення, використовуваного АЦП:

$$Q = \frac{m}{T_{\text{пр}}} = \frac{m}{2 \cdot T_{\text{инт}}} = \frac{10}{2 \cdot 0,3} = 16,67 \text{ Гц};$$

Максимально припустима частота в системі перетворення даних залежить від частоти перетворення й кількості каналів у них:

$$f_{\text{опр}} = \frac{f_{\text{пр}}}{n}; \quad (4.4)$$

де, $f_{\text{пр}}$ – частота перетворення сигналу;

n - число каналів системи;

$n=1$.

$$f_{\text{пр}} = \frac{1}{T_{\text{пр}}} = \frac{1}{2 \cdot T_{\text{инт}}} = \frac{1}{2 \cdot 0,3} = 1,67 \text{ Гц};$$

$$f_{\text{опр}} = \frac{1,67}{1} = 1,67 \text{ Гц};$$

Максимальна частота перетворення сигналу в системі збору даних:

$$f_{\text{пр.max}} = \left(\frac{1}{2} \right)^{(m+1)} \cdot \frac{\pi}{T_{\text{пр}}} = \left(\frac{1}{2} \right)^{(m+1)} \cdot \frac{\pi}{2 \cdot T_{\text{инт}}} = \left(\frac{1}{2} \right)^{(10+1)} \cdot \frac{3,14}{2 \cdot 0,3} = 2,56 \cdot 10^{-3};$$

У цифровому вимірювальному приладі можуть використовувати АЦП, які відслідковують аналоговий сигнал із заданою точністю доти, поки швидкість його зміни не перевищить швидкості спостереження перетворення. Таким чином, час спостереження без застосування зовнішнього пристрою вибірки й зберігання:

$$t_{\text{сл}} = \frac{2^{-m} \cdot U_{\text{п.ш}}}{T_{\text{пр}}} = \frac{2^{-m} \cdot U_{\text{п.ш}}}{2 \cdot T_{\text{инт}}}; \quad (4.5)$$

де $U_{\text{п.ш}}$ – напруга повної шкали перетворення, відповідне до діапазону вхідного аналогового сигналу АЦП. $U_{\text{п.ш}} = 30 \text{ В}$.

$$t_{\text{сл}} = \frac{2^{-10} \cdot 30}{2 \cdot 0,3} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ (с)}.$$

Властивість АЧХ каналу обробки аналогової інформації багато в чому визначається значенням часу апертури АЦП. Якщо це значення нормоване, то коефіцієнт спаду АЧХ для гармонійного вхідного сигналу, що досягає амплітуди в момент подачі імпульсу на тактовий вхід перетворювача:

$$K_s = \frac{20 \cdot \lg \left[1 + (\cos \pi \cdot t_a) / t_x \right]}{2}, \quad (4.6)$$

де K_s – коефіцієнт спаду АЧХ;

$t_x = 10^{-3} \text{ с}$ – період проходження вхідного аналогового сигналу;

$t_a = 1,53 \text{ с}$;

$f_x = 1 \text{ Гц}$;

$$K_s = \frac{20 \cdot \lg \left[1 + (\cos 3,14 \cdot 1,53 \cdot) / 10^{-3} \right]}{2} = 5,02.$$

Час апертури:

$$t_a = \left(\frac{1}{2} (m + 1) \right) \cdot \frac{\pi}{f_x}; \quad (4.7)$$

де f_x - частота проходження вхідного аналогового сигналу.

$$t_a = \left(\frac{1}{2} (10 + 1) \right) \cdot \frac{3,14}{1} = 1,53 \cdot 10^{-3} \text{ с};$$

Статична погрішність перетворювача:

$$\Delta U = \frac{U_{x \max}}{2^m}; \quad (4.8)$$

де $U_{x \max}$ – максимальне значення напруги вхідного аналогового сигналу.

$$\Delta U = \frac{U_{x \max}}{2^m} = \frac{15}{2^{10}} = 0,015(\text{В}).$$

За наданим розрахункам пропонується застосовувати в якості АЦП мікросхеми AD571S, AD571K, які виготовляються за біполярною технологією, модифікованої для сполученого формування на кристалі біполярних транзисторів, а також елементів інжекційної логіки й тонкоплівкових прецизійних резисторів.

4.2 Розрахунок надійності

Розрахунки надійності – це процедура визначення значень показників надійності об'єкта з використанням методів, заснованих на їхньому обчисленні за довідковим даними про надійність елементів об'єкта, за даними про надійність об'єктів-аналогів, даним про властивості матеріалів і іншої інформації, наявної до моменту розрахунків.

У результаті розрахунків визначаються кількісні значення показників надійності.

Надійність – властивість елемента (блока) системи або виробу, зберігати працездатність протягом розрахункового проміжку часу за даних умов експлуатації.

Справність – властивість системи виконувати встановлені їм функції не тільки з погляду їх здійснення і зміни параметрів у допустимих межах, але і з позицій збереження властивостей і показників системи, що не чинять прямого впливу на виконання основних функцій.

Основна мета розрахунку та аналізу надійності при проектуванні систем полягає в тому, щоб визначити кількісні показники надійності для порівняльної оцінки різних варіантів схем визначення в них найбільш «слабких» місць для вжиття заходів щодо їх усунення, а також вибору заходів для досягнення необхідного рівня надійності.

Таблиця 4.1 – Інтенсивність відмов елементів

Елемент	Кількість	$\lambda_{cp}; \cdot 10^{-5}$	$\lambda_i \cdot N_i; \cdot 10^{-5}$	K_{λ_1}	K_{λ_2}	K_{λ_3}	K_{λ_4}	$\lambda_{заг} \cdot 10^{-5};$
Резистори	21	0,063	1,316	1,07	1	1	0,1	0,14
Конденсатори	9	0,13	1,2				0,2	0,26
Транзистори	2	0,35	0,7				0,35	0,26
Діоди	4	0,158	0,63				0,31	0,21
Мікросхеми	5	0,18	0,9				0,5	0,48
Гніздо	3	0,037	0,11				0,2	0,02
Терморезистор	1	1,37	1,37				0,52	0,76

Особливістю оцінки надійності на стадії проектування є відсутність статистичних даних про роботу проектованої системи. Оцінка надійності може здійснюватися на підставі тривалих стендових випробувань елементів. В основі інженерних методів розрахунку надійності лежить положення про експоненціальний закон зміни розподілу часу безвідмовної роботи елементів системи. Це дозволяє оцінювати надійність щодо інтенсивності відмов елементів,

що є постійною величиною. Дані про величину інтенсивності відмов – окремих елементів, наявні в довідковій літературі, отримані експериментально.

Основними заходами підвищення надійності є: застосування елементів з більшою надійністю; введення внутрішньо елементної надмірності; резервування недостатньо надійних елементів або блоків системи.

Інтенсивність відмов проектного пристрою:

$$\lambda = \sum \lambda_i \cdot N_i = 10^{-5} \cdot (1,316 + 1,2 + 0,7 + 0,63 + 0,9 + 0,11 + 1,37) = 6,226 \cdot 10^{-5}.$$

Інтенсивність відмов з урахування коефіцієнтів:

$$\lambda_{\text{заг}} = \sum \lambda_i \cdot N_i \cdot K_{\lambda_1} \cdot K_{\lambda_2} \cdot K_{\lambda_3} \cdot K_{\lambda_4} = 10^{-5} \cdot (0,14 + 0,26 + 0,26 + 0,21 + 0,48 + 0,02 + 0,76) = 2,13 \cdot 10^{-5}.$$

Напрацювання на відмову:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{2,13 \cdot 10^{-5}} = 4,69 \cdot 10^4.$$

Імовірність безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t} = e^{-2,13 \cdot 10^{-5} \cdot t}; \quad (4.9)$$

$$t_1 = 0;$$

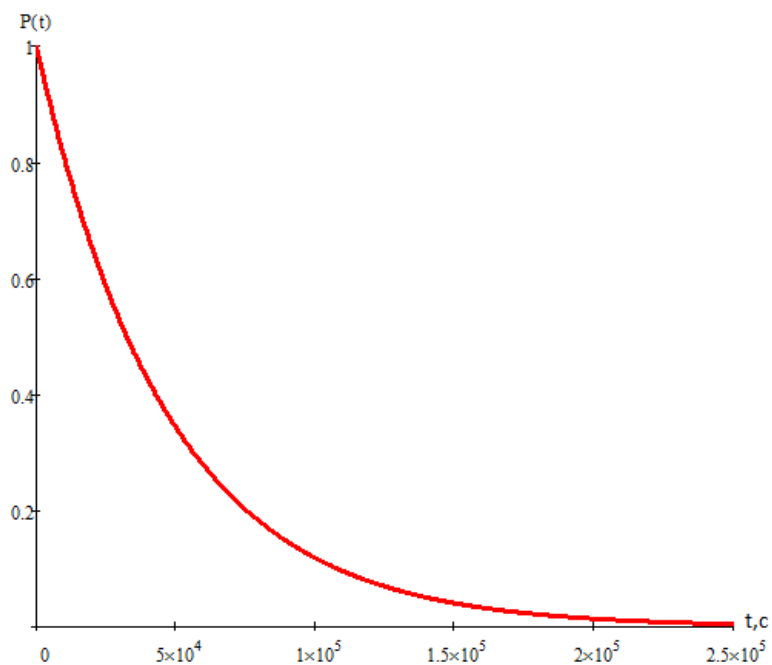


Рисунок 4.1 – Імовірність безвідмовної роботи

Операційна готовність визначається за формулою:

$$K(t) = 0,99 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 0,99 \cdot e^{-2,13 \cdot 10^{-5} \cdot t}. \quad (4.10)$$

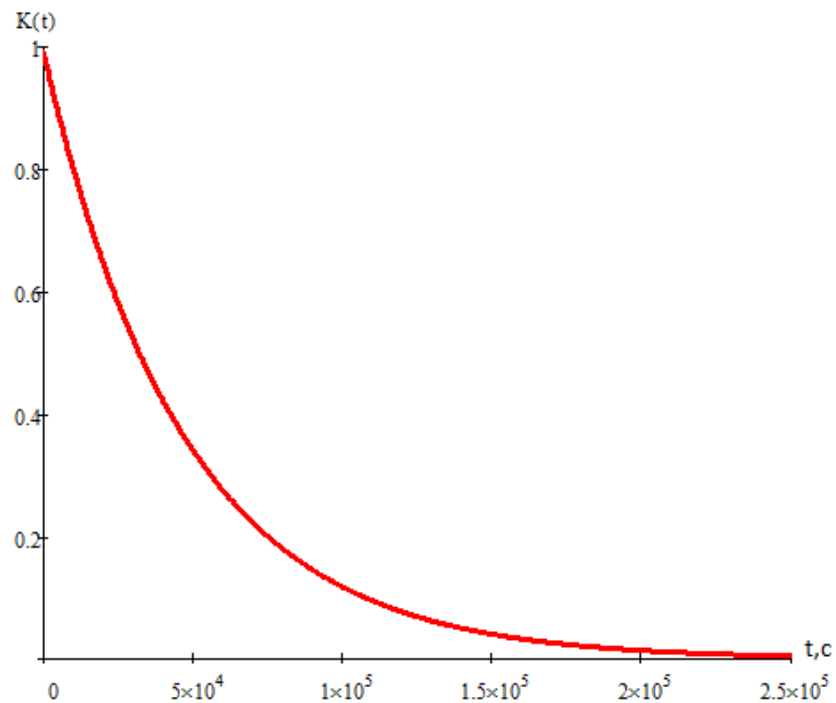


Рисунок 4.2 – Операційна готовність

Імовірність відмови визначається за формулою:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t} = 1 - e^{-2,13 \cdot 10^{-5} \cdot t}; \quad (4.11)$$

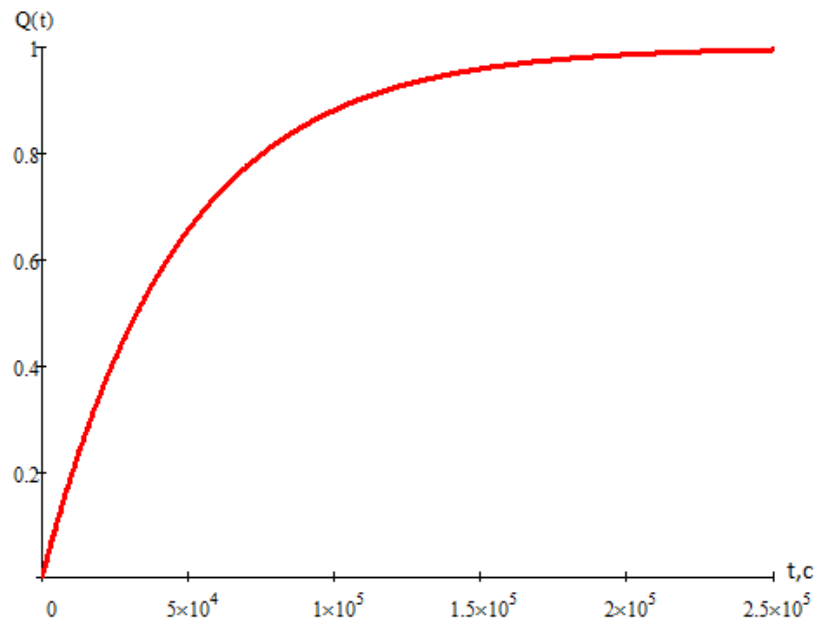


Рисунок 4.3 – Імовірність відмови

Зобразимо криві імовірності безвідмовної роботи та імовірності роботи на одному графіку (рис.4.4).

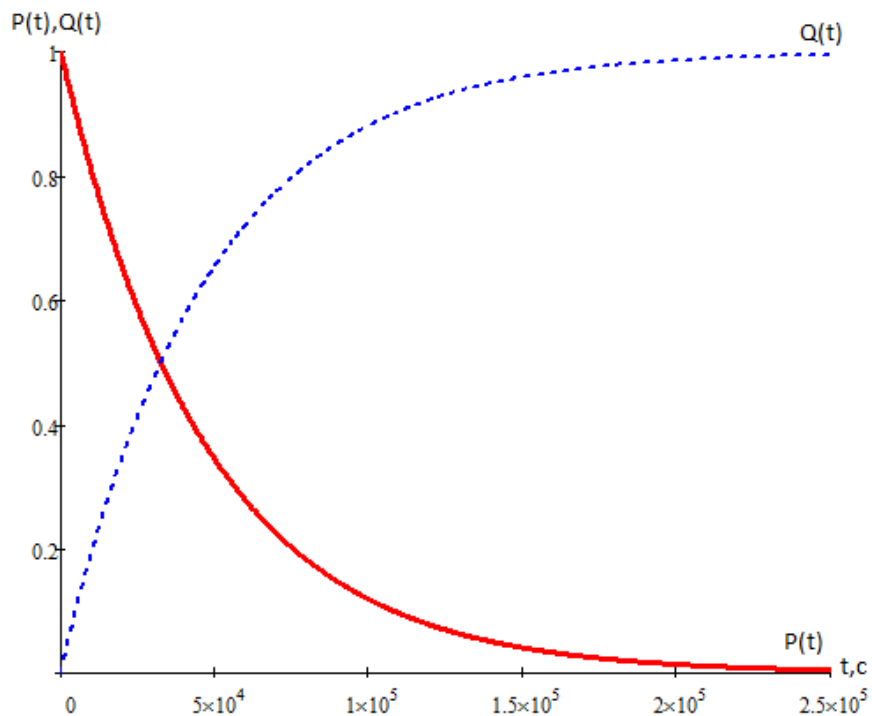


Рисунок 4.4 - Імовірність безвідмовної роботи та імовірність відмови

Висновки до розділу 4

У цьому розділі проведено розрахунок АЦП пристрою перетворення. За наданими розрахунками запропонована мікросхема АЦП. Розрахована надійність пристрою з визначенням часу напрацювання на відмову, імовірності відмови та операційної готовності. Побудовані відповідні графіки величин, які були обчислені.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

В 1995 році Всесвітньою організацією охорони здоров'я було введено термін «глобальне електромагнітне забруднення довкілля». Фахівці ВООЗ відзначають, що ракові захворювання, зміни у поведінці, втрата пам'яті, хвороби Паркінсона й Альцгеймера, синдром раптової дитячої смерті, підвищення рівня самогубств є результатом впливу техногенних електромагнітних полів. У зв'язку з цим ВООЗ включила проблему електромагнітного забруднення навколишнього середовища в перелік пріоритетних проблем людства.

За останні 35 років у зв'язку з інтенсивними розвитком виробничої, інформаційної, оборонної та іншої діяльності людини виник новий фактор – електромагнітне забруднення навколишнього середовища. Джерелом цього фактора в населених пунктах є *радіотехнічні засоби* (радіонавігації аеропортів, радіолокації тощо), й електроенергетичне устаткування. Це радіотелевізійні, радіолокаційні станції, випромінювання від вишок стільникового зв'язку (мобільного), транкінгового, супутникового зв'язку, комп'ютери, побутова техніка, електричні повітряні та кабельні лінії, трансформаторні підстанції, промислове обладнання тощо.

Починаючи з 1994 року, проблема із електромагнітним забрудненням в населених місцях України доповнилася випромінюванням від вишок стільникового зв'язку, і кількість таких станцій з кожним роком збільшується, відтак, збільшується і випромінюванням від вишок стільникового зв'язку.

Розвиток телекомунікаційних технологій, радіолокаційних систем із високою точністю, доплеровських систем вимірювання швидкості на автошляхах і залізницях призвів до широкого освоєння короткохвильової частини радіочастотного спектра.

Як показують результати *вимірювання електромагнітних полів*, діапазон частот електромагнітних коливань, які використовуються в різних галузях науки і техніки, становить від десятків герц (промислова частота) до 10^{14} (інфрачервоний діапазон), а довжина хвилі – від 6×10^6 до 10^{-6} м, при цьому джерела випромінювання в такому широкому спектрі характеризуються середніми потужностями – від 1×10^6 до 10×10^{-3} Вт.

5.1 Радіолокаційне випромінювання, загальні положення

У сучасних умовах значного підвищення рівня впливу електромагнітного поля (ЕМП) на біосферу, і в першу чергу на людину, проблема електромагнітної безпеки і захисту природного довкілля, у тому числі й здоров'я населення, виходить на новий рівень актуальності та соціальної значущості як на національному, так і міжнародному рівнях. Надаючи вагомості цій проблемі Всесвітньою Організацією Охорони здоров'я (ВООЗ) у 1995 р. введено термін «глобальне електромагнітне забруднення довкілля». Питання впливу ЕМП на навколишнє середовище та елементи екосистем у 1998 р. включено до довгострокової програми ВООЗ «WHO International EMF Project» завданням якої стало опрацювання глобальних оцінок, рекомендацій та нормативних обмежень щодо проблеми біологічного впливу ЕМП. Дослідженнями в цій галузі займається ряд міжнародних і національних організацій зарубіжних країн для підвищення рівня безпеки людини і екосистем. Електромагнітне випромінювання характеризується напруженістю електричного поля E , вольт на метр (В/м), напруженістю магнітного поля H , ампер на метр (А/м), а також щільністю об'ємного заряду іонів, викликаного короною проводів і арматури повітряних ліній електропередавання (ПЛ). При цьому напруженість магнітного поля (МП) пропорційна значенню струму, що проходить через предмет впливу, і обернено пропорційна відстані до нього; напруженість електричного поля (ЕП) пропорційна напрузі (заряду) і обернено пропорційна відстані до предмета впливу. Параметри цих полів і обсяг іонів залежать від класу напруги, конструктивних особливостей і геометричних розмірів устаткування. При оцінці

впливу низьких і наднизьких частот (30 – 300 Гц) також використовується поняття щільності магнітного потоку – магнітна індукція B , тесла (Тл, $1 \text{ мкТл} = 0,8 \text{ А/м}$; $1 \text{ А/м} = 1,256 \text{ мкТл}$). Джерелами ЕМП є потужні радіопередавальні пристрої, електрифіковані транспортні засоби, повітряні лінії електропередавання та інші об'єкти електроенергетики. Усі існуючі джерела ЕМП можна розділити на такі групи: функціональні передавачі – радіомовні станції НЧ (30 – 300 кГц), СЧ (0,3 – 3 МГц), ВЧ (3 – 30 МГц) і ДВЧ (30 – 300 МГц); транспорт на електроприводі (0 – 3 кГц) – залізничний і міський транспорт і їх інфраструктура; системи виробництва, передавання, розподілу і споживання електроенергії постійного і змінного струму (0 – 3 кГц). Сильні електричні поля промислової частоти (ЕП ПЧ) в основному створюються об'єктами електроенергетики (лінії електропередавання високої напруги, збірні шини підстанцій, трансформатори і апарати високої напруги). Рівень напруженості ЕП, створюваного ПЛ, залежить від конструкційно-будівельних параметрів (діаметру і кількості проводів, відстані між ними, висоти їх над поверхнею землі). У зв'язку з цим рівні впливу на людей, що знаходяться під ПЛ, залежать від відстані до струмоведучих частин. Найбільше значення ЕП реєструється під час перебування людини безпосередньо під проводами і по центру між опорами. По мірі віддалення від осі лінії і ближче до опор рівні впливу напруженості поля знижуються до мінімальних значень. Обслуговуючий персонал енергооб'єктів піддається, як правило, короткочасному впливу сильних Σ ЕП. У екстремальних випадках, наприклад, при виконанні робіт на елементах ПЛ під напругою, персонал перебуває в зоні значно підвищеного впливу напруженості ЕП і МП. Населення, яке проживає поряд з ПЛ (за межами санітарно захисних зон) може перебувати в зоні впливу слабких полів. Дальність поширення магнітного поля залежить від сили струму, який протікає, або від навантаження ПЛ. Оскільки навантаження ПЛ може неодноразово змінюватися як протягом доби, так і залежно від зміни сезонів року, то розміри зони підвищеного рівня МП також змінюються. Кабельні лінії створюють дещо більші напруженості, ніж ПЛ, проте напруженість ЕМП зменшується швидше при віддаленні від кабелю, і зона відчутного поля зазвичай не перевищує декількох

десять метрів. Кабелі і ПЛ середньої напруги (6 – 10 кВ) через відносно малу відстань між фазами створюють невисокі напруженості поля, і його вплив усередині приміщень можна не враховувати. ЕМП трансформаторів та іншого обладнання систем електропостачання змінюється обернено пропорційно відстані до об'єкту опромінення. Ступінь біологічного впливу ЕМП на організм людини залежить від частоти випромінювань, напруги тривалості та інтенсивності поля. У загальному випадку параметром, що визначає ступінь впливу ЕМП ПЧ на організм, є щільність струму в тілі людини. Напруженості високочастотних ЕМП, що створюються облаштуванням високочастотного захисту та зв'язку, телекомунікацій, техніки радіолокації, використовуваної в електроенергетиці, залежно від частоти впливають на персонал і населення менше порівняно з напруженістю ЕМП, створюваних об'єктами електроенергетики. Проведені в 70-ті роки дослідження показали, що максимальний струм у тілі людини, індукований ЕП, є набагато вищим, ніж струм, викликаний МП. Ця обставина на певному етапі досліджень дала змогу зробити необґрунтований висновок про практичну відсутність біологічного впливу магнітних полів промислової частоти на людей і тварин у санітарно-захисних зонах ПЛ. У той же час, у результаті ряду зарубіжних досліджень було підтверджено біологічну активність впливу магнітного поля наднизьких частот, у тому числі МП промислової частоти, використовуваної в енергетиці з урахуванням інтенсивності та часу їх впливу, особливо пролонгованого в часі впливу на подальше покоління, що ускладнює медико-біологічні дослідження. У результаті досліджень було рекомендовано передбачати обмежувальні заходи в зоні впливу МП. Міжнародна комісія із захисту від неіонізуючих випромінювань (ICNIRP) на основі аналізу досліджень визначила перші нормативні документи з регламентації впливу магнітного поля. Разом з тим сьогодні немає однозначних висновків щодо впливу слабких магнітних полів промислової частоти на здоров'я населення, оскільки одна частина проведених епідеміологічних досліджень підтверджує такий вплив, а інша – ні. Відрізняються результати досліджень впливу ЕМП і при оцінках ризику захворювань різними хворобами. Робоча група Міжнародної Ради з великих

електроенергетичних систем (CIGRE) зайняла обережну позицію щодо впливу МП ПЧ. У свою чергу шведські, фінські, американські, канадські та французькі вчені опублікували результати досліджень, в яких було виявлено підвищений шкідливий ефект впливу слабких МП. Численні дослідження в зоні біологічного впливу ЕМП визначають найбільш чутливі системи організму людини: нервову, імунну, ендокринну і статеву. Реакції зазначених та інших систем запропоновано відповідними міжнародними організаціями враховувати при оцінці ризику впливу ЕМП на персонал та населення. При цьому особлива увага має приділятися визначенню 4 допустимих рівнів впливу ЕМП на дітей, вагітних, людей із захворюваннями центральної нервової, гормональної, серцево-судинної системи, алергиків, людей з ослабленим імунітетом. Визначені проблеми знаходяться у полі зору багатьох міжнародних організацій, таких як Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК), Міжнародна асоціація із захисту від іонізуючих випромінювань (IRPA), Європейський комітет з нормування у сфері електротехніки (CENELEC), Рада Європейського союзу (CEU), Міжнародна комісія із захисту від неіонізуючих випромінювань (ICNIRP), до якої входять 46 національних товариств, майже у всіх країнах Європи, США, Канади, Бразилії, Аргентина, Китаю, Японіє, Росії, Індії тощо, а також національні комісії ряду країн світу. Питаннями регулювання та обмеження забруднення навколишнього середовища ЕМП і контролю за його джерелами в зарубіжних країнах безпосередньо займаються профільні державні установи, що відають енергетикою, зв'язком і телекомунікаціями, природоохоронні організації. Так, у США – це Агентство з охорони навколишнього середовища (US Environment Protection Agency), у Німеччині – Міністерство з охорони навколишнього середовища і ядерної безпеки (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), у Нідерландах – Міністерство будівництва, територіального планування та охорони навколишнього середовища (Department of Housing, Spatial Planning and the Environment) тощо. Окремими питаннями регулювання та обмеження рівня впливу ЕМП у навколишньому середовищі займаються державні органи щодо

іонізуючих випромінювань (спеціальний департамент у системі Агентства з охорони навколишнього середовища США, Національна рада з радіаційного захисту Великобританії (National Radiological Protection Board), Департамент з радіаційного захисту Швеції (Swedish Radiation Protection Authority), Федеральне агентство з радіаційного захисту Німеччини (German Federal Office for Radiation Protection) тощо. У багатьох країнах прийняті довгострокові міжнародні та національні програми щодо оцінки небезпечного впливу ЕМП на населення. Це наприклад, Міжнародний проект ВООЗ «ЕМП і здоров'я», програми ЄС, Національна програма досліджень США «ЕМП і поширення суспільної інформації» (EMF RAPID). Свої національні програми досліджень впливу ЕМП також мають Швеція, Фінляндія, Франція, Великобританія, Австралія, Японія, Німеччина, Данія, Канада тощо. Необхідно підкреслити, що основною метою більшості науково-дослідних програм є оцінка наслідків впливу ЕМП різних джерел стосовно людини. Дослідження з оцінки впливу ЕМП різних джерел випромінювання на навколишнє середовище проводяться, насамперед, з метою екологічної відповідності їх впливу допустимим нормам. Обґрунтування норм дії ЕМП в останні роки стає все актуальнішим. При цьому проявляються дві тенденції: прагнення встановити більш жорсткі норми, закладаючи в них підвищені коефіцієнти запасу для обмеження можливості прояву науково не встановлених механізмів впливу на здоров'я, наприклад слабких, але тривало діючих МП ПЧ; прагнення оцінити реальні ризики дії полів на стан здоров'я людини і на цій базі відкоригувати існуючі й обґрунтувати нові норми допустимих напруженостей полів і відповідних обмежень їх дії на людей, які працюють на виробництві, і для населення взагалі. Слід зазначити, що процес перегляду норм із впливу напруженості електричних, магнітних і електромагнітних полів на людину сьогодні є надзвичайно динамічним. Нормативні документи міжнародних організацій, а також ряду зарубіжних країн часто переглядаються і корегуються, стає іншим їхній правовий статус. Якщо раніше пропоновані критерії таких організацій, як CENELEC, IRPA, багатьох національних інститутів, носили рекомендаційний характер і не мали правової

сили, то, наприклад, норми Євросоюзу CEU ENV 50166 із захисту персоналу на робочих місцях 5 від ЕМП частотою від 0 до 300 ГГц, прийняті у 1995 р., одержали статус правового документа з юридичними наслідками, а DIN EN – німецьке видання європейського стандарту без будь-яких змін приймається практично всіма членами Європейського комітету зі стандартизації (CEN) та Європейського комітету з нормування у сфері електротехніки (CENELEC). До переліку принципів захисту людей від впливу ЕМП відносяться заходи організаційного характеру (вибір режиму роботи випромінюючого обладнання, який забезпечує допустимий рівень випромінювання), обмеження часу перебування в зоні впливу ЕМП, уточнення розмірів санітарнозахисних зон, за якими інтенсивність випромінювання не перевищує гранично допустимих норм, інженерно-технічні заходи з екранування джерел ЕМП, визначення необхідних розривів між джерелами ЕМП і об'єктами їх впливу, що враховуються при технологічному проектуванні з урахуванням норм ПУЕ та інших нормативно-технічних документів. Міжнародна комісія ICNIRP з 1992 р. під час розроблення та прийняття нормативно-методичних заходів з обмеження дії неіонізуючого випромінювання в умовах навколишнього і виробничого середовища вводить також обмеження значень таких показників як: щільність індукційного струму (J), питома поглинена потужність (SAR) і щільність потоку енергії (S), для яких визначаються відповідні контрольовані рівні.

5.2 Механізми біологічної дії радіолокації

Механізм дії електромагнітного випромінювання на живі організми то сих пір остаточно не розшифрований. Існує декілька гіпотез, що пояснюють біологічну дію електромагнітного поля. В основному вони зводяться до індиціюванню струмів в тканинах і безпосередньому впливу поля на клітковому рівні, в першу чергу з його впливом на мембранні структури. Вважається, що під дією електромагнітного поля може змінюватися швидкість дифузії через біологічні мембрани, орієнтація і конфірмація біологічних макромолекул, крім того, стан електронної структури вільних радикалів. Вочевидь, механізми

біологічної дії електромагнітного поля мають, в основному, неспецифічний характер і пов'язані зі зміною активності регуляторних систем організму.

Слабкі електромагнітні поля при інтенсивності менш порогу теплового ефекту також впливають на зміни в живій тканині. Дослідження по біологічному впливу мобільного телефону, комп'ютерного блока і інших електронних засобів проведені в ряді російських наукових центрів, у тому числі - і на біологічному факультеті Московського державного університету. При цьому шкідливість електронних засобів перевірялась як в робочому, так і у вимкненому стані пристрою, у тому числі і без джерел живлення.

Результати проведених досліджень по оцінці впливу мобільного телефону, комп'ютера і інших сучасних радіоелектронних засобів на різні організми як в робочому, так і у вимкненому стані виявились невтішними і показали вкрай негативний їх вплив на стан біологічних об'єктів, що виявилось:

- в зменшенні рухомої активності і виживаності мікроорганізмів;
- в збільшенні смертності мікроорганізмів;
- в погіршенні регенерації тканин;
- в порушенні ембріонального і личиночного розвитку;
- в зниженні біохімічних реакцій, порушенні метаболізму;
- в зниженні енергетичного потенціалу в усіх життєво важливих системах організму.

5.3 Роль радіолокаційного випромінювання у життєдіяльності тварин

За даними Е.А. Белова і Г.А. Петухової [7], біоритми у тварин можуть порушуватись внаслідок зниженої дії геомагнітного поля (магнітного поля Землі). Ефект дії гіпогеомагнітного поля на організм залежить не тільки від ступеня екранування фізичного фактору, але і від часу перебування у ньому біооб'єкту [2]. Так, гіпогеомагнітне поле, ослаблене у 172,5 рази викликає загальмованість тварин, фазно впливає на сперматогенез у щурів, достовірно зменшує кількість тромбоцитів, стимулює зростання мікроцитарної популяції еритроцитів і сповільнює згортання, крові [1].

Можливість негативного біологічного впливу гіпогеомагнітного поля на організм тварин може відбуватись при довготривалому перебуванні тварин у залізобетонних приміщеннях, при промислових способах виробництва продукції тваринництва. У результаті проведення комплексних досліджень [22] було виявлено низку змін, що виникають під дією гіпогеомагнітного поля на фізіологічному, морфологічному і біохімічному рівнях функціонування організму ссавців.

Оцінка небезпечності електромагнітного випромінювання (ЕМВ) пов'язана з розумінням можливих механізмів їх біологічної дії. При цьому фахівці розрізняють фізико-хімічні й фізіологічні процеси, розділяючи останні на адаптивні та патологічні. За даними Е.А. Пряхіна зі співав.[15], від первинного фізико-хімічного ефекту ЕМП до біологічного феномену - велика дистанція, яка включає різноманітну кількість реакцій на атомно-молекулярному, субклітинному, клітинному та інших рівнях. Перехід до власне біологічних ефектів характеризується якісно новим типом реакцій, спрямованих на підтримку гомеостазу. З точки зору визначення прямого зв'язку між параметрами поля і реакціями живих систем є субклітинно - клітинний рівень [231].

Реакцію біологічного організму під час і після опромінення умовно поділяють на три основні стадії: фізичну, фізико-хімічну, біологічну. Під час фізичної стадії енергія чинника передається біосистемі, що супроводжується процесами відбиття, розсіювання і поглинання. Електромагнітна енергія, яка впливає на організм, поглинається тканинами. Електричне поле сильніше засвоюється тканинами з діелектричними властивостями (кістковою, жировою), а мікрохвилі - тканинами з великим вмістом води (кров'ю, лімфою).

Найкраще вивчені ефекти нагрівання тканин, зміни рН, концентрації й співвідношень іонів у клітинах і тканинах, зміни фізико-хімічних властивостей води й електричних властивостей клітин. За впливу змінних ЕМП іони починають коливатись, а дипольні молекули - обертатися з частотою поля. Перший ефект сприяє росту струмів провідності та втрат енергії, другий - струмів зміщення й діелектричних втрат [23].

В основі біохімічних механізмів дії - лежать порушення клітинного метаболізму [19] і мембранотропні ефекти, які виникають внаслідок зрушень процесів переносу іонів, поляризації мембран і макромолекул, конформаційних змін макромолекул, окисно - відновних процесів і конфігурації всієї системи фіксованих ферментних систем [16].

Загалом визначається три теорії первинного механізму біологічної дії неіонізуючої радіації: мембранна, іонна, дипольна. Їхня характеристика наведена у ряді монографій та оглядів. Мембранна теорія пояснює багато реакцій пов'язаних з більш високими рівнями ієрархії, у тому числі з організмом. Іонна і дипольна віддзеркалюють високу чутливість до ЕМП тканин і органів з менш інтенсивним кровообігом і слабо вираженим механізмом терморегуляції (кришталік, мозок, сім'яники та ін.). Іонна теорія пояснює вплив ЕМП діапазону радіочастот на заряджені молекули, а дипольна на нейтральні.

Найпровіднішими ділянками організму для ЕМП є нервова система й кров, тому високочастотний потік енергії через них вважають максимальним. Після надходження у живу систему енергія поля перетворюється в інші форми, здебільшого описані теплові ефекти [3], які підвищують загальну тепловіддачу у тканинах, якщо механізм терморегуляції здатний шляхом розсіювання зайвого тепла запобігти перегріванню, температура тіла залишається нормальною. В інших випадках можливе її підвищення, що негативно відбивається на стані організму. Органи, в яких механізми терморегуляції слабо виражені (кришталік, головний мозок, сім'яники, нирки), проявляють велику чутливість до опромінення.

Загальною закономірністю при дії низькочастотних хвиль є розширення судин та посилення мікроциркуляції крові. Температура з початку підвищується, потім знижується [3]. Особливо важливе значення мають явища так званих "гарячих плям. Так, опромінення людини ЕМП з частотою 79 МГц і потужністю 19 мВт/см^2 підвищує температуру гіпоталамусу на 1°C , у середині стегна температура піднімається до 44°C за 3 год. Селективне нагрівання пояснюють діелектричною неоднорідністю біоматеріалу, утворенням на межі тканин

резонансів - "стоячих хвиль" великої амплітуди. Виникнення "гарячих плям" можливе в кістковому мозку, кристалику, некротичних центрах пухлин, тобто якщо локальні контури тканин і їх здатність поглинати енергію створюють ефект лінз або дзеркал. Однією з причин пошкодження тканин при дії електромагнітним полем є розвиток гіпоксії, з кожним градусом підвищення температури тіла основний обмін зростає на 5-14%, а потреба у кисні на 50-100%. Висока температура знижує здатність гемоглобіну зв'язувати кисень. Швидкість кровообігу підвищується, час насичення крові киснем у легенях знижується.

Емпіричний аналіз впливу неіонізуючої радіації, який неможливо пояснити лише наслідками енергетичної взаємодії з тканинами, є підставою для гіпотези про інформаційну роль. Вперше ця гіпотеза була висунута О.С. Пресманом в 1968р, згідно якої поряд з енергетичною взаємодією істотну роль відіграє інформаційна взаємодія ЕМП з біологічними організмами. Вона характеризується перетворенням інформації, її передачі, кодуванням і збереженням.

Терапевтичний ефект при зовнішньому впливі ЕМП полягає в активації біологічно - активних точок або рефлексогенних зон організму, сигнал від яких по головних каналах акупунктури передається у відповідні їм (згідно класичної теорії акупунктури) органи й системи й далі діє на клітинному й субклітинному рівнях. Цей напрямок називається інформаційно - хвильовою терапією, яка була уперше запропонована й розроблена в Україні у працях Н.Д.Колбуна.

Величина біоефекту електромагнітного випромінювання збільшується з тривалістю опромінення, досягаючи максимального при експозиції до однієї години, подальший вплив, як правило, призводить до стабілізації, а інколи до зменшення ефекту. У деяких випадках для отримання біоефекту ЕМВ потрібно декілька сеансів опромінення або циклів по декілька сеансів. Ці дані свідчать про кумулятивний характер ефекту ЕМВ на рівні цілого організму, пов'язаний з існуванням механізмів накопичення й збереження інформації про вплив [9].

Вивчення біологічного впливу гіпогеомагнітного поля свідчать про те, що даний фактор викликає цілу низку змін на фізіологічному, біохімічному і морфологічному рівнях функціонування організму. Що свідчить про негативний

вплив гіпогеомагнітного поля на організм і має пряме відношення до проблеми "промислового екстриму", "магнітного голоду", або до "ситуаційного промислового хронічного стресу", тобто саме пряме відношення до робіт, які проводяться у виробничих приміщеннях, що мають металевий екран [4].

Найбільш чутливим до даного фактору є організм, який розвивається, або органи (системи) дорослого організму, в якому відбуваються процеси інтенсивного клітинного диференціювання або обміну. Необхідно відзначити можливу роль зміни проникності біологічних мембран у механізмах впливу гіпогеомагнітного поля на організм, оскільки, проникність мембран пов'язана з порушенням водного обміну.

Особливий інтерес викликає ідея використання штучного магнітного поля, яке відповідає за своїми фізичними характеристиками геомагнітному полю для боротьби з негативними наслідками гіпогеомагнітного поля. Подальший розвиток цієї ідеї пов'язаний з застосуванням і підбором параметрів гіпо-, гіпер магнітних полів, які діють на організм з експериментальною патологією, тобто слід використовувати комбінацію двох видів магнітного поля для магнітотерапії модельних процесів у тварин. [5].

У наших дослідженнях [12-14] з вивчення біологічного впливу постійного і змінного імпульсного електромагнітного поля наднизької частоти на адаптаційні властивості сільськогосподарських тварин було встановлено, що слабоінтенсивні електромагнітні поля позитивно впливають на загальний ріст і розвиток тварин. Викликають адаптаційні реакції організму і підвищують захисну функцію імунної системи, що виражається у бугайців, при 7-годинному опроміненні постійним електромагнітним полем з напруженістю 146 А/м впродовж 485 діб, збільшенням: середньодобових приростів на 16-20 % ($p < 0,05$), живої передзабійної маси - 14,8 % ($p < 0,05$), маси парної туші - 20 кг. ($p < 0,05$). У курей при 3 - годинному опроміненні їх змінним імпульсним електромагнітним полем наднизької частоти впродовж 60-ти діб зростанням несучості на 20 % порівняно з контролем. Молодняк другого покоління, отриманий від батьків яких впродовж 395 діб опромінювали змінним імпульсним електромагнітним полем наднизької частоти,

за середньодобовими приростами у перші 92 доби після народження переважав, контрольних тварин на 4,2 -20,2 % ($p < 0,05$).

Результати досліджень природної резистентності організму показали, що через два місяці після опромінення кролів постійним магнітним полем в організмі зростає на 40,9 % ($p < 0,001$) бактерицидна активність сироватки крові, а превентивне опромінення курей перед введенням вакцини Ла - Сота змінним імпульсним електромагнітним полем наднизької частоти впродовж 9-ти діб призводить до зростання титру антитіл у крові після вакцинації на 92 % ($p < 0,05$).

Тривалий вплив неіонізуючої радіації викликає неспецифічну адаптивну реакцію, підтвердженням якої є зміни у крові, морфологічній будові залоз внутрішньої секреції, внутрішніх органів тварин.

Отже, підсумовуючи наведений аналіз літератури можна констатувати, що за впливу на організм ЕМВ виникає широкий спектр фізіологічних, біохімічних і біофізичних реакцій, спрямованих на відновлення і підтримання

гомеостазу. Особливої актуальності ця проблема набуває нині у зв'язку з різними змінами екологічного стану довкілля, зростанням кількості стресорів техногенного походження і їхнього впливу на суспільство, флору і фауну.

Висновки до розділу 5

Наведений аналіз даних засвідчує надзвичайну складність взаємодії біологічних об'єктів і магнітного поля. Численні експериментальні дослідження показують, що при впливі на організм тварин магнітного поля виникає широкий спектр фізіологічних, біохімічних і біофізичних реакцій, спрямованих на відновлення і підтримання гомеостазу. Вони характеризуються як неспецифічні подразники, які викликають сукупність адаптаційних реакцій і підвищують загальну резистентність організму. Запропанований у роботі пристрій не завдає додаткових небезпечних екологічних факторів тому, що працює тільки на світлову сигналізацію. А прилад ХРХ, з яким від використовується виробляється промислово і вже має необхідні екологічні сертифікати.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при обслуговуванні електричного обладнання повітряного судна

Відповідно до вимог Міждержавного стандарту ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються по своїй природі дії на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні. Людина, котра забезпечує технологічний процес з розробленим рульовим електроприводом, як складової частини системи наведення та управління ПС, піддається впливу наступним небезпечним та шкідливим факторам:

- підвищене значення напруги в електричному колі чи появи їх на струмоведучому обладнанні, внаслідок цього, збільшена імовірність проходження струму через тіло людини;

- рухливі і відкидні кришки та панелі розподільних пристроїв, розподільних коробок та іншого устаткування;

- недостатня освітленість приміщення лабораторії, де проектується електропривод ПС, як одна з причин травмування технічного персоналу. У оператора сильно напружуються очі, знижується темп та якість праці, з'являється рання втома, знижується реакція та ослабляється увага;

- підвищена температура поверхні устаткування: електроінструмента, виконавчих електромеханізмів та електромашин;

- знижена температура повітря і поверхонь устаткування при виконанні технічного обслуговування в умовах низьких температур.

Якщо говорити про ступінь безпеки для людини від ураження електричним струмом при обслуговуванні електропривода в лабораторних

умовах, то його можна віднести до приладів без підвищеної небезпеки. Навколишні умови можуть сприяти підвищенню або зниженню небезпеки ураження людини електричним струмом. Струмopровідні підлоги також підвищують небезпеку ураження електричним струмом. Часто обслуговування електроустановок на підприємстві де виготовляються і обслуговуються електропривода для ПС здійснюється в стиснутих умовах, в таких ситуація виникає можливість одночасного випадкового дотику з однієї сторони струмоведучих частин, а з іншої сторони металевих частин електрообладнання, що має з'єднання з землею. Крім того до негативних факторів можна віднести недостатню кількість ламп або їх забруднення, забруднені вікна або будинок який стоїть неподалік спричиняє тінь, все це призводить до недостатньої освітленості. Недостатнє освітлення приміщень лабораторії є однією з причин травмування технічного персоналу. Під час недостатнього освітлення в працівника сильно напружуються очі, значно знижується темп та якість праці, з'являється рання втома, знижується реакція послаблюється увага. В наслідок відсутності захисних кожухів, на поверхнях устаткування та інструментів можуть залишатися гострі крайки, задирки та шорсткості, котрі в свою чергу можуть привести до травмування під час випробувань.

6.2 Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99.

Робота оператора верстата відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Енерговитрати за цією категорією становлять - до 233-290 Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху

повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 1.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

Параметри мікроклімату приміщення, де знаходиться конвеєрна установка приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість		Швидкість руху, χ	
		верхня межа	нижня межа	оптимальна	допустима	оптимальна	допустима
холодний	Пб	19-23	13-19	40-60	75	0,2	не більше 0,4
теплий		22-29	15-20	40-60	70 при 25 °С	0,3	0,2-0,5

При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК наведено в таблиці 6.2.

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ проектом передбаченні наступні рішення:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами які встановлені безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану та неорганізовану.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони в приміщенні, де знаходиться установка

	ГДК, мг/м ³	Клас
--	------------------------	------

Назва речовини	Максимально разова	Середнє на день	Клас небезпечності
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Вуглець (окис СО)	3	1	4

Незадовільне освітлення ускладнює виконання роботи, може призвести до нещасного випадку і захворювання органів зору.

Освітлення виробничих приміщень здійснюється штучним і природним світлом.

Система природного освітлення цеху відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 розряд зорової роботи III, підрозряд «в». При боковому освітленні КПО (ен) = 1,2.

Нормоване значення КПО для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$eN = e_n \cdot mN$$

де mN - коефіцієнт світлового клімату, mN = 0,9.

$$eN = 0,9 \cdot 1,2 = 1,08.$$

Природне освітлення - одностороннє і здійснюється через вікна.

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні занесені до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Норми освітлення робочих поверхонь у виробничому приміщенні

Характеристики зорової роботи	Високої точності
Мінімальний розмір об'єкту розпізнавання,	Від 0,3 до 0,5
Розряд зорової роботи	III

Підрозряд зорової роботи		В
Контраст об'єкта розпізнавання з фоном		Середній, малий,
Освітленість	Загальне	500
Штучне освітлення	Комбіноване	2000

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Шум – безладне поєднання звуків різної частоти і інтенсивності. Він виникає при механічних коливаннях у твердих, рідких та газоподібних середовищах.

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \lg \left(\frac{U}{U_0} \right),$$

де L - рівень шуму, дБ,

P - звуковий тиск, Па,

U₀ - коливальна швидкість, 5·10⁻⁸ м/с,

P₀ - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним 2·10⁻⁵ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц (відповідно «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки».

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 6.4.

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

Таблиця 6.4 - Рівень звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). В таблиці 5 подані допустимі рівні вібрації на постійних місцях.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 6.5.

В чисельнику - середньоквадратичне значення вібрації, $(\text{м/с}) \cdot 10^{-2}$, у знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонансу, динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів устаток і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 6.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Вид вібрації: на непостійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	Октавні смуги із середньгеометричними частотами									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

6.3 Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів

У відповідності до вимог ДСТ 12.1.019-79 та ДСТ 12.1.036-82 „Електронебезпечність значення напруги доторку струму” захист від небезпечного впливу електричного струму при експлуатації та обслуговуванні ПС забезпечується:

- обмеженням струмоведучих частин і тим самим запобіганням доторкання до них;
- маркуванням монтажних проводів та елементів, за допомогою якого виключається вірогідність переплутування їх при настройці та регулюванні, а також випадкове подавання інших напруг;
- виконання електричного зв'язку проводами з достатньою ізоляцією та перерізом, які обираються з умови допустимих значень струмів;
- з метою зменшення вірогідності пошкодження проводів з причини перетирання, вони збираються в джгути;
- закріплюються хомутами з резиновими прокладками, тому що резинові прокладки встановлюються в місцях проходу джгутів через технічні отвори ПС.

Для забезпечення працівників, при обслуговуванні ПС, від ураження електричним струмом, всі прилади на робочому місці повинні бути заземлені.

Крім того в приміщенні для забезпечення належних умов праці повинні бути встановлені кондиціонери, обігрівачі та вентиляція. При обслуговуванні ПС існує також небезпека отримати механічні травми, для зменшення ймовірності цієї небезпеки використовуються загороджувальні кожухи рухомих частин та обмежувальні рухом упори. Для забезпечення необхідного освітлення робочого місця в більшості випадків використовують індивідуальне освітлення. На практиці також при певній нормі освітлення визначають світловий потік однієї лампи, а також потужність необхідних ламп.

Освітлення кабін ПС складається із системи освітлення кабіни екіпажу і освітлення кабіни пасажирів. Внутрішнє освітлення ПС призначене для створення нормальних умов роботи екіпажу і необхідних зручностей пасажиром під час нічного польоту. Природне освітлення кабіни екіпажу забезпечується за рахунок достатньої площі скління і застосування відповідних світлофільтрів, які запобігають сліпучій дії денного світла. Розрізняють такі види внутрішнього освітлення ПС: загальне (кабін), місцеве, індивідуальне.

До світлотехнічного обладнання пред'являють ряд вимог, які необхідно обов'язково виконувати для безпеки польотів - охорони праці екіпажу. До них відносяться такі: світлотехнічне обладнання не повинне викликати засліплення членів екіпажу або створювати будь-які інші незручності, що заважають їм виконувати свої обов'язки і загрожують безпеці польоту; внутрішньокабінне освітлення не повинне знижувати функцій зору екіпажу при огляді зовнішнього простору; світлотехнічне обладнання при нормальній експлуатації, а також при несправності будь-якої його частини має відповідати вимогам техніки безпеки і бути безпечним у пожежному відношенні; будь-які ковпачки або кольорові фільтри, які застосовують, мають бути виготовлені так, щоб не змінювали свого кольору або форми і не призводили до значних втрат світла при нормальній експлуатації тощо.

Проектуючи ПС, освітленість робочих місць екіпажу визначають розмірами деталей, їхнім фоном, контрастом, який деталі створюють з фоном, тобто

використовують такий же принцип, як і при улаштуванні освітлення на робочих місцях авіапідприємств.

В умовах нічних польотів пілотам і штурману дов[^] спостерігати за світловими сигналами, які знаходяться на великих відстанях від ПС. Такі спостереження можна здійснювати за умови, коли очі адаптовані до темряви. Тому в полі зору членів екіпажу не повинні знаходитись поверхні, які мають значну яскравість.

Вказане протиріччя усувається вибором оптимального рівня освітленості в кабіні, кольоровості освітлення, розмірів цифр і написів, які знаходяться в кабінах, та їхнім контрастом з фоном. Наприклад, освітленість приладових дощок рекомендується підтримувати в межах 2-6 лк.

Важливу роль відіграє кольоровість освітлення. Дослідження показали, що для збереження адаптації ока до темряви найбільш сприятливе червоне освітлення, а відношення максимального освітлення до мінімального не повинне перевищувати 3:1. Рекомендується для освітлення кабін екіпажу використовувати системи червоно-білого освітлення.

На етапах зльоту і посадки належить вмикати червоне світло, а під час тривалого польоту за маршрутом - біле. Однак можуть бути й інші варіанти освітлення. Наприклад, в кабіні екіпажу встановлюють плафон загального освітлення і світильники для підсвічування приладових дощок пілотів, пульта бортінженера, верхнього електрощита пілотів, середнього пульта пілотів, бортових панелей, панелей автомата регулювання тиску, робочого місця штурмана. Крім того, у кожного члена екіпажу встановлюють лампи з червоним циліндричним світлофільтром, який дозволяє змінювати освітлення з білого на червоне. Плафон загального освітлення, який вмикається на електропилку бортінженера, випромінює біле світло. Ним користуються тільки під час роботи в кабіні та на землі.

Світильники червоно-білого освітлення мають лампи з колбами із безбарвного скла і лампи з колбами червоного кольору, поставленими в ряд через

одну. Червоне освітлення вмикають в нічному польоті для спостереження за зовнішнім простором.

Розрахунок штучного освітлення

Вихідні дані:

Розміри приміщення (м)- довжина А - 3;

ширина В – 2;

висота Н – 2;

Коефіцієнт відбиття, S, %стін – 30;

стелі – 10;

підлоги – 10;

Кількість освітлювачів N-4;

Кількість ламп в освітлювачі-1;

Потужність кожної лампи-50Вт

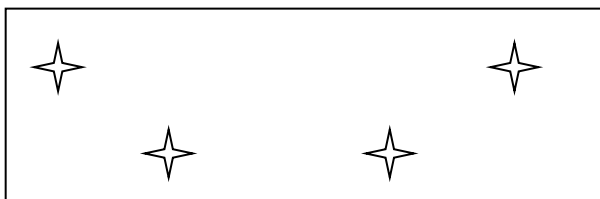
Нормована величина освітлення $E_n=100-200$ лк.

Затінення – відсутнє

Визначити освітлення робочих місць.

Рішення:

Розрахункова схема розташування освітлювачів:



Коефіцієнт запасу K_z складає 1,4;

Площа приміщення: $S_{пр}=3*2=6$ м²

Світловий потік $F_{л}=815$ лм (50Вт)

Світловий індекс приміщення

$$i = A * B / h(A+B) = 3 * 2 / 2(3+2) = 6 / 10 = 0,6$$

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0,48$

Фактична освітленість приміщення:

$$E_f = (N * F_{л} * n * \eta) / (S_{пр} * Z * K_{зп}) = (4 * 815 * 1 * 0,48) / (6 * 1,5 * 1,4) = 124 \text{ лк.}$$

Висновок: освітленість відповідає нормі.

6.4 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при обслуговуванні електричного обладнання ПС

У відповідності до Закону України «Про пожежну безпеку» та вимог НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні» по запобіганню пожежі та пожежного захисту розглянемо необхідні заходи для забезпечення пожежної та вибухової безпеки. Пожежна та вибухова безпека – це стан об'єкту, при якому виключається виникнення пожежі і вибуху, а у випадку появи мінімізується чи ліквідується дія на людей небезпечних факторів пожежі і вибуху, а також забезпечується захист і збереження матеріальних цінностей. Під час обслуговування з проєктованого блоку рульового приводу, як складової частини системи управління ПС, пожежа може виникнути у випадку перевантаження електричного обладнання при обслуговуванні ПС, внаслідок пошкодження ізоляції, неякісного з'єднання електричної проводки чи короткого замикання. Для уникнення таких ситуацій електричне обладнання обладнане автоматом захисту у випадку перевантаження та короткого замикання. Крім того періодично проводять перевірку стану ізоляції проводів. Для покращення температурного режиму необхідне обладнання обладнується системами охолодження. Також приміщення де розташовані робочі місця по обслуговуванні ПС, обладнуються засобами сповіщення у випадку виникнення пожежі. Для цього на стелі встановлюються датчики пожежної сигналізації.

6.5 Інструкція з охорони праці при обслуговуванні електричного обладнання ПС

Згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці» (Наказ Держнаглядохоронпраці від 29.01.1998 р. №9) розробимо типову інструкцію.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

1) До роботи з приладом допускається інженерно - технічний склад, що вивчив об'єкт, інструкцію з технічної експлуатації, діючу інструкцію, а також склав залік з технічної безпеки та пожежної безпеки;

2) Ремонт та наладку мають виконувати не менше, ніж два спеціаліста. При цьому інструмент має бути справним, джерело живлення відключеним;

3) Робоче місце або ділянка має бути устаткована засобами захисту від пожежі – вогнегасниками порошкового або іншого типу;

4) Готовий до роботи прилад має бути у надітому корпусі.

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

Перед початком роботи слід пересвідчитись, що:

- прилад правильно підключений і має заземлення;
- перед запуском не залишилось зайвих незакріплених предметів;
- всі прилади, що досліджуються, закріплені належним чином, що відповідає аналогічно кріпленню на амортизаційній рамі літака;
- усі з'єднувальні кабелі та місця рознімання справні.

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ

Під час виконання роботи необхідно:

- використовувати тільки справний інструмент і за призначенням;
- слідкувати, щоб на робочому місці не було зайвих предметів, що відволікають увагу і можуть привести до його травмування;
- при появі іскріння, короткого замикання, запаху гару, диму прилад негайно відключити та виявити причини можливого виникнення пожежі.

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

Після закінчення роботи необхідно:

- вимкнути прилад, коли спеціаліст залишає своє місце;
- прибрати своє робоче місце;
- перевірити наявність всього інструменту згідно опису;
- повідомити керівника робіт про виявлені недоліки в роботі приладу.

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ В АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ:

- у випадку виникнення пожежі негайно викликати пожежну команду. До її приїзду приступити до тушіння пожежі підручними засобами, а також спасінню людей та надання їм допомоги;
- у випадку ураження електричним струмом відключити живлення, прийняти необхідні міри по наданню першої медичної допомоги;
- в робочому приміщенні працівники мають бути ознайомлені з планом та порядком евакуації з приміщення, що має бути повішеним на видному місці.

Висновки до розділу 6

При аналізі небезпечних факторів, які можуть впливати на людину при експлуатації та технічному обслуговуванні розробленого пристрою додаткової індикації вияснилося, що прилад, як окремий елемент не має небезпечного впливу на здоров'я оператора. Навпаки пристрій поліпшує сприйняття інформації пілотом та зменшує час прийняття їм рішення, що зменшує психологічне та розумове навантаження. Технічне обслуговування пристрою проводиться винятково в кабіні екіпажу без застосування небезпечних рідин та високих напруг.

ВИСНОВКИ

В роботі розглянута модернізація персональної системи попередження зіткнень в повітрі, шляхом застосування додаткового пристрою індикації.

В даній роботі зроблений аналіз авіаційних подій, які пов'язані з небезпечним зближенням та зіткненням повітряних суден в повітрі та визначено, що в більшості випадків їх причиною є людський фактор, неправильна оцінка та прогнозування повітряної обстановки з боку диспетчера.

У зв'язку з цим була розроблена допоміжна технічна бортова система попередження зіткнень в повітрі.

При розгляді вимог і характеристик існуючих бортових систем попередження зіткнень, визначено, що системи БСПЗ модифікацій 7.0 і 7.1 TCAS 2000, які рекомендовані до застосування документами Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО), мають складну апаратну частину, що позначається на високій ціні виробу, а також мають глибоку інтеграцію в пілотажно-навігаційні комплекси повітряного судна, що визначає високу вартість її установки і технічного обслуговування. Ці умови не дозволяють застосовувати БСПЗ цих модифікацій на легкомоторних повітряних судах.

В процесі розгляду теми, вияснилося, що за характеристиками персональна система попередження зіткнень в повітрі PCAS XRХ в змозі вчасно надати пілотові достовірну інформацію про трафік, для прийняття ним рішення щодо виправлення конфліктної ситуації і може бути застосована для цієї цілі для легкомоторних повітряних суден. Але для якісного сприйняття пілотом інформації про повітряні суда, які конфліктують, є кілька ергономічних проблем індикації.

Провівши огляд основних способів індикації, вияснили вимоги до розміщення засобів індикації, кодування інформації, форм та розмірів екрану, їх кутів огляду та яскравості, контрасту, кольоровості та спотворень індикаторів, вияснили, що на повітряних судах з аналоговою приладовою дошкою заміна на багатофункціональні РКІ панелі може бути економічно не доцільним. При дообладнанні цих ПС сучасними системами, слід враховувати те, що інформація з

додаткових систем індикації повинна доповнювати діючі прилади та не відволікати і не перевантажувати увагу екіпажу. Наряду з цим індикатори додаткових систем повинні відповідати сучасним авіаційним вимогам.

Для усунення недоліків індикації PCAS XRХ був запропонований пристрій додаткової індикації. Який представляє собою кільце з вмонтованими світло діодами та виготовлений за допомогою 3D друку. Був розроблений алгоритм сигналізації пристрою та обґрунтоване місце його розташування на окантовці аналогового індикатору барометричного висотоміру.

При забезпечені взаємодії пристрою додаткової індикації, який запропонований в роботі, та приладу PCAS XRХ, був обчислений та вибраний аналогово-цифровий перетворювач блоку перетворення коду RS-232 в сигнал включення відповідного світлодіоду.

За результатами оцінки економічної ефективності розробка та впровадження додаткового пристрою індикації є техніко-економічно доцільним.

При розрахунку показників надійності вияснилося, що пристрій відповідає вимогам надійності і має час напрацювання на відмову 4690 годин.

В процесі розгляду впливу розробленого пристрою додаткового пристрою сигналізації на навколишнє середовище, вияснилося, що пристрій не завдає додаткових небезпечних екологічних факторів тому, що працює тільки на світлову сигналізацію. А прилад XRХ, з яким від використовується виробляється промислово і вже має необхідні екологічні сертифікати.

При аналізі небезпечних факторів, які можуть впливати на людину при експлуатації та технічному обслуговуванні розробленого пристрою додаткової індикації вияснилося, що прилад, як окремий елемент не має небезпечного впливу на здоров'я оператора. Навпаки пристрій поліпшує сприйняття інформації пілотом та зменшує час прийняття їм рішення, що зменшує психологічне та розумове навантаження. Технічне обслуговування пристрою проводиться винятково в кабіні екіпажу без застосування небезпечних рідин та високих напруг.

Таким чином, застосування розробленого пристрою додаткової індикації дозволить:

- вивести сигналізацію про небезпечне зближення в 1 ергономічну зону сприйняття пілота (зона розміщення барометричного висотоміра);
- поліпшити сприйняття інформації пілотом при вібрації і візуальних ілюзіях;
- зменшити час прийняття рішення пілотом щодо усунення конфліктної ситуації;
- підвищити безпеку польотів.

Матеріали магістерської дипломної роботи були передані в авіаційно – технічну базу Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ для впровадження і практичної реалізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Doc 9863 ИКАО. Руководство по бортовой системе предупреждения столкновений (БСПС), Монреаль, 2006 г.
2. Авиационная электросвязь. Приложение 10. Том 4 «Системы наблюдения и предупреждения столкновений». – ИКАО, Монреаль, 2007г.
3. Doc 9684 ИКАО. Руководство по вторичным обзорным радиолокационным (ВОРЛ) системам, Монреаль, 2004 г.
4. Doc 9871 ИКАО. Технические положения, касающиеся услуг режима S и расширенного сквиттера, Монреаль, 2009 г.
5. Doc 9924 ИКАО Руководство по авиационному наблюдению, Монреаль, 2010 г.
6. Авторский коллектив: Быковцев И.С., Демьянчук В.С. и др. Системы наблюдения и передачи данных режима S. Киев 2012 г. – 256 с.
7. Коломиец В.И., Филимонов Н.П. Вторичный радиолокатор «Крона»;- Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007 г.- 98 с.
8. Woiko S.M., Romanenko V.H., Stushchanskyi Yu.V., Nozhnova M.O., Doludariiev V.M. "Modern aspects of helicopters modernization "/ Monograph./- Warsaw, 2020. – 121p.
9. Руководство по технической эксплуатации Ан-148. Авиационный НТК имени О.К. Антонова, 2006 г.
10. AN-Conf/12-WP/12. RTCA DO-143 DO-185B/EUROCAE, MOPS для реализации TCAS. Сайт <http://www.icao.int>.
11. Давыдов П.С., Сосновский А.А., Хаймович И.А. Авиационная радиолокация. Справочник. - М.: Транспорт, 1984, 223 с.
12. Руководство пользователя Портативная система предупреждения столкновений модели XRХ.
13. Denisov Y. Switch operation power losses of quasi-resonant pulse converter with parallel resonant circuit / Denisov Y., Gorodny A., Gordienko V., Yershov R., Stepenko S., Kostyrieva O., Prokhorova A. // International Scientific Conference on Electronics and Nanotechnology(ELNANO): Thirty-Fourth Annual IEEE, 2016. – P. 327-332.
14. Denisov Y., Power losses in MOSFET switch of quasi-resonant pulse converter with series resonant circuit / Denisov Y., Gordienko V., Gorodny A., Stepenko S., Yershov R., Prokhorova A., Kostyrieva O. // 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 2016. - P. 1-6. 2

15. Gorodniy O. Impact of Supply Voltage Change on the Energy Performance of Boost Quasi-Resonant Converter for Radioelectronic Equipment Power Supplies / Gorodniy O., Gordienko V., Stepenko S., Boyko S., Sereda O. // Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2017. – P. 232-235.

16. TCAS Manual Number 9015733 REV. B July 2, 2012.