

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

МАТЕРІАЛИ
НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ:

МЕТОДОЛОГІЯ СИТУАЦІЙНОГО КОЛЕКТИВНОГО
УПРАВЛІННЯ ПІЛОТОВАНИМИ І БЕЗПІЛОТНИМИ
ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В ЄДИНОМУ
ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРИ

Том 2

*Інтегровані корпоративні моделі для колективного управління пілотованими і
БПЛА в єдиному повітряному просторі в умовах ризику і невизначеності*

2017

Методологія ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі: наукові матеріали. В 3-х томах. Том 2. Інтегровані корпоративні моделі для колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному повітряному просторі в умовах ризику і невизначеності / Харченко В.П., Шмельова Т.Ф., Знаковська Є.А., Бугайко Д.О., Луппо О.Є., Лазоренко В.А., Аргунов Г.Ф. Мухіна М.П., Малютенко Т.Л., Кузьменко Н.С., Бондарєв Д.І., Петрушевський А.О., Шостак О.В., Благая Л.В./ Под ред. Харченко В.П.: – К. : НАУ, 2017. – 120 с.

Рецензенти:

С.М. Неділько, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри обслуговування повітряного руху Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету;

К.С. Сундучков - доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційно-телекомунікаційних мереж Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

В.В. Конін - доктор технічних наук, с.н.с., професор кафедри аеронавігаційних систем НН ІАН Національного авіаційного університету

Рекомендовано до друку вченою радою Національного авіаційного університету (протокол № 9 від 27 вересня 2017 р.) в якості монографії.

У наукових матеріалах приведено результати досліджень, що пов'язані з розробленням інтегрованих корпоративних моделей для колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному повітряному просторі за допомогою методології колективного управління ЛА і БПЛА. В томі 2 приведено моделі для колективного управління пілотованими і БПЛА і методичне забезпечення професійної підготовки операторів БПЛА, УПР, інженерів з систем аеронавігаційного забезпечення. Задачі і завдання вирішувались в детермінованих умовах (планування, передпольотна підготовка), в умовах ризику і невизначеності, ситуаційного стану динамічної повітряної обстановки (ДПО) і впливу зовнішнього середовища. Представлено демонстративний відеоматеріал «Sky patrol», «Sea patrol», «Наземне патрулювання загального призначення».

Для науковців, викладачів, докторантів, аспірантів і студентів вищих навчальних закладів.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	6
1. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЕКСПЛУАТАНТА ДИСТАНЦІЙНО ПІЛОТОВАНОЇ АВІАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ	8
1.1. Підходи до консолідації інформаційних потоків в системах аеронавігаційного обслуговування польотів	8
1.2. Система підтримки прийняття рішень для оператора дистанційно пілотованих авіаційних систем (ДПАС)	11
1.3. Розвиток міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів	13
2. ІНТЕГРОВАНІ КОРПОРАТИВНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ДЕТЕРМІНОВАНИХ І СТОХАСТИЧНИХ УМОВАХ У РАЗІ КОЛЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІЛОТОВАНИМИ І БПЛА В ЄДИНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ	19
2.1. Автоматизація процесу обліку повітряного руху та розрахунку аеронавігаційних зборів	19
2.2. Моделі прийняття рішень оператора БПЛА	20
2.3. Моделі ПР оператора обслуговування повітряного руху	33
2.3.1. Мережевий аналіз дій оператора ОПР і мережеві детерміновані моделі ПР оператора ОПР	33
2.3.2. Детерміновані і стохастичні моделі ПР оператора ОПР	38
2.4. Моделі ПР оператора систем аеронавігаційного обладнання (САНО)	41
2.5. Діагностика деформацій психоемоційного стану оператора ОПР, БПЛА, Л-О	47
2.6. Методи удосконалення навігації БПЛА	47
3. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІЛОТОВАНИМИ І БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В ЄДИНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ	50
3.1. Методичне забезпечення підготовки авіадиспетчерів	50
3.2. Методичне забезпечення підготовки операторів безпілотних літальних апаратів	53
3.3. Методичне забезпечення підготовки інженерів з систем аеронавігаційного обслуговування	54
3.4. Професійна взаємодія операторів в системі колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою	58
3.4.1. Вимоги до управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою: пріоритети, критерії	58
4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КОЛЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІЛОТОВАНИМИ І БПЛА В ЄДИНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ. ПРОГРАМА "UAV_AS"	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66
ДОДАТКИ	70
Додаток А	71
Методичні рекомендації для підготовки оператора ОПР	71
Додаток Б	82
Прямий і зворотній зв'язок з ДПЛА у цілях обслуговування повітряного руху	82
Додаток В	88
Методичне забезпечення для виконання курсової роботи з дисципліни «Інформаційні технології» для підготовки операторів ОПР, БПЛА, САНО	88
Додаток Г	100
Підготовка до роботи тренажера БАС	100
Додаток Д	114
Лабораторні роботи для підготовки операторів систем аеронавігаційного обслуговування	114
Додаток Ж	117
Демонстративний відеоматеріал «Sky patrol», «Sea patrol», «Наземне патрулювання загального призначення»	117

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

АРМ	Автоматизоване робоче місце
АС	Автоматизована система
БАС	Безпілотні авіаційні системи
БПЛА	Безпілотний літальний апарат
БПС	Безпілотне повітряне судно
ЗПС	Злітно-посадкова смуга
ІК	Істинний курс
КК	Компасний курс
КЛ	Курс літака
ЛА	Літальний апарат
МК	Магнітний курс
НСУ	Наземна станція управління
ОЕ цільове спорядження	Електрично-оптичне цільове спорядження
ПК	Повітряний корабель
ПКС	Потенційно-конфліктна ситуація
ПНТУ	Переносний наземний пульт управління
ПП	Повітряний простір
ПР	Прийняття рішень
ПС	Повітряне судно
РЦ ОПР	Районний центр обслуговування повітряного руху
ТНКЗ	Термінал наземного каналу зв'язку
ТТХ	Тактико-технічні характеристики
АДЦ	Аеродромний диспетчерський центр
АНС	Аеронавігаційна система
АС КПР	Автоматизована система керування повітряним рухом
АРП	Автоматичні радіопеленгатори
БАНВ	Бортові аеронавігаційні вогні
БАС	Безпілотна авіаційна система
БД	База даних
БМ	База моделей
БП	Безпека польотів
БПЛА	Безпілотний літальний апарат
БЧ/ SBO	Сигнал з пригніченою несучої, іноді називають «різницевим»
ВОРЛ	Вторинний оглядовий радіолокатор
ВСУ	Вбудована силова установка
ГРМ/ GS	Глісадний радіомаяк
ДПО	Динамічна повітряна обстановка
ДППС	Дистанційно пілотоване повітряне судно
ДПАС	дистанційно пілотованих авіаційних систем
ЗП	Захід на посадку
ЗПС	Злітно-посадкова смуга
ІДС	Інтегрована динамічна система
КДП	Командно-диспетчерський пункт
КРМ	Курсовий радіомаяк
ЛА	Літальний апарат
Л-О	Людина-оператор
НБЧ/ CSB	Сигнал несучої з бічними частотами, «сумарний»
НСУ	Наземна станція управління
ОВП	Особливий випадок у польоті
ОКПР	Оператор керування повітряним рухом
ОПР	Обслуговування повітряного руху
ОПРС	Окрема приводна радіостанція
ОрПР	Організація повітряного руху
ОСП	Обладнання систем посадки
ПК	Повітряний корабель
ПКС	Потенційно-конфліктна ситуація
ПП	Повітряний простір
ПР	Прийняття рішень

ПС	Повітряне судно
ППС	Пілотоване повітряне судно
ПДП	Пункт дистанційного пілотування
РГМ	Різниця глибинної модуляції
РД	Рівень домагань
РДЦ	Диспетчерський центр
РСППР	Розподілена система підтримки прийняття рішень
СППР	Система підтримки прийняття рішень
СКБД	Система керування базою даних
СУБД	Система управління базою даних
СТС	Соціотехнічна система
УПР	Управління повітряним рухом
ФПЛ	Флайт-план
ACC	Area Control Center (районний диспетчерський центр)
APP	Approach Control (диспетчерське обслуговування заходу на посадку)
	Зв'язок, навігація, спостереження/організація повітряного руху
CNS/ATM	Control Area (диспетчерський район)
СТА	Control Zone (диспетчерська зона)
СТР	Distance measuring equipment (далекомірне УВЧ-обладнання)
DME	доплерівський високочастотний усебічно направлений азимутальний
DVOR	радіомаяк
	Бортова система керування польотом
FMS	Flight Plan (план польоту)
FPL	Концепція гнучкого використання ПП
FUA	International Civil Aviation Organization (Міжнародна організація цивільної
ICAO	авіації)
	Instrument Landing System (інструментальна система посадки)
ILS	Інструментальний захід на посадку (захід за приладами)
IFR	«Line operations Safety Audit»
LOSA	Окрема приводна радіостанція
NDB	Pilot Flying (пілот виконує дії по пілотуванню ПС)
PF	Pilot Monitoring (пілот виконує комунікаційні функції)
PM	Моноімпульсний радіолокатор
MSSR	Багатопозиційна система спостереження
MLAT	Terminal Control Area (вузловий диспетчерський район)
TMA	VHF Omni-directional Radio Range (Високочастотний усебічно направлений
VOR	азимутальний радіомаяк)

ВСТУП

Безпілотна авіація активно інтегрується та упорядковується до авіаційної системи. Розроблення дистанційно пілотованих авіаційних систем (ДПАС) на основі дистанційно пілотованих повітряних суден (ДППС) проводиться в наш час фактично всіма індустріально розвиненими країнами світу. Донедавна безпілотні літальні апарати мали військове призначення, на разі застосування ДПАС ефективно як у військових завданнях, так і завданнях цивільного призначення. Наприклад, при боротьбі з наслідками надзвичайних ситуацій, стихійними лихами, для сільськогосподарського застосування, для розвідки і аерофотозйомки. Порядок експлуатації ДПАС визначається метою польоту, правилами польотів, районами польотів і функціональними рівнями ліній зв'язку з ДППС. Одним з правил ефективного виконання польоту як для пілотованої, так і для безпілотної авіації є обов'язкове проведення передпольотної підготовки, включаючи огляд і обслуговування ДППС і пунктів дистанційного пілотування (ПДП), перевірку засобів зв'язку і функцій управління, настройку ПДП, завантаження і перевірку інформації, пов'язаної з плануванням польоту, а також отримання, при необхідності, диспетчерських дозволів органів управління повітряним рухом (УПР). В рамках передпольотного планування слід відповідно визначити запасні аеродроми/майданчики для повернення на випадок аварійної обстановки або надзвичайної ситуації, обумовленої метеорологічними умовами. Пропонується вибір запасного аеродрому/майданчика для оптимальної посадки ДППС на випадок аварійної обстановки або надзвичайної ситуації за допомогою критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності.

Керівництвом Міжнародної організацією цивільної авіації (ІКАО) визначаються основні вимоги до організації та здійснення використання ДПАС [3]. Підкреслюється, що ДПАС відносяться до систем, які засновані на новітніх розробках в області авіаційно-космічних технологій, можуть відкрити нові і розширити наявні можливості способів застосування, підвищити рівень безпеки польотів та ефективності діяльності всієї цивільної авіації. Мета полягає в розробці міжнародної нормативної бази, заснованої на Стандартах і рекомендованій практиці (SARPS), що доповнюються Правилами аеронавігаційного обслуговування (PANS) і інструктивним матеріалом, яка забезпечить можливість виконання безпечних, узгоджених і ефективно інтегрованих польотів ДППС аналогічно польотам пілотованих повітряних суден (ППС). Найважливіше завдання полягає в тому, щоб інтеграція ДППС в несегрегований повітряний простір не призвела до підвищення рівня ризику для безпеки польотів ППС. Відповідно до рекомендацій в рамках системи цивільної авіації, ДПАС гратимуть роль рівноправного партнера, здатного взаємодіяти з органами УПР і з іншими повітряними суднами (ПС) в реальному масштабі часу. Використання ДППС має регулюватися такими ж нормативно-правовими актами як і для звичайних літаків. Проте в національній авіаційній нормативно-правовій базі України правила використання БПЛА відображені дуже слабо. В деяких документах це відображено лише терміном. Американський експерт, Джон Уорден пророкує, що до 2025 року близько 90% літаків будуть безпілотними, і тільки 10% - пілотованими, а пілоти будуть "золотим запасом" для найбільш важливих і важких завдань [13]. Аналогічна ситуація спостерігається і в зв'язку з розвитком БАС для використання у цивільних цілях. Це пов'язано з низкою важливих переваг. Відсутність екіпажу на борту ПС усуває ризик смерті. Можливість виконувати маневри з великими перевантаженнями, що перевищує фізичні можливості пілота. Польоти на велику дистанцію при відсутності екіпажу усуває можливий фактор втоми екіпажу. І, нарешті, відносно невелика вартість БПЛА, які можуть мати невеликі розміри і низьку вартість експлуатації. Інтегрована динамічна система ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами (БПЛА) в єдиному повітряному просторі (ПП), керованому об'єднаною цивільно-військовою системою призначена для ефективного використання в автоматизованій системі (АС) управління повітряним рухом (УПР) і бортових системах керування польотом (FMS). З метою досягнення максимальної ефективності використання ПП пропонується система методологічних і методичних принципів побудови інтегрованої динамічної системи ситуаційного колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, що містить: методологію побудови інтегрованих моделей корпоративного паритетного управління в умовах ситуаційного стану

динамічної повітряної обстановки (ДПО) з урахуванням зміни пріоритетів обслуговування; методика розроблення навчально-методичного комплексу професійних завдань для підготовки користувачів системи; прототип програмного забезпечення комплексу автоматизованого управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП.

Концепція гнучкого використання ПП (FUA) заснована на принципі, згідно з яким ПП повинен позначатися не як чисто цивільний або військовий, а як ПП, в якому в максимально можливій мірі реалізуються всі вимоги користувачів різного призначення. Спільне планування та організація ПП передбачають кооперативне визначення структури ПП за участю всіх користувачів таким чином, щоб вона забезпечувала оптимальні траєкторії для всіх користувачів (пілотованих, БПЛА, військового і цивільного призначення), використовуючи переваги, що забезпечуються можливостями ПС. Відповідно до глобального плану розвитку систем CNS/ATM (зв'язок, навігація, спостереження/ організація повітряного руху (OpPP) (Cirс. ICAO 9750) аеронавігаційні системи (АНС) нового покоління повинні відповідати наступним вимогам: гнучке використання ПП і функціональна інтеграція бортових і наземних систем; динамічна організація ПП, спільне планування та організація ПП і комплексне прийняття рішень (PP) за участю всіх користувачів ПП з урахуванням факторів зовнішнього середовища, що впливають на PP в АНС як соціотехнічній системі. На сьогоднішній день відсутня методологія створення таких систем нового покоління. Пропонується розподілена система підтримки прийняття рішень оператора ДППС. Системи підтримки прийняття рішень (СППР), як зосереджені, так і розподілені широко застосовуються для проектування і управління складними системами, в медичній діагностиці, в системах УПР, робототехніці, екстремальних ситуаціях, сільськогосподарській авіації при хімічному захисту рослин, фінансових структурах, тощо. В якості бази даних запропоновано NoSQL рішення для раціонального агрегування даних і збільшення швидкості обробки запитів.

Метою досліджень є: розроблення моделей прийняття рішень в умовах невизначеності за допомогою яких здійснюється вибір оптимального місця посадки ДППС на випадок аварійної обстановки або надзвичайної ситуації, розроблення СППР операторів БПАС, УПР, САНО, розроблення відповідного методичного забезпечення.

1. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЕКСПЛУАТАНТА ДИСТАНЦІЙНО ПІЛОВОАНОЇ АВІАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

1.1. Підходи до консолідації інформаційних потоків в системах аеронавігаційного обслуговування польотів

У наш час авіація розвивається стрімкими темпами. Відповідно до глобального плану розвитку систем CNS/ATM, аеронавігаційні системи (АНС) нового покоління повинні відповідати наступним вимогам [5]:

- гнучке використання повітряного простору;
- функціональна інтеграція бортових і наземних систем;
- динамічна організація повітряного простору (ПП);
- спільне планування та організація ПП;
- комплексне прийняття рішень (ПР) за участю всіх користувачів ПП.

Таких перспективних систем, що задовольняються вищезазначеним вимогам немає, або є окремі системи, що потребують подальшого розвитку. Наразі актуальними є дослідження нових підходів до вирішення задач консолідації інформаційних потоків в системах аеронавігаційного обслуговування польотів, з метою підвищення безпеки польотів та збільшення ефективності роботи операторів аеронавігаційної систем. При цьому пріоритетним напрямком розвитку авіації вважається багатозадачність (багатоцільове використання), корпоративна інтеграція в існуючий повітряний простір (ПП), колективне управління в умовах ризику, невизначеності в залежності від ситуаційного стану динамічної повітряної обстановки (ДПО). Тому виникла необхідність в застосуванні єдиних принципів планування та організації ПП, що забезпечує можливість визначення більш гнучкої системи ПП для динамічного обслуговування неоднорідних потоків повітряного руху [8]. Концепція гнучкого використання повітряного простору заснована на принципі, згідно з яким ПП повинен позначатися не як чисто цивільний або військовий, а як ПП, в якому в максимально можливій мірі реалізуються всі вимоги користувачів різного призначення. Спільне планування та організація ПП передбачають кооперативне визначення структури ПП за участю всіх користувачів таким чином, щоб вона забезпечувала оптимальні траєкторії для всіх користувачів (пілотованих, БПЛА, військового і цивільного призначення), використовуючи переваги, що забезпечуються можливостями повітряних суден (ПС).

Виходячи з вищезазначених вимог АНС, пропонується консолідація колективного управління повітряним рухом в єдиному повітряному просторі, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою за допомогою інтегрованого модуля системи підтримки прийняття рішень (СППР) операторів автоматизованої системи управління повітряним рухом [18; 20; 47].

Під час консолідації інформаційних потоків правильне урахування пріоритетів відіграє важливу роль. Можливі випадки (наприклад, якщо система використовується в умовах, для яких спочатку не розраховувалася, а також в екстремальних ситуаціях, що має місце в авіації), коли окремі часткові критерії відрізняються один від одного за значимістю. Тоді варто вирішувати проблему урахування пріоритету [47]. В практиці векторної оптимізації використовуються якісні (ряд пріоритету) і кількісні (вектор пріоритету і ваговий вектор) характеристики пріоритету. На основі поняття ряду пріоритету вирішуються, зокрема, лексикографічні задачі оптимізації. У цьому випадку вектор ефективності допускає упорядкування своїх компонентів за важливістю. Однак на практиці ланцюг рішень дуже швидко обривається і багатокритеріальне рішення виявляється тривіальним. Більш багатим за змістом є метод справедливих поступок, що теж заснований на ієрархічному ранжуванні часткових критеріїв, але дає змогу довести ланцюг рішень до останнього критерію.

Таким чином задача консолідації потоків зводиться до розробки комп'ютерної системи, яка дозволить об'єднувати інформацію з безлічі джерел та групувати її відносно пріоритетів

подаючи на вхід інтерфейсу користувача. Основними компонентами такої системи є база даних, база моделей та інтерфейс користувача, основні підсистеми розподіленої СППР експлуатантів ДПАС (рис. 1.1).

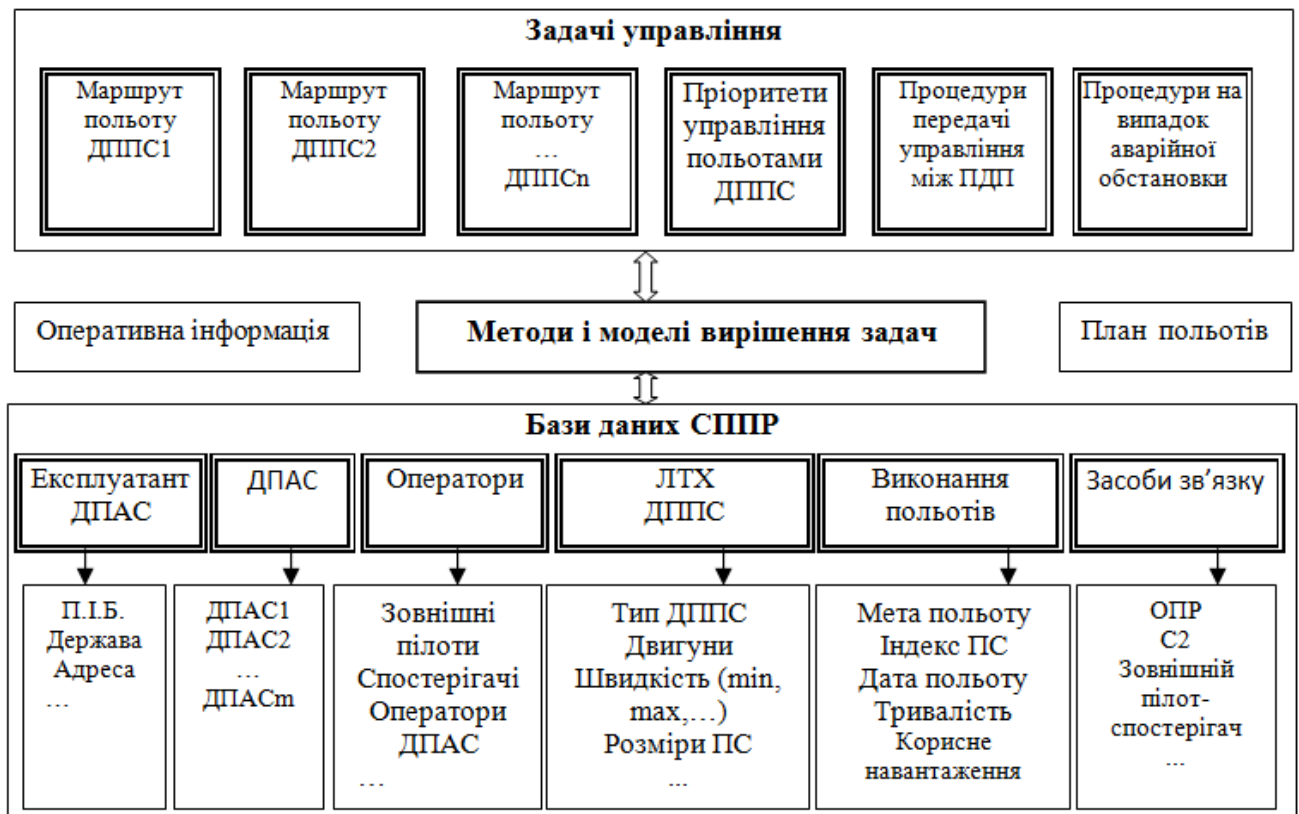


Рис. 1.1. Основні підсистеми розподіленої СППР експлуатантів ДПАС

Система для консолідації колективного управління рухом ставить високі вимоги до системи керування базою даних (СКБД). Виходячи з поставленої задачі повинна забезпечуватися висока швидкість роботи з даними, надійність, а також гнучка масштабованість для подальшого розширення системи. Останнім часом у зв'язку із стрімким розвитком обчислювальних технологій і збільшенням користувачів цих технологій, гостро постає питання забезпечення продуктивної роботи з даним та підтримки можливості гнучкої зміни структури даних. Реляційні бази даних не можуть в достаток забезпечити потреби сучасних інформаційних систем. Розробникам довелося шукати інші підходи до організації роботи з даним. Так утворився окремий напрямок розвитку СКБД: NoSQL [5]. Даний термін розшифровується як Not Only SQL, що означає використання не тільки реляційного підходу, а і інших.

NoSQL баз даних мають наступні характеристики:

- не використовується SQL;
- неструктуровані (schemaless);
- представлення даних у вигляді агрегатів (aggregates) [6].

Зупинимося більш детально агрегуванні даних (рис. 1.2). Структура на рис.1.2 має мережеву організацію із централізованим керуванням. При цьому від елементів групи надходить по каналах зв'язку на пункт керування оперативна інформація i_1, \dots, i_n . Пункт керування має додатковий канал зв'язку із зовнішніми системами, який видає інформацію для організації дій додаткових засобів. Враховуючи мережевий характер структури, можливо припустити також, що група БПЛА буде мати більш складну – деревоподібну структуру, у якій елементи групи El_1, El_2, \dots, El_n замикаються на кореневий елемент El_0 . Припустимо, є набір даних рис. 1.2.

```

{
  "id" : "E0707-11",
  "airCarrier" : "SWISS",
  "aircraftType" : {
    "manufacturer" : "BOEING",
    "bodyType" : "747",
    "engine" : "four-engined",
    "year" : "2006",
    "seats" : "605"
  },
  "payload" : 0.82
}
{
  "airCarrier" : "IBERIA",
  "aircraftType" : {
    "manufacturer" : "AIRBUS",
    "bodyType" : "A310",
    "engine" : "twin-engined",
    "year" : "1996",
    "seats" : "279"
  },
  "payload" : 0.76
}
{
  "id" : "AI908J-09",
  "airCarrier" : "IBERIA",
  "aircraftType" : {
    "manufacturer" : "AIRBUS",
    "bodyType" : "A310",
    "engine" : "twin-engined",
    "year" : "1996",
    "seats" : "279"
  },
  "payload" : 0.76
} ...

```

Рис. 1.2. Фрагмент даних NoSQL БД локальних СППР користувачів ПС

На відміну від реляційної моделі [18], яка зберігає логічну бізнес-суть додатка в різні фізичні таблиці в цілях нормалізації, NoSQL сховища оперують з цими сутностями як з цілісними об'єктами. Таким чином замість створення нової таблиці на кожен окрему сутність ми просто створюємо об'єкти цих сутностей з визначеними для них атрибутами. Використання даного підходу, в поставленій задачі, дозволить абстрагуватися від конкретних об'єктів і їх атрибутів та дозволить працювати з окремими потоками як з цілісними сутностями. Завдяки цьому можна використати стандартизований підхід до консолідації усіх інформаційних потоків в предметній області, а також визначити для кожного з них пріоритети.

Глобальна експлуатаційна концепція організації повітряного руху, яка відображає бачення ІКАО єдиної узгодженої і заснованої на глобальній взаємодії систем АНС, повинна забезпечувати консолідацію колективного управління рухом. Консолідація інформаційних потоків відіграє важливу роль під час управління повітряним рухом. В умовах сучасного стрімкого розвитку авіації на люди навантажується велика кількість інформації від різноманітних систем керування. Для прийняття правильного рішення інформація яка надходить до авіадиспетчера повинна бути структурована, а інформаційні потоки консолідовані. Саме тому виникає потреба у створенні системи яка буде структурувати інформацію, збирати та консолідувати в собі різноманітні інформаційні потоки і на вихід подавати готові рішення для управління повітряним рухом. Для реалізації такої системи велику роль відіграє вибір бази даних.

Аналіз існуючих рішень показав необхідність використання NoSQL БД. Такі системи здатні забезпечити потрібну швидкість роботи. А завдяки особливому підходу до агрегування даних виникає можливість стандартизації способів консолідації потоків.

1.2. Система підтримки прийняття рішень для оператора дистанційно пілотованих авіаційних систем (ДПАС)

Інформаційний блок локальних СППР експлуатантів ДПАС в рамках розподіленої СППР складений відповідно до рекомендацій ІСАО [3; 4], Інструкції зі складання заявок на використання ПП під час планування проведення польотів [10] містить наступні компоненти:

- характеристики ДПАС, ДППС, ПДП, засобів зв'язку, навігації, спостереження (ліній управління и контролю (С2), GNSS, ADS-B тощо);
- сертифікація ДПАС, ПДП, ДППС, льотна придатність;
- обов'язки експлуатанта ДПАС;
- управління безпекою польотів;
- засоби для виявлення і запобігання різних видів небезпеки (DAA);
- зв'язок з органами ОрПР;
- процедури експлуатації посадочних площин, аеродромів
- процедури експлуатації ДППС, правила виконання польотів.

id	aircarrier	aircraft	payload
EO707-11	SWISS	747	0.82
-	IBERIA	A310	0.76
AI908J-09	IBERIA	A310	0.76
AI911J-13	IBERIA	A310	0.95
AI904K-05	IBERIA	A310	0.85
AI943N-12	IBERIA	A310	0.9
EO608-06	SWISS	747	0.89
EO611-08	SWISS	747	1
EO702-19	SWISS	747	0.74
EO702-21	SWISS	A380	0.8

airCarrier	manufacturer	bodyType	engine	year	seats
IBERIA	AIRBUS	A310	twin-engined	1996	279
SWISS	AIRBUS	A380	four-engined	2007	555
IBERIA	AIRBUS	A380	four-engined	2011	555
IBERIA	AIRBUS	A310	twin-engined	1996	279
SWISS	BOEING	747	four-engined	2003	605
SWISS	BOEING	747	four-engined	2006	605

```
// USE AGGREGATION
db.flight.aggregate([
  {$group:
    {
      _id: {
        "airCarrier": "$airCarrier"
      },
      averagePayload: {$avg: "$payload"}
    }
  }
])

// OUTPUT:
//{ "_id" : { "airCarrier" : "IBERIA" }, "averagePayload" : 0.844 }
//{ "_id" : { "airCarrier" : "SWISS" }, "averagePayload" : 0.85 }
```

Рис. 1.3. Фрагмент NoSQL БД локальних СППР користувачів ПС

На відміну від реляційної моделі, яка зберігає логічну бізнес-суть додатка в різні фізичні таблиці в цілях нормалізації, NoSQL сховища оперують з цими сутностями як з цілісними об'єктами. Таким чином замість створення нової таблиці на кожен окрему сутність ми просто створюємо об'єкти цих сутностей з визначеними для них атрибутами. Використання даного підходу, в поставленій задачі, дозволить абстрагуватися від конкретних об'єктів і їх атрибутів та дозволить працювати з окремими потоками як з цілісними сутностями. Завдяки цьому можна використати стандартизований підхід до консолідації усіх інформаційних потоків в предметній області, а також визначити для кожного з них пріоритети використання ДПАС і правила виконання польотів ДППС [19; 20].

1. Основні задачі СППР для ДПАС при виникненні аварійних ситуацій [18; 48; 54]:
2. Збирання даних про стан ДПЛА та навколишнього середовища
3. Формування стратегій дій в аварійних ситуаціях (продовження польоту до аеродрому/місця посадки або виконання вимушеної посадки)
4. Прогнозування розвитку ситуації

5. Визначення характеристик альтернативних варіантів і формування множини допустимих альтернатив завершення польоту
6. Оцінювання ефективності допустимих альтернатив та формування рекомендацій щодо визначення оптимального варіанту завершення польоту

Задачі СППР можуть бути статичні та динамічні [18]:

1. Статичні:
 - Тип БПЛА
 - Горизонтальна та вертикальна швидкості
 - Можливість посадки на ЗПС та пересічній місцевості
 - ЛТХ ДПЛА
 - Метеоумови
2. Динамічні (оперативні):
 - Тип ситуації
 - Стан ДПЛА
 - Висота ДПЛА
 - Курс польоту ДПЛА
 - Координати ДПЛА

Структуру системи прийняття рішень оператора ДПЛА представлено на рис. 1.4. Основні вимоги до СППР ДПЛА [18; 47]:

1. Принцип оптимальної лаконічності
2. Наявність засобів для комфортних умов для оператора (у зручному вигляді)

Можливість обробки даних на основі методів логічного аналізу слабоформалізованої інформації

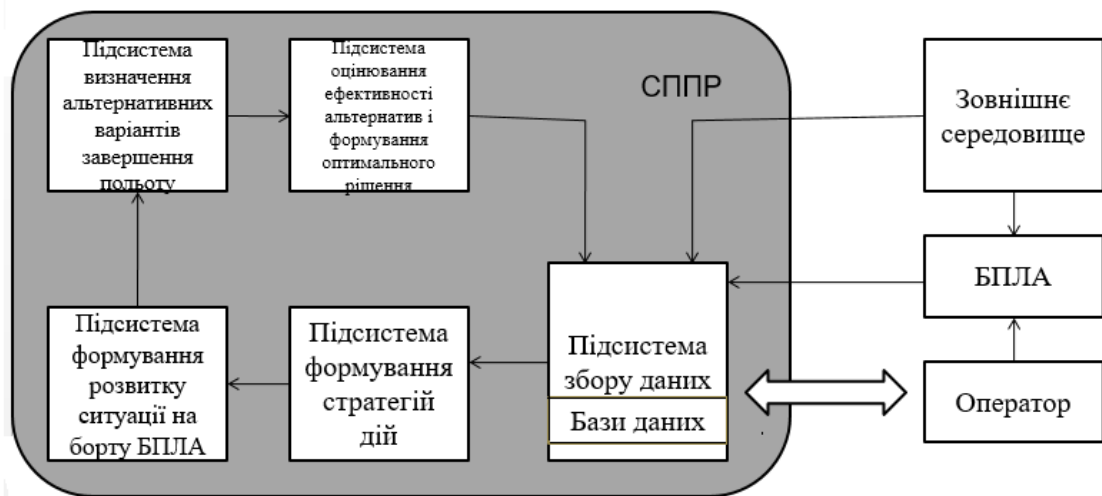


Рис. 1.4. Структура системи прийняття рішень оператора ДПЛА

Типи аварійних ситуацій, що можуть виникнути з ДПЛА [48; 54]:

1. Аварійна посадка. При виборі місць для виконання аварійної посадки зовнішній пілот повинен враховувати наступні умови:
 - а) рельєф місцевості, наземні перешкоди, щільність населення, масові скупчення людей на відкритому повітрі;
 - б) місця посадки / аварійного приводнення, включаючи їх доступність для евакуації повітряного судна або ліквідації пожежі
2. Втрата лінії керування С2. Планування польотів повинно передбачати заходи на випадок втрати лінії С2 і здійснюватися відповідно до рекомендацій, викладених в льотному керівництві і / або керівництві по виконанню польотів

3. Перехоплення

Розроблено алгоритм роботи СППР для оператора ДПЛА при виникненні аварійної ситуації.

Для формування БД СППР було зроблено аналіз нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів [29; 30]

1.3. Розвиток міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів

Міжнародне співробітництво та координація з питань регулювання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є одним із стратегічних напрямків розвитку застосування безпілотної авіації. В різних регіонах та країнах чисельні організації залучені до розробки нормативної бази цієї інноваційної галузі.

У США питаннями регулювання БПЛА займаються Федеральне управління цивільної авіації США (FAA), Національне управління США з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA), Міністерство оборони США (Secretary of Defense) та інші організації. З метою уніфікації вимог до БПЛА FAA плідно співпрацює з європейськими організаціями Європейським Агентством Безпеки Авіації (EASA) та Європейською організацією з безпеки аеронавігації (EUROCONTROL). EASA розробило базовий документ стосовно застосування БПЛА з загальною злітною вагою понад 330 фунтів/150 кг. - Політика сертифікації безпілотних літальних апаратів (Advance - Notice of Proposed Amendment No 16/2005 Policy for Unmanned Aerial Vehicle Certification (EASA A-NPA)). Метою EASA є розробка правил видач свідоцтв для використання БПЛА (EASA Basic Part 21). Польоти БПЛА з загальною злітною вагою меншою за 330 фунтів/150 кг. регулюється індивідуально країнами ЄС. Об'єднані Авіаційні Адміністрації (JAA) разом з EUROCONTROL розробили документ UAV Task Force в якому зазначені рекомендації щодо відповідності еквівалентного рівня безпеки БПЛА у порівнянні зі звичайними літаками. У Великобританії авіаційні польотні стандарти та безпека БПЛА регулюються Цивільною авіаційною владою (UK CAA). В Австралії застосування БПЛА регулюється згідно документу Регулювання безпеки цивільної авіації Австралії, частина 101 (Australia Civil Aviation Safety Regulation Part 101).

Європейське агентство з безпеки авіації (EASA), держави-члени, Євро-пейська комісія, Повноважний орган з нагляду за продуктивністю аеронавігації ЄС і Євроконтроль спільно розробили Європейську програму безпеки авіації (EASP). Європейська програма безпеки авіації (EASP) сприяє державам-членам у виконанні своїх юридичних зобов'язань і сприяє подальшому підвищенню рівня безпеки. У статті наведено найбільш важливі напрямки авіаційної діяльності та проблемні види авіаційних операцій на території та в зоні аеропорту, які регулюються в Європейському плані з безпеки авіації (EPAS) на 2016-2020 роки [62].

Дослідження розвитку нормативної бази, міжнародного співробітництва та координації з питань регулювання БПЛА є актуальним для України, як для країни яка має суттєвий потенціал виробництва та експлуатації власних безпілотних літальних апаратів, а також експортування їх закордон. Розглянемо більш детально особливості регулювання застосування БПЛА.

Діяльність Федерального Управління Цивільної Авіації США FAA щодо розвитку системи регулювання БПЛА. За останні роки у Сполучених Штатах Америки використання терміну Безпілотні літальні апарати (UAV) фактично заміщено застосуванням терміну Безпілотні авіаційні системи (БПАС -UAS). Першими цей термін стали застосовувати військові з подальшим поширенням застосування на цивільну галузь. Намір зміни - відобразити дійсність, тому що ці транспортні засоби (літальні апарати) - фактично ускладнені системи, керовані людськими операторами.

Всі польоти в Системі Повітряного Простору США, регулюються, або при військовому використанні координуються, FAA згідно чинного законодавства. FAA регулює політ, використовуючи норми Публічного Права США, згідно Кодексу федеральних правил розділ 14 – аеронавтика та дослідження космічного простору (Code of Federal Regulations Title 14 - Aeronautics and Space. Головним документом, який оприлюднює політику FAA щодо

регулювання застосування БПЛА є Політика та основні принципи експлуатації безпілотних авіаційних комплексів 05-01(AFS-400 UAS Policy 05-01). Метою цього документу є розробка політики застосування безпілотних авіаційних систем. Документ є зведенням тимчасово діючих директив, за якими визначається дозвіл на застосування безпілотних авіаційних систем та виконання польотів у повітряному просторі США. Персонал військово-повітряних сил користується основними директивами під час розгляду кожної заявки на Сертифікат льотної придатності БПЛА. У зв'язку зі швидким розвитком технологій безпілотних авіаційних комплексів, ця система правил підлягає постійному перегляду та оновленню. Після того, як Міністерство національної безпеки заявило, що діяльність безпілотних авіаційних комплексів є частиною «національної безпеки», FAA може затверджувати заявки на Сертифікат льотної придатності, якщо вони не суперечать нормативам, викладених у цій політиці. В даному випадку норми національної безпеки встановлюють вимоги щодо рівня потенційного ризику і в заявці на Сертифікат льотної придатності заявник повинен повідомити про врахування всіх можливих ризиків, пов'язаних з діяльністю безпілотних авіаційних систем.

FAA занепокоєне тим, що безпілотні літаки не розпізнаються радіолокаційними станціями. Не дивлячись на це, триває робота по розвитку сертифікованої системи «виявляти, усвідомлювати, уникати». Військово-повітряні сили мають намір приймати заявки на отримання Сертифікату льотної придатності, які підтримуються системою дослідження безпеки, у разі отримання позитивних результатів щодо неможливості зіткнення з іншими літальними апаратами. Ця система дослідження безпеки повинна включати аналіз ризику, оцінку ризику та інші документальне підтвердження безпеки польоту. Згідно визначених вимог у США розроблено процес сертифікації льотної придатності БПЛА, які використовуються середніх висотах (MALE) та великих висотах (HALE). FAA затвердило трьох річний 15 річний план розвитку регулювання застосування БПЛА. Кожен рівень загального плану мав на мету розробку Спеціального Федерального Авіаційного Регулювання (SFAR). Першим було запропоновано Спеціальне федеральне авіаційне регулювання - польоти БПЛА за правилами візуальних польотів (FAA SFAR – 01 Special Federal Aviation Regulation Target – UAV Flight Under Visual Flight Rules). Наступним кроком є розробка і впровадження спеціального федерального авіаційного регулювання - політ БПЛА з використанням технології попередження зіткнень (FAA SFAR – 02 Special Federal Aviation Regulation - UAV Flight With DSA Collision Avoidance Technology) – імплементація планується до 2013 року. Заключним етапом є розробка і впровадження спеціального федерального авіаційного регулювання - Керівництво з регулювання правил використання всіх типів БПЛА у повітряному просторі США - без обмежень типу і польотного використання (FAA SFAR – 03 Special Federal Aviation Regulation – Overall UAV US NAS Guidance Regulations – Unrestricted File and Fly Use of UAVs) - імплементація планується до 2020 року. Великий інтервал часу інтеграції БПЛА до застосування у національному повітряному просторі (до 2020 року) призводить до збільшення тиску з боку виробників БПЛА з метою прискорення розробки стандартів регулювання їх цивільного комерційного використання. FAA приділяє суттєву увагу нормам регулювання, які розробляються в Європі та особливо у Великобританії з метою уніфікації та прискорення розробки вимог до БПЛА. Управління вивчило положення Політики сертифікації безпілотних літальних апаратів EASA (Advance - Notice of Proposed Amendment (NPA) No 16/2005 Policy for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Certification (EASA A-NPA)). Виходячи з цього стратегічні зміни можуть стосуватись питання класифікації БПЛА.

Перша система класифікації заснована на потенціалі можливих пошкоджень у наслідок катастрофи (тобто - розмір, вага, швидкість, експлуатаційна висота БПЛА), усвідомлюючи, що у різних класів є різна здатність загрожувати безпеці у повітрі та на землі. Запропоновані класи напевно будуть подібні класифікації, яку використовує EASA у A-NPA, чи будуть комбінацією підходів A-NPA та документу Міністерства оборони США OSD UAS NAS Integration Roadmap - USA Secretary of Defense. Наступна система класифікації заснована на класі повітряного простору а в якому працює БПЛА. Вона розглядається FAA та Радіотехнічною Комісією Аеронавтики (RTCA). В цій схемі у БПЛА, яке працює у повітряному просторі G класу, буде

інше керівництво по регулюванню, а ніж у такого ж БПЛА, яке працює у повітряному просторі А класу. Особливого регулювання потребують надлегкі безпілотні літальні апарати. Прикладами сучасного використання БПЛА при нормативній базі, яка перебуває у стані розробки та узгодження, є загальний процес повідомлення пілотів про тимчасове обмеження повітряного простору (NOTAM) та тимчасове обмеження польоту (TFR). В наш час застосовується з метою полегшення польотів БПЛА прикордонної служби в штаті Арізона. При цьому тимчасово обмежуються польоти загальної авіації.

Система повітряного простору Сполучених Штатів Америки. Національне авіакосмічне агентство США NASA також приділяє суттєву увагу питанню інтеграції застосування БПЛА у національному повітряному просторі. Базовим документом регулювання є Національна авіаційна космічна концепція (NASA National Airspace Concept), яка формує основи майбутньої Національної Системи повітряного Простору (NAS). Вона визначає десять напрямів розвитку: можливості системи (System Capabilities), планування польотів (Flight Planning), розподіл забезпечення (Separation Assurance), ситуаційне розуміння і консультації (Situational Awareness and Advisory), навігація і приземлення (Navigation and Landing), управління рухом - стратегічні потоки (Traffic Management - Strategic Flow), управління рухом – синхронізація (Traffic Management – Synchronization), управління використанням повітряного простору (Airspace Management), надзвичайні ситуації та оповіщення (Emergency and Alerting), інфраструктурний/інформаційний менеджмент (Infrastructure/Information Management).

Опис класів повітряного простору міститься у керівництві аеронавігаційної інформації (FAA's Aeronautical Information Manual). FAA визначає контрольований (segregated) і неконтрольований (non-segregated) повітряний простір для дій БПЛА. Контрольований повітряний простір включає:

- Повітряний простір спеціального використання (Special Use Airspace (SUA)).
- Повітряний простір визначений управлінням повітряного руху (Air Traffic Control Assigned Airspace (ATCAA)).
- Повітряний простір департаменту оборони (Department of Defense Airspace (DDA)).
- Не контрольований повітряний простір включає:
- Повітряний простір публічного використання (Public Use Airspace (UAS)) - повітряний простір, який відкритий для польоту БПЛА на підставі свідчення про ауторизацію (COA).
- Цивільний Повітряний Простір (Civil UAS) – повітряний простір, який використовується при експериментальному / типовому сертифікаційному процесі.
- Модельна Авіація (Model Aviation) – польоти виконуються згідно керівництва AC 91-57, яке регламентує політ літальних апаратів вагою нижче за 100 фунтів/ 40 кг. та на висотах нижче, ніж 400 футів/ 122 м., при використанні визначених уповноважених аеродромів, керованих обладнанням RF transmitters, обмежених до специфічних частот (72 МГц).
- Інший (Other) - інші види використання БПЛА в публічному та приватному секторі.

FAA регулює повітряний простір за декількома типами або класами залежно від специфічної висоти, географічного розташування (розташування аеропортів) і повітряних процедур. Розділ 3 Керівництва з аеронавігаційної інформації (Aeronautic Informational Manual (AIM)) описує Класифікаційну Систему Повітряного Простору (Airspace Classification System). У 2004 NASA разом з Національною командою виробників БПЛА (UAV National Industry Team (UNITE)) отримала фінансування для проекту ACCESS 5 з метою розвитку можливостей застосування безпілотних літальних апаратів категорій MALE та HALE. Європейський еквівалент UNITE/ACCESS 5 Euro UAV ICB ставить за мету гарантування того, що оператори цивільних, комерційних та військових БПЛА матимуть змогу безпечно та надійно їх керувати в загальному європейському повітряному просторі.

Стандарти у галузі безпілотних літальних апаратів. Стандарти Спеціального Комітету SC-203 Радіотехнічної Комісії Аеронавтики (Special Committee SC-203 of Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA)). У документі AFS-400 UAS Policy 05-01 FAA дав

завдання Спеціальному Комітету SC-203 Радіотехнічної Комісії Аеронавтики (Special Committee SC-203 of Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA)) допомогти у створенні рекомендацій для стандартів використання БПЛА. RTCA, Inc. - приватна, некомерційна, корпорація, яка розробляє засновані на згоді рекомендації щодо комунікації, навігації, спостереження і управління повітряним рухом (CNS/ATM). RTCA заснована у Вашингтоні, округ Колумбія і функціонує як Федеральний Консультативний Комітет. Його рекомендації використовуються FAA з метою розробки політики, програми, регулюючих рішень та приватним сектором, як основою для розвитку, інвестування та інших бізнес рішень. Спеціальний Комітет 203 (SC203 RTCA) розвиває стандарти Minimum Aviation Performance Standards (MASPS).

Стандарти Комітету F-38 Американського товариства з випробування матеріалів. Велику роботу з розробки стандартів застосування БПЛА також проводить Комітет F-38 Американського товариства з випробування матеріалів. Американське товариство з випробування матеріалів (ASTM International) - одна з найбільших організацій з розвитку технічних стандартів для матеріалів, продукції, систем і послуг. Метою організації є забезпечення високої технічної якості і відповідності потребам світового ринку. Міжнародні стандарти ASTM International відіграють важливу роль в інформаційній інфраструктурі і торгівлі в умовах глобальної економіки. Сьогодні, ASTM International утримує лідерство у задоволенні потреб стандартизації глобального ринку. Товариство активно використовує у своїй роботі інноваційні технології. Розвиток стандартів забезпечують понад 30 000 членів ASTM International. Ці технічні експерти представляють виробників, користувачів, споживачів, уряди і науково-навчальні заклади з понад 100 країн світу. Комітет F-38 ASTM International був заснований за запитами промисловості безпілотних авіаційних систем (БПАС) за участю представників від FAA у підкомісіях по стандартам, що розробляються. Відповідно до норм публічного права, комітет - прозорий, відкритий форум для розвитку стандартів. Місія Комітету F38 – розробляти рентабельні узгоджені стандарти, які при застосуванні збільшать рівень безпеки на етапах виробництва, технічного обслуговування та експлуатації БПЛА. Ця мета досягається наступними етапами:

1. Визначення термінів і контексту стандартів БПАС.
2. Адаптація існуючих, безпечних методів і формалізація їх як стандартів БПАС.
3. Розвиток додаткових необхідних стандартів БПАС.
4. Підтримка актуальності і доцільності стандартів.

В межах комітету F-38 ASTM International працюють три основних підкомітети за напрямками:

- F-38.01 Льотна придатність (Airworthiness)
- F-38.02 Виконання польотів (Flight operations)
- F-38.03 Персонал (Personnel)

Окрім вищезазначених організацій суттєву роботу з питань стандартизації БПЛА проводять: комітет Спілки автомобільних інженерів (SAE) S-4 Unmanned Systems; Американський інститут Аеронавтики та Астронавтики (AIAA), який оприлюднює аеронавігаційні стандарти сертифіковані Національним Інститутом Стандартів США (ANSI), Технічним комітетом повітряних роботів Technical Committee on Aerial Robots (IEEE). Питаннями стандартизації розробки та експлуатації військових БПЛА займається Організація північноатлантичної уголи (NATO), яка пропонує систему стандартів STANAG.

Особливості регулювання БПЛА в європейському регіоні. Одним із основних напрямків європейського регулювання є підхід щодо розгляду польотів БПЛА в межах існуючої структури правил, які управляють звичайними польотами у європейському загальному повітряному просторі. При цьому для того, щоб ці польоти виконувались успішно, необхідне їй суттєве коректування. Наявність великої кількості потужних організацій та кваліфікованих експертів фактично надає європейському регіону ознак світового лідера в цій сфері. Однак при цьому цілий ряд законодавчих і регуляторних інструментів все ще потрібно розробити, взаємно узгодити, прийняти і застосувати. За мету ставиться застосування надійних та рентабельних

БПЛА, що будуть обладнані системами запобігання зіткнень (Sense & Avoid - S&A), які унеможливили б зіткнення між безпілотною авіацією та авіацією, пілотованою людиною на борту. При цьому головною проблемою, рішенням якої зайняті як європейські законодавці так і промисловість, є відповідність БПЛА еквівалентному рівню безпеки авіації в регіоні та світі. У випадку, коли БПЛА потрібно летіти в контрольованому повітряному просторі, доведеться отримати спеціалізоване 'Виключення' від локальної авіаційної влади. В часи коли правила постійно змінюються в різних країнах, дуже важко працювати розробникам, виробникам і операторам БПЛА. Все це затримує темпи розробки та об'єднання єдиної нормативно-регулюючої структури БПЛА в межах Євросоюзу. БПЛА з загальною злітною вагою понад 330 фунтів /150 кг. повинні отримувати сертифікат льотної придатності на загальноєвропейському рівні від EASA (базовий документ стосовно застосування БПЛА з загальною злітною вагою понад 330 фунтів /150 кг.: EASA A-NPA. Тим часом, У Великобританії авіаційні польотні стандарти та безпека БПЛА регулюються Цивільною авіаційною владою UK - CAA. При цьому у Політиці розвитку легких безпілотних авіаційних систем (UK - CAA policy for light UAV systems) були детально сформульовані вимоги щодо невеликих БПЛА. Для більших БПЛА відповідні інструкції гармонізуються до вже встановленої нормативної бази з метою «не вигадувати зайвий раз колесо». Нещодавно UK - CAA видало третє оновлення документу CAP 722 і деякі європейські країни виказали інтерес щодо координування на його основі. З точки зору військового застосування БПЛА французька організація General Direction for Ordnance також розробила вимоги до льотної придатності БПЛА з нерухомим крилом, які були прийняті як основа вимог стандарту STANAG NATO 4671.

Незважаючи на явні досягнення європейських інституцій, перспективним вбачається відпрацювання загальної європейської угоди, так як в EUROCONTROL – організації, відповідальній за координування інтеграції БПЛА (цивільних і військових), налічується 38 країн - учасників. Однак у жодній європейській інституції немає встановленої законом влади вимагати від країн учасниць дотримання відповідної регуляторної бази. Отже досягнення європейської згоди потребує часу. Європейське Оборонне Агентство (EDA) виступило с заявою: «БПЛА повинні звичайно літати в європейському керованому повітряному просторі к 2015 року». Однак більшість європейських експертів вказують дати ближчі до кінця десятиріччя. Скоріш за все це буде поетапний підхід щодо допуску відповідних типів БПЛА до відповідних типів повітряного простору. Розвиток регулюючої інфраструктури координує від імені EUROCONTROL Європейська Організація Обладнання Цивільної Авіації (EUROCAE). Її Спеціалізована робоча група WG-73 розвиває співробітництво з багатьма міжнародними учасниками від виробництва, збройних сил, академічних та державних органів. Однак, нажаль, у випадку якщо б законодавство та критерії сертифікації льотної придатності були б остаточно гармонізовані в межах ЄС, існують інші перешкоди на шляху відпрацювання єдиної системи регуляції БПЛА. Однією з важких проблем є проблема розподілу авіачастот. Радіохвилі Європи заповнені не в меншій мірі ніж її небо. Зараз немає жодних специфічних областей сектору RF, виділених виключно операціям БПЛА. Це вже призвело до виникнення суттєвих проблем при їх військовому застосуванні. Доступ до задовільних областей спектру частоти надає місцева національна влада на спеціальній основі. Тим часом EDA розпочала пріоритетний проект ідентифікації сегментів спектру RF для використання БПЛА в Європі. Європейське космічне агентство (ESA) досліджує зростання попиту на супутникові комунікації в результаті розвитку технологій БПЛА.

Паралельно з діяльністю законодавців, спрямованою на введення функціональних стандартів свідоцтв льотної придатності і правил польоту, інженери промисловості проводять роботи щодо розробки легкої, енергоємної, ефективної системи запобігання зіткнень Sense & Avoid - S&A. Ця технологія життєво необхідна досягнення задовільного рівня безпеки польотів. Вона гарантуватиме автоматичний безконфліктний політ БПЛА в загальному повітряному просторі. Це значить, що авіадиспетчерська служба не повинна була би підтримувати постійний нагляд з метою гарантування безпечного розподілу між безпілотною літаком та іншими користувачами повітряного простору. Вже розроблено багато складових елементів, необхідних

для такої системи. Підтримка програми розробки системи запобігання зіткнень у повітряному просторі MIDCAS підтримується з боку Європейського Оборонного Агентства (EDA).

Суттєвим питанням розвитку, в першу чергу комерційних БПЛА, є питання нормативної бази страхування. Доступ до страхування є одним із потенційних факторів розвитку ринку БПЛА. Зараз в межах законодавства країн ЄС відбуваються істотні зміни в цій сфері, однак страхування БПЛА ще не є обов'язковим для всієї Європи. Оскільки цивільні та комерційні БПЛА стрімко розвиваються, страховий бізнес в цій сфері буде зростати пропорційно з ринком БПЛА.

Аналіз розвитку міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів дозволяє прийти до висновку про необхідність подальшої інтеграції та гармонізації авіаційного законодавства і стандартів, як в європейському регіоні, так і у світі в цілому. Отже глобалізація ринків і, в тому числі ринку безпілотних літальних апаратів, потребує в першу чергу дотримання відповідного рівня безпеки при застосуванні БПЛА у різних країнах світу.

З точки зору розвитку українського ринку БПЛА особливо важливим вбачається розробка національної нормативно - правової бази в галузі застосування безпілотних літальних апаратів, яка повинна спиратися на сучасні міжнародні норми та стандарти. Важливим є залучення українських експертів, науковців, представників вищих навчальних закладів та виробництва до участі у роботі міжнародних організацій та комітетів з питань розвитку застосування, регулювання та стандартизації БПЛА.

Етапи еволюції та перспективні проекти розвитку нормативної бази регулювання БПЛА. Етапи еволюції та перспективні проекти розвитку нормативної бази регулювання БПЛА наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Розвиток нормативної бази регулювання БПЛА

Дата	Проекти та нормативні документи
31.12.2005	Advance - Notice of Proposed Amendment (NPA) No 16/2005 Policy for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) certification (EASA A-NPA) Interim Standard (Політика БПЛА - тимчасові стандарти).
05.04.2006	Target for FAA Guidance for MUAV (330 lbs/150 kg.) (Визначення цілей керівництва для БПЛА вагою понад 330 фунтів/150 кг.)
22.06.2006	Advance - Notice of Proposed Amendment (NPA) (EASA A-NPA) - Final Certification Standard for UAVs over 330 lbs/150 kg. in Weight Operating in European Airspace (Підсумковий сертифікаційний стандарт для БПЛА вагою більше 330 фунтів/150 кг., які використовуються у європейському повітряному просторі; регулювання застосування БПЛА меншої ваги проводиться індивідуально країнами ЄС)
01.07.2007	FAA SFAR – 01 Special Federal Aviation Regulation Target – UAV flight under Visual Flight Rules (Спеціальне федеральне авіаційне регулювання - польоти БПЛА за правилами візуальних польотів)
01.07.2013	FAA SFAR – 02 Special Federal Aviation Regulation - UAV Flight With DSA Collision Avoidance Technology (Спеціальне федеральне авіаційне регулювання - політ БПЛА з використанням технології попередження зіткнень DSA).
01.07.2020	FAA SFAR – 03 Special Federal Aviation Regulation – Overall UAV US NAS Guidance Regulations – Unrestricted Fly and Fly Use of UAVs (Спеціальне федеральне авіаційне регулювання - Керівництво з регулювання правил використання всіх типів БПЛА у повітряному просторі США - без обмежень типу і польотного використання)

Отже система міжнародного регулювання БПЛА тільки формується і в Україні є історичний шанс зайняти чинне місце серед виробників та експлуатантів безпілотних літальних апаратів.

2. ІНТЕГРОВАНІ КОРПОРАТИВНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ДЕТЕРМІНОВАНИХ І СТОХАСТИЧНИХ УМОВАХ У РАЗІ КОЛЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПЛЮТОВАНИМИ І БПЛА В ЄДИНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРИ

2.1. Автоматизація процесу обліку повітряного руху та розрахунку аеронавігаційних зборів

Авіаційна промисловість займає одне з важливих місць серед інших галузей економіки. Основними джерелами фінансування галузі є:

1. Маршрутні збори. Збори і платежі, що стягуються за надання аеронавігаційного обслуговування (АНО) на маршруті.

2. Збори за диспетчерське обслуговування та аеродромне диспетчерське обслуговування. Збори і платежі, що стягуються за надане диспетчерське обслуговування підходу і аеродромне диспетчерське обслуговування.

3. Виплати аеропортів за надане аеронавігаційне обслуговування. Платежі, що стягуються з аеропортів за надане аеронавігаційне обслуговування – аеропортовий збір.

Міністерством інфраструктури України на державному рівні затвердженні ставки плати з аеронавігаційних (АНЗ) та аеропортових зборів. Розмір одиничних ставок плати за послуги з аеронавігаційного обслуговування польотів повітряних суден (на маршруті, на підході та в районі аеродрому) встановлюється однаковим для всіх користувачів повітряного простору України і визначається відповідно до законодавства України, стандартів та рекомендованої практики Міжнародної організації цивільної авіації і документів ЄВРОКОНТРОЛЮ. Забезпеченням аеронавігаційного обслуговування у повітряному просторі України та у повітряному просторі над відкритим морем, де відповідальність за обслуговування повітряного руху міжнародними договорами покладена на Україну, займається державне підприємство обслуговування повітряного руху України (Украерорух).

Процеси обліку повітряного руху (ПР) та розрахунку АНЗ досить складні, багатоетапні та тісно пов'язані один з одним. Розрахунок АНЗ та виставлення рахунків користувачам повітряного простору (ПП) України за попередній місяць, відбувається на початку кожного нового місяця протягом 7 робочих днів. В процесі задіяні такі відділи Украероруху як: відділ обліку ПР та роботи з користувачами ПП (ОПРРКПП), відділ фінансів, відділ бухгалтерського обліку (ВБО) та загальний відділ (ЗВ). Певні функції процесу виставлення рахунків повторюються в різних відділах і виконуються вручну, що не є ефективним і створює додаткове навантаження на персонал, доцільним є створення додаткового програмного забезпечення до вже існуючого в відділі ОПРРКПП, що дасть можливість автоматизувати процеси, тим самим спростити і зменшити період часу необхідний для їх виконання.

На даний момент процес обліку ПР та виставлення рахунків зображений на рис. 2.1 [20]. Додаткове програмне забезпечення до встановленої в відділі ОПРРКПП автоматизованої системи “Аеронавігаційні Збори (АС-АНЗ) має вигляд модулю, який автоматично після завершення етапу формування рахунків-фактур відправляє сформовані рахунки-фактури користувачам ПП на електронні адреси, які вже є в базі і внесені в карточки кожного користувача ПП. Процес обліку ПР та виставлення рахунків значно спрощується, зменшується навантаження на відділ фінансів, ВБО та ЗВ. Користувачі повітряного простору завдяки інтернету відразу отримують сформовані рахунки-фактури.

Встановлення додаткового модулю до АС-АНЗ оптимізує та значно спрощує процес обліку ПР та виставлення рахунків користувачам ПП. Зменшується навантаження на суміжні відділи раніше задіяні в даному процесі, зменшуються витрати пов'язані з роздрукуванням рахунків-фактур, відпадає необхідність витратити кошти на відправку документів по пошті, в разі збільшується швидкість отримання користувачами ПП рахунків завдяки мережі інтернет, а отже зменшується вірогідність несвоєчасної оплати рахунків користувачами і неотримання їх взагалі по різних причинах при традиційною доставці поштою.

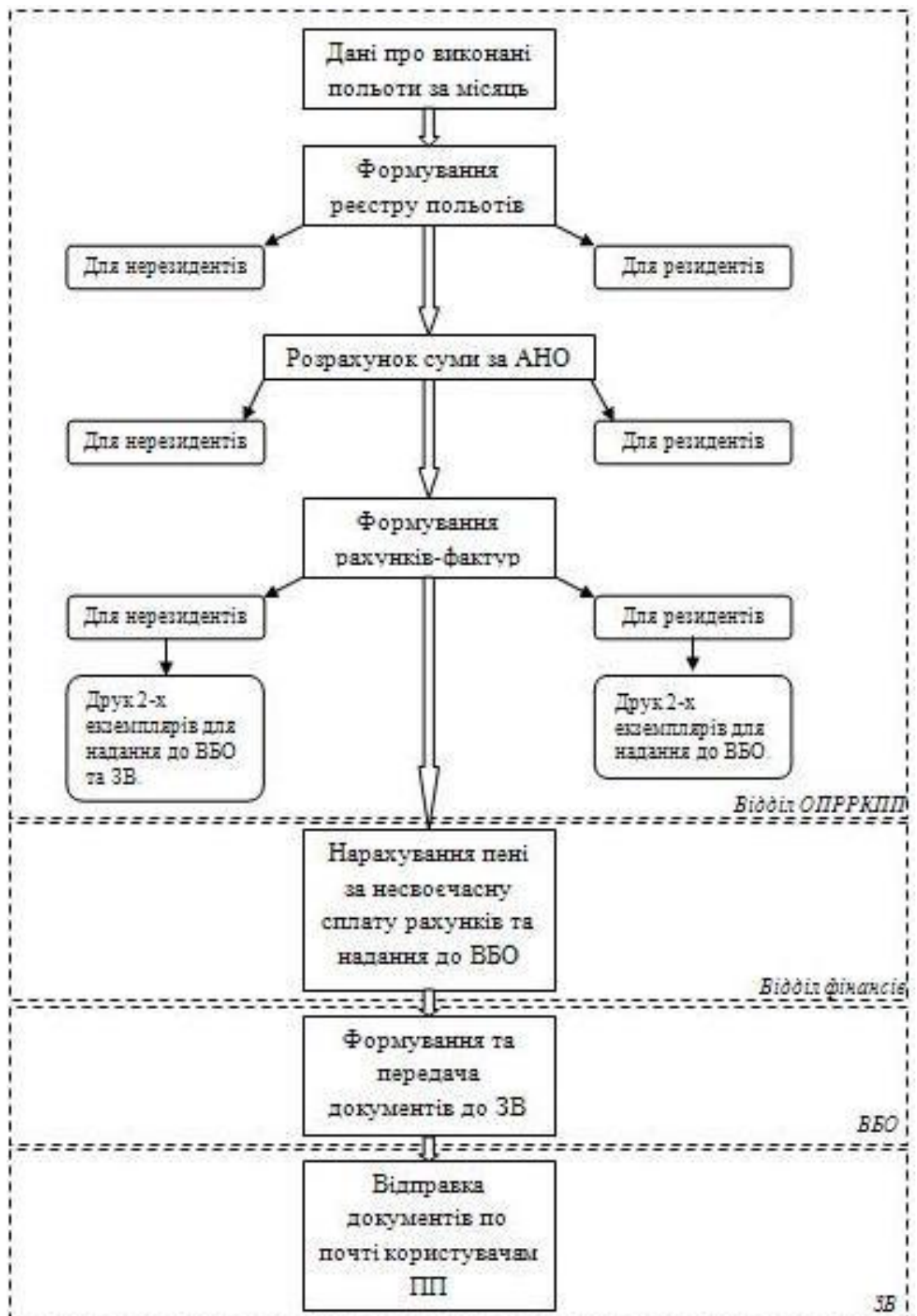


Рис. 2.1. Схема процесу обліку ПР та виставлення рахунків

2.2 Моделі прийняття рішень оператора БПЛА

Моделі прийняття рішень (ПР) операторів УПР, БПЛА, САНО було розроблено для СППР – розподіленої системи центрального пункту управління і і локальних СППР користувачів-операторів (УПР, БПЛА, САНО).

В звіті НДР987 за 2015 рік було представлено структурну схему управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами (рис. 2.2.):

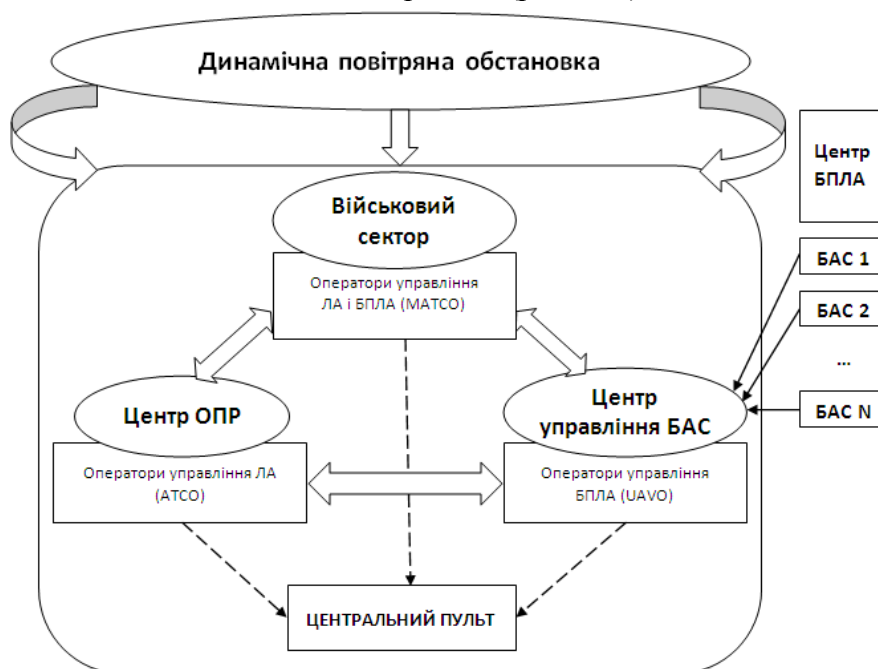


Рис. 2.2. Структурна схема системи управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами

Інтегрована система управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами містить наступні підсистеми:

- Центр ОПР;
- Центр управління БАС;
- Військовий сектор.

Проведено аналіз функцій та задач, координацію дій операторів ЛА – авіадиспетчерів (АТСО), операторів управління БПЛА (UAVO), операторів управління ЛА і БПЛА – військових диспетчерів (МАТСО). Розроблено комп’ютерну програму консолідації різнорідних потоків та базу даних за класифікацією літальних апаратів.

Відповідно до структурної схеми системи управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами і задач, що вирішуються для планування та управління польотами БППС розроблено розподілену СППР, що є складною системою з комплексними взаємодіями територіально розподілених локальних СППР експлуатантів ДПАС. Протягом польоту управління ДППС може здійснюватися з пункту дистанційного пілотування (ПДП). В кожен момент часу t_i к-ДППС має пілотуватися тільки з одного j -го ПДП, при необхідності в момент часу t_{i+1} передаватися до управління до $(j+1)$ -го ПДП (рис.2.3). При цьому передача управління польотом від j -ї ПДП до $(j+1)$ -ї ПДП повинно бути надійним і ефективним, що забезпечується за допомогою локальних СППР експлуатантів ДПАС [17-19].

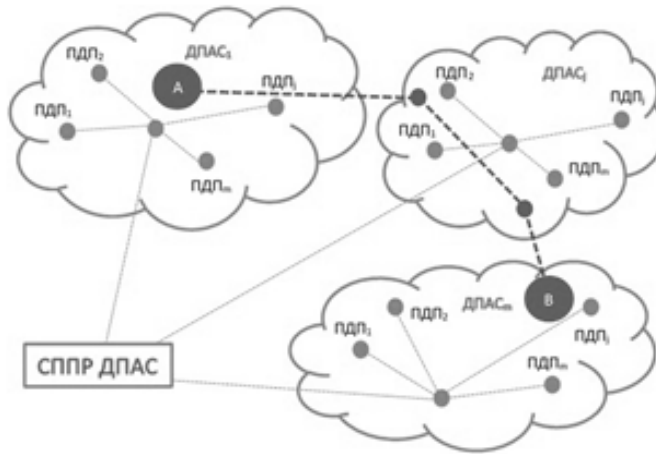


Рис. 2.3. Структура розподіленої СППР управління польотами ДПАС

Від організації розподіленої СППР залежить її ефективність. При визначенні структури системи здійснюються наступні цілі:

- обґрунтування задач, що вирішує СППР;
- обрання алгоритмів реалізації задач;
- визначення рівнів та вузлів в системі;
- розподілення задач по вузлам (рівням);
- визначення комплексу технічних засобів системи;
- наповнення та управління відповідною базою даних.

Нехай P – множина можливих принципів побудови системи та її елементів; F – множина взаємопов'язаних функцій, що виконує система; A – множина можливих взаємопов'язаних елементів системи (локальних СППР експлуатантів ДПАС). Задача синтезу оптимальної структури розподіленої СППР полягає у визначенні наступних множин:

- множини принципів побудови системи P та її елементів – локальних підсистем СППР експлуатанта ДПАС ($\pi \in P$);
- множини взаємозв'язаних функцій, що виконує система ($f \in F(\pi)$);
- множини можливих рішень і виконують функції ($A^{(f, \pi)} \in A^*$).

Математична модель обрання структури розподіленої СППР для управління польотами ДПАС, що мінімізує витрати на систему з урахування затрат на обмін інформацією між локальними БАС і вирішується на різних рівнях та з пріоритетами затрат на експлуатацію системи:3

$$Z = \min \left[\sum_{i,j,k,i',j',k'} b_{ikj i' k'} x_{ikj} x_{i' k' j'} + \sum_{j,l} C_{lj} x_{jl} \right],$$

$$\sum_{k,j} x_{ikj} = 1, \quad i = \overline{1, I}$$

$$\sum_{l,j} k_l x_{lj} + \sum_{i,k,j} k_{ik} x_{ikj} \leq k, \quad k = \overline{1, K}$$

$$\sum_{i,k} m_{ik} x_{ikj} \leq \sum_l m_l x_{jl}, \quad j = \overline{1, J},$$

$$\text{де } b_{ikj i' k'} = \begin{cases} a_{ikj}, \text{ якщо } ik = i' k' \\ a_{iki' k'} \cdot y_{jj'}, \text{ якщо } ik \neq i' k' \end{cases}$$

$$x_{ikj} = \begin{cases} 1, & k - \text{задача } i - \text{й засіб в } j - \text{м вузлі,} \\ 0, & \text{в іншому випадку,} \end{cases}$$

$$x_{jl} = \begin{cases} 1, & \text{в } j - \text{м вузлі } l - \text{й ПДП,} \\ 0, & \text{в іншому випадку,} \end{cases}$$

$\{a_{ii'}\}$ - матриця зв'язку інформації між задачами i та i' з урахування рівнів та пріоритетів;

$\{y_{ij}\}$ - матриця витрат на передачу інформації між ПДП (вузлами);
 m_1 – характеристики 1-го ДППС;
 C_{ij} – затрати на політ ДППС;
 K_1 – затрати на експлуатацію ДПАС.

Згідно з рекомендаціями Керівництва ІКАО задачі системи можуть виконувати один чи декілька вузлів (локальних системам СППР експлуатантів ДПАС). При формуванні БД розглядаються питання, що пов'язані з включенням ДПАС в існуючі нормативні рамки цивільної аеронавігаційної системи; опис і класифікацію ДППС і відповідних компонентів; правила виконання польотів, наприклад, правила польотів за приладами (ППП) і правила візуальних польотів (ПВП), візуальні польоти в межах прямої видимості (VLOS) і за межами прямої видимості (BVLOS). Пускове обладнання та устаткування для повернення, якщо воно використовується, ДППС, ПДП, лінія С2 та інші компоненти складають ДПАС. Дійсно, ДППС пілотуються з пункту дистанційного пілотування (ПДП) з використанням лінії управління та контролю (С2). Для пілотування ДППС використовують ПДП, який являє собою як портативний пристрій, так і багато-пультову станцію, розташовується в приміщенні або поза приміщенням, може бути стаціонарним або мобільним (встановленим на транспортному засобі / кораблі / повітряному судні).

Для координації взаємодії і обміну інформацією між зовнішніми пілотами розроблені БД локальних СППР. При розробленні бази даних локальних СППР користувачів ДПАС проведено аналіз компонентів ДПАС, ДППС, ПДП, С2, тощо. Враховується порядок експлуатації ДПАС, що містить мету польоту, правила польотів, райони польотів, функціональні рівні ліній С2 та інші нормативи.

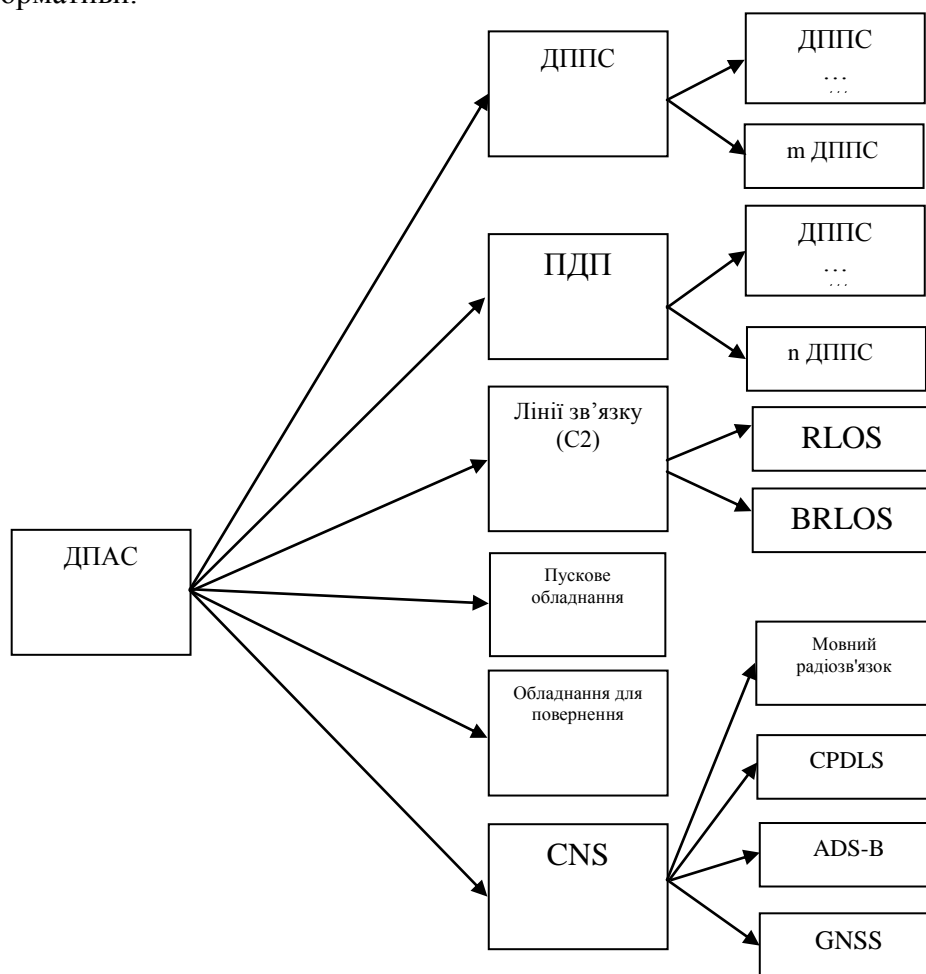


Рис. 2.4. Основні компоненти ДПАС

Для оптимізації вирішення задач розроблюються моделі визначення оптимального місця посадки у разі позаштатної ситуації, пошук оптимальних маршрутів польотів ДППС та інші моделі.

Під час управління і консолідації інформаційних потоків в розподіленій СППР користувача ДППС правильне урахування пріоритетів відіграє важливу роль. Можливі випадки (наприклад, якщо система використовується в умовах, для яких не було виконано розрахунку, а також в екстремальних ситуаціях, що мають місце в авіації), коли окремі часткові критерії відрізняються один від одного за значимістю. Тоді варто вирішувати проблему урахування пріоритету [15]. В практиці векторної оптимізації використовуються якісні (ряд пріоритету) і кількісні (вектор пріоритету і ваговий вектор) характеристики пріоритету. На основі поняття ряду пріоритету вирішуються, зокрема, лексикографічні задачі оптимізації. У цьому випадку вектор ефективності допускає упорядкування своїх компонентів за важливістю. Однак на практиці, ланцюг рішень дуже швидко обривається і багатокритеріальне рішення виявляється тривіальним. Більш багатим за змістом є метод справедливих поступок, що теж заснований на ієрархічному ранжуванні часткових критеріїв, але дає змогу довести ланцюг рішень до останнього критерію.

Таким чином задача консолідації потоків зводиться до розробки комп'ютерної системи, яка дозволить об'єднувати інформацію з безлічі джерел та групувати її відносно пріоритетів подаючи на вхід інтерфейсу користувача.

Виконання дій оператора УПР виконується згідно з технологією *ASSIST*:

Acknowledge. Підтвердить отримання повідомлення від зовнішнього пілота про аварійну ситуацію .

Separate. Забезпечуйте польот ДППС, що знаходиться в аварійній ситуації відносно інших ДППС. Дайте даному ДППС простір для маневру.

Silence. Скоротіть радіообмін на робочій частоті до мінімуму (введіть режим радіомовчання).

Inform. Інформуйте керівника польотів і всіх заінтересованих операторів БАС, операторів органів ОПР.

Support. Надавайте зовнішньому пілоту ДППС будь-яку можливу допомогу в ситуації, що склалася.

Time. Дайте зовнішньому пілоту ДППС час подумати над вирішенням проблеми і прийняти відповідне рішення щодо подальших дій в ситуації, що склалася.

Пропонується виконання дій оператора ДППС згідно з технологією *ASSIST*:

Acknowledge. Підтвердить отримання повідомлення від зовнішнього пілота про аварійну ситуацію.

Separate. Забезпечуйте польот ДППС, що знаходиться в аварійній ситуації відносно інших ДППС. Дайте даному ДППС простір для маневру.

Sinergetica. Синергічне управління в нових умовах, наприклад, ЗС:

- *Coordinated*
- *Cooperation*
- *Consolidation*

Silence. Скоротіть радіообмін на робочій частоті до мінімуму (введіть режим радіомовчання).

Inform. Інформуйте керівника польотів і всіх заінтересованих операторів БАС, операторів органів ОПР.

Support. Надавайте зовнішньому пілоту ДППС будь-яку можливу допомогу в ситуації, що склалася.

Time. Дайте зовнішньому пілоту ДППС час подумати над вирішенням проблеми і прийняти відповідне рішення щодо подальших дій в ситуації, що склалася.

Для управління ДППС пропонується система управління одним чи групою ДППС в залежності від цільового призначення БППС (рис. 2.5).

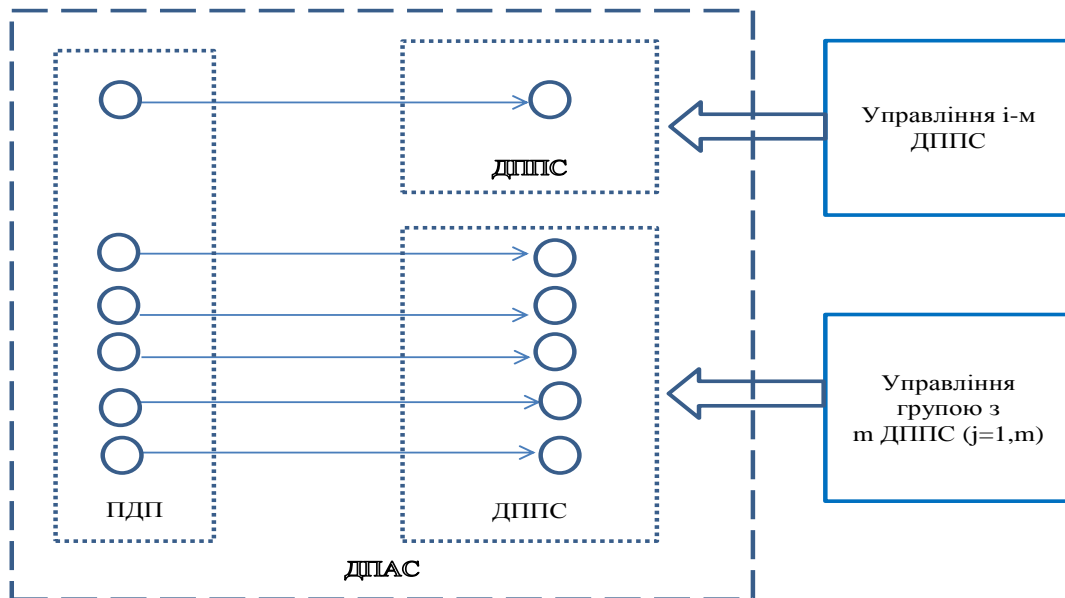


Рис.2.5. Система управління одним чи групою ДППС

Враховуючи обмеженість та залежність застосування групи БПЛА від цільового призначення ставиться завдання щодо аналізу показників топології мереж для реалізації групового польоту. Аналіз існуючих топологій інформаційних мереж та їх можливостей відповідно до таблиці 1, показує переваги гібридних над класичними варіантами такими, як «шина», «кільце» та «зірка» [5].

Таблиця 2.1.

Аналіз використання топологій мереж

Мережа	Розгортання	Надійність	Доставка пакетів	Схема доступу
Шина 	Просте розгортання, (до 10 вузлів)	Низька надійність	Одночасна доставка	Конкурентний доступ
Кільце 	Просте розгортання	Низька надійність	Одночасна доставка	Маркерний доступ
Зірка 	Необхідність концентратора при розгортанні	Критичний елемент, концентратор	Доставка із затримками	Адресний доступ
Коміркова 	Необхідність додаткового обладнання	Висока надійність	Адресна доставка	Адресний доступ
Шина –зірка 	Потребує додаткового обладнання	Висока надійність	Потребує розподілу трафіку	Конкурентність по шині, адресність по зірці
Зірка – кільце 	Необхідність додаткового обладнання	Залежність від концентратора	Потребує розподілу трафіку	Рівний доступ за рахунок маркерів
Гібридна-коміркова 	Потребує додаткового обладнання	Нижче ніж просто коміркова	Потребує розподілу трафіку	Необхідність адресації

До польотів БПЛА використовуються вищезазначені критерії. Крім того, при виконанні групових польотів БПЛА доцільно застосовувати специфічні критерії надійності групової структури: зв'язність, структурна надлишковість, нерівномірність розподілу зв'язків, структурна компактність, ступінь централізації в системі, живучість [5].

Для кількісного оцінювання надійності виконання групового польоту БПЛА за вищезазначеними критеріями необхідно представити груповий політ у вигляді графу. Розглянемо політ групи з п'яти БПЛА, що виконують завдання аерофотозйомки фрагменту місцевості (рис.2). Представимо груповий політ БПЛА у вигляді неорієнтованого графа $G(n; m)$, який має n вузлів (БПЛА) і m дуг (з'єднання), як показано на рис.2.6. Повнозв'язна топологія буде характеризувати ефективність групового завдання БПЛА [5].

В табл.2.2 представлено позначення показників надійності групової структури для виконання польотів БПЛА. Надійність групового польоту БПЛА визначаємо за допомогою критеріїв теорії графів.

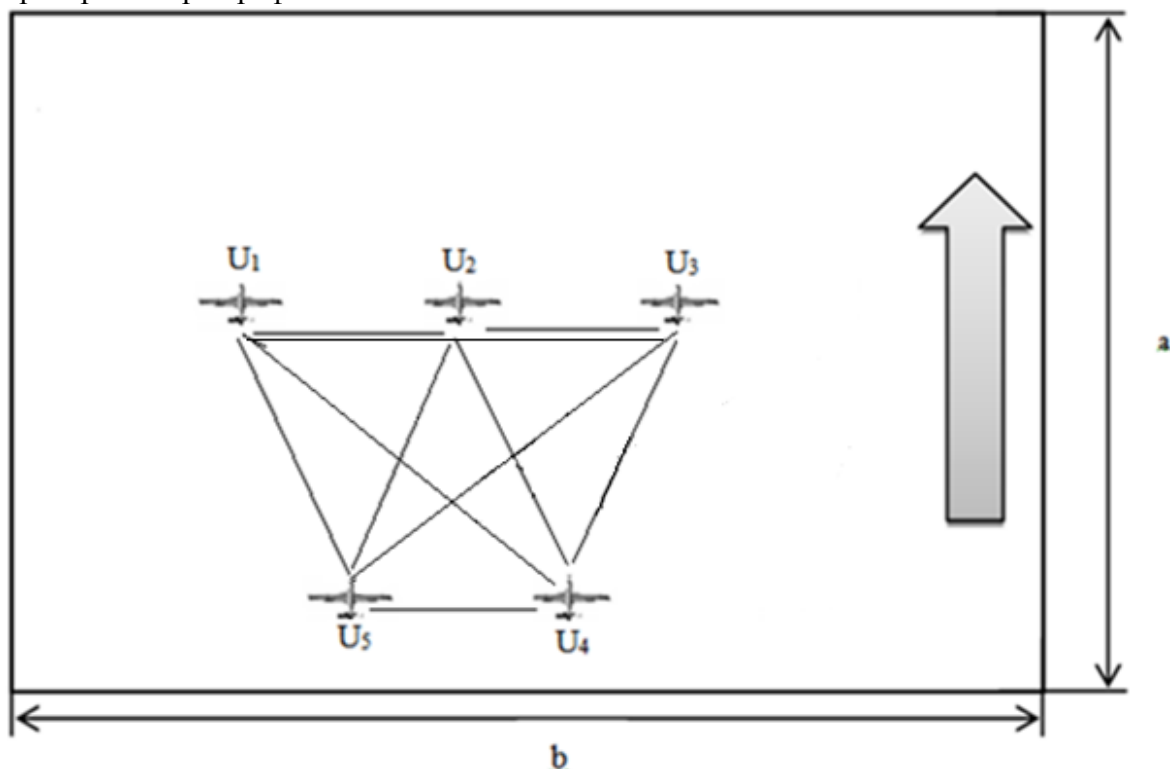


Рис.2.6 Схема групових польотів БПЛА при аерофотозйомці фрагменту місцевості топологічно повнозв'язних.

Таблиця 2.2

Показники надійності групової структури

№	Показники надійності	Символ
1	Зв'язність графа	L
2	Структурна надлишковість	R
3	Нерівномірність розподілу зв'язків	ε^2
4	Структурна компактність	D
5	Ступінь централізації в системі	δ
6	Живучість	K

Представимо групу БПЛА з використанням матриці суміжності (таблиця 2.3) та розрахуємо критерії ефективності топології структур групи БПЛА.

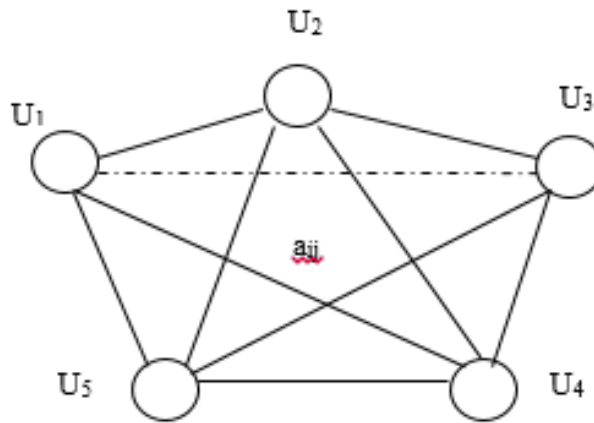


Рис 2.7 Представлення групи БПЛА у вигляді неорієнтованого графа з п'яти елементів повнозв'язної мережі.

Таблиця 2.3

Матриця суміжності $A = \|a_{ij}\|$

Вершина графа $G(m, n)$	Вершина графа $G(m, n)$					
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	$\sum_j U_{ij}$
U_1	0	1	1	1	1	4
U_2	1	0	1	1	1	4
U_3	1	1	0	1	1	4
U_4	1	1	1	0	1	4
U_5	1	1	1	1	0	4
$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij}$						20

Зв'язність відповідає наступним умовам:

$$L \geq L_{\min},$$

$$L_{\min} = n - 1 = 4$$

$$L = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij} \geq n - 1 = 9,$$

де L_{\min} - необхідна мінімальне число зв'язків неорієнтованого графа з n вершинами; $n = 5$; $m = 10$; U_{ij} - вершини і дуги графа $G(n; m)$.

Так, як нерівність дотримується ($9 > 4$), то граф $G(n; m)$ являється зв'язним.

Визначення структурної надлишковості R - перевищення загальної кількості зв'язків над мінімально необхідною. Мережа з великою надмірністю R потенційно більш надійна:

$$R = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m U_{ij} \right] \frac{1}{n-1} - 1 = 1,5$$

де U_{ij} – вершини і дуги графа $G(n; m)$; n – кількість БПЛА в групі.

При $R > 0$ – максимальна надлишковість, $R = 0$ – мінімальна надлишковість, $R < 0$ – система незв'язна. У нашому випадку система зв'язна і має максимальну надлишковість: $R = 1,5 > 0$.

Нерівномірність розподілу зв'язків ε^2 характеризує невикористання можливостей структури, що має m ребер і n вершин в досягненні максимальної зв'язності:

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})^2 = \sum_{i=1}^n \rho_i^2 - 4 \frac{m^2}{n} = 0,$$

де $\rho = \|\rho_{ij}\|$ - елемент матриці інциденцій (таблиця 2.4); n – кількість вершин у структурі повнозв'язної топології групи БПЛА; m – кількість дуг у структурі повнозв'язної топології групи БПЛА.

За допомогою даних матриці інциденцій, маємо нерівномірність розподілу зв'язків $\varepsilon^2 = 0$, тобто повнозв'язна структура має рівномірний розподіл зв'язків.

Структурна компактність вказує на близькість параметрів між собою через мінімальну довжину ланцюга:

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij},$$

де d_{ij} – відстань між вершинами графа $G(n; m)$ групи БПЛА.

Таблиця 2.4

Матриця інциденцій $\rho = \|\rho_{ij}\|$

Вершина графа $i = \overline{1, n}$	Ребро графа, $j = \overline{1, m}$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
U_2	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
U_3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
U_4	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
U_5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

За допомогою даних матриці інциденцій, маємо нерівномірність розподілу зв'язків $\varepsilon^2 = 0$, тобто повнозв'язна структура має рівномірний розподіл зв'язків.

Структурна компактність вказує на близькість параметрів між собою через мінімальну довжину ланцюга:

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij},$$

де d_{ij} – відстань між вершинами графа $G(n; m)$ групи БПЛА.

Складаємо матрицю відстаней (таблиця 2.5), елемент якої d_{ij} визначається як мінімальна відстань між вузлами. Структурну компактність характеризує показник - діаметр структури d :

$$d = \max d_{ij} = 2,$$

де d_{ij} – відстань між вершинами графа.

Величини D_{eivd} і d інтегрально характеризують інерційність процесів в системі, при рівних значеннях ε^2 і R їх збільшення відображає зростання кількості зв'язків, які роз'єднують. Така ситуація сприяє зниженню надійності системи в цілому. Загальна близькість розташування БПЛА у групі:

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} = 30.$$

Матриця відстаней $D = \|d_{ij}\|$

Вершина графа $G(m, n)$	Вершина графа $G(m, n)$					
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	$\sum_{j=1}^n d_{ij}$
U_1	0	1	2	2	1	6
U_2	1	0	1	2	2	6
U_3	2	1	0	1	2	6
U_4	2	2	1	0	1	6
U_5	1	2	2	1	0	6

Відносний показник $D_{\text{від}}$:

$$D_{\text{від}} = \frac{D}{D_{\text{min}}} - 1 = 0,5;$$

$$D_{\text{min}} = n(n-1) = 20.$$

Ступінь централізації в системі визначається за допомогою індексу центральності, обчислюваного для групи БПЛА за формулою:

$$\delta = (n-1)(2Z_{\text{max}} - n) \frac{1}{Z_{\text{max}}(n-2)} = 0,$$

де Z_{max} – максимальне значення показника Z_i ; Z_i – індекс централізації конкретного БПЛА в групі; n – кількість БПЛА в групі.

Для оцінки ступеня нерівномірності (C_i) елементів групової структури, і ступеня централізації системи використовується поняття центральності окремих її елементів C_i , що розраховується за формулою:

$$C_i = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij}}{\sum_{j=1}^m d_{ij}};$$

$$C_{\text{max}} = 5,$$

де d_{ij} – мінімальна відстань між вершинами графа $G(n; m)$ групової структури БПЛА; C_{max} максимальна центральність у будь якого з вузлів.

Відносна периферійність вузла:

$$P_i = C_{\text{max}} - C_i = 0$$

Живучість мережі – кількість станів, при яких мережа зберігає працездатність. Живучість може розглядатися як найбільш об'єктивний і адекватний показник, який дозволяє найкраще оцінити всі аспекти структурно-функціональної надійності мереж, яке знаходиться у зовнішньому середовищі, що постійно змінюється, і піддається перманентним модернізаціям з метою поліпшення показників якості її функціонування [9].

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n U_i - 2(n-1)}{2(n-1)} = 2,125$$

$K > 0$, при втраті хоча б одного зв'язку структура зберігає працездатність.

За допомогою теорії графів ми можемо визначити ефективність при різних типах вишикування групових структур БПЛА (повнозв'язну, зіркоподібну, кільцеву, деревоподібну,

загальну шину, змішану, чарункову). Від типу вишиковування (структури групи БПЛА), за якою виконується політ групи літаків залежить ефективність виконання задачі. Було розраховано кількісні значення ефективності групових польотів для різних видів зв'язків в групі БПЛА (таблиця 2.6, рисунок 2.8) .

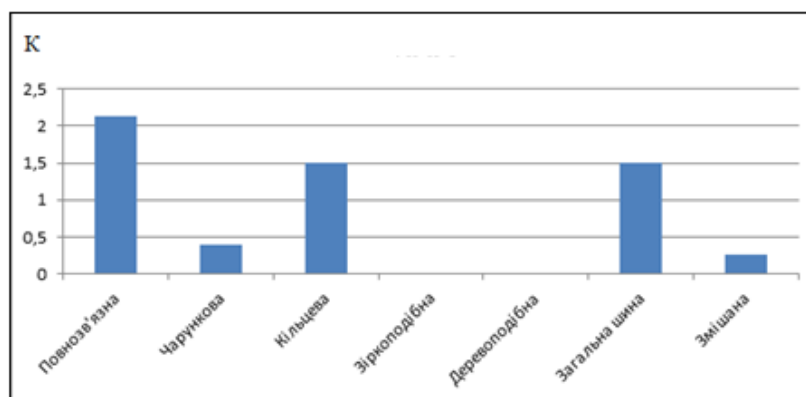


Рис. 2.8 Графічне представлення кількісних значень ефективності польотів групи БПЛА за критерієм живучості

Таблиця 2.6

Оцінювання ефективності групових польотів БПЛА для різних топологій

Схема	Зв'язність	Оцінки							
		R	ε^2	D	$D_{від}$	d	δ	Π	K
Повнозв'язна топологія	+	1,5	0	30	0,5	2	0	0	2,125
Чарункова топологія	+	0,4	47,3	68	1,26	3	0,23	4,63	0,4
Кільцева топологія	+	2,5	105	50	1,5	4	0	0	1,5
Зіркоподібна топологія	-	0	13,3	50	0,6	2	1	22,5	0
Деревоподібна топологія	-	0	5,42	96	1,28	4	0,0325	4,38	0
Загальна шина	+	2,5	-23,8	80	3	6	0,33	3,3	1,5
Змішана топологія	+	1,26	-9,14	755	3,14	9	0,67	101,98	0,26

Для вирішення задачі вибору оптимального рішення у разі аварійної посадки пропонується модель ПР в умовах невизначеності [48; 54].

Однією з задач, які вирішує зовнішній пілот у процесі перед польотного планування, є вибір запасних аеродромів /майданчиків для повернення на випадок аварійної обстановки або надзвичайної ситуації, обумовленої метеорологічними умовами. В ході передпольотної підготовки необхідно передбачити адекватний запас палива/енергії, з тим щоб ДППС могло відхилитися від запланованого місця посадки/повернення, безпечно піти на запасний аеродром/місце посадки і виконати заходження на посадку і посадку. Для вибору запасного місця повернення/посадки ДППС зовнішній пілот повинен урахувати наступні фактори:

- адекватність запасу палива/енергії;
- віддаленість від запасного аеродрому/майданчику;
- надійність ліній С2 для зв'язку з ДППС;
- можливість зв'язку з органами УПР;
- метеорологічні умови на запасному аеродромі/майданчику.

Для економічної ефективності виконання польоту ДППС, знаходження оптимальної альтернативи вибору запасного місця повернення/посадки ДППС пропонується багатофакторна модель вибору запасного аеродрому/майданчику, яка застосовується в дистанційній системі підтримки прийняття рішень (ДСПР) оператора БАС. Розглянемо рішення задач вибору запасного аеродрому/майданчику в випадку аварійної посадки (складних метеоумов тощо)

методами ПР в умовах невизначеності за допомогою критеріє ПР в умовах невизначеності: Вальда, Лапласа, Севіджа, Гурвиця.

Вихідні дані:

- розрахунковий маршрут спрямування;
- аеродром відправлення (АВ) та його характеристики;
- аеродром призначення (АПр) та його характеристики;
- перелік запасних аеродромів (ЗА) відповідно до розрахункового маршруту;
- тип ДППС та його тактико-технічні характеристики (ТТХ);
- польотна ситуація, що склалася (ускладнення умов виконання польоту, складна ситуація, аварійна ситуація, СМУ тощо);
- фактори, що впливають на ПР:
- адекватність запасу палива/енергії;
- віддаленість від запасного аеродрому/майданчику;
- надійність ліній С2 для зв'язку з ДППС;
- можливість зв'язку з органами УПР;
- метеорологічні умови на запасному аеродромі/майданчику.

Алгоритм

знаходження оптимального аеродрому посадки (запасного аеродрому/майданчику (ЗАМ)) для повернення на випадок аварійної обстановки або надзвичайної ситуації, обумовленої метеорологічними умовами:

1. Формування множини альтернативних рішень $\{A\}$ з АВ, АПр, ЗАМ: $\{A\} = \{A_{\text{АПр}} \cup A_{\text{АВ}} \cup \{A_{\text{ЗА}}\}\} = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$,

де

$A_{\text{АПр}}$ – альтернативне рішення щодо посадки на АПр;
 $A_{\text{АВ}}$ – альтернативне рішення щодо повернення на АВ;
 $A_{\text{ЗАМ}}$ – множина альтернативних ЗАМ.

2. Формування множини факторів $\{\lambda\}$, що впливають на вибір ЗАМ у разі ПР Л-О в умовах вимушеної посадки ДСПС (аварійної посадки, СМУ тощо):

$\{\lambda\} = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m\}$,

де

λ_1 – наявність палива/енергії на борту ДППС;
 λ_2 – віддаленість ДППС від АВ, АПр, ЗАМ;
 λ_3 – ТТХ ЗАМ, АВ, АПр;
 λ_4 – метеорологічні умови на АВ, АПр, ЗАМ;
 λ_5 – надійність ліній С2 для зв'язку з ДППС;
 λ_6 – можливість зв'язку з органами УПР;
 λ_7 – суб'єктивний фактор.

3. Формування множини можливих наслідків $\{U\}$ при впливі факторів, що впливають на ПР Л-О умовах вимушеної посадки ДППС (аварійної посадки, СМУ тощо):

$\{U\} = \{U_{11}, U_{12}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{nm}\}$,

де

U_{ij} – визначається за допомогою методу експертних оцінок за оцінною шкалою відповідно до даних за довідкою та нормативною літератури.

4. Формування матриці рішень $M = \|M_i\|$

5. Обрання критерію ПР в умовах невизначеності у разі вибору ЗАМ для повернення на випадок аварійної обстановки або надзвичайної ситуації, обумовленої метеорологічними умовами:

- критерій Вальда;
- критерій Лапласа;
- критерій Гурвиця;

– критерій Севіджа.

Матриця можливих результатів прийняття рішень щодо вибору ЗАМ для повернення на випадок аварійної обстановки або надзвичайної ситуації, обумовленої метеорологічними умовами наведено в табл. 2.

Критерій Вальда (мінімакний критерій) ґрунтується на консервативному обережному поведженні ЛПР і зводиться до вибору найкращої альтернативи з найгірших:

$$L_{mm} = \min_{a_i} \left\{ \max_{\Pi_j} u(a_i, \Pi_j) \right\}$$

Критерій Лапласа спирається на принцип недостатнього обґрунтування, згідно з яким у разі невідомого розподілу ймовірностей станів природи Π_j їх слід вважати рівними між собою:

$$L_l = \min_{a_i} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u(a_i, \Pi_j) \right\}$$

де L_l – оціночна функція за критерієм Лапласа; n – кількість можливих станів природи.

Критерій Севіджа прагне пом'якшити консерватизм мінімакного критерію шляхом заміни матриці втрат матрицею ризиків. Оптимальне рішення за критерієм Севіджа визначається з умови:

$$L_s = \min_{a_i} \left\{ \max_{\Pi_j} r(a_i, \Pi_j) \right\}$$

де L_s – оціночна функція за критерієм Севіджа; $r(a_i, \Pi_j)$ – елементи матриці ризиків, що відповідають альтернативі a_i і зовнішнім умовам Π_j .

Критерій Гурвіца охоплює ряд різних підходів до ПР – від найбільш оптимістичного до найбільш песимістичного (консервативного):

$$L_g = \min_{a_i} \left\{ \alpha \min_{\Pi_j} u(a_i, \Pi_j) + (1 - \alpha) \max_{\Pi_j} u(a_i, \Pi_j) \right\}$$

Наприклад, при підльоті ДППС типу N, що летить за маршрутом з пункту А в пункт В відбувається погіршення метеорологічних умов на аеродромі призначення. Знайти оптимальний аеродром/майданчик (ОАМ) посадки, якщо рейс регулярний і нерегулярний (здійснюється вперше).

Таблиця 2.7

Матриця можливих результатів прийняття рішень щодо вибору ЗАМ

Альтернативні рішення		Фактори, що впливають на ПР					
		наявність палива/енергії на борту ДППС	віддаленість ДППС від АВ, АПр, ЗАМ	ТТХ ЗАМ, АВ, АПр	метеорологічні умови на АВ, АПр, ЗАМ	надійність ліній С2 для зв'язку з ДППС	можливість зв'язку з органами УПР
		λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
A_1	$A_{АПР}$	u_{11}	u_{12}	u_{12}	u_{12}	u_{12}	u_{12}
A_2	$A_{АВ}$	u_{21}	u_{22}	u_{23}	u_{24}	u_{25}	u_{26}
A_3	$A_{ЗАМ1}$	u_{31}	u_{32}	u_{33}	u_{34}	u_{35}	u_{36}
A_4	$A_{ЗАМ2}$	u_{41}	u_{42}	u_{43}	u_{44}	u_{45}	u_{46}
A_5	$A_{ЗАМ3}$	u_{51}	u_{52}	u_{53}	u_{54}	u_{55}	u_{56}

Рішення.

1. Формування множини альтернативних рішень $\{A\}$ з АПр, АВ, ЗАМ;
2. Формування множини факторів $\{\lambda\}$, що впливають на вибір ЗАМ посадки ДППС при ПР в СМУ $\{\lambda\} = \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m$:
 - λ_1 – наявність палива/енергії на борту ДППС;
 - λ_2 – віддаленість ДППС від АВ, АПр, ЗАМ;
 - λ_3 – ТТХ ЗАМ, АВ, АПр;
 - λ_4 – метеорологічні умови на АВ, АПр, ЗАМ;
 - λ_5 – надійність ліній С2 для зв'язку з ДППС;
 - λ_6 – можливість зв'язку з органами УПР;
 - λ_7 – суб'єктивний фактор.
3. Формування множини можливих наслідків $\{U\}$ при впливі факторів, що впливають на ПР в СМУ $\{U\} = U_{11}, \dots, U_{12}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{nm}$, що визначається за допомогою методу експертних оцінок за оціночною шкалою відповідно до даних за довідкою та нормативною літературою.
4. Обрання критерія ПР в умовах невизначеності:
 - 1) Критерій мінімакса (Вальда) – рейс здійснюється рідко;
 - 2) Критерій Лапласа – рейс здійснюється часто.При нечіткій постановці задачі вибору ЗА кількісна оцінка факторів, які впливають на ПР, виконується за допомогою функцій належності.

2.3 Моделі ПР оператора обслуговування повітряного руху

2.3.1 Мережевий аналіз дій оператора ОПР і мережеві детерміновані моделі ПР оператора ОПР

Для автоматизації оцінювання передтренажерного етапу початкової підготовки авіадиспетчерів на етапі передтренажерного навчання розроблено багат шаровий прямонаправлений перцептрон типу MLP (Multilayer Perceptron Networks) (рис. 2.3), який має чотири шари, два з яких сховані. Кожний нейрон в мережі характеризується вхідною величиною (дендритом) і вихідною величиною (аксоном), ваговими коефіцієнтами (синапсами), пороговою функцією. Мережа має додаткові входи, так звані Bias (зсув), що враховує додаткові обмеження на обчислювальні параметри [52]:

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta \geq 0$$

де w_i – вагові коефіцієнти;

x_i – входи нейронної мережі;

$\bar{\theta}$ – Bias (зсув).

Загальний вигляд ШНМ наводиться на рис. 2.6:

$$\bar{Y} = f(\overline{net} - \bar{\theta}),$$

де f – нелінійна функція (функція активації);

\overline{net} – зважена сума вхідних сигналів.

Характеристика шарів ШНМ:

1 шар (вхідний) – вправи, які виконують курсанти/слухачі з розв'язання ПКС (\bar{X});

2 шар (схований) – визначає психофізіологічні характеристики курсанта/слухача (\bar{N});

3 шар (схований) – складність вправи, яка визначається кількістю ПКС (\bar{D});

4 шар (вихідний) – оцінювання курсанта/слухача при виконанні вправи (\bar{Y}).

Розглянемо більш детально топологію нейронної мережі на прикладі, якщо три курсанти/слухачі (Y_1, Y_2, Y_3) виконують дві задачі (X_1 та X_2):

1 шар (вхідний) – входи x_1, x_2, \dots, x_n – відповідають задачам, які виконують курсанти/слухачі з розв’язання ПКС (\bar{X});

2 шар (схований) – визначає психофізіологічні характеристики курсанта/слухача (\bar{H}) з урахуванням додаткового входу Bias, що указує обмеження на індивідуальний час виконання вправи (T_{01}).

Вихідний вектор другого шару:

$$\bar{H} = f(\bar{W}_1, \bar{X}) = f(\text{net}_1 - \bar{\theta}_{01}),$$

де $\text{net}_1 = \bar{W}_1 \bar{X}$;

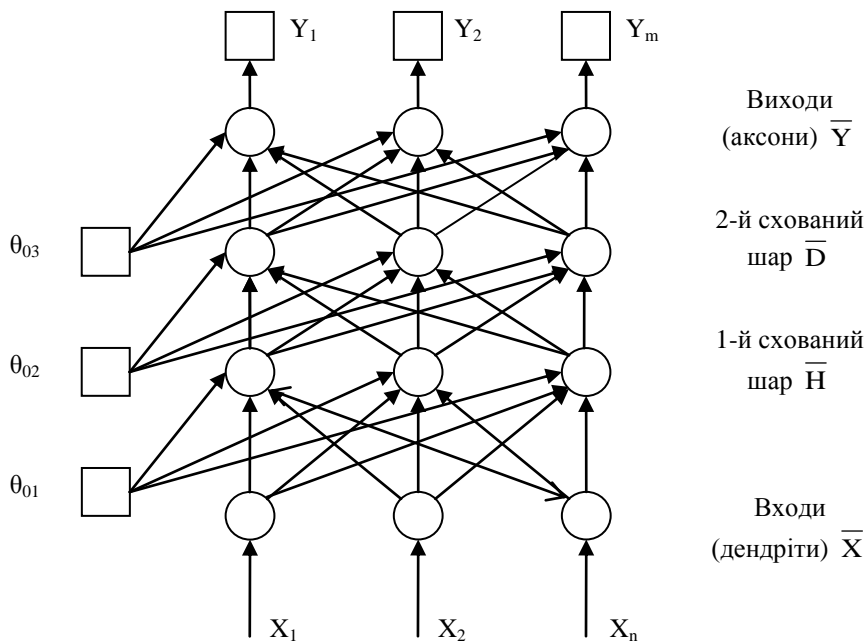


Рис. 2.8. Загальний вигляд ШНМ

\bar{W}_1 – вагові коефіцієнти, що враховують індивідуальний час виконання навчальної вправи курсантом/слухачем залежно від його психофізіологічних характеристик (рис. 2.7):

$$\bar{W}_1 = \begin{pmatrix} w_{01} & w_{11} & w_{21} \\ w_{02} & w_{12} & w_{22} \\ w_{03} & w_{13} & w_{23} \end{pmatrix};$$

$\bar{\theta}_{01}$ – індивідуальний час на вирішення навчальної вправи.

3 шар (схований) – складність вправи, яка визначається кількістю ПКС (\bar{D}) та характеризується динамічною повітряною обстановкою (ДПО). Додатковий вхід Bias указує обмеження на сумарний час вирішення ПКС (T_{02}).

Вихідний вектор шару:

$$\bar{D} = f(\bar{W}_2, \bar{H}) = f(\text{net}_2 - \bar{\theta}_{02}),$$

де $\text{net}_2 = \bar{W}_2 \bar{H}$;

\bar{W}_2 - вагові коефіцієнти, що враховують складність ДПО (рис. 2.7):

$$\bar{W}_2 = \begin{pmatrix} d_{01} & d_{11} & d_{21} & d_{31} \\ d_{02} & d_{12} & d_{22} & d_{32} \\ d_{03} & d_{13} & d_{23} & d_{33} \end{pmatrix};$$

$\bar{\theta}_{02}$ – час на вирішення навчальної вправи, що враховує складність ДПО.

4 шар (вихідний) – безпосередньо оцінювання курсанта/слухача при виконанні вправи (\bar{Y}). Додатковий вхід Bias обмежує кількість спроб на вирішення ПКС (T_{03}).

Вихідний вектор шару:

$$\bar{Y} = f(\bar{W}_3, \bar{D}) = f(\bar{\text{net}}_3 - \bar{\theta}_{03}),$$

де $\bar{\text{net}}_3 = \bar{W}_3 \bar{D}$;

\bar{W}_3 - вагові коефіцієнти, що враховують якість виконання вправи за своєчасністю:

$$\bar{W}_3 = \begin{pmatrix} y_{01} & y_{11} & y_{21} \\ y_{02} & y_{12} & y_{22} \\ y_{03} & y_{13} & y_{23} \end{pmatrix};$$

$\bar{\theta}_{03}$ – кількість спроб для вирішення навчальної вправи.

Задаються наступні вихідні сигнали векторів шарів нейронів $\bar{H}, \bar{D}, \bar{Y}$:

$$H_k, D_k, Y_m = \begin{cases} 1; \text{якщо } f(x) > 0; \\ 0; \text{якщо } f(x) \leq 0 \end{cases}$$

де f – нелінійна функція активації.

Розглянемо наступний приклад з заданими значеннями вагових коефіцієнтів ($\bar{W} = \bar{W}_1, \bar{W}_2, \bar{W}_3$), що враховують індивідуальний час виконання навчальної вправи курсантом/слухачем залежно від його психофізіологічних характеристик, складність ДПО, якість виконання вправи за своєчасністю:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_1 = f(1x_1 + 2x_2 - 1) \\ H_2 = f(2x_1 + 5x_2 - 3) \\ H_3 = f(3x_1 + 4x_2 - 5) \\ D_1 = f(2d_1 + 2d_2 + 2d_3 - 1) \\ D_2 = f(3d_1 + 3d_2 + 3d_3 - 5) \\ D_3 = f(4d_1 + 4d_2 + 4d_3 - 6) \\ Y_1 = f(1y_1 + 3y_2 + 2y_3 - 3) \\ Y_2 = f(2y_1 + 4y_2 + 1y_3 - 10) \\ Y_3 = f(3y_1 + 5y_2 + 1y_3 - 0) \end{array} \right.$$

Представимо приклад у векторній формі:

$$\left\{ \begin{array}{l} \begin{pmatrix} 1 \\ H_1 \\ H_2 \\ H_3 \end{pmatrix} = f \left[\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \\ 2 & 5 & -3 \\ 3 & 4 & -5 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 \\ X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} \right] \\ \begin{pmatrix} 1 \\ D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} = f \left[\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & -1 \\ 3 & 3 & 3 & -5 \\ 4 & 4 & 4 & -6 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 \\ H_1 \\ H_2 \\ H_3 \end{pmatrix} \right] \\ \begin{pmatrix} 1 \\ Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \end{pmatrix} = f \left[\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 2 & -3 \\ 2 & 4 & 1 & -10 \\ 3 & 5 & 1 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 \\ D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{pmatrix} \right] \end{array} \right.$$

Результати функціонування ШНМ при різних початкових даних ($X=(0;0)$, $(0;1)$, $(1;0)$, $(1;1)$), з урахуванням заданих коефіцієнтів та умов виконання вправ (час, кількість спроб, характеристики курсанта/слухача), представлені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Результати функціонування ШНМ

X_1	X_2	H_1	H_2	H_3	D_1	D_2	D_3	Y_1	Y_2	Y_3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

В загальному вигляді чотирьохшарову ШНМ можна представити наступним чином:

$$\bar{H} = f(\bar{W}_1, \bar{X});$$

$$\bar{D} = f(\bar{W}_2, \bar{H});$$

$$\bar{Y} = f(\bar{W}_3, \bar{D}).$$

З рівнянь отримуємо визначення чотирьохшарової ШНМ:

$$\bar{Y} = f(\bar{W}_1 f(\bar{W}_2 f(\bar{W}_3(\bar{X}))),$$

де \bar{X} – вхідний вектор мережі (вправи);

\bar{W} – коефіцієнти індивідуальних характеристик курсанта/слухача. Наприклад, для вектора \bar{H} , що визначає психофізіологічні характеристики курсанта/слухача, маємо:

H_1 №1 – w_{11} , w_{21} – коефіцієнти, які характеризують здатності курсанта/слухача №1;

H_2 №2 – w_{12} , w_{22} – коефіцієнти, які характеризують здатності курсанта/слухача №2;

H_3 №3 – w_{13} , w_{23} – коефіцієнти, які характеризують здатності курсанта/слухача №3.

Аналогічно враховуються вагові коефіцієнти, що характеризують складність ДПО (вектор \bar{D}) та якість виконання навчальної вправи за своєчасністю (вектор \bar{Y}). З табл. 2.1 видно, що при виконанні вправи №2 ($X_2 = 1$) курсанти/слухачі №2 і №3 виконали завдання вчасно (№1 – не виконав). При виконанні вправи №1 – ніхто не виконав завдання. При одночасному виконанні двох вправ ($X_1 = 1$, $X_2 = 1$) виконали завдання курсанти/слухачі №1 і №3, а №2 – не справився зі завданням.

Візуалізація результату виконання навчальної вправи спеціалістом з ОПП. Розроблено програму візуалізації стану виконання вправи курсантом/слухачем за критерієм своєчасності. Інструктор має інформацію про те, на якому з етапів вирішення задачі знаходяться спеціалісти з ОПП: загрози, передконфліктної чи конфліктної ситуації. Етап загрози слід розглядати як попередження, що необхідно негайно вжити заходів щодо вирішення ПКС. Передконфліктний етап показує, що уникнути виникнення конфліктної ситуації важко або неможливо. Виведення інформації про виникнення цих етапів дозволить тим, кого навчають, звернути увагу на необхідність вжиття заходів з вирішення ПКС.

Для підвищення ефекту пропонується дублювати цю інформацію даними щодо тих повітряних суден (ПС), між якими прогнозується ПКС. Для інструктора (викладача) така інформація допоможе привернути увагу того, того навчають, на необхідність вживання заходів з розв'язання ПКС. При проведенні групових занять така інформація підкаже інструкторові, який курсант/слухач не справляється з поставленим завданням. Розроблено моделюючий комплекс (МК) Fusion, в якому передбачена багатомодульна система прогнозування ПКС (рис. 2.7). Інформація з індикатора відображення динамічної повітряної обстановки, з регулярністю в одну секунду ($t = 1$ с), передається в об'єктивну систему зберігання інформації щодо ДПО. Потім, враховуючи параметри руху ПС та їх взаємне розташування, визначається тип ПКС.

Після визначення системою типу ПКС, ця інформація надходить в модуль побудови зони безпеки ПС. Зона безпеки в МК Fusion будується згідно вимог керівних документів до витримання інтервалів ешелонування (поздовжнього, бічного і вертикального). Розмір зони безпеки залежить від структури повітряного простору та взаємного розташування ПС, для яких проводиться розрахунок. Зона безпеки будується уздовж вектора руху ПС кожний момент часу, коли проводиться перерахунок взаємного розташування ПС. Попадання ПС в зону безпеки іншого ПС однозначно розцінюється, як порушення інтервалів ешелонування і фіксується як порушення.



Рис. 2.9 Структурна схема та алгоритм функціонування системи випереджаючого моделювання МК Fusion

У модулі виявлення порушень система, враховуючи тип конфліктної ситуації і діючи цій ситуації зону безпеки, визначає сам факт порушення встановлених інтервалів. У випадках, коли система виявила порушення безпечних інтервалів, ця інформація надходить в систему зберігання інформації про порушення. Система зберігання інформації про порушення здатна зберегти три види інформації про конфлікт, який мав місце, а саме:

- позивні пари ПС, між якими відбувся конфлікт;
- час конфлікту;
- тип конфлікту.

Найбільш прийнятною для розуміння курсантом/слухачем або інструктором формою подачі інформації про настання етапів розвитку ПКС є візуальна форма подачі інформації. З урахуванням розробленої класифікації пропонується виводити форму з трьома елементами, кожний з яких буде демонструвати кількість потенційно-конфліктних ситуацій на кожному з етапів розвитку. На рис. 2.8 показаний зовнішній вигляд форми виведення такої інформації.

Наведені на рис. 2.8. кольорові елементи жовтого, малинового і червоного кольорів відповідають етапам розвитку конфліктної ситуації. Жовтий елемент відповідає етапу «Загроза виникнення конфліктної ситуації», малиновий – «Передконфліктна ситуація», червоний – «Конфліктна ситуація». Індикатори, які розташовані під колірними елементами, призначені для відображення інформації про кількість ПКС на відповідному етапі розвитку.



Рис. 2.8. Форми індикації: а – прогнозується чотири ПКС (ідентифікується жовтим кольором – перший стовпчик); б – одна з ПКС перейшла в стадію «передконфліктної ситуації» (ідентифікується малиновим кольором – другий стовпчик), в – одна з ПКС перейшла в стадію «конфліктної ситуації» (порушення інтервалів ешелонування), ще одна з ПКС – в стадію «передконфліктної ситуації» (ідентифікуються малиновими (другий стовпчик) та червоними (третій стовпчик) кольорами

Застосування запропонованої індикації етапів розвитку ПКС на робочому місці майбутнього фахівця з ОПР рекомендується на етапах навчальної підготовки, що дозволить курсантам/слухачам отримати необхідні навички виявлення і вирішення потенційно-конфліктних ситуацій. На робочому місці інструктора (викладача) подібна індикація значною мірою полегшить проведення групових занять з курсантами/слухачами, тому що дозволить своєчасно виявляти проблеми у виявленні і розв'язанні ПКС в процесі виконання навчальних вправ.

Основними критеріям оцінювання якості виконання тренажерних вправ визначені безпомилковість та своєчасність. Врахувати їх запропоновано за допомогою використання штучних нейронних мереж. Для побудови ШНС відповідно до основних положень концепції контролю факторів загроз та помилок класифіковано етапи розвитку конфліктної ситуації та визначено кількісні показники рівня складності на кожному з етапів за допомогою апарату нечіткої логіки.

2.3.2 Детерміновані і стохастичні моделі ПР оператора ОПР

В умовах розвитку та вдосконалення технологій виникає проблема ЛФ в керуванні складними процесами, яка для авіації є гострішою, ніж для більшості небезпечних галузей. Це пов'язано з жорсткими вимогами, що ставляться до АЕС через високу швидкість процесів, які відбуваються, та їх потенційну небезпеку для життя і здоров'я людей.

Технологія роботи авіаційного спеціаліста (пілота, диспетчера) відповідає чіткому алгоритму дій, що прописані у нормативних та регламентуючих документах, як в штатних, так і позаштатних ситуаціях (наприклад, ОВП), тому для моделювання дій авіаспеціаліста можна застосовувати детерміновані моделі [60]. АНС розглядається як соціотехнічна система (СТС), розроблено моделі ПР і прогнозування розвитку аварійної ситуації [60]. З позицій системного підходу розглянуто особливості АНС як високотехнологічної СТС; виконано класифікацію, узагальнення та формалізацію різномірних факторів, що впливають на ПР оператором. Доведено, що окрім психофізіологічних, індивідуально-психологічних та соціально-психологічних факторів, на ПР Л-О СТ АНС впливають різномірні фактори внутрішнього та зовнішнього середовища менеджменту авіапідприємства, які будуються за ієрархічним принципом. Визначено типи особистостей Л-О СТ АНС та їх взаємодії в процесі виконання професійних завдань у складі малої групи на прикладі диспетчерської зміни, виконано кореляційний аналіз соціометричних та соціонічних показників. Розроблено моделі ПР Л-О СТ АНС в умовах повної визначеності, ризику та невизначеності, а також моделі розвитку польотної ситуації на основі використання мереж типу GERT та марковських мереж.

Розроблено методологію прогнозування розвитку польотної ситуації на основі аналізу ПР Л-О СТ АНС. На основі представленої методики виявлення особистісних властивостей Л-О СТ АНС отримано моделі переваг, які описують пріоритети оператора (пілота або авіадиспетчера) залежно від його поведінки. Проведено діагностику емоційного стану Л-О СТ АНС методами дисперсійного аналізу, отримано моделі деформації емоційного стану у разі виникненні ОВП та визначено стійкість АНС при деформаціях емоційного стану оператора. На основі рефлексивної теорії біполярного вибору визначено очікувані ризики ПР оператором СТ АНС під впливом зовнішнього середовища, попереднього досвіду і вольового вибору Л-О. Для своєчасної діагностики та прогнозування можливих дії оператора в очікуваних і неочікуваних умовах експлуатації ПК розроблено графоаналітичні моделі ПР Л-О СТ АНС. Узагальнення та оцінювання структурно ієрархічних, різномірних, динамічно нестабільних факторів, що впливають на ПР Л-О СТ АНС проводилось із застосуванням теоретико-множинного підходу.

Оскільки ОВП – це не одномоментна подія, а подія, що розвивається в часі, для моделювання ПР Л-О відповідно до алгоритму дій у разі виникнення ОВП доцільно користуватися мережевими графіками для визначення і оптимізації критичного часу, необхідного для парировання особливого випадку в польоті. Стохастичні моделі ПР Л-О в ОВП, СМУ, ПКС в умовах ризику, (дерево рішень): $M[t]$, $Rmin(A)$ представлено на рис.2.9. Стохастичні моделі розвитку польотних ситуацій, типу GERT(прогнозування розвитку польотних ситуацій в бік ускладнення і навпаки: $M[t_{ij}]$, $[t_{ij}]$, p_{ij} , p_{ji} , p_{ii} $W_{ij}(A)$, $W_{ij}(B)$ представлено на рис.2.10. Марковська мережа розвитку польотної ситуації: $p_{lij}(A)$, $p_{lij}(B)$ представлено на рис.2.11.

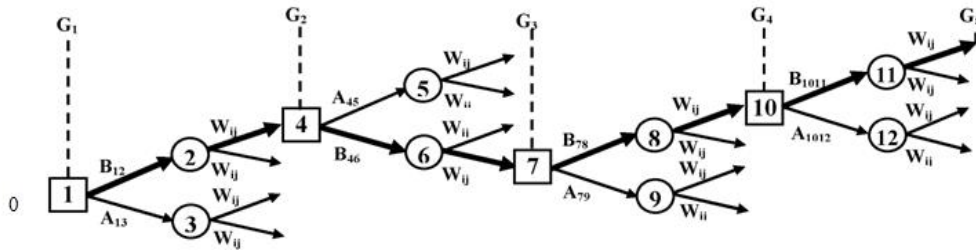


Рис.2.9. Стохастичні моделі ПР Л-О в ОВП, СМУ, ПКС в умовах ризику, (дерево рішень)

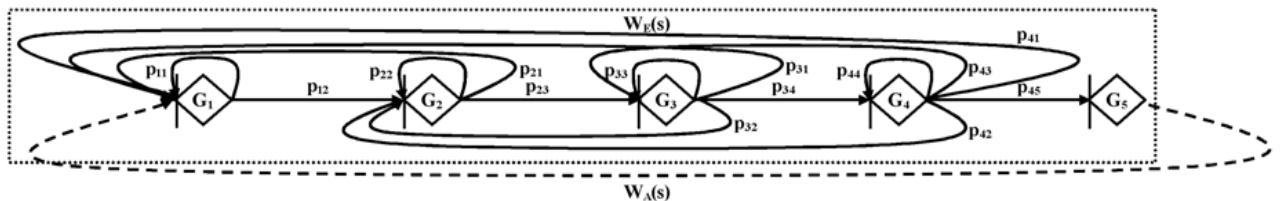


Рис.2.10. Стохастичні моделі розвитку польотних ситуацій, типу GERT

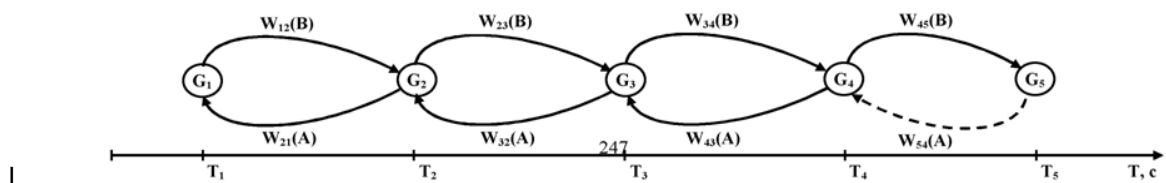


Рис.2.11. Марковська мережа розвитку польотної ситуації

Побудовано детермінованої моделі ПР Л-О за допомогою методів мережевого планування, що викладені в програмі навчальних курсів «Інформатика прийняття рішень», «Основи теорії прийняття рішень», «Теорія управління» для спеціальності «Обслуговування

повітряного руху» студентами отримані математичні моделі ПР Л-О АНС у разі виникнення ОВП. Отриманий критичний час виконання робіт диспетчером (АТСО) в ОВП, а саме: у разі відмови двигуна на зльоті, розгерметизації ПК, проблемах з гідравлікою, при відмові системи електропостачання тощо, а також критичний час дій екіпажу ПК у випадку відмови двигуна на зльоті і заході на посадку в складних метеоумовах тощо [60]. Завдання полягало в визначенні критичного шляху та часу на виконання дій авіадиспетчера в ОВП та основних етапів ПР з парировання ОВП відповідно до технології дій фахівця з обслуговування повітряного руху з використанням принципів ASSIST (Acknowledge, Separate, Silence, Inform, Support, Time) за «Типовими картами дій фахівців ОПП в аварійних та непередбачуваних ситуаціях» Розробляються стохастичні моделі ПР оператором БППС в аварійних ситуаціях за технологією ASSIST в умовах визначеності, ризику і невизначеності.

Таблиця 2.9

Структурно-часова таблиця

№	Зміст роботи	Позн.	Множина робіт	Спирається на роботу	Час
1	Отримання інформації від ЕПК про ОВП	A_1	$\{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n}\}$	–	$\{t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1n}\}$
2	Підтвердження отримання інформації від ЕПК	A_2	$\{a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n}\}$	A_1	$\{t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2n}\}$
3	Переведення інформації відповідним службам	A_3	$\{a_{31}, a_{32}, \dots, a_{3n}\}$	$A_1 \cap A_2$	$\{t_{31}, t_{32}, \dots, t_{3n}\}$
4	Отримання рішення командира ПК	A_4	$\{a_{41}, a_{42}, \dots, a_{4n}\}$	$A_1 \cup A_2 \cup A_3$	$\{t_{41}, t_{42}, \dots, t_{4n}\}$
5	Забезпечення умов безпечного завершення польоту	A_5	$\{a_{51}, a_{52}, \dots, a_{5n}\}$	$A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_4$	$\{t_{51}, t_{52}, \dots, t_{5n}\}$
6	Отримання інформації від ЕПК про результат посадки	A_6	$\{a_{61}, a_{62}, \dots, a_{6n}\}$	$A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap A_4 \cap A_5$	$\{t_{61}, t_{62}, \dots, t_{6n}\}$

Мережевий графік дій екіпажу ПК у випадку відмови двигуна на зльоті (прийнято рішення «Продовжити зліт») $T_{кр}$, $T_{сер}$, $T_{мін}$, $T_{макс}$ представлено на рис.2.12. Узагальнений мережевий графік виконання дій диспетчером в ОВП представлено на рис.2.13. Аналогічні графіки розробляються для операторів САНО і БПЛА.

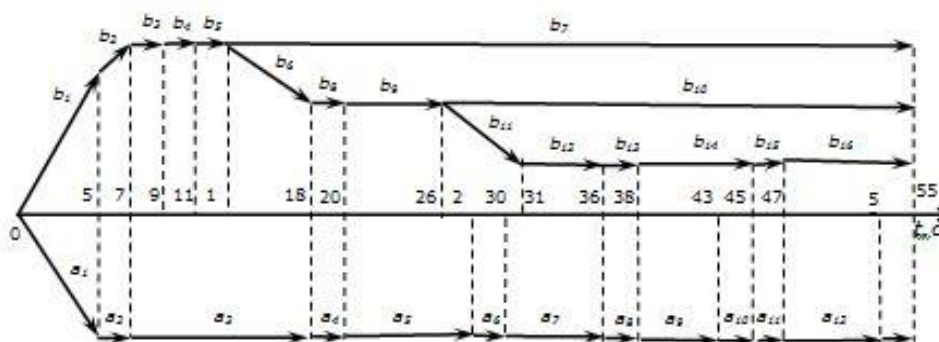


Рис.2.12. Мережевий графік дій екіпажу ПК

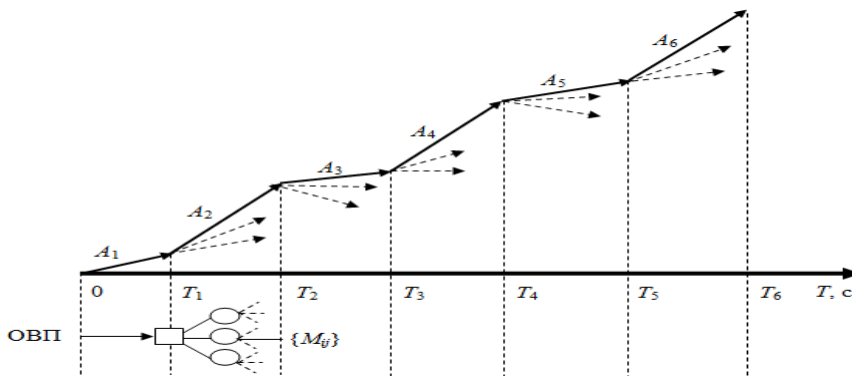


Рис.2.13. Узагальнений мережевий графік виконання дій диспетчером в ОВП

A1–A5 – роботи, які виконуються диспетчером згідно з затвердженою технологією ASSIST.

2.4 Моделі ПР оператора систем авіонавігаційного обладнання (САНУ)

Оператори САНУ навчаються і працюють з обладнанням навігації, спостереження і зв'язку. Згідно документу Додаток 10 Авіаційний електрозв'язок Том I ICAO стандартними радіонавігаційними засобами є:

- система посадки за приладами (ILS);
- мікрохвильова система посадки (MLS);
- глобальна навігаційна супутникова система (GNSS);
- всенаправлений ДВЧ-радіомаяк (VOR);
- ненаправлений радіомаяк (NDB);
- далекомірне обладнання (DME);
- маршрутний маркерний ДВЧ-радіомаяк.

Система посадки за приладами ILS (Instrument Landing System). Система посадки за приладами ILS (Instrument Landing System) складається з:

- курсового радіомаяка LOC (LIZ)
- глісадного радіомаяка GS (GP)
- маркерних радіомаяків (дальнього - OM, середнього - MM і застосовуваного в особливих випадках ближнього - IM).

Дана система повинна забезпечувати наступні експлуатаційні мінімуми:

Категорія I: точний захід на посадку і посадка за приладами з висотою прийняття рішення не менше 60 м (200 фут) і/або при видимості не менше 800 м, або при дальності видимості на ЗПС (злітно-посадкова смуга) не менше 550.

Категорія II: точний захід на посадку і посадка за приладами з висотою прийняття рішення менше 60 м (200 фут), але не менше 30 м (100 фут) і при дальності видимості на ЗПС не менше 300 м.

Категорія IIIA: точний захід на посадку і посадка за приладами:

- з висотою прийняття рішення менше 30 м (100 фут) або без обмеження по висоті прийняття рішення
- при дальності видимості на ЗПС не менше 175 м.

Категорія IIIB: точний захід на посадку і посадка за приладами:

- з висотою прийняття рішення менше 15 м (50 фут) або без обмеження по висоті прийняття рішення і
- при дальності видимості на ЗПС менше 175 м, але не менше 50 м.

Категорія IIIC: точний захід на посадку і посадка за приладами без обмежень по висоті прийняття рішення і дальності видимості на ЗПС. В разі при будь-яких несправностях наземного або бортового обладнання системи ILS у бортовому обладнанні повинна спрацювати

сигналізація. Сигнальна система спрацьовує від суми двох глибин модуляції, і тим самим зникнення одного з компонентів модуляції несучої частоти курсового сигналу ILS має приводити до спрацьовування сигнальної системи. Система сигналізації повинна вказувати пілоту або видавати сигнал бортової системи, в якій можуть використовуватися дані курсового або глісадного радіомаяка, про наявність будь-якого з наступних умов:

а) відсутність як будь-якого радіочастотного сигналу, так і одночасної модуляції частотами 90 і 150 Гц;

б) падіння до нуля рівня модуляції однієї з частот 90 Гц або 150 Гц, при збереженні коефіцієнта модуляції однієї з даних частот на нормальному рівні (20 і 40% відповідно для курсового та глісадного радіомаяків).

Сигналізація в системі курсового радіомаяка буде подаватися в разі зменшення будь-якого коефіцієнта глибини модуляції частотою 90 або 150 Гц на 10%, в той час як другий буде підтримуватися на нормальному рівні 20%. А сигналізація в системі глісадного маяка подавалася, коли будь-який з коефіцієнтів глибини модуляції частотою 90 або 150 Гц зменшується до 20%, в той час як інший підтримується на нормальному рівні 40%. Індикація системи сигналізації повинна легко відображатися і зчитуватися при всіх нормальних умовах функціонування бортового пульта управління. Якщо використовується флажкова сигналізація, то розмір прапорця повинен бути якомога більше, наскільки це дозволяє пристрій відображення інформації.

Для виставлення точності середньої лінії курсу підтримуються межі, еквівалентні таким зсувам від осевої лінії ЗПС в опорній точці ILS:

а) курсові радіомаяки ILS категорії I: $\pm 10,5$ м (35 фут) або лінійний еквівалент 0,015 РГМ (береться менша з величин);

б) курсові радіомаяки ILS категорії II: $\pm 7,5$ м (25 фут);

с) курсові радіомаяки ILS категорії III: ± 3 м (10 фут).

Для забезпечення контролю працездатності ILS використовується система автоматичного контролю, яка забезпечує оповіщення призначених пунктів управління та обумовлює одну з таких дій:

а) припинення випромінювання,

б) виключення навігаційних і розпізнавальної складових з несучої частоти.

Умови, що вимагають введення в дію контрольного пристрою, є наступними:

а) курсові радіомаяки ILS категорії I - зсув середньої лінії курсу від осі ЗПС більш ніж на 10,5 м (35 фут) або на лінійний еквівалент 0,015 РГМ в опорній точці ILS, причому береться менше значення;

б) курсові радіомаяки ILS категорії II - зміщення середньої лінії, курсу від осі ЗПС більш ніж на 7,5 м (25 фут) в опорній точці ILS;

с) курсові радіомаяки ILS категорії III - зміщення середньої лінії курсу від осі ЗПС більш ніж на 6 м (20 фут) в опорній точці ILS;

д) у разі використання курсових радіомаяків, основні функції яких забезпечуються за допомогою одночастотної системи - зменшення потужності на виході до рівня, що становить менше 50% звичайного рівня;

е) у разі використання курсових радіомаяків, основна функція яких забезпечується за допомогою двочастотної системи - зменшення потужності на виході для будь-якої несучої до величини менше 80% від нормальної.

ф) зміна чутливості до зсуву на величину, що відрізняється більш ніж на 17% від номінальної величини, встановленої для даного курсового радіомаяка.

При виборі величини зменшення потужності, що підлягає застосуванню з метою контролю, особлива увага звертається на структуру вертикальних та горизонтальних пелюсток (вертикальна пелюстка обумовлена різною висотою антени) комбінованих систем випромінювання, в яких використовується дві несучих. Великі зміни ставлення потужностей несучих можуть привести до виникнення зон з малим запасом висоти над перешкодами та

появи помилкових ліній курсу в зонах, що лежать осторонь від істинної лінії курсу, аж до меж зони дії у вертикальній площині. Для курсових радіомаяків, основні функції яких забезпечуються шляхом використання двочастотної системи, умови, що вимагають включення тривожної сигналізації, повинні передбачати випадок, коли РГМ у необхідній зоні дії за межами ± 10 від передньої лінії курсу, виключаючи сектор зворотного курсу, зменшується нижче 0,155. Загальний період випромінювання, включаючи період відсутності випромінювання за межами характеристик, є настільки коротким, наскільки це практично можливо з урахуванням необхідності запобігання перерв в навігаційному обслуговуванні, яке забезпечується курсовим радіомаяків. Загальний період ні в якому разі не перевищує:

10 с - для курсових радіомаяків категорії I;

5 с - для курсових радіомаяків категорії II;

2 с - для курсових радіомаяків категорії III.

Зазначені вище загальні періоди часу є межі, які ніколи не повинні перевищуватися; вони призначені для того, щоб запобігти можливості впливу на повітряні судна, що знаходяться на кінцевому етапі заходу на посадку, тривалих або повторюваних періодів передачі курсовими радіомаяками інформації наведення за межами можливостей контрольного пристрою. Через це вони включають не тільки початковий період роботи за межами допусків, але також будь-який або всі періоди випромінювання за межами допусків, включаючи період відсутності випромінювання, і період часу, необхідний для виключення з несучої навігаційної і розпізнавальної складових, які можуть мати місце в той час, для відновлення обслуговування, наприклад в під час подальшого функціонування контрольного пристрою і подальшого перемикання на курсовий радіомаяк або його елементи. Для того, щоб відновити обслуговування повітряного простору необхідно витримати період рівний приблизно 20 с, після чого можна приймати дії для відновлення роботи ILS. Конструкція і експлуатація системи контролю відповідає вимогам щодо того, щоб в випадку відмови самої системи контролю припинялася передача навігаційної інформації наведення та розпізнавальної інформації, а також генерувалося оповіщення призначених пунктів дистанційного управління. Згідно вимогам до цілісності та безперервності обслуговування імовірність невипромінювання курсовими радіомаяками категорій II і III хибних сигналів наведення становить не менше $1 - 0,5 \cdot 10^{-9}$ для кожної окремої посадки. Імовірність не випромінювання курсовими радіомаяками категорії I хибних сигналів наведення повинна становити не менше $1 - 1,0 \cdot 10^{-7}$ для кожної окремої посадки. Імовірність того, що випромінювання сигналу наведення НЕ буде втрачено, становить понад:

а) $1 - 2 \cdot 10^{-6}$ протягом будь-якого 15-секундного періоду часу для курсових радіомаяків категорії II або для курсових радіомаяків, призначених для забезпечення операцій по категорії IIIА (що еквівалентно середньому наробітку між виходами з ладу 2000 год).

б) $1 - 2 \cdot 10^{-6}$ протягом будь-якого 30-секундного періоду часу для курсових радіомаяків категорії III, призначених для забезпечення всіх операцій по категорії III (що еквівалентно середньому наробітку між виходами з ладу 4000 год).

Імовірність того, що випромінювання сигналу наведення НЕ буде втрачено, повинна перевищувати $1 - 4 \cdot 10^{-6}$ протягом будь-якого 15-секундного періоду часу для курсових радіомаяків категорії I. (Що еквівалентно середньому наробітку між виходами з ладу 1000 год). Система автоматичного контролю глісади забезпечує оповіщення призначених пунктів управління та припинення випромінювання при наявності будь-якої з наступних умов:

а) зміщення середнього кута нахилу глісади більш ніж на величину від -0,075 до +0,10 θ від кута θ ;

б) у разі використання глісадних радіомаяків ILS, основні функції яких забезпечуються з допомогою одночастотної системи, - зменшення потужності на виході до величини менше 50% від номінальної.

з) у разі використання глісадних радіомаяків, основні функції яких забезпечуються за допомогою двочастотних систем, - зменшення потужності на виході для будь-якої несучої до

величини менше 80% від номінальної, за винятком того, що більше зменшення від 80 до 50% від номінальної.

Загальний період випромінювання, що включає період відсутності випромінювання ні в якому разі не повинен перевищувати:

6 с - для глісадних радіомаяків ILS категорії I;

2 с - для глісадних радіомаяків ILS категорій II і III.

Що стосується, випромінювання несучого сигналу маркерного радіомаяка повинно здійснюватися без перерв. Модуляція звуковими частотами проводиться наступним чином:

а) внутрішній радіомаркер (при його наявності): безперервна передача шість точок в секунду;

б) середній радіомаркер: безперервна серія чергування точок та тире, причому тире передаються з швидкістю два тире в секунду, а точки - зі швидкістю шість точок в секунду;

с) зовнішній радіомаркер: безперервна передача двох тире в секунду.

Ці швидкості передачі витримуються з допуском $\pm 15\%$.

Всенаправлений ДВЧ-радіомаяк (VOR). Контроль випромінювання сигналів VOR забезпечують автоматичним контрольним пристроєм. Контрольний пристрій передає на пункт управління сигнали оповіщення і/або виключає з несучої розпізнавальну та навігаційну складові, або припиняє випромінювання при наявності будь-якого одного відхилення або поєднання відхилень від встановлених умов:

а) зміна більш ніж на 1° в місці розташування контрольного пристрою переданої VOR інформації про пеленг;

б) зменшення на 15% в місці розташування контрольного пристрою складових модуляції рівня напруги радіочастотних сигналів або піднесної, або сигналів модуляції по амплітуді з частотою 30 Гц, або тих і інших.

При відмові самого контрольного пристрою передається сигнал оповіщення пункту управління та:

а) або з несучою виключаються розпізнавальна і навігаційна складові;

б) або припиняється випромінювання.

Ненаправлений радіомаяк (NDB). Кожний NDB забезпечується відповідними засобами виявлення будь-яких наступних несправностей:

а) зменшення потужності випромінювання несучої більш ніж на 50% від рівня, який вимагається для забезпечення номінальної зони дії;

б) припинення передачі розпізнавального знака;

с) несправність або відмова самого контрольного пристрою.

У тих випадках, коли NDB отримує живлення від джерела, частота якого близька до частот комутації обладнання бортового ADF, і там, де внаслідок конструкції NDB може виявитися, що випромінювання модулюється частотою живлення, контрольний пристрій повинен мати здатність виявляти таку модуляцію несучої частоти джерела, яка перевищує 5%. Під час функціонування як посадкового радіомаяка (приводної радіостанції) та і не в якості посадкового радіомаяка контрольний пристрій повинен забезпечувати безперервну перевірку роботи даного NDB.

Далекомірне обладнання (DME). Для контролю роботи DME контрольний пристрій виконує наступні дії:

а) в пункті управління забезпечується відповідна індикація;

б) автоматично вимикається працюючий приймач-відповідач;

с) автоматично приводиться в дію запасний приймач-відповідач якщо такий є.

Контрольний пристрій робить зазначені дії, якщо:

а) затримка приймач-відповідача відрізняється від призначеної величини на 1 мкс (150 м (500 фут)) або більше;

b) в разі використання режиму DME/N, взаємопов'язаного з посадковим засобом, затримка приймач-відповідача відрізняється від призначеної величини на 0,5 мкс (75 м (250 фут)) або більше.

Контрольний пристрій повинен вжити заходів, якщо інтервал між 1 і 2 імпульсами імпульсної пари приймач-відповідача відрізняється від номінального значення на 1 мкс або більше.

Контрольний пристрій повинен також забезпечувати відповідну індикацію в пункті управління однієї з наведених нижче умов:

a) зменшення переданої вихідної потужності приймач-відповідача на 3 дБ і більше;

b) зменшення мінімального рівня чутливості приймача приймач-відповідача на 6 дБ і більше (в тому випадку, якщо це не обумовлено дією схеми автоматичного зниження посилення приймача);

c) інтервал між першим і другим імпульсом відповідної імпульсної пари приймач-відповідача відрізняється від звичайної величини на 1 мкс і більше;

d) зміна частот приймача і передавача приймач-відповідача, що приводить до використання частот, виходять за межі діапазону управління еталонними схемами (якщо робочі частоти задаються безпосередньо кварцовою стабілізацією).

Передбачається наявність засобів для того, щоб будь-яка умова та несправності, за якими ведеться контроль, могла виявлятися протягом певного періоду часу до того, як контрольний пристрій зробить відповідну дію. Цей період часу є якомога коротшим (але не перевищує 10 с), що відображає необхідність уникнути переривання роботи приймач-відповідача в зв'язку з перехідним ефектом. Спроби виправити помилку шляхом повернення основного наземного обладнання в початковий стан або перемикання на резервне наземне обладнання, якщо таке є, забезпечується протягом цього часу. Якщо у відведений час відмову не виявлено, випромінювання відключається до закінчення періоду часу 20 с після відключення не робиться ніяких спроб з відновлення обслуговування. Приймач-відповідач не повинен запускатися для цілей контролю понад 120 разів в секунду в режимі IA та 150 раз в секунду в режимі FA. Відмова контрольного пристрою в режимі DME / N і DME / P. Бездіяльність будь-якої частини самої контрольної системи автоматично призводить до тих же результатів, що і несправна робота контрольованих елементів.

Маршрутний маркерний ДВЧ-радіомаяк. Для кожного маркерного радіомаяка слід передбачити наявність контрольного пристрою, який буде вказувати у відповідному місці на:

a) зменшення потужності, випромінюваної на несучої частоті, до величини, що становить менше 50% від нормальної;

b) зменшення глибини модуляції до величини менше 70%;

з) порушення маніпуляції.

Глобальна навігаційна супутникова система (GNSS). Експлуатаційна готовність системи GPS становить:

– $\geq 99\%$ для обслуговування в горизонтальній площині і середнього місця розташування (95%-ве порогове значення 36 м);

– $\geq 99\%$ для обслуговування в вертикальній площині і середнього місця розташування (95% -ве порогове значення 77 м);

– $\geq 90\%$ для обслуговування в горизонтальній площині та найгіршого випадку розташування (95%-ве порогове значення 36 м);

– $\geq 90\%$ для обслуговування в вертикальній площині та найгіршого випадку розташування (95% -ве порогове значення 77 м).

Надійність системи GPS повинна відповідати наступним обмеженням:

a) частота відмов основного обслуговування для орбітального угруповання в цілому - не більше ніж три рази за рік;

b) надійність - не менше ніж 99,94%;

c) надійність - щонайменше 99,79% (середнє для окремого пункту).

Зона дії системи GPS охоплює поверхню Землі аж до висоти 3000 км. Експлуатаційна готовність для каналу стандартної точності ГЛОНАСС повинна становити:

a) $\geq 99\%$ для обслуговування в горизонтальній площині та середнього місця розташування (95% -ве порогове значення 12 м);

b) $\geq 99\%$ для обслуговування в вертикальній площині та середнього місця розташування (95% -ве порогове значення 25 м);

c) $\geq 90\%$ для обслуговування в горизонтальній площині та найгіршого випадку розташування (95% -ве порогове значення 12 м);

d) $\geq 90\%$ для обслуговування в вертикальній площині та найгіршого випадку розташування (95% -ве порогове значення 25 м).

Надійність каналу стандартної точності ГЛОНАСС відповідає наступним обмеженням:

a) частота відмов основного обслуговування для орбітального угруповання в цілому не більше ніж три рази за рік;

b) надійність – не менше ніж 99,7% (глобальне середнє).

Канал стандартної точності системи ГЛОНАСС охоплює поверхню Землі аж до висоти 2000 км.

Мікрохвильова система посадки (MLS). Основна конфігурація MLS складається з наступних компонентів:

a) азимутального обладнання заходу на посадку, пов'язаного з ним контрольного обладнання, обладнання дистанційного керування та індикаторного обладнання;

b) кутове обладнання заходу на посадку, пов'язаного з ним контрольного пристрою, устаткування дистанційного керування та індикаторного обладнання;

c) засоби кодування та передачі слів необхідних даних, пов'язаного з ними контрольного пристрою, обладнання дистанційного керування та індикаторного обладнання.

Для спрощених конфігурацій MLS, система контролю кутового обладнання заходу на посадку забезпечує припинення випромінювання своїх відповідних функцій і подачу в установленому пункті управління попереджувального сигналу, якщо будь-яка з наступних умов зберігається протягом більш тривалих, ніж встановлені, періодів часу:

a) така зміна похибки, що вноситься наземним обладнанням в складову похибки залягання середньої лінії глісади, що PFE в опорній точці заходу на посадку або на будь-який глісаді, перевищує межі протягом більше 1 с;

b) зменшення випромінюваної потужності до величини, меншої, ніж необхідно для дотримання вимог протягом більше 1 с;

c) наявність помилки в преамбулі передач DPSK, яка має місце частіше одного разу протягом будь-якого періоду часу в 1 с;

d) наявність такої похибки в синхронізації тимчасового ущільнення певної кутової функції, що вимога, вказане в п. 3.11.4.3.2, не дотримується, і що стан зберігається протягом більше 1 с.

Конструкція і функціонування системи контролю такі, що в разі відмови самої системи контролю випромінювання припиняється і забезпечується подача попереджувального сигналу в встановлені пункти управління. Період часу, протягом якого випромінюється помилкова інформація наведення, включаючи період, коли випромінювання дорівнює нулю, не перевищує 1 с. Протягом цього періоду часу вживаються всі заходи щодо усунення несправності шляхом повернення основного наземного обладнання в початкове положення або перемикання на резервне наземне обладнання, при цьому будь-який період, коли випромінювання дорівнює нулю, не перевищує 500 мс. Якщо протягом відведеного часу несправність не усунуто, випромінювання припиняється. Після відключення заходи по відновленню роботи обладнання приймаються тільки після закінчення 20 с. Імовірність невипромінювання хибних сигналів наведення кутового обладнання MLS, яке забезпечує операцій категорій II і III, становить не менше $1 - 0,5 \cdot 10^{-9}$ для кожної окремої посадки. Імовірність невипромінювання хибних сигналів наведення кутового обладнання MLS, призначеним забезпечувати операції категорії I, повинна становити не менше $1 - 1,0 \cdot 10^{-7}$ для кожної окремої посадки. Імовірність того, що сигнал наведення НЕ буде втрачено, становить понад $1 - 2 \cdot 10^{-6}$

протягом будь-якого 15-секундного періоду часу для кутового обладнання MLS, призначеного забезпечувати операції категорій II і III (що еквівалентно середньому наробітку між виходами з ладу у 2000 год. Імовірність того, що сигнал наведення HE буде втрачено, повинна перевищувати $1 - 4 \cdot 10^{-6}$ протягом будь-якого 15-секундного періоду часу для кутового обладнання MLS, призначеного забезпечувати операції категорії I (що еквівалентно середньому наробітку між виходами з ладу в 1000 год). Система контролю забезпечує подачу попереджувального сигналу у встановлений пункт управління, якщо випромінювана потужність менше, ніж необхідно для дотримання вимоги щодо DPSK. Помилка в основних даних, що випромінюються в зону дії азимута заходу на посадку, зустрічається щонайменше в двох послідовних вибірках, випромінювання цих даних, функції азимута заходу на посадку і кутовий функції припиняється. Помилка в основних даних, що випромінюються в зону дії зворотного азимута, зустрічається щонайменше в двох послідовних вибірках, випромінювання цих даних і функції зворотного азимута припиняється.

2.5. Діагностика деформацій психоемоційного стану оператора ОПР, БПЛА, Л-О

Проведено системний аналіз факторів, що впливають на професійну взаємодію операторів (УПР, БПЛА, САНО) в системі колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою. Діагностика деформацій психоемоційного стану оператора УПР, БПЛА. [51; 53; 60]

Запропоновано інтелектуальну систему автоматизованого управління моніторингу та діагностики стану людини, що знаходиться на лікуванні. Система ІАСУ побудована за допомогою принципів динамічного моделювання, представлено алгоритм психоемоційного діагностування і моніторингу людини за допомогою системи ІАСУ. Формалізовано підсистеми ІАСУ у вигляді передаточних функцій і розроблено алгоритм моделювання, аналізу і синтезу ІАСУ методами теорії автоматичного керування. Представлено приклад моделювання ІАСУ за аналізом впливу величини сталих часу і коефіцієнтів на стійкість і надійність системи, в т.ч. і людини. Тому як в якості об'єкта керування (ОК) пропонується розглядати людину, для якої проводиться моніторинг і діагностика її стану в порівнянні з її нормальним станом за результатами аналізу фазових портретів, можна розробити методи коригування і покращення стану людини.

У разі представлення ІАСУ як соціотехнічної системи можливим є діагностування, моніторинг і управління станом людини в виконанні професійної діяльності, запропоновано систему моніторингу емоційного стану Л-О викликаного впливом навколишнього середовища (виникнення особливого випадку в польоті, аварійної ситуації, психоемоційної напруги) з визначенням відповідної стійкості.

В подальших дослідженнях планується визначити систему показників фізіологічного та психологічного комфорту людини з позицій теорії самоорганізації складних систем, а також розглянути практичні застосування у галузях медицини праці, психології, дизайну.

2.6. Методи удосконалення навігації БПЛА

Пропуски в результатах вимірювань параметрів БПЛА є типовою проблемою функціонування БАС, що ставлять під загрозу вдале виконання польотного завдання. Основні причини появи пропусків даних можуть бути результатом дії завад у каналі інформаційного обміну БАС та особливостями функціонування датчиків і систем на борту БПЛА. Окрім того, навігаційному обладнанню притаманні похибки вимірювання. Дії цих факторів спонукають до потреби постійного контролю параметрів у БАС та створюють необхідність у визначенні класу польотної ситуації для своєчасного попередження незапланованих відхилень за дозволені межі, що можуть призвести до невиконання польотного завдання.

Для здійснення точного відновлення даних найбільш ефективним є застосування сплайн-функцій, практичний бік їх реалізації забезпечує високу точність відновлення і потребує мінімальних апаратних затрат. Застосування сплайн-функцій представляє собою універсальний математичний апарат, який доцільно використовувати для відновлення пропусків, не

обмежуючись окремим типом БПЛА. Для класифікації наявної польотної ситуації найбільш ефективним є застосування ймовірнісних методів теорії розпізнавання, зокрема використання критерію Байеса.

Використано п'яти класову класифікацію польотних ситуацій, що складається з нормальної ситуації (НС), ускладнення умов польоту (УУП), складної (СС), аварійної (АС) та катастрофічної ситуації (КС).

Запропоновано відмовитись від критеріїв впливу на людей, навколишнє середовище та матеріальні затрати, у якості основоположних для класифікації. Адже, кожен з цих критеріїв може бути елементом польотного завдання. Наприклад, у випадку військового застосування БАС, людські жертви можуть бути частиною польотного завдання. Відповідно до цього, критерій людських жертв не є визначальним для оцінювання провалу польотного завдання.

Кожен клас ситуації визначається значенням апіорної ймовірності з нормативних документів для кожного класу БПЛА окремо.

Розрахунок метрики ситуацій виконується за оберненим розрахунком параметрів розподілу Гауса (Рис.2.14).

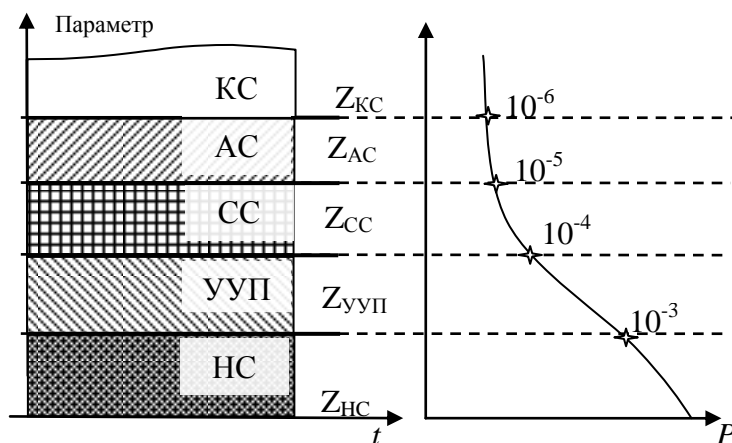


Рис.2.14. Вибір метрики ситуацій

Оцінювання граничних значень для кожної з польотних ситуацій виконується наступним чином [9, 35]:

$$Z = \Phi^{-1} \left(P - \frac{1}{2} \right) \sigma + M,$$

$$\text{де } P = \begin{bmatrix} P_{УУП} \\ P_{СС} \\ P_{АС} \\ P_{КС} \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} Z_{УУП} \\ Z_{СС} \\ Z_{АС} \\ Z_{КС} \end{bmatrix},$$

де Φ – функція Лапласа,

$\sigma = \frac{x-M}{\Phi^{-1}(P(x)-\frac{1}{2})}$ – середнє відхилення,

$M=Z_{НС}$.

Оцінювання класу наявної польотної ситуації виконується за критерієм Байеса. Відповідно до якого за кожним з класів ситуацій закріплюється певна щільність нормального розподілу та обчислюється апостеріорна ймовірність наявності кожного з класів польотної ситуації:

$$\hat{q}_k(x_s^{(n)}) = \frac{p_k \hat{\rho}_k^{(n)}(x_s^{(n)})}{\sum_{k=1}^N p_k \hat{\rho}_k^{(n)}(x_s^{(n)})}$$

де

N – кількість класів,

n – кількість вимірювань одного параметра,

s – індекс відповідного параметра,

$k = \overline{1, N}$ – індекс відповідного класу,

$p = [P_{НС}, P_{УУП}, P_{СС}, P_{АС}, P_{КС}]$ – апіорна ймовірність класів,

$\hat{\rho}_k^{(n)}(x^{(n)})$ – умовна ймовірність для k -го класу.

У якості умовної щільності ймовірності $\hat{\rho}_k^{(n)}(x_s^{(n)})$ використано щільність багатопараметричного нормального розподілу у вигляді:

$$\hat{\rho}_k(x) = \frac{1}{(2\pi)^{K/2} |B|^{-1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} (B^{-1} (x - \mu)^T \times (x - \mu)) \right],$$

де

K – кількість параметрів,

$x = (x_1, x_2, \dots, x_s)$ – вектор результатів вимірювань всіх параметрів,

$\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s)$ – вектор математичних сподівань для кожного з параметрів,

B – матриця середньоквадратичних відхилень:

$$B = \begin{vmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1s} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \dots & \sigma_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{s1} & \sigma_{s2} & \dots & \sigma_s^2 \end{vmatrix}.$$

Керування БАС пов'язане з обробкою складних інформаційних потоків даних. Їх втрата або спотворення, навіть на незначний час, зменшує рівень ситуаційної обізнаності оператора та створює ризик невиконання польотного завдання. Застосування багатоальтернативної класифікації польотних ситуацій з використанням відновлених даних підвищує ситуаційну обізнаність оператора БАС та дозволяє йому вчасно прийняти рішення щодо подальшого виконання польотного завдання, а отже, сприятиме підвищенню рівня безпеки авіації.

Створені й удосконалені методи кореляційно-екстремальної навігації за полем рельєфу та оптичним полем земної поверхні, розроблено методики по підготовці уніфікованої картографічної бази еталонів, отримали подальший розвиток методи оптимального оцінювання навігаційних даних з розділенням вектору стану на лінійну та нелінійну складові та використанням алгоритмів точкової фільтрації.

Внесені зміни у структуру системи дозволяють вважати запропоновані методики і процедури принципово новими, і відповідно, передбачають і принципово новий підхід до розробки комплексної КЕНС, починаючи від етапу проектування системи, підготовки картографічної інформації і закінчуючи реалізацією навігаційних алгоритмів у режимі реального часу. Таким чином, запропонований підхід формує методологію комплексної кореляційно-екстремальної навігації безпілотних авіаційних систем в умовах ризику [40-43]. Ефективність теоретичних та практичних результатів роботи підтверджено впровадженням розроблених алгоритмів та методик у виробництво та навчально-науковий процес.

Інтегральною складовою методології ситуаційного колективного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі є питання безпеки польотів. З метою вирішення питань можливості безпечного застосування БПЛА в умовах густозаселеної місцевості, у тому числі у містах та на малих висотах авторами запропоновано пристрої для захисту гвинтів від механічного зіткнення для октокоптера, гексакоптера, трикоптера та квадрокоптера. Застосування даних пристроїв дозволить значно підвищити рівень безпеки та сферу використання БПЛА [12-15].

3. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІЛОТОВАНИМИ І БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ В ЄДИНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРИ

3.1. Методичне забезпечення підготовки авіадиспетчерів

Практичні заняття на диспетчерських тренажерах є складовою частиною навчального процесу, найважливішим етапом навчання при підготовці студентів спеціальності «Обслуговування повітряного руху» і мають своєю метою закріплення й поглиблення теоретичних знань.

Методичне забезпечення тренажерної підготовки повинне бути спрямоване на розробку й впровадження документації, що визначає вимоги до методики підготовки, виконанню, контролю та оцінці вправ.

Заняття проводяться під керівництвом викладачів (інструкторів) кафедри аеронавігаційних систем відповідно до тематичного змісту програми та базуються на застосуванні проблемно-програмованого принципу навчання, який включає:

- чіткі певні цілі на кожному етапі навчання;
- навчальний матеріал по етапах навчання;
- наявність показових, базових і контрольних вправ (занять) на кожному етапі навчання;
- облік індивідуальних особливостей студентів;
- інтерактивні методи навчання (рольові ігри на контрольних заняттях і проблемні ситуації як метод підвищення активності студентів).

Навчання складається із трьох етапів, кожний з яких побудований за принципом проходження від простого до складного, що забезпечує інтеграцію теорії й практики.

Перший етап навчання – попередня підготовка. На цьому етапі студенти вивчають Інструкцію з виконання польотів модельованої зони, устаткування диспетчерських пультів (його експлуатацію), знайомляться із загальним технологічним процесом ОПР на тренажері та з довідковим матеріалом, використовуваним на робочих місцях.

Другий етап навчання (модульний) реалізується із застосуванням окремих технічних елементів і найпростіших операцій з метою формування початкових умінь по ОПР із наступним комплексним використанням усіх засобів ОПР у модульному режимі з перевагою показових занять, коли інструктор сам виконує технологічні операції по ОПР.

Третій етап навчання заснований на комплексному використанні всіх наявних технічних засобів тренажера, а також на застосуванні й закріпленні студентами знань по фразеології радіообміну.

У процесі навчання необхідно дотримувати основних принципів дидактики:

- зв'язок теорії із практикою;
- систематичність і послідовність навчання;
- активність і самостійність при навчанні;
- наочність;
- міцність закріплення знань, умінь, навичок;
- доступність у навчанні;
- індивідуальний підхід;
- виховний характер навчання;
- емоційність навчання.

З першого знайомства зі студентами слід прищеплювати їм любов до майбутньої професії, підкреслювати престиж фахівця служби руху з метою усвідомлення великої відповідальності за людські життя й, отже, формування високого професіоналізму.

У відносинах зі студентами важливо проявляти вимогливість, але, в той же час, не забувати про такт і поблажливості при виявленні помилок, допущених ними в процесі навчання.

Необхідно розвивати в студентів уважність, самостійність, а також допитливість і творчий підхід до розв'язку поставлених завдань.

На перших етапах переважає програмований принцип навчання з постійним контролем і виправленням інструкторським составом неправильних дій студентів. Після відпрацьовування найпростіших навичок по радіолокаційному, процедурному контролю й взаємодії з наземними абонентами необхідно перейти до вправ, що полягають у керуванні рухом якоїсь сукупності ПК.

У вправах більшою мірою повинні відображатися елементи, що вимагають від студентів обґрунтованих дій з вирішення потенційно конфліктних ситуацій, прогнозуванню повітряної й метеорологічної обстановки, дотриманню пріоритету під радіообміну та при роботі з наземних каналів зв'язку. Різноманітність варіантів завдань при їх складанні можна досягти, наприклад, шляхом зміни імітованих типів ПК, часу й ешелонів входу в зону, зміни ситуації, відмінної від попередніх, але, що зберігає направленість вправи.

При початковому відпрацьовуванні того або іншого елемента студенти повинні виконати таку кількість однотипних завдань, яка необхідно для безпомилкового виконання вправи. Як правило, ця кількість варіюється від трьох до п'яти.

Таким чином, часта зміна робочих місць у ході одного заняття при відпрацьовуванні нових вправ недоцільна. Однак вона необхідна на заключних етапах навчання, коли потрібне підтримка придбаних навичок на заданому рівні на різних робочих місцях.

Механічне завчання матеріалу не допускається.

Уводити варіації у вправи необхідно тільки тоді, коли основні навички, що підлягають подальшому розвитку, уже відпрацьовані до безпомилкового застосування.

Загострити увагу студентів на тих завданнях, які викликають у них найбільші утруднення, можливо шляхом повторення проблемних ситуацій зі зміненими параметрами інтенсивності й щільності повітряного руху, шляхом постановки різних початкових даних і іншими методичними прийомами, що розвивають здатність приймати нестандартні рішення в ході відпрацьовування вмінь і навичок на практичних заняттях і в майбутньому, у процесі роботи.

Перед тем, як приступитися до вправ, у яких радіообмін з екіпажами здійснюється англійською мовою, потрібно пройти попереднє тренування. Для виконання таких вправ на тренажерах пілоти-оператори також повинні володіти фразеологією радіообміну англійською мовою. Кожна із вправ теми, що відпрацьовується, повинна включати елементи попередньої теми для того, щоб придбані навички не губилися. Перерви між тренажерними заняттями на початкових етапах навчання не повинні перевищувати 2- 3-х днів. На заключних етапах припустимі перерви в 1-2 тижні. Однак завжди доцільно проводити ущільнені тренування після тривалих перерв (канікул, технологічних практик і т.д.) для відновлення втрачених навичок.

Час виконання вправи розподіляється в такий спосіб:

- інструктаж – 20 хв;
- підготовка до вправи – 10 хв;
- виконання вправи – 120 хв;
- розбір – 30 хв.

Структура занять.

Попередня підготовка. Перед відпрацьовуванням чергової вправи студенти повинні самостійно вивчити методичні вказівки по її виконанню.

На попередній підготовці інструктор зобов'язаний повідомити студентам наступне:

- ціль вправи;
- порядок виконання вправи;
- умови виконання вправи;
- приклад вирішення конкретних завдань;
- інтенсивність руху й повітряну обстановку в зоні.

Крім того, інструктор повинен підготувати студентів до проведення контрольної перевірки (розіграшу), указавши місце, де вона буде проходити.

Інструктаж студентів. Інструктаж складається із двох частин. Перша частина збігається з інструкцією із проведенням інструктажу в службі руху. Друга містить у собі питання організації проведення вправ.

Інструктаж слід розглядати й використовувати не тільки як спосіб передачі студентам необхідної інформації, але і як метод відпрацювання в них знань по його проведенню в службі руху.

Проведення вправи. Проведення вправ засноване на загальновідомих принципах ефективного навчання: пояснення від простого до складного, послідовне введення завдань у міру їх ускладнення, систематичність викладу, наочність навчання, доступність, цілеспрямованість, індивідуальний підхід до, що навчаються.

Зміст заняття визначається темою вправи. Технічне забезпечення динаміки повітряного руху засноване на потенціалі комплексного тренажера або модулів.

Основні обов'язки інструкторського состава під час проведення вправи:

1) оперативне керівництво процесом навчання (інструкторський показ, роз'яснення виникаючих у процесі ОПР питань, вибір методів вирішення завдань, надання допомоги в складній ситуації і т.д.);

2) збір інформації про ступінь підготовленості студентів із записом зауважень в інструкторський журнал (кількість помилок по видах, ефективність ОПР, оперативність, скутисть при ОПР і т.д.);

3) оперативна взаємодія з керівниками навчання по регулюванню рівня навантаження студента (якщо інструктор вважає, що студент може вирішувати більш складні завдання з додатковою кількістю цілей і навпаки);

4) організація процесу навчання, яка полягає у своєчасному переміщенні студентів по робочих місцях відповідно до заздалегідь наміченого плану;

5) збір інформації про характерні помилки по групі для наступного аналізу, виявлення їх причин і усунення.

Розбір. Розбір тренування передбачає:

– індивідуальний розбір дій кожного студента із вказівкою й аналізом допущених ним помилок;

– груповий розбір для всіх задіяних у процесі тренування студентів, у ході якого особлива увага приділяється випадкам порушення правил ОПР, що створюють потенційну загрозу безпеці польотів.

Розбір проводиться за підсумками заняття, містить у собі аналіз і оцінку якості тренування й обговорення результатів зі студентами. При цьому важливо визначити проблеми, що виникають у процесі виконання вправи, і виявити причини помилкових дій у ході імітованих ситуацій і подій.

Ефективність аналізу підвищує застосування засобів об'єктивного контролю (аудіо- і відеозаписів ходу занять), матеріали якого використовуються в процесі розбору.

В основі аналізу рівня підготовленості повинні лежати кількісні й індивідуальні оцінки інструкторів. При цьому детально пояснюються й теоретично обґрунтовуються допущені порушення правил польотів, даються аргументовані правильні вирішення. Розроблено Методичні рекомендації по вирішенню потенційно конфліктних ситуацій для оператора ОПР [57] (Додаток А).

Загальні вимоги до прямого і зворотного зв'язку між органами ОПР і зовнішніми пілотами аналогічна до вимог, що застосовуються щодо повітряних суден з пілотом на борту, які виконують польоти в тому ж повітряному просторі представлено у додатку Б.

Методичне забезпечення для виконання курсової роботи з дисципліни «Інформаційні технології» для підготовки операторів ОПР, САНО, БПЛА наведено у додатку В

3.2. Методичне забезпечення підготовки операторів безпілотних літальних апаратів

Тренажерний комплекс безпілотних авіаційних систем (далі Тренажер БАС) призначений для проведення навчань операторів безпілотних повітряних суден (БПС), з метою отримання практичних навичок управління, проведення планування польотних завдань, проходження маршруту в симуляторі.

Тренажер БАС дозволяє:

- зменшити матеріальні втрати пов'язані з діями некваліфікованого персоналу на початковому етапі навчання операторів;
- відпрацювати нові маневри та маршрути польотів для спланованих операцій з урахуванням географічного положення місцевості та імітації погодних умов;
- навчати операторів цільового навантаження (телевізійні системи відеоспостереження), методиці виявлення, розпізнавання та супроводження наземних об'єктів;
- відпрацювати узгодженість дій, комунікацій зовнішнього екіпажу під час проведення польотного завдання;
- вибирати конкретні типи БПС для виконання польотних завдань, що забезпечить найбільш ефективне використання ресурсів.

Тренажер БАС є незамінним для первинного навчання операторів-пілотів без попереднього досвіду управління літальним апаратом (ЛА). Комплекс може бути використано для планування операцій екіпажем безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та суміжних спеціальностей.

Навчання на тренажері допоможе заощадити кошти та час на підготовку фахівців з управління безпілотними повітряними суднами.

Експлуатаційна документація складається з:

- Інструкція користувача;
- Керівництво Адміністратора.

Підготовлено методичний матеріал для підготовки до роботи тренажера БАС (Додаток Г).

Безпілотні авіаційні системи – комплекс безпілотної системи, який складається з безпілотних літальних апаратів, пульта наземного управління та терміналу наземного каналу зв'язку.



Рис. 3.1. Тренажер безпілотних авіаційних систем

Тренажер безпілотних авіаційних систем включає такі складові (рис.3.1):

1. Системний блок;
2. Монітор 1 (для відображення вікна «FlightGear»);
3. Монітор 2 (для відображення вікна «Detal»);
4. Монітор 3 (для відображення вікна «SimData3»);
5. Блок автопілоту;
6. Кермо управління – джойстик;
7. Клавіатуру;
8. Мишку;
9. Кабелі зв'язку;
10. Робоча поверхня.

А також необхідне програмне забезпечення:

1. «FlightGear 2.8.0.5»;
2. «SimData3»;
3. «Detal».

Розроблено демонстративний відеоматеріал польоту БПЛА, що наведено у додатку Ж. Наприклад, на рис.3.2 наведено дислокація БПЛА.



Рис.3.2. Дислокація БПЛА.

Задачі розроблення відеоматеріалу:

1. Матеріал створений для наглядного роз'яснення можливостей БПЛА в сфері наземного патрулювання - військового та адміністративного призначень.
2. Для практичного виконання були застосовані методи тривимірного полігонального моделювання, тривимірної та двовимірної анімації, VFX спец. ефектів та композингу.
3. В процесі роботи були застосовані наступні програмні продукти: Blender 3D, Adobe Premiere, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Adobe Flash, GIMP. Blender 3D було використано для тривимірного моделювання, анімації, рендерінгу та динамічного композингу. В процесі відео монтажу було використано Adobe Premiere. Для тексту рингу було задіяно систему Adobe Photoshop та GIMP. Графічні векторні елементи виконано в системі Adobe Illustrator. Двовимірну анімацію реалізовано в програмі Adobe Flash.
4. Використані моделі повністю відповідають реальним прототипам та аналогам.
5. Моделі БПЛА зроблені на основі робочих САПР джерел.

3.3. Методичне забезпечення підготовки інженерів з систем аеронавігаційного обслуговування

Неспрямований радіомаяк (NDB (non-directional beacon)). Неспрямований радіомаяк представляє собою наземний радіопередавач неспрямованого випромінювання, який

знаходиться в точці з відомими координатами та призначений для визначення курсового кута повітряного корабля, а також трансляції мовних повідомлень по каналу «земля-літак».



Рис. 3.3. Неспрямований радіомаяк (NDB (non-directional beacon))

Згідно документу ICAO Annex 10 Авіаційний електровз'язок Том 1 Радіонавігаційні засоби для опису NDB визначають наступні характеристики:

Номинальна зона дії. Це зона біля NDB, в межах якої напруженість поля вертикальної складової поверхні хвилі перевищує мінімальне значення, яке встановлено для географічного району, в якому знаходиться даний радіомаяк.

Ефективна зона дії. Зона біля NDB, в межах якої можуть бути отримані пеленги з точністю, достатньою для даного виду операції. Посадковий радіомаяк (привідна радіостанція) NDB, що працює в діапазонах низьких та середніх частот, використовується як засіб забезпечення заходу на посадку на кінцевому етапі польоту. Зазвичай середній радіус номінальної зони дії посадкового радіомаяка (привідної радіостанції) становить від 18,5 до 46,3 км (10-25 м. миль).

Середній радіус номінальної зони дії. Радіус кола, площа якого дорівнює номінальній зоні дії.

Зона дії. Мінімальна величина напруженості поля в номінальній зоні дії NDB повинна складати 70 мкВ/м. Вибір місця та періодів часу вимірювання напруженості поля має важливе значення для того, щоб уникнути отримання даних, які відхиляються від норми для даної місцевості, особливо важливими з експлуатаційної точки зору є місця, що лежать на лініях повітряних трас в районі навколо радіомаяка.

Усі повідомлення та відомості, які публікуються про NDB ґрунтуються на середньому радіусі номінальної зони дії. Радіомаяки, які мають середній радіус номінальної зони дії від 46,3 до 278 км (25-150 м. миль), можуть бути позначені найближчим кратним 46,3 км (25 м. миль) до середнього радіусу номінальної зони дії, а радіомаяки з номінальною зоною дії, яка перевищує 278 км (150 м. миль), - найближчим кратним 92,7 км (50 м. миль).

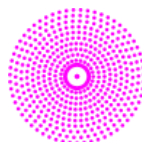


Рис. 3.4. Символ NDB (non-directional beacon)

У тих випадках, коли номінальна зона дії NDB має помітні розбіжності в різних секторах, що мають важливе значення з експлуатаційної точки зору, класифікація таких

радіомаяків повинна здійснюватися на основі середнього радіусу номінальної зони дії та кутових меж кожного сектора в такий спосіб: радіус зони дії в секторі/кутові межі сектора, виражені у вигляді пеленга, який розраховується за годинниковою стрілкою від напрямку на магнітну північ, що проходить через радіомаяк. Таким чином, число секторів слід зводити до мінімуму; бажано, щоб воно не перевищувало 2.

Середній радіус даного сектора номінальної зони дії дорівнює радіусу відповідного сектора кола тієї ж площі. Наприклад:

150/210° - 30°;

100/30° - 210°.

Випромінювана потужність NDB не перевищує більш ніж на 2 дБ потужності, яка необхідна для досягнення узгодженої номінальної зони дії, за винятком тих випадків, коли ця потужність може бути збільшена на основі регіональної угоди або коли це не буде заважати роботі інших засобів.

Радіочастоти. Присвоєння NDB радіочастоти вибираються з частот тієї ж частини спектра, яка знаходиться у межах 190 та 1750 кГц. Застосований допуск NDB по частоті складає 0,01%, за винятком того, що у випадку NDB, потужність в антені яких становить понад 200 Вт і які працюють на частотах 1606,5 кГц і більше, допуск по частоті складає 0,005%.

У тих випадках, коли в якості додаткових засобів до ILS використовують два посадкових радіомаяка (приводні радіостанції), рознесення за частотою між несучими двох вищевказаних радіомаяків (радіостанцій) повинно бути, з метою забезпечення належного функціонування радіокомпасу, не менше ніж 15 кГц та бажано не більше 25 кГц для того, щоб дозволити швидке перенастроювання в тих випадках, коли повітряне судно обладнане тільки одним радіокомпасом.

У тих випадках, коли посадкові радіомаяки (приводні радіостанції), які взаємодіють з ILS та обслуговують протилежні кінці однієї ЗПС, мають загальну присвоєну частоту, приймаються заходи для того, щоб засіб, який не використовується не міг випромінювати сигнали.

Розпізнавання. Кожний NDB має окремий розпізнавальний сигнал у вигляді двох або трьох букв міжнародного коду Морзе, які передаються зі швидкістю приблизно сім слів за хвилину. Повний розпізнавальний сигнал передається кожні 30 с, за винятком тих випадків, коли розпізнавання NDB проводиться шляхом маніпуляції переривання несучого сигналу. В останньому випадку розпізнавальний позивний надсилається приблизно з однохвилинними інтервалами, за винятком того, що у випадку окремих NDB, коли це є необхідним з експлуатаційного точки зору, може використовуватися більш короткий інтервал.

У випадках коли NDB має середній радіус номінальної зони дії 92,7 км (50 м. миль) або менше та засобом забезпечення заходу на посадку і польоту в зоні очікування поблизу аеродрому, сигнал розпізнавання передається принаймні три рази кожні 30 с з рівними інтервалами в межах цього періоду часу. Частота модульованого тонального сигналу, яка використовується для розпізнавання, складає 1020 ± 50 Гц або 400 ± 25 Гц.

Усі NDB випромінюють безперервну несучу і орієнтуються за сигналами, утвореним за допомогою маніпуляції переривання тональної частоти при модуляції по амплітуді (NON / A2A). За винятком NDB, які повністю або частково слугують в якості засобів забезпечення польоту в зоні очікування, заходу на посадку або посадки або тих, які мають середній радіус номінальної зони дії менше ніж 92,7 км (50 м. миль), NDB можуть розпізнавати шляхом переривання немодульованої несучої (NON / A1A), якщо вони знаходяться у зоні з великою щільністю розміщення радіомаяків та/або у зоні, де необхідну номінальну зону дії утворити практично неможливо з огляду на наступні причини:

- a) радіоперешкоди від радіостанцій;
- b) високий рівень атмосферних перешкод;
- c) місцеві умови.

Також при виборі типів випромінювання слід враховувати можливість плутанини, що виникає внаслідок того, що пілот повітряного судна виконує налаштування засобу з типом розпізнаванням NON/A2A на засіб з типом розпізнаванням NON/A1A, при цьому не переводячи радіокомпас з режиму роботи "MCW" в режим роботи "CW".

Глибина модуляції кожного NDB, розпізнавання якого відбувається шляхом маніпуляції переривання звукової частоти модуляції, утримується настільки близько до 95%, наскільки це практично можливо.

Характеристики випромінювання під час передачі сигналу розпізнавання кожного NDB, розпізнавання якого проводиться шляхом маніпуляції переривання тональної частоти модуляції, є такими, щоб забезпечити задовільне розпізнавання на кордоні номінальної зони дії.

При випромінюванні сигналу розпізнавання потужність несучої NDB при випромінюваннях типу NON/A2A не повинна падати, за винятком тих випадків, коли при середньому радіусі номінальної зони дії, перевищуючи 92,7 км (50 м. миль), може допускатися падіння потужності не більше ніж на 1,5 дБ.

Небажані низькочастотні модуляції в цілому повинні складати менше 5% амплітуди несучої. Бо в такому випадку, надійність роботи бортового автоматичного радіокомпаса (ADF) може бути значно знижена, якщо випромінювання радіомаяка містить модуляцію звуковою частотою, яка дорівнює або наближається до частоти комутації рамкової антени або її другої гармоніки. В сучасному обладнанні частоти комутації рамкової антени знаходяться в діапазоні 30-120 Гц.

Ширина смуги випромінювань та рівень паразитних випромінювань підтримуються на найнижчому рівні, який може бути досягнутий з урахуванням технічного розвитку для забезпечення обслуговування.

У випадках, коли посадкові радіомаяки (приводні радіостанції) використовуються як доповнення до ILS, вони повинні бути розташовані в тих місцях, де розміщуються зовнішній і середній маркерні радіомаяки. Там, де в якості доповнення до ILS використовується тільки один посадковий радіомаяк, бажано, щоб цей засіб був розташований в місці розміщення зовнішнього маркерного радіомаяка.

Коли ж посадкові радіомаяки (приводні радіостанції) застосовуються як засіб забезпечення кінцевого етапу заходу на посадку при відсутності ILS, слід вибирати місця розташування, аналогічні тим, які використовуються при наявності ILS, беручи до уваги відповідні положення, що стосуються безпечного прольоту перешкод.

А також у тих випадках, коли посадкові радіомаяки (приводні радіостанції) встановлюються в місцях розташування середнього і зовнішнього маркерних радіомаяків, вони повинні розміщуватися, коли це практично можливо, на тій ж стороні від продовження осьової лінії ЗПС для того, щоб забезпечити лінію шляху між посадковими радіомаяками (приводними радіостанціями), яка буде в більшою мірою наближатися до лінії, паралельної осьової лінії ЗПС.

Для забезпечення безперервної роботи, NDB забезпечуються відповідними засобами контролю, які виявляють найбільш частіше існуючі несправності:

- а) зменшення потужності випромінювання несучої більш ніж на 50% нижче рівня, який вимагається для забезпечення номінальної зони дії;
- б) припинення передачі розпізнавального знаку;
- с) несправність або відмова самого контрольного пристрою.

Лабораторні роботи для підготовки інженерів наведені у Додатку Ж.

Методичне забезпечення для виконання курсової роботи з дисципліни «Інформаційні технології» підготовки інженерів з систем аеронавігаційного обслуговування наведено у Додатку В.

Методичне забезпечення тренажерно-навчаючої системи підготовки інженерів з систем аеронавігаційного обслуговування наведено у Додатку Ж.

3.4 Професійна взаємодія операторів в системі колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою

3.4.1 Вимоги до управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою: пріоритети, критерії

Державне регулювання використання повітряного простору у межах своїх повноважень здійснюють Мінінфраструктури та Міноборони. Нормативно-правові акти, які регулюють питання організації повітряного руху, радіотехнічного, аеронавігаційного забезпечення польотів, підготовки фахівців об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху, розробляються і затверджуються Мінінфраструктури за погодженням з Міноборони. Нормативно-правові акти, які регулюють діяльність цивільної авіації, розробляються і затверджуються Мінінфраструктури за погодженням із заінтересованими державними органами відповідно до їх компетенції, державної авіації - Міноборони за погодженням із заінтересованими державними органами відповідно до їх компетенції.

Нормативно-правові акти, які регулюють використання експериментальних повітряних суден, розробляються і затверджуються:

- щодо цивільних повітряних суден - Агентством держмайна за погодженням з Мінінфраструктури та Міноборони;
- щодо державних повітряних суден - Агентством держмайна за погодженням з Міноборони;
- щодо іншої авіаційної техніки та аматорських повітряних суден - Мінінфраструктури.

Порядок використання повітряних суден спортивного призначення, надлегких повітряних суден, аматорських повітряних суден та повітряних куль у частині ведення Державного реєстру цивільних повітряних суден України та Державного реєстру аеродромів України, сертифікації типів та екземплярів повітряних суден, комплектуючих виробів для зазначених повітряних суден, їх виробництва, модифікації та технічного обслуговування, сертифікації аеродромів, розслідування авіаційних подій визначається відповідними правилами, що регулюють діяльність у сфері цивільної авіації.

Польоти повітряних суден виконуються відповідно до вимог Повітряного кодексу України Правил польотів у повітряному просторі України, які затверджуються Мінінфраструктури та Міноборони, цього Положення, інших нормативно-правових актів та міжнародних договорів України.

Діяльність, пов'язана з використанням ПП, а також діяльність, що може становити загрозу безпеці польотів, допускається тільки після отримання відповідного дозволу (сертифіката, ліцензії) та за умови дотримання необхідних запобіжних заходів.

У процесі використання ПП, ОПР, координації, а також формування планів польотів або заявок, де визначається час провадження діяльності, зазначеної у пункті 3 цього Положення, застосовується скоординований всесвітній час (UTC).

Польоти повітряних суден над населеними пунктами виконуються лише на висоті, що дає можливість у разі пошкодження цих суден здійснити посадку на найближчому аеродромі або за межами населених пунктів. Допускається проліт над населеними пунктами у випадках, коли розташування злітно-посадкової смуги аеродрому не дає повітряним суднам змоги виконати зліт або посадку без прольоту над населеними пунктами або у разі виконання польотів для проведення пошуково-рятувальних робіт. Навчально-тренувальні, демонстраційні польоти повітряних суден спортивного призначення, повітряних куль, надлегких повітряних суден та повітряних суден аматорської конструкції виконуються в зоні відповідальності одного району польотної інформації з дотриманням Правил польотів у повітряному просторі України. Відповідальність за організацію таких польотів несуть керівники авіапідприємств, організацій або власники повітряних суден, що планують провадження зазначеної діяльності.

Користувачі повітряного простору, які виконують польоти на повітряних суднах спортивного призначення, повітряних кулях, надлегких повітряних суднах та повітряних суднах аматорської конструкції з посадкових майданчиків, зобов'язані організувати зв'язок з органами ОПР та органами управління Повітряних Сил Збройних Сил.

Забезпечення польотів повітряних суден будь-яких видів і конструкцій здійснюється виключно юридичними особами, які отримали сертифікат (свідоцтво) або інші повноваження відповідного державного органу. Забезпечення польотів повітряних суден може здійснюватися особою, яка отримала відповідну освіту і в установленому порядку допущена до виконання робіт. Фотографічною апаратурою на борту повітряних суден можна користуватися тільки за наявності спеціального дозволу, який надається:

– Державіаслужбою за погодженням з Генеральним штабом Збройних Сил – для цивільних повітряних суден;

– Агентством держмайна за погодженням з Генеральним штабом Збройних Сил – для експериментальних повітряних суден;

– Генеральним штабом Збройних Сил – для державних повітряних суден.

Порядок подання заявок, видачі дозволів та визначення умов використання повітряного простору України. Користувачі повітряного простору, заінтересовані у провадженні діяльності, зазначеної у пункті 3 цього Положення, повинні подати відповідну заявку на використання повітряного простору.

У разі виконання польотів повітряних суден поза межами контрольованого повітряного простору ОПР на висоті не більш як 1500 метрів над середнім рівнем моря заявки на виконання польоту та використання повітряного простору не подаються (за умови обов'язкового інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил згідно з пунктом 83 цього Положення), крім польотів, що виконуються в тимчасово зарезервованому повітряному просторі, повітряному просторі, де управління повітряним рухом здійснюється органами управління Повітряних Сил Збройних Сил та інших державних органів, а також у межах зони з особливим режимом використання повітряного простору.

У разі виконання польотів цивільними повітряними суднами поза межами контрольованого повітряного простору ОПР польотно-інформаційне та аварійне обслуговування здійснюється відповідно до встановленого порядку. Під час виконання таких польотів екіпаж повітряного судна несе відповідальність за своєчасне проходження передпольотної підготовки, отримання відповідної аеронавігаційної інформації, зокрема про наявність заборони та обмеження використання повітряного простору, та безпечне виконання польоту. Подання заявок та видача дозволів на використання повітряного простору або анулювання заявок може здійснюватися за допомогою телеграфу, телефону, поштового зв'язку, телефаксу тощо. Користувачі повітряного простору зобов'язані мати прямий зв'язок (телеграф, телефон, телефакс або інші види зв'язку) з органами ОПР та відповідними органами управління Повітряних Сил Збройних Сил.

Заявка на виконання нерегулярного польоту повітряного судна в межах контрольованого повітряного простору України подається експлуатантом напередодні виконання польоту відповідному органу Державіаслужби не пізніше ніж до 17 год. за UTC. Заявки на виконання навчально-тренувальних та випробувальних польотів державними повітряними суднами у визначених районах, тимчасово зарезервованому повітряному просторі, за спеціально встановленими маршрутами поза межами маршрутів ОПР подаються відповідним органам об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху (Украероцентру, РДЦ) та органам управління Повітряних Сил Збройних Сил напередодні виконання польоту, але не пізніше ніж до 12 години за UTC. Заявки на виконання навчально-тренувальних та випробувальних польотів цивільними повітряними суднами у визначених зонах, районах проведення авіаційних робіт, обльоту радіотехнічних засобів, польотів поза встановленими маршрутами у разі їх виконання у контрольованому повітряному просторі ОПР подаються відповідним органам об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху

(Украероцентру, РДЦ) та органам управління Повітряних Сил Збройних Сил напередодні виконання польоту, але не пізніше ніж до 12 години за UTC. При плануванні польотів у контрольованому повітряному просторі на пілотованих повітряних кулях, легких, надлегких повітряних суднах та повітряних суднах аматорської конструкції користувач подає Державіаслужбі заявку напередодні виконання польоту, але не пізніше 12 год. за UTC. Заявки на проведення демонстраційних польотів та авіаційних робіт над населеними пунктами користувачі повітряного простору подають Державіаслужбі не пізніше ніж за 5 робочих днів до початку польотів. Експлуатант подає Украероцентру та відповідному РДЦ також план польоту (ФПЛ) не пізніше ніж за 2 год. до вильоту.

Дозвіл на виконання польотів видається:

1) *Державіаслужбою*: внутрішніх та міжнародних регулярних польотів з посадкою (вильотом) в Україні (з України); міжнародних нерегулярних польотів з посадкою (вильотом) в Україні (з України); внутрішніх нерегулярних польотів у контрольованому повітряному просторі ОПР; польотів повітряних суден, що виконують рейси літери «А»; польотів державних та експериментальних повітряних суден з посадкою на аеродроми цивільної авіації; демонстраційних польотів над населеними пунктами; польотів для проведення авіаційних робіт; польотів для проведення аерофотозйомки цивільними та експериментальними повітряними суднами за погодженням з Генеральним штабом Збройних Сил; польотів на пілотованих повітряних кулях, легких, надлегких повітряних суднах та повітряних суднах аматорської конструкції;

2) *Генеральним штабом Збройних Сил*: внутрішніх та міжнародних польотів державних повітряних суден України та іноземних держав; транзитних міжнародних польотів державних повітряних суден України та іноземних держав; внутрішніх польотів у межах зони з особливим режимом використання повітряного простору, крім її частини, що межує із забороненою зоною, після отримання дозволу Адміністрації Держприкордонслужби; польотів за Договором з відкритого неба за погодженням з Державіаслужбою; польотів для проведення аерофотозйомки.

Дозвіл на використання повітряного простору видається на підставі відповідної заявки після отримання дозволу на виконання польотів:

1) *Украероцентром*: на виконання польотів поза межами повітряних трас у повітряному просторі більше ніж у двох районах польотної інформації; на провадження діяльності у повітряному просторі, яка потребує встановлення заборон або обмежень його використання; на провадження діяльності у повітряному просторі, яка потребує встановлення короткочасних обмежень його використання (в межах двох та більше районів польотної інформації); на виконання польотів для проведення пошуково-рятувальних робіт; на провадження діяльності у повітряному просторі, яка потребує встановлення короткочасних обмежень його використання в межах одного району польотної інформації тривалістю понад 2 год.; на виконання польотів повітряними суднами, які не обладнані засобами вторинної радіолокації; на провадження іншої діяльності у повітряному просторі більш як у двох районах польотної інформації;

2) *РДЦ*: на виконання польотів поза межами повітряних трас у повітряному просторі одного або двох (суміжних) районів польотної інформації; на провадження діяльності у повітряному просторі, яка потребує встановлення короткочасних обмежень його використання тривалістю не більше ніж 2 год.; на провадження іншої діяльності у повітряному просторі одного або двох (суміжних) районів польотної інформації.

Украероцентр та РДЦ, отримавши заявку на використання повітряного простору, приймають відповідне рішення, про що інформують заявника. У разі затвердження заявки на використання повітряного простору Украероцентр та РДЦ повідомляють про прийняте рішення органи управління Повітряних Сил Збройних Сил.

Запит про умови використання повітряного простору для провадження діяльності, не пов'язаної з виконанням польотів повітряними трасами, робиться користувачем після отримання відповідного дозволу не пізніше ніж за 1 год. до початку діяльності в межах одного РДЦ та за 2 год. – в межах двох і більше РДЦ. Заявка на використання повітряного простору

анулюється, якщо в зазначений термін запит на використання повітряного простору або повідомлення про перенесення початку діяльності до Украероцентру або РДЦ не надійшли.

У разі виконання польотів повітряними суднами поза межами контрольованого повітряного простору ОПР на висоті не більш як 1500 метрів над середнім рівнем моря запит про умови використання повітряного простору користувачами не здійснюється, крім польотів, що виконуються в тимчасово зарезервованому повітряному просторі, повітряному просторі, де управління повітряним рухом здійснюють органи управління Повітряних Сил Збройних Сил та інших державних органів, а також в межах зони з особливим режимом використання повітряного простору.

Умови використання повітряного простору визначаються Украероцентром або РДЦ не пізніше ніж за 30 хв. до початку діяльності, якщо така діяльність провадиться в межах одного району польотної інформації, та за 1 год – у межах двох і більше районів польотної інформації.

Інформування відповідних органів управління Повітряних Сил Збройних Сил та органів об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху, що здійснюють контроль за використанням повітряного простору України, про виконання польотів здійснюється органами ОПР – під час обслуговування повітряного руху в межах контрольованого простору ОПР; користувачем повітряного простору за допомогою найзручнішого виду зв'язку – під час провадження діяльності з використання повітряного простору поза межами контрольованого простору ОПР.

Зазначена інформація подається відповідним органам управління Повітряних Сил Збройних Сил та органам об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху не пізніше ніж:

- 1) за 5 хв. до запланованого часу вильоту:
 - про початок аеродромних польотів та польотів для проведення авіаційних робіт у зоні з особливим режимом використання повітряного простору;
 - про виліт (запуск) повітряних суден (радіозондів) з аеродромів (пунктів запуску), розташованих у зоні з особливим режимом використання повітряного простору;
 - про підняття прив'язних аеростатів;
- 2) за 10 хв. до запланованого часу - про виліт повітряних суден, запуск метеорологічних радіозондів, що підлягають контролю з боку органів управління Повітряних Сил Збройних Сил;
- 3) за 30 хв. до запланованого часу вильоту:
 - про перенесення та знову призначений час вильоту повітряних суден, запуск метеорологічних радіозондів;
 - про заміну повітряного судна (заміну типу повітряного судна, позивних командира екіпажу тощо);
- 4) протягом 5 хв. від фактичного часу настання події:
 - про фактичний час вильоту повітряних суден, запуску метеорологічних радіозондів, крім запуску метеорологічних радіозондів, що здійснюється в єдині міжнародні скоординовані терміни:
 - про початок польотів для проведення авіаційних робіт;
 - про відміну польотів, вильотів повітряних суден, запусків метеорологічних радіозондів;
- 5) протягом 10 хв. від фактичного часу настання події:
 - про закінчення аеродромних польотів, польотів для проведення авіаційних робіт;
 - про посадку повітряних суден, що виконують польоти за маршрутами ОПР та поза маршрутами ОПР;
 - про перерву в аеродромних польотах тривалістю понад 1 годину;
- 6) протягом 20 хв. від фактичного часу настання події - про затримку вильоту повітряних суден та запуску метеорологічних радіозондів;
- 7) негайно:
 - після закінчення розрахункового часу посадки повітряного судна;

– про неприбуття його на аеродром призначення, якщо інформації про місцезнаходження цього повітряного судна немає;

– про повітряні судна, що зазнають або зазнали лиха (додатково інформуються відповідні координаційні центри пошуку та рятування).

Координація діяльності, пов'язаної з використанням повітряного простору України. Координації підлягає діяльність, яка може вплинути на безпеку польотів повітряних суден, інші види діяльності, пов'язаної з використанням повітряного простору. Координація здійснюється на міжнародному, міжвідомчому рівні та у рамках об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху.

Координація на міжнародному рівні здійснюється у процесі реалізації державної політики у сфері використання повітряного простору та обслуговування повітряного руху Мінінфраструктури, Міноборони, Державіаслужбою та Украерорухом, а також державними органами, що забезпечують функціонування об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху, а з оперативних питань – Украероцентром та РДЦ. Координація на міжвідомчому рівні здійснюється в рамках роботи міжвідомчих комісій, робочих груп, які утворюються за рішенням Кабінету Міністрів України і до складу яких входять представники заінтересованих державних органів, підприємств, установ та організацій.

Координація на міжвідомчому рівні вирішення питань, пов'язаних з використанням повітряного простору та організацією повітряного руху з метою забезпечення безпеки та ефективності його використання, здійснюється Державіаслужбою, Украерорухом разом з відповідними державними органами, підприємствами, установами, організаціями та користувачами повітряного простору.

Заборона та обмеження використання повітряного простору України. В окремих частинах повітряного простору встановлюються заборона або обмеження на його використання, які публікуються в документах з аеронавігаційної інформації та/або включаються до плану використання повітряного простору. Форма та зміст плану використання повітряного простору визначаються інструкцією з управління використанням повітряного простору. Заборона та обмеження використання повітряного простору встановлюються за місцем, часом та висотою з таким розрахунком, щоб звести до мінімуму їх вплив на діяльність інших користувачів повітряного простору.

Прямий і зворотній зв'язок з ДПЛА у цілях ОПР надається в додатку Б.

4. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КОЛЕКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІЛОТОВАНИМИ І БПЛА В ЄДИНОМУ ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ. ПРОГРАМА «UAV_AS»

Для координації взаємодії і обміну інформацією між зовнішніми пілотами розроблені БД локальних СППР. При розробленні бази даних локальних СППР користувачів ДПАС проведено аналіз компонентів ДПАС, ДППС, ПДП, С2, тощо. Враховується порядок експлуатації ДПАС, що містить мету польоту, правила польотів, райони польотів, функціональні рівні ліній С2 та інші нормативи. Пропонується база моделей (БМ) інтегрованої системи управління, що містить інтегровані моделі для ситуаційного управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі в умовах зміни паритетів, тобто в умовах ризику, невизначеності, багатокритеріальності, багатofункціональності, динаміки зовнішнього середовища. База даних (БД) - інформаційна структура, яка містить дані про стан та відношення об'єктів, що аналізуються) і система управління базою даних (СУБД). Згідно з положеннями статті 8 Чиказької конвенції ДППС, виконання польотів яких планується над територією іншої держави, повинні отримати від цієї держави спеціальний дозвіл, в зв'язку з чим існує типова форма «Бланку запиту на видачу дозволу». База даних СППР містить інформацію відповідно до змісту інформаційного Бланку запиту на видачу дозволу» (рис.4.3). Розроблено програму для управління ДППС. Для запуску програми необхідно вибрати і запустити файл UAV_AS.exe. Після запуску основного файлу програмного забезпечення відкривається головне вікно програми (рис. 4.1).

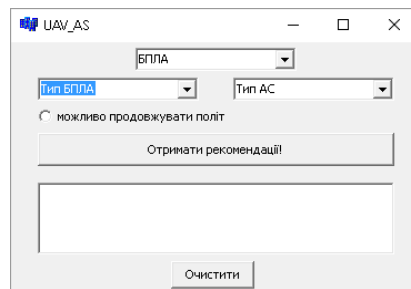


Рис. 4.1. Головне вікно програми „UAV_AS”

Інтерфейс програми складається з вікна на якому розміщені:

«БПЛА» – поле для вибору безпілотного літального апарату (рис. 4.2);

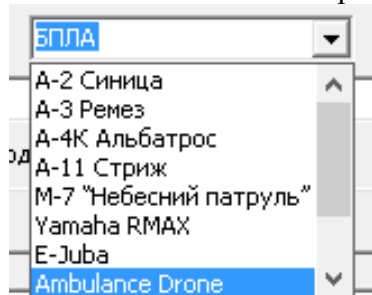


Рис. 4.2. Вибір БПЛА

«Тип БПЛА» – поле для вибору типу безпілотного літального апарату (рис. 4.3);

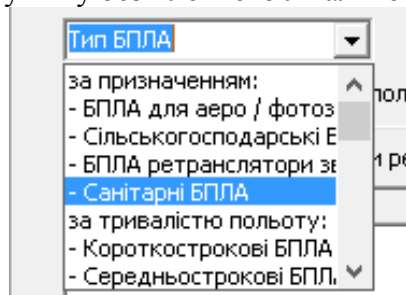


Рис. 4.3. Вибір типу БПЛА

«Тип АС» – поле для вибору аварійної ситуації (рис. 4.4);

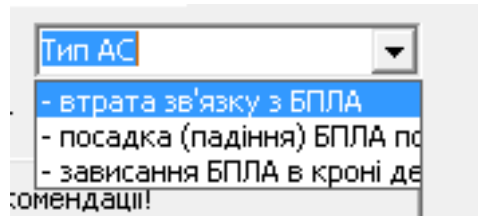


Рис. 4.4. Вибір типу аварійної ситуації

«можливо продовжувати політ» – радіокнопка вибору можливості БПЛА продовжувати політ (рис. 4.5);



Рис. 4.5. Вибір можливості БПЛА продовжувати політ

«Отримати рекомендації» – кнопка отримання рекомендацій оператору БПЛА, як діяти в разі настання аварійної ситуації (рис. 4.6) та можливості БПЛА продовжувати політ (рис. 4.7);

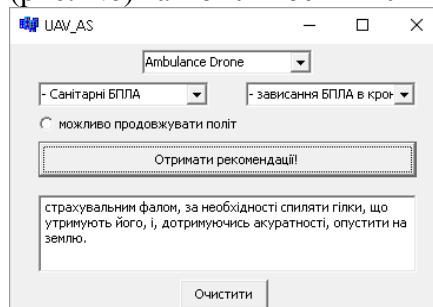


Рис. 4.6. UAV_AS: натиснення кнопки «Отримати рекомендації» без можливості продовження польоту

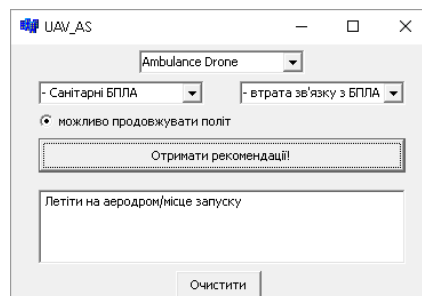


Рис.4.7. UAV_AS: натиснення кнопки «Отримати рекомендації» з можливістю продовження польоту

«Очистити» – очистка результатів роботи програми.

Для прийняття правильного рішення інформація, яка надходить до авіадиспетчера, повинна бути структурована, а інформаційні потоки консолідовані. Для реалізації такої системи велику роль відіграє вибір бази даних. Аналіз існуючих рішень показав необхідність використання NoSQL БД. Завдяки особливому підходу до агрегування даних виникає можливість стандартизації способів консолідації потоків. Розроблені модулі СППР оператора БАС: програмне забезпечення локальної СППР оператора БПАС в аварійних ситуаціях. Розроблена розподілена СППР (РСППР) експлуатанта ДПАС з урахуванням вимог та рекомендацій ICAO до організації та експлуатації ДПАС; відповідно до існуючих класифікацій ДППС з сучасною методикою консолідації різнорідних інформаційних потоків NoSQL БД. Отримано патенти для пристроїв для захисту гвинтів БППС (октокоптера, гексакоптера, трикоптера, квадрокоптера) від механічного зіткнення [12-15].

ВИСНОВКИ

Основні результати етапу:

1. Розроблено інтегровані корпоративні моделі прийняття рішень (ПР) в детермінованих і стохастичних умовах в залежності від ситуаційного стану ДПО у разі колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою:

- Моделі ПР оператора БПЛА.
- Детерміновані і стохастичні моделі ПР оператора.
- Детерміновані і стохастичні моделі ПР оператора обслуговування повітряного руху (ОПР).

– Моделі ПР оператора систем аеронавігаційного обслуговування (САНО).

2. Розроблено методичне забезпечення підготовки операторів інтегрованої системи управління пілотованими і безпілотними літальними апаратами в єдиному повітряному просторі

- Методичне забезпечення тренажерної підготовки авіадиспетчерів.
- Методичне забезпечення тренажерної підготовки операторів БПЛА.
- Методичне забезпечення підготовки інженерів з САНО.

3. Проведено аналіз нормативної бази управління і використання БПЛА.

4. Проведено системний аналіз факторів, що впливають на професійну взаємодію операторів (УПР, БПЛА, САНО) в системі колективного управління пілотованими і БПЛА в єдиному ПП, керованому об'єднаною цивільно-військовою системою. Діагностика деформацій психоемоційного стану оператора УПР, БПЛА.

5. Розроблені модулі системи підтримки прийняття рішень (СППР) оператора БАС:

- Програмне забезпечення локальної СППР оператора БППС в аварійних ситуаціях.
- Розроблена розподілена СППР (РСППР) експлуатанта ДПАС з урахуванням вимог та рекомендацій ІКАО до організації та експлуатації ДПАС; відповідно до існуючих класифікацій ДППС з сучасною методикою консолідації різнорідних інформаційних потоків NoSQL БД.

6. Розроблено методи удосконалення навігації БПЛА. Для здійснення точного відновлення застосовані сплайн-функції, практичний бік їх реалізації забезпечує високу точність відновлення і потребує мінімальних апаратних затрат. Використано п'ятикласову класифікацію польотних ситуацій.

7. Отримано патенти для пристроїв для захисту гвинтів БППС (октокоптера, гексакоптера, трикоптера, квадрокоптера) від механічного зіткнення. Отримано патенти для пристроїв для захисту гвинтів БППС (октокоптера, гексакоптера, трикоптера, квадрокоптера) з метою вирішення питань можливості безпечного застосування БПЛА в умовах густозаселеної місцевості, у тому числі у містах та на малих висотах авторами запропоновано пристрої для захисту гвинтів від механічного зіткнення для октокоптера, гексакоптера, трикоптера та квадрокоптера.

8. Розроблено демонстративний відеоматеріал «Sky patrol» польотів БПЛА. Матеріал створений для наглядного роз'яснення можливостей БПЛА в сфері наземного патрулювання - військового та адміністративного призначень.

9. Видано 3 монографії, 2 опубліковані за рішенням Вченої ради ВНЗ (установи), 1 монографія та (або) розділи монографій, що опублікована у закордонних виданнях офіційними мовами Європейського Союзу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аналоговий інтерфейс для дистанційних вимірювань з допомогою резистивних тензодатчиків №109796 Україна, МПК (2016.01), G01R 21/00 В.П. Харченко, В.П. Квасніков, Д.П. Орнатський, В.М. Ільченко, Т.І. Ганєва, М.О.Катаєва, патентовласник Національний авіаційний університет – № u201601727; завл.24.02.2016 ; опубл. 12.09.2016, Бюл. № 17.
2. Харченко В. П. Базова модель формування вимог до забезпечення кі-бербезпеки цивільної авіації / В.Харченко, О.Корченко, С. Гнатюк/ Науковий журнал «Безпека інформації». – 2016. – № 2, т.22, С.150-155
3. Бондарєєв Д. І. Перспективи розвитку безпілотного та муніципального авіаційного транспорту в Україні» наукова стаття / Д.І. Бондарєв, О.М. Алексєєв // Системи обробки інформації – наукове періодичне видання, випуск 6, Харків 2016 – С. 9.
4. Бондарєв Д.І. Оптимізація структури групового польоту безпілотних літальних апаратів / Д.І. Бондарєв, Д.П. Кучеров, Т.Ф. Шмельова // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – 2016. – Вип. 3 (48). – С. 61 – 66 .
5. Бондарєв Д.І. Моделі групових польотів безпілотних літальних апаратів з використанням теорії графів / Д.І. Бондарєв, Д.П. Кучеров, Т.Ф. Шмельова // Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України. – 2015. – Вип. 3(20). – С. 68–75.
6. Бондарєв Д.І., Моделювання прийняття рішень оператора дистанційно пілотованого повітряного судна (дпс)/ Бондарєв Д.І., Петрушевський А.О., Шмельова Т.Ф //тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Проблеми навігації і управління рухом» – Київ, 23-25 листопада 2016р. – К.: НАУ, 2016.
7. Кривонос Ю.Г. Дифференциально-алгебраические уравнения и динамические системы на многообразиях/, В.П.Харченко, Н.М.Глазунов/ Кибирнетика и системный анализ. – 2016. – №3, т. 52, С. 83-96
8. Знаковська Є. А. Інформаційні технології: методичні рекомендації до виконання курсової роботи / уклад.: Є. А. Знаковська, С. М. Креденцар. – К.: НАУ, 2015. – 54 с. [електронна версія].
9. Кузьменко Н.С. Метрики класів ситуацій безпілотного літального апарату/ Н.С. Кузьменко //Політ-2016. Сучасні проблеми науки: Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів, 6–8 квітня, 2016 : тези – К., 2016. – с.83.
10. Лісовський В.А. Автоматизація процесу обліку повітряного руху та розрахунку аеронавігаційних зборів / В.А. Лісовський // Міжнар. наук.-практ. конф., Кіровоград, 21-22 жовтня 2015 р. : тези доповідей. – Кіровоград: Національний технічний університет, 2015. – С..122 – 123.
11. Логвиненко М. Ф. Аналітичне моделювання джерела перешкод у дискретних бінарних каналах електрозв'язку / М.Ф. Логвиненко, В.В. Торяник, В.А Лісовський // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/АТМ». – 2016.
12. Пристрій для захисту гвинтів гексакоптера від механічного зіткнення. № Україна, МПК (2015.01), В64D 45/00, В64С 11/00 В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, патентовласник В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, – № u201507777 ; завл.04.08.2015 ; опубл11.04.2016., Бюл. № 7.
13. Пристрій для захисту гвинтів трикоптера від механічного зіткнення. № 105767 Україна, МПК (2016.01), В64D 45/00, В64С 27/00 В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, патентовласник В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, – № u201507776 ; завл.04.08.2015 ; опубл 11.04.2016., Бюл. №7
14. Пристрій для захисту гвинтів октокоптера від механічного зіткнення. №106692 Україна, МПК (2016.01), В64D 45/00 В64С 27/00В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, патентовласник В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, – № u201507679; завл.31.07.2015 ; опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9.

15. Пристрій для захисту гвинтів квадрокоптера від механічного зіткнення. №107044 Україна, МПК (2016.01), В64С 11/46 В64С 27/00В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, патентовласник В .П. Харченко, Д.О. Бугайко, О.О. Нахаба, – № u201507764; завл.04.08.2015 ; опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10.
16. Харченко В. Система управління безпекою, як інтегральна складова виробничої діяльності світової цивільної авіації/ В. Харченко, Д. Бугайко, М. Павеска // Проблеми підготовки професійних кадрів з логістики в умовах глобального конкурентного середовища: XIV МНПК 27-28 жовтня 2016 р Збірник доповідей / Відп. ред. М.Ю. Григорак, Л.В. Савченко. - К.:НАУ, 2016. – С. 160 -164.
17. Харченко В.П. Общие принципы обеспечения гарантированного под-держания безопасности выполнения предстоящих полетов/ Харченко В.П., О.Н. Алексеев/ Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил № 3 (48), 2016. – С.71-75
18. Шмельова Т.Ф. Розподілена система управління дистанційно пілотованими повітряними суднами / Т.Ф. Шмельова, Г.Ф.Аргунов, А.В.Стратій, // Вісник Інженерної академії України. – 2016. – №3.
19. Шмельова Т.Ф. Нечітка оцінка рівня складності польотної ситуації в процесі тренажерної підготовки спеціалістів з обслуговування повітряного руху / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, А.В. Землянський, О.М. Даниленко // Міжнар. наук.-практ. конф., Кіровоград, 21-22 жовтня 2015 р.: тези доповідей. – Кіровоград: Національний технічний університет, 2015. – С.118 – 120
20. Шмельова Т.Ф. Підходи до консолідації інформаційних потоків в системах аеронавігаційного обслуговування польотів / Шмельова, А.В. Стратій // АВІА-2015 : XII міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 27-28 травня 2015 р. : тези доповідей. – Т. 2. – К. : Національний авіаційний університет, 2015. – Р.8.91 – 8.97
21. Шмельова Т.Ф. Визначення критеріїв ефективності групових польотів безпілотних літальних апаратів методами теорії графів / Т.Ф. Шмельова, Д.П. Кучеров, Д.І. Бондарев // АВІА-2015 : XII міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 27-28 травня 2015 р. : тези доповідей. – Т. 2. – К. : Національний авіаційний університет, 2015. – 7.87 – 7.91
22. Шмельова Т.Ф. Системний аналіз задач і функцій автоматизованої системи "аеронавігаційні збори / В.А. Лісовський, , Д.О. Катрич, Т.Ф. Шмельова // АВІА-2015 : XII міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 27-28 травня 2015 р. : тези доповідей. – Т. 2. – К. : Національний авіаційний університет, 2015. – Р.7.11 – 7.16.
23. Шостак О. В. Відбір і тренування операторів обліку повітряного руху / О.В. Шостак, В.А. Лісовський // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем». – 2016. – С. 203-204.
24. Шостак О.В. Методи попередження виникнення аварійних ситуацій в аеронавігаційній системі / О.В. Шостак // Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Проблеми навігації і управління рухом». – Київ: Національний авіаційний університет. – 2015. – С. 24.
25. Харченко В. П. Прийняття рішень в соціотехнічних системах: монографія / В. П. Харченко, Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда.// – К. : НАУ, 2016. – 308 с.
26. Argunov G. Operational concept of Arrival Manager / G. Argunov, O. Golyash, A. Luppо// Proceedings of the National Aviation University, № 1 НАУ, 2016. – С.23-27
27. Argunov G. Concept of Advanced flexible use of airspace / G. Argunov, A. Mohyla, A. Luppо// Proceedings of the National Aviation University, № 2 НАУ, 2016. – С.22-28
28. Blahaia L. V. Error Statistics Processing of an Aviation Operator for Reliability Prediction / L. V. Blahaia, O.V. Kozhokhina, V.M. Gribov // Electronics and control systems – № 1 (47), 2016. – P. 127 – 131
29. Bugarayko D. Global Challenges of the Air Cargo Transportations Regulations / Wang Bo (China)D. Bugarayko Marek Foriash (Poland) I.Gudova // Матеріали VI Міжнародної наукової конференції "Правова реформа в сучасних умовах: досягнення и перспективи".– К.:НАУ, 2016. - Т.2. - С. 174 – 177

30. Bugayko D. Global Challenges of the Air Cargo Transportations Regulations / Wang Bo, M. Foriash, I.Gudova. // Матеріали VI Міжнародної наукової конференції "Правова реформа в сучасних умовах: досягнення и перспективи". – К.:НАУ, 2016. - Т.2. - С. 174 – 177.
31. Chynchenko Y. Remotely piloted aircraft systems operations under uncertainty conditions / Y. Chynchenko, T. Shmelova, O. Chynchenko // Proceedings of the National Aviation University. – 2016. – №1. – P. 18-22.
32. Kharchenko V.P. Effects of Rician Fading on the Operation of Aeronautical Satellite OFDM Channel / V. Kharchenko, A. Grekhov, I. Ali, Yu. Udod // Proceedings of the National Aviation University. – 2016. №2(67) – P. 7–16.
33. Kharchenko V.P. Fundamentals of Radio Electronic System / V.P.Kharchenko, S.T.Polishuk, M.M. Bogunenko // Structure Units of Radio Systems, Vol. 2. –К.: NAU, 2016.-196p
34. Blahaia L. Informational reliability of radar system operator / L.Blahaia, O.Kozhokhina, S.Rudas, O.Alexeiev// MRW 2016 MICON 2016 IRS 2016 May 9-12, Krakow, Poland
35. Kharchenko V.P. Multi-Parametric data recovery of unmanned aerial vehicle/ A.G. Kukush, N.S. Kuzmenko, I.V.Ostroumov// Proceedings of 2016 IEEE 4nd International Conference "Methods and Systems of Navigation and Motion Control". October 18-20, 2016: theses. – К., 2016.
36. Kharchenko V. Modelling the satellite communication links with orthogonal frequency-division multiplexing/ V. Kharchenko, B. Wang, A. Grekhov, A.Leschenko// Transport, Vol. 31, 2016. – P. 22-28
37. Luppо O. Operational concept of Arrival Manager / O.Luppо, G. Argunov, O. Golyash // Proceedings of the National Aviation University, № 1 HAY, 2016. – , С.23-27.
38. Maliutenko T. Determination of geographical coordinates of the spacecraft at limited number of visible navigation satellites [Тезиси] / Т. Maliutenko, V. Melkumyan, E. Kovalevskiy // Proceeding The Seventh World Congress “Aviation in the XXI-st century”. – 2016.– № 1.-P.3.6.8-3.6.12.
39. Maliutenko T. Navigation and ballistic support spacecrafts [Тезиси] / Т. Maliutenko V. Melkumyan, E. Kovalevskiy // Proceeding The Seventh World Congress “Aviation in the XXI-st century”. – 2016.– № 1.-P.3.6.26 - 3.6.31.
40. Mukhina M. P. Algorithm of forming and selecting of informative features in correlation extreme navigation system database / M. P. Mukhina, A. P. Prymak, N. Babeniuk // Electronics and Control Systems. – 2016. – Vol. 1 (47). – P. 88–93.
41. Mukhina M. P. Algorithm of morphological correlation-extreme navigation system / M. P. Mukhina, A. O. Kuzmemko // Electronics and Control Systems. – 2016. – Vol. 2 (48). – P. 16–21.
42. Mukhina M. P. Informativity estimation technique of template geophysical field data / M. P. Mukhina, T. A. Yeremeieva // Electronics and Control Systems. – 2016. – Vol. 2 (48). – P. 11–15.
43. Mukhina M. P. Correlation stereoscope recognition algorithm / M. P. Mukhina, M. I. Panarin // Electronics and Control Systems. – 2016. – Vol. 2 (48). – P. 22–29.
44. Pavlova S. V. Model of Side-looking Airborne Radar Controller Activity / S. V. Pavlova, L.V. Blahaia, O.V. Kozhokhina, T. Herasymenko// 2016 IEEE 4th International Conference «Methods and Systems of Navigation and Motion Control» October 18-20, 2016 – Kyiv, Ukraine Section Aviation Trainers and Simulators Joint Chapter National Aviation University, 2016
45. Kharchenko V. Modelling of decision making of unmanned aerial vehicle's operator in emergency situations // V. Kharchenko, T. Shmelova, D. Bondarev, A. Stratiy // Proceedings of the National Aviation University. – 2016. – №4. (у друк).
46. Shmelova T. Artificial neural network for air traffic controller’s pre-simulator training / T. Shmelova, Y. Sikirda, A. Zemlyanskiy. V. Lazoprenko, O. Danilenko // Proceedings of the National Aviation University. – 2016. – №3.
47. Shmelova T. Unmanned Aircraft Usage in the Municipal Air Transport of Ukraine. / T.F. Shmelova, D. Bondarev O. Alexeiev, A.Sedina// 7th World Congress „Aviation in the XXIst century. Safety in Aviation And Space Technologies” NAU, Sept.21, 2016– С. 2.43-2.46
48. Shmelova T.F. Distributed control system for remotely piloted aircraft / T.F. Shmelova A.V.Stratiy// 7th World Congress „Aviation in the XXIst century. Safety in Aviation And Space Technologies” NAU, Sept.21, 2016

49. Shmelova T.F. Graph theory applying for quantitative estimation of uav's group flight into aerial photography/ T.F. Shmelova, D.I. Bondarev // Electronics and Control Systems 2016. N 4(46): P.128-133.
50. Shmelova T. Graph Theory Applying for Quantitative Estimation of UAV's Group Flight / T. Shmelova, D. Bondarev // Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APPUAVD). 2015 IEEE 3d International Conference. Kyev, 13-15 October 2015.: Proceeding. – P.328-331
51. Shmelova T.F. Intellectual automated control of human state monitoring systems. / T.F. Shmelova, Yu.N. Kovalyov, O.S. Sechko, O.V. Shostak, M.V. Vasyliiev // The Seventh World Congress “Aviation in the XXI-st Century” Safety in Aviation and Space Technologies. – Kyiv: National Aviation University. – 2016. – P. 772-776.
52. Shmelova T.F. Neural network model of evaluating the timeliness of desicion-making during simulator training enterprise / T.F. Shmelova, Yu.V., Sikirda, A.V. Zemlyansky // 7th World Congress „Aviation in the XXIst century. Safety in Aviation And Space Technologies” NAU, Sept.21, 2016
53. Shmelova T.F. System for Monitoring External Pilot Emotional State during UAV Control / T.F. Shmelova, O.V. Shostak // Proceedings of IEEE 3rd International Conference “Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD-2015)”. – Kyiv: National Aviation University. – 2015. – P. 332-336.
54. Shmelova T. Modeling of the Decision Making by UAV's Operator in Emergency Situations / T. Shmelova, D. Bondarev. Y. Znakovska // 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC-2016). 2016 IEEE 4d International Conference. Kyev, 18-20 October 2016.:Proceeding.
55. Shmelova T. Models of personality and activities of Remotely Piloted Aircraft System's operator / T. Shmelova, Y. Kovaljov, V. Shostak // 4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC-2016). 2016 IEEE 4d International Conference. Kyev, 18-20 October 2016.: Proceeding.
56. Sikirda Yu. Assessment of Influence of the parameters of “Technology” aviation enterprises on aviation safety / Yu. Sikirda, T. Shmelova // Сучасні напрямки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : VI міжнар. наук.-техніч. конф., Полтава-Баку - Кіровоград - Харків, 21-22 квітня 2016 г.: тези доповідей. – Х. : Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування, 2016. – С. 10.
57. Kondratyuk V. Method of aerodrome landing system estimation / V Kondratyuk., S.Ilnytska., T.Shmelyova, D. Dolhov., O. Kovtunets // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Проблеми навігації і управління рухом», .23-24 листопада 2015 р.: тези доповідей – Київ: НАУ, 2015. – С. 15.
58. Nizyaeva K.V Determination of the landing aerodrome in flight emergencies uav / K.V. Nizyaeva, A.V. Stratiy, O.S. Shulimov // Proceedings of the National Aviation University, № 1, NAU, 2016
59. Аргунов Г.Ф. Методичні рекомендації по вирішенню потенційно конфліктних ситуацій / уклад.: Г.Ф. Аргунов. – К.: НАУ, 2016. – 32 с. [електронна версія].
60. Бондарев Д. Лабораторні роботи для підготовки операторів БПЛА. Передполітна підготовка БПЛА «BIRD EYE 400». / уклад.: Д.Бондарев, Т.Шмельова. – К.: НАУ, 2016. – 22 с. [електронна версія].
61. Малютенко Т. Методичне забезпечення операторів систем аеронавігаційного обслуговування / уклад.: Т.Малютенко, Т.Шмельова. – К.: НАУ, 2016. – 28 с. [електронна версія].
62. Чинченко О.Г Підготовка до роботи тренажера БАС / уклад.: О.Г.Чинченко – К.: НАУ, 2015. – 16 с. [електронна версія].
63. Бугайко Д. Регіональне регулювання безпеки аеропортів на рівні ЄС. АЕРО-2016. Повітряне і космічне право: [Матеріали Всеукраїнської конференції молодих учених і студентів, Київ, НАУ, 24 листопада 2016. Том 2] – Тернопіль. Вектор 2016 . - С. 141 - 143.
64. Strategic Imperatives and Core Competencies in the Era of Robotics and Artificial Intelligence Chapter 9. Decision-Making Models of the Human-Operator as an Element of the Socio-Technical Systems / Nina Rizun, Tatyana Shmelova. - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. – November, 2016. – P. 167-204

ДОДАТКИ

Додаток А

Методичні рекомендації для підготовки оператора ОПР

Розділ 1. Методичні рекомендації по вирішенню потенційно конфліктних ситуацій

Аналіз повітряної ситуації та попередження розвитку потенційно конфліктних ситуацій. Для попередження ПКС диспетчер, надаючи радіолокаційне обслуговування, повинен виконувати такі дії:

1. Постійно зберігати ідентифікацію ПК, здійснювати радіолокаційний моніторинг виконання екіпажем ПК диспетчерських дозволів і вказівок.

2. Відповідно до тенденції скорочення встановлених інтервалів горизонтального ешелонування між ПК, що виконують польоти за ППП:

а) інформувати екіпажі ПК про:

- пеленг на ПК, що створює конфліктну ситуацію, який відраховується за умовним годинниковим циферблатом;

Фразеологія	Phraseology
БОРТ НА (число) ЧАСОВ (відстань) (напрямок польоту) [будь-яка інша доречна інформація]	TRAFFIC (число) O'CLOCK (відстань) (напрямок польоту) [будь-яка інша доречна інформація]

- відстань (у кілометрах) від ПК, що створює ПКС;

- напрямок, за яким, як вважається, рухається ПК, що створює конфліктну ситуацію;

Фразеологія	Phraseology
ВСТРЕЧНЫЙ (або ПОПУТНЫЙ)	OPPOSITE (або SAME) DIRECTION
ОБГОНЯЕТ	OVERTAKING
ПЕРЕСЕКАЕТ СЛЕВА НАПРАВО (або СПРАВА НАЛЕВО)	CROSSING LEFT TO RIGHT (або RIGHT TO LEFT)

— ешелон (висоту) і тип ПК, або, якщо це невідомо, відносну швидкість ПК, що створює конфліктну ситуацію.

Фразеологія	Phraseology
СЛЕДУЕТ С МАЛОЙ СКОРОСТЬЮ	SLOW MOVING
СЛЕДУЕТ С БОЛЬШОЙ СКОРОСТЬЮ	FAST MOVING
СБЛИЖАЕТСЯ	CLOSING
Тип ПК	Тип ПК
Рівень	Рівень
В НАБОРЕ (або В СНИЖЕНИИ)	CLIMBING (або DESCENDING)

Інформацію про рівень польоту, отриману в режимі С ВОРЛ, навіть якщо вона не перевірена, потрібно використовувати для надання інформації про небезпеку зіткнення, оскільки така інформація, особливо якщо вона надійшла від ПК, про який інших даних немає (наприклад, від ПК, що виконує політ за ПВП), може полегшити встановлення ступеня небезпеки зіткнення. Якщо інформацію про висоту польоту отримано з інших джерел і її не перевірено (тому вважається ненадійною), треба інформувати про це пілота;

б) забезпечити вертикальне ешелонування, або

в) застосувати радіолокаційне наведення, або

г) відрегулювати швидкості ПК у горизонтальній площині.

3. Якщо траєкторія руху ПК, що виконує політ за ПВП, призводить до виникнення ПКС з ПК, що виконує політ за ППП, треба:

а) інформувати екіпажі про рух;

б) проаналізувати метеорологічну ситуацію;

в) запросити в екіпажу ПК, що виконує політ за ППП, необхідність радіолокаційного наведення, або зміни рівня;

г) за запитом екіпажу забезпечити вертикальне ешелонування, або радіолокаційне наведення;

д) інформувати екіпажі ПК про закінчення ПКС.

Фразеологія	Phraseology
С БОРТОМ РАЗОШЛИСЬ (відповідні інструкції)	CLEAR OF TRAFFIC (відповідні інструкції)

4. У разі появи нерозпізнаних цілей, траєкторії руху яких ведуть до виникнення ПКС, треба:

а) надати інформацію екіпажу ідентифікованого ПК про загрозу зіткнення і рекомендації щодо запобігання зіткненням;

б) по можливості надати інформацію про рівень польоту нерозпізнаної цілі, навіть якщо таку інформацію не перевірено;

в) не допускати сходження або накладання радіолокаційних зображень місця ПК.

Фразеологія	Phraseology
НЕИЗВЕСТНЫЙ БОРТ (значення) ЧАСОВ (відстань) (напрямок польоту)	TRAFFIC (значення) O'CLOCK (відстань) (напрямок польоту) UNKNOWN TRAFFIC

5. У разі виявлення тенденції відхилення ПК убік забороненої, небезпечної зони, зони обмеження польотів, тимчасово зарезервованого повітряного простору або зони виконання спеціальних польотів треба:

а) видати екіпажу ПК його місцеперебування, інформацію про тенденції відхилення ПК;

б) у випадку неповернення ПК на задану траєкторію здійснювати радіолокаційне наведення ПК на задану траєкторію;

в) для наведення ПК на задану траєкторію видати екіпажу ПК його місцеперебування і дати диспетчерську вказівку перейти на навігацію за своїми засобами.

Примітка. У разі виявлення відхилення ПК, яке становить небезпеку, диспетчер повинен негайно застосувати радіолокаційне наведення ПК на задану траєкторію.

Фразеологія	Phraseology
НЕМЕДЛЕННО ОТВЕРНИТЕ ВЛЕВО (або ВПРАВО) КУРС (три цифри) ДЛЯ РАСХОЖДЕНИЯ С (НЕОПОЗНАННЫМ) БОРТОМ (пеленг щодо годинникового циферблата та відстань)	TURN LEFT (або RIGHT) IMMEDIATELY HEADING (три цифри) TO AVOID (UNIDENTIFIED) TRAFFIC (пеленг щодо годинникового циферблата та відстань)

Перетинання рівня на попутних треках.

Один ПК прямує в горизонтальному польоті, а другий ПК — зі змінним профілем. Дати команду на зниження (набирання висоти) до ближнього суміжного рівня в попутному напрямку і в момент його заняття:

1. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується, ПКС немає, тоді дозволити подальше зниження (набирання висоти) (рис. 3.1).

2. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується (рис. 3.2), тоді в процесі зниження (набирання висоти) потрібно:

– відвернути менш швидкісний ПК управо (вліво) і після забезпечення безпечного бокового інтервалу дати команду на по-далше зниження (набирання висоти) більш швидкісному ПК.

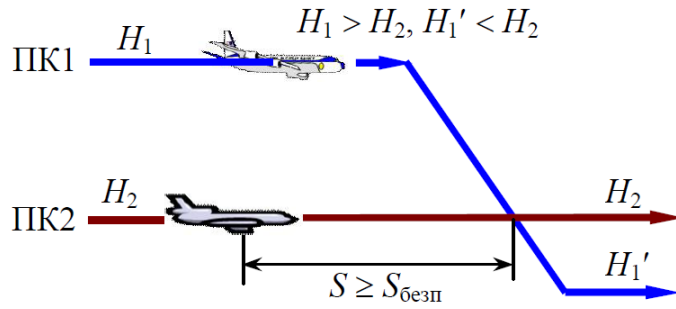


Рисунок 3.1 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

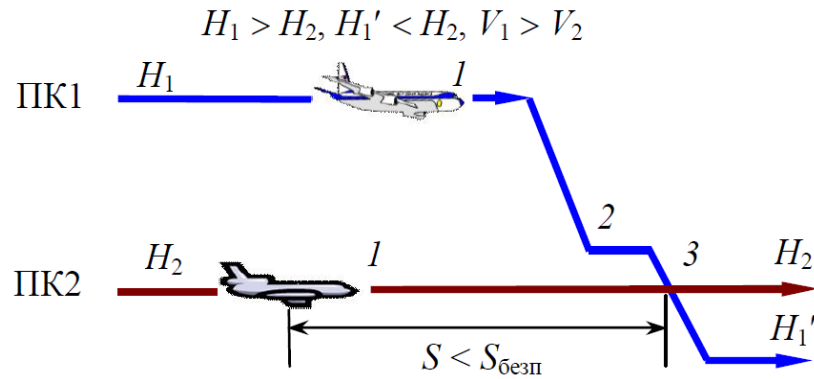


Рисунок 3.2 – Безпечний інтервал, що не забезпечується в момент перетинання

Після розходження ПК по висотах вивести ПК з меншою швидкістю на лінію заданого шляху (ЛЗШ) (рис. 3.3);

- одному ПК збільшити, а другому зменшити швидкість, якщо дає змогу Керівництво з льотної експлуатації (КЛЕ), для створення безпечного поперечного інтервалу. Після забезпечення інтервалу дати команду на подальше зниження (набирання висоти) (рис. 3.4).

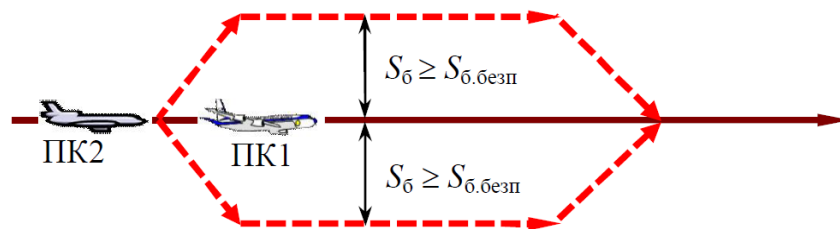


Рисунок 3.3 – Створення бокового інтервалу

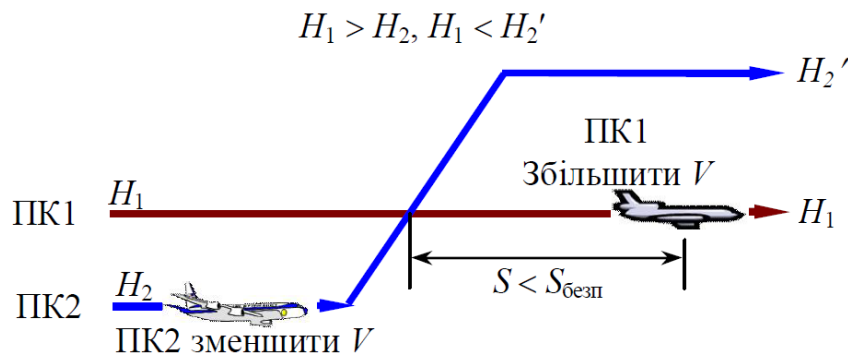


Рисунок 3.4 – Зміна швидкостей ПК

Два ПК прямують в одному напрямку в режимі набирання висоти

1. Крейсерський рівень та вертикальна швидкість першого ПК більші, ніж другого ПК; у такому випадку ПКС не виникає (рис. 3.5).

$$H_1 > H_2, H_1' > H_2'$$

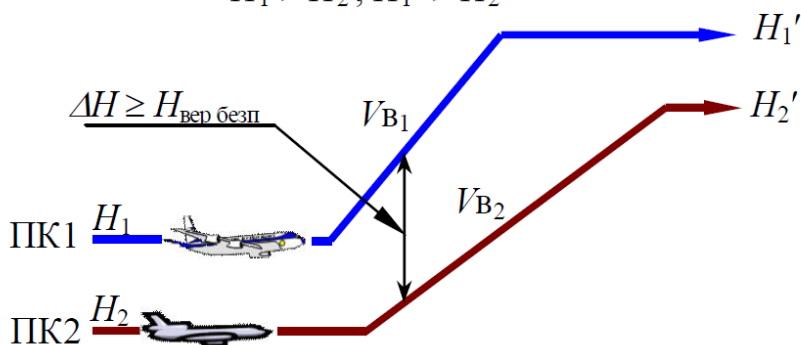


Рисунок 3.5 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

2. Крейсерський рівень першого ПК вищий, але вертикальна швидкість менша, ніж другого ПК. У такому разі є можливість другому ПК догнати перший ПК за висотою, якщо:

- поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується — ПКС немає (рис. 3.6);

$$H_1 > H_2, H_1' > H_2'$$

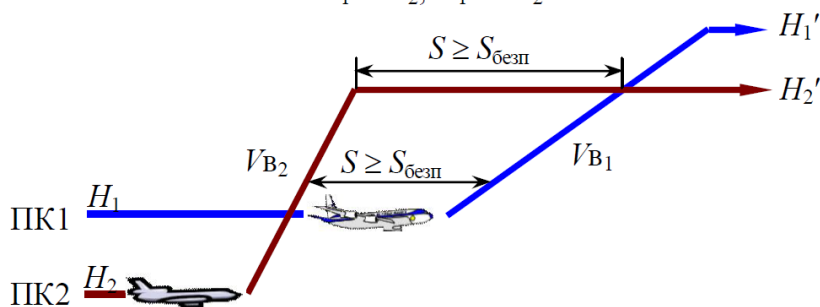


Рисунок 3.6 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

- поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується. У такому випадку потрібно обмежити вертикальну швидкість другого ПК, щоб вона дорівнювала, або була меншою, ніж першого ПК (рис. 3.7).

$$H_1 > H_2, H_1' > H_2', V_{B1} < V_{B2}$$

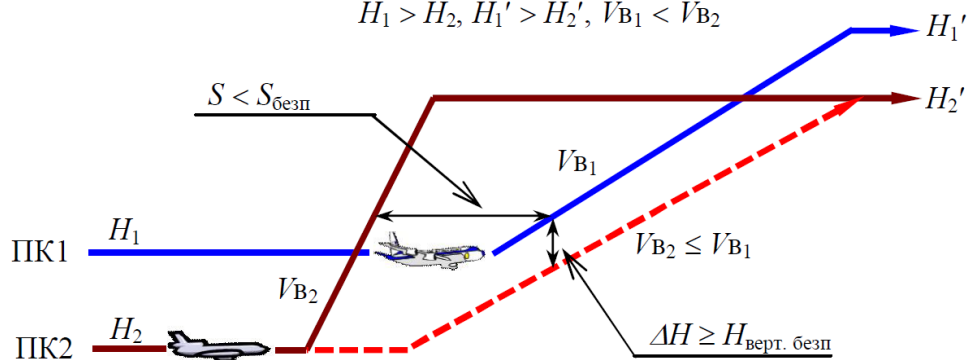


Рисунок 3.7 – Регулювання вертикальних швидкостей

3. Крейсерський рівень та вертикальна швидкість другого ПК більша, ніж першого ПК, тоді:

- а) у разі забезпечення поперечного інтервалу в момент перетинання зайнятого рівня польоту ПКС не виникає (рис. 3.8);

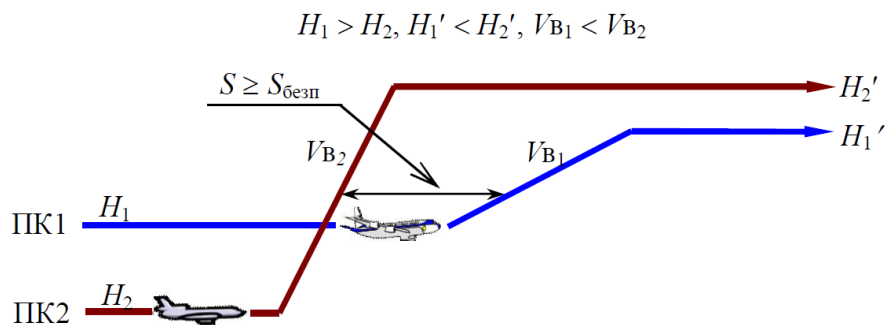


Рисунок 3.8 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) у разі незабезпечення поперечного інтервалу в момент перетинання зайнятого рівня польоту потрібно:

- другому ПК дозволити набирання рівня польоту нижчого, ніж рівень, що заданий першому ПК, з вертикальною швидкістю не більшою, ніж першого ПК (рис. 3.9);

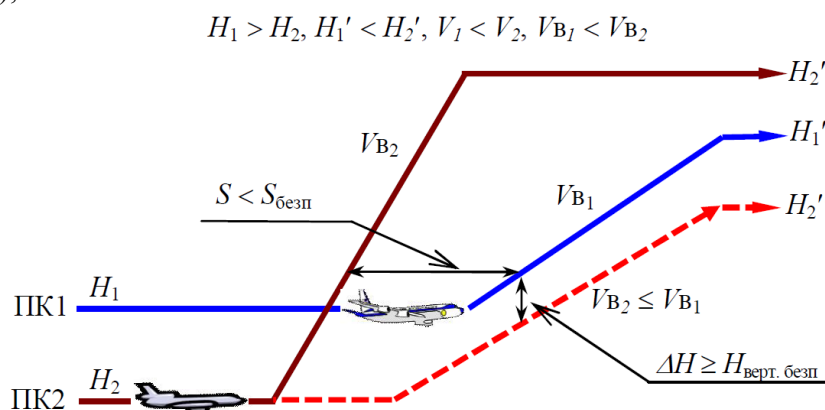


Рисунок 3.9 – Зміна крейсерських рівнів польоту

- у процесі набирання заданих рівнів польоту утворився безпечний поперечний інтервал. У такому випадку дозволити другому ПК продовжувати набирати висоту;
- у процесі набирання заданих рівнів не створився безпечний поперечний інтервал. У такому випадку, якщо дає змогу КЛЕ, більш швидкісному ПК збільшити, а менш швидкісному зменшити швидкість. Коли буде досягнуто безпечний інтервал між ПК, дозволити набирати висоту другому ПК;
- якщо зміна швидкостей неможлива, або не приводить до збільшення інтервалу між ПК, тоді в процесі набирання заданих рівнів потрібно створити боковий інтервал та дозволити продовжувати набирати висоту ПК. Після розходження ПК за висотами вивести ПК з меншою швидкістю на ЛЗШ (рис. 3.9).

4. Крейсерські рівні польоту першого та другого ПК однакові, якщо:

а) поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту забезпечується і швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК; ПКС немає (рис. 3.10);

б) поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту забезпечується і швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК, тоді є можливість другому ПК догнати перший ПК. У такому випадку розвести ПК можна декількома способами:

- першому ПК збільшити, а другому ПК зменшити швидкість, якщо дає змогу КЛЕ, та дозволити набирання крейсерських рівнів польоту обом ПК (рис. 3.11);
- КЛЕ не дає змогу змінити швидкості, тоді один із ПК буде набирати крейсерський рівень польоту, а другий ПК — рівень у попутному напрямку — нижчий або вищий від крейсерського (рис. 3.12);

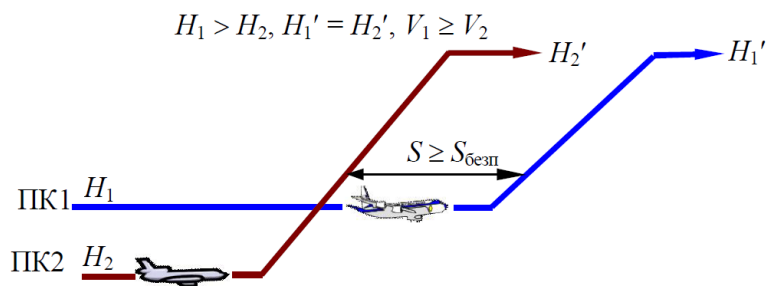


Рисунок 3.10 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

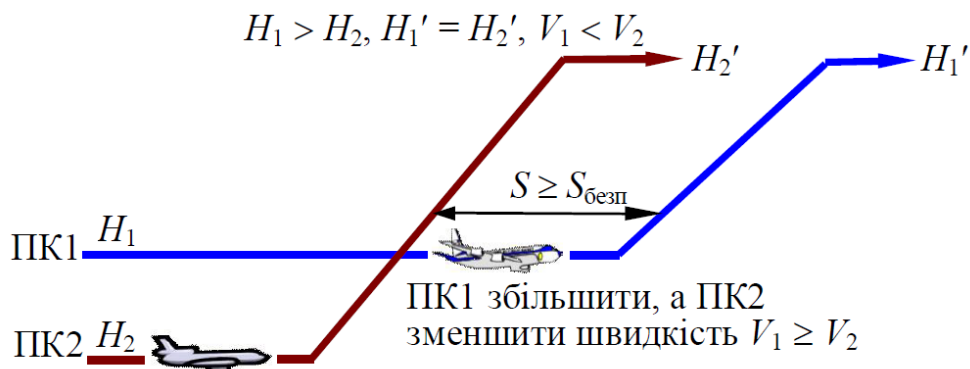


Рисунок 3.11 – Регулювання горизонтальних швидкостей ПК

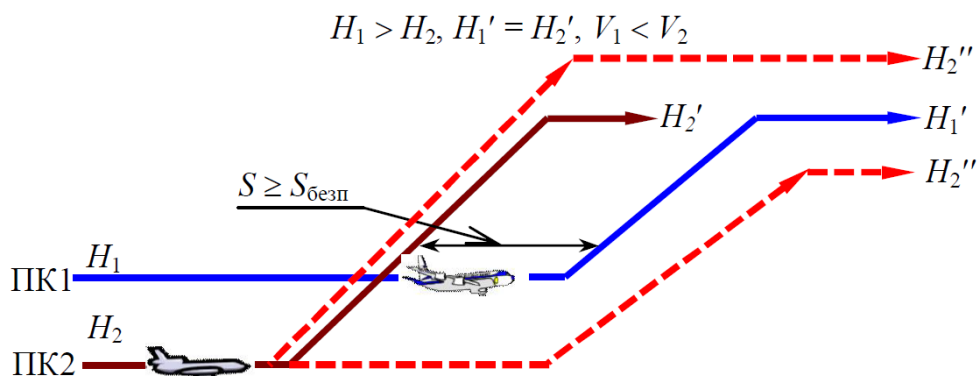


Рис. 3.12 – Зміна крейсерських рівнів ПК

в) безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту не забезпечується і швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК (рис. 3.13), тоді:

- перший ПК набирає крейсерський рівень, або рівень, який має бути на межі передачі УПР, другий ПК набирає рівень, нижчий від заданого першому ПК з вертикальною швидкістю, не більшою від швидкості першого ПК;
- після досягнення заданих рівнів польоту та створення безпечного поперечного інтервалу дозволити другому ПК надалі набирати крейсерський рівень або рівень, який має бути зайнятим на межі передачі УПР;
- у момент займання заданих рівнів польоту безпечний поперечний інтервал не забезпечується, тоді перший ПК збільшує, а другий ПК зменшує швидкість, якщо дає змогу КЛЕ. Після досягнення безпечного поперечного інтервалу між ПК дозволити набирати висоту другому ПК;
- зміна швидкостей неможлива, або не приводить до збільшення інтервалу між ПК, тоді другий ПК буде прямувати на суміжному нижньому рівні польоту в попутному напрямку;

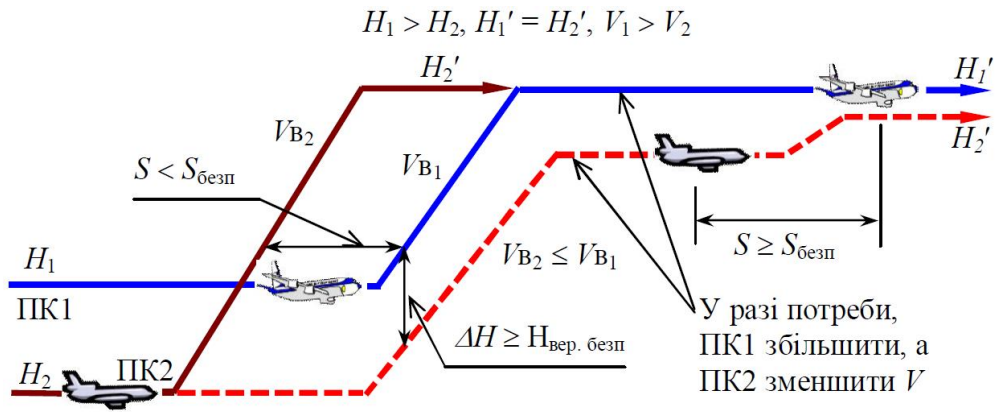


Рисунок 3.13 – Створення безпечного інтервалу

г) безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту не забезпечується і швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК. Тоді є можливість другому ПК догнати перший ПК, у такому випадку розвести ПК можна декількома способами:

- перший ПК набирає крейсерський рівень, а другий — рівень нижчий або вищий від крейсерського рівня в попутному напрямку (рис. 3.14).

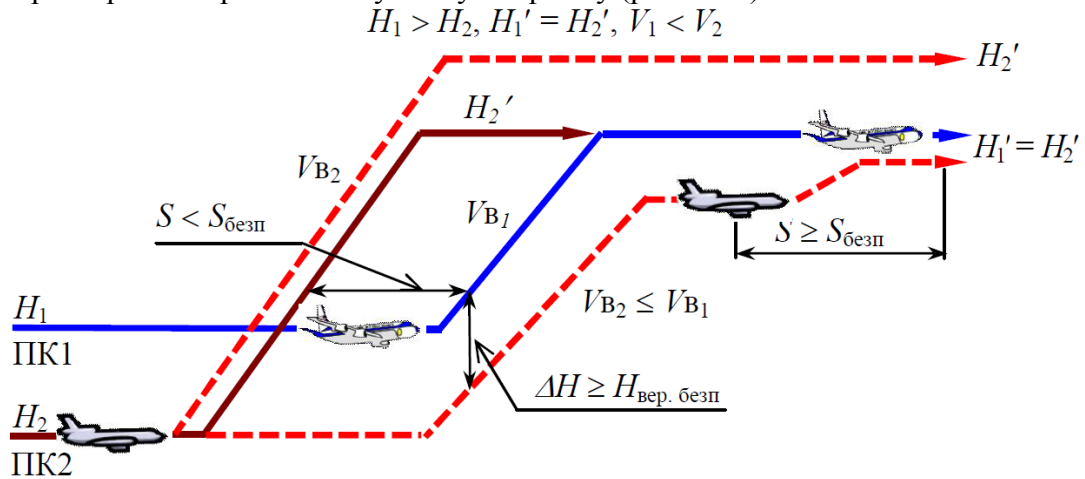


Рисунок. 3.14 – Зміна крейсерських рівнів польоту

Якщо другий командир ПК прийме рішення набирати рівень, вищий від крейсерського, потрібно створити боковий інтервал. Після розходження ПК по висотах вивести перший ПК на ЛЗШ (рис. 3.3);

- перший ПК набирає крейсерський рівень, а другий ПК буде набирати та далі прямувати на суміжному нижньому рівні в попутному напрямку доти, доки не обжене перший ПК і буде створений поперечний інтервал. Потім другому ПК можна дозволити надалі набирати висоту. У разі потреби в процесі набирання висоти першому ПК зменшити, а другому ПК збільшити швидкість, якщо дозволяє КЛЕ (рис. 3.14).

Два ПК прямують в одному напрямку і знижуються.

1. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту забезпечується і швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК, тоді ПКС немає (рис. 3.15).

2. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується і швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК. У такому випадку є можливість другому ПК догнати перший ПК, тоді, не чекаючи скорочення безпечного поперечного інтервалу:

- другому ПК дати команду на зниження до рівня нижче від того, який буде заданий першому ПК (рис. 3.16);
- створити безпечний боковий інтервал. Після розходження ПК за висотою вивести перший ПК на ЛЗШ (див. рис. 3.3).

$$H_1 > H_2, H_1' = H_2', V_1 \geq V_2$$

$$H_1 < H_2, H_1' = H_2', V_1 \geq V_2$$

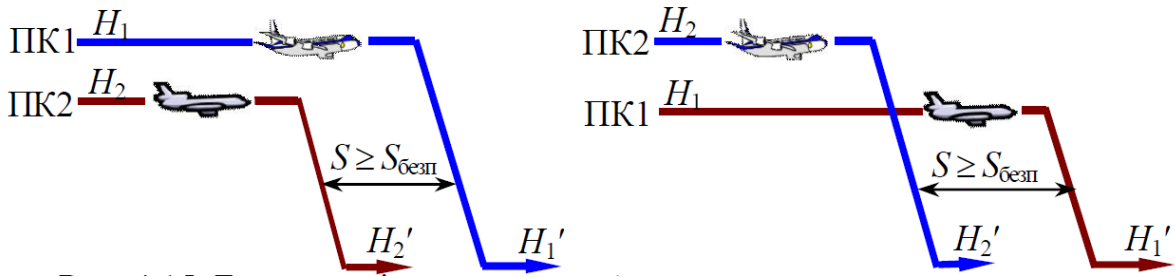


Рисунок 3.15 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

$$H_1 > H_2, H_1' > H_2', V_1 < V_2$$

$$H_1 < H_2, H_1' > H_2', V_1 < V_2$$

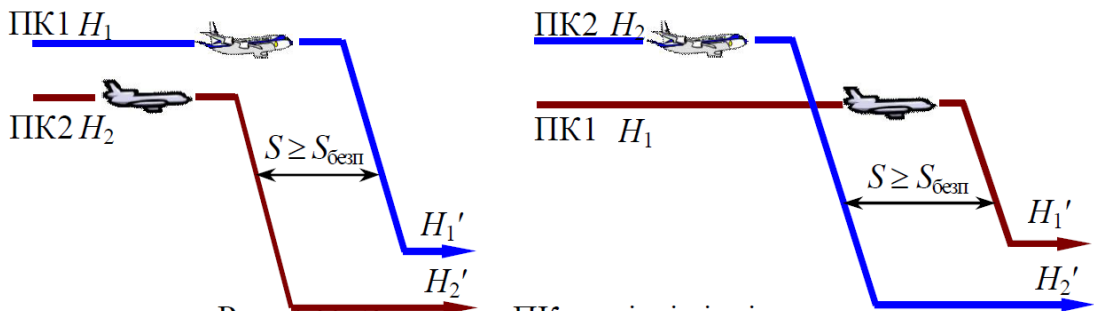


Рисунок 3.16 – Зниження ПК на різні рівні польоту

3. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується, тоді:

- дати команду на зниження тому ПК, який рухається нижче, а другий ПК буде знижуватися на рівень польоту в попутному напрямку вище. У разі потреби можна обмежити вертикальну швидкість другому ПК (рис. 3.17);

$$H_1 < H_2, H_1' > H_2', V_1 < V_2$$

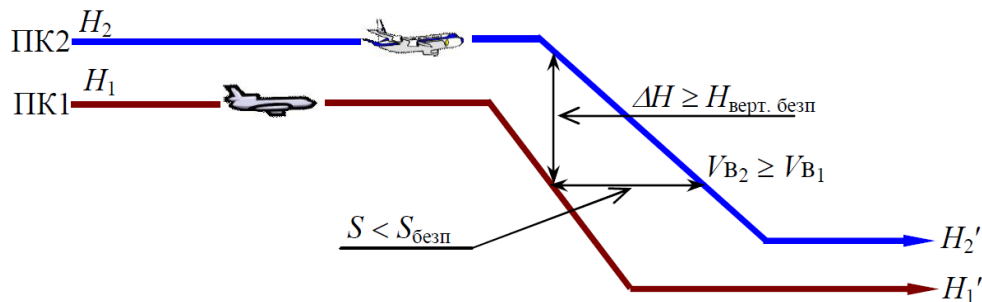


Рисунок 3.17 – Безпечний інтервал, що не забезпечується в момент перетинання

- створити безпечний боковий інтервал. Після його створення дати команду на зниження другому ПК на рівень у попутному напрямку, нижчий від рівня, що заданий першому.

Перетинання рівня на зустрічних треках

Один ПК прямує в горизонтальному польоті, а другий ПК — зі змінним профілем. Дати команду на зниження (набирання висоти) до ближнього суміжного зустрічного рівня та після досягнення цього рівня:

а) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент перетинання зайнятого рівня забезпечуються, ПКС немає. Дозволити подальше зниження (набирання висоти) (рис. 3.18);

$$H_1 < H_2, H_1 > H_2'$$

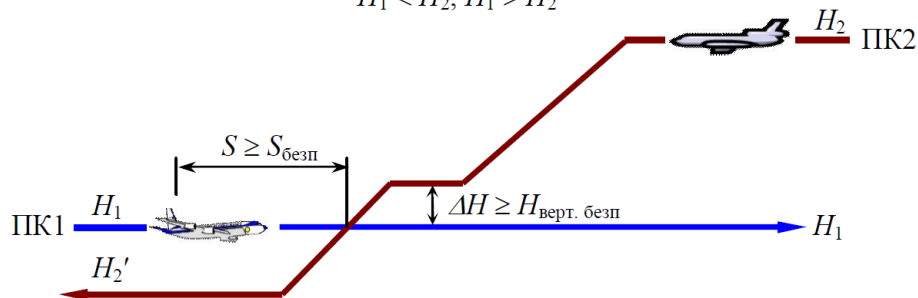


Рисунок 3.18 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечуються, тоді знижувати (набирати) висоту надалі буде дозволено після розходження ПК (рис. 3.19).

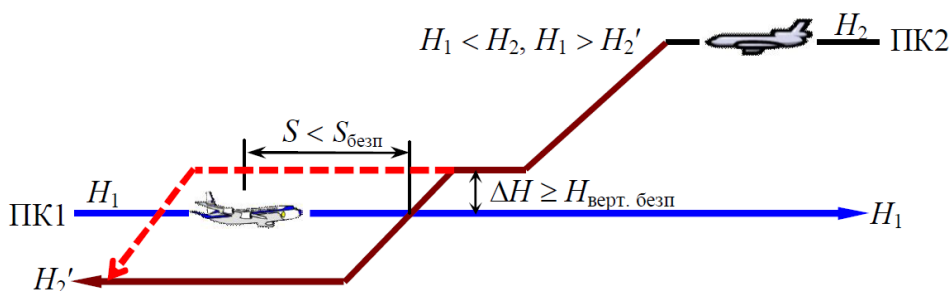


Рисунок 3.19 – Зниження ПК після розходження

Перший ПК прямує зі зниженням, а другий ПК — у режимі набирання висоти. Дати команду на зниження та набирання висоти до ближніх суміжних зустрічних рівнів і під час досягнення заданих рівнів:

а) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент перетинання зайнятого рівня забезпечуються, ПКС немає. Дозволити надалі знижуватися та набирати висоту ПК (рис. 3.20);

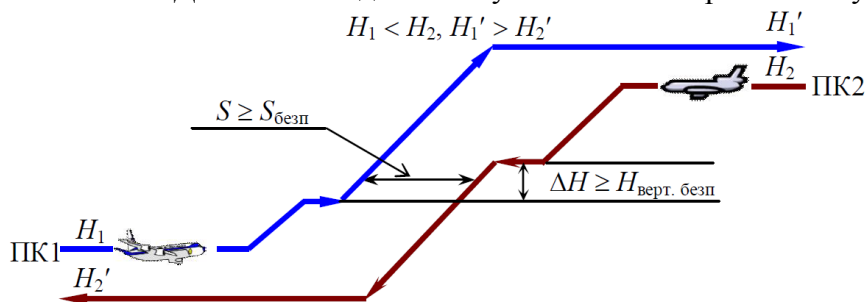


Рисунок 3.20 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечуються, тоді подальше зниження та набирання висоти будуть дозволені після розходження ПК (рис. 3.21).

Перетинання треків.

1. Поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується, ПКС немає (рис. 3.22).

2. Поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується, тоді розвести ПК можна такими способами:

- змінити рівень польоту одному з ПК (рис. 3.23);

- ПК, який першим проходить точку перетинання маршрутів, збільшити швидкість польоту, а другому ПК — зменшити, якщо дозволяє КЛЕ (рис. 3.24);

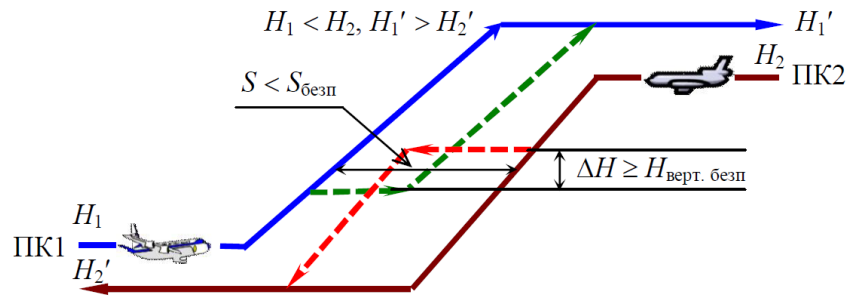


Рисунок. 3.21 – Зниження ПК після розходження

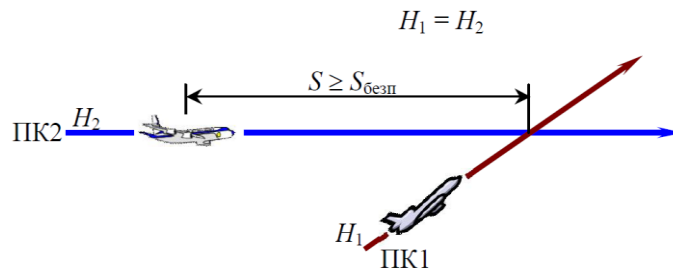


Рисунок. 3.22 – У момент перетинання безпечний інтервал забезпечується

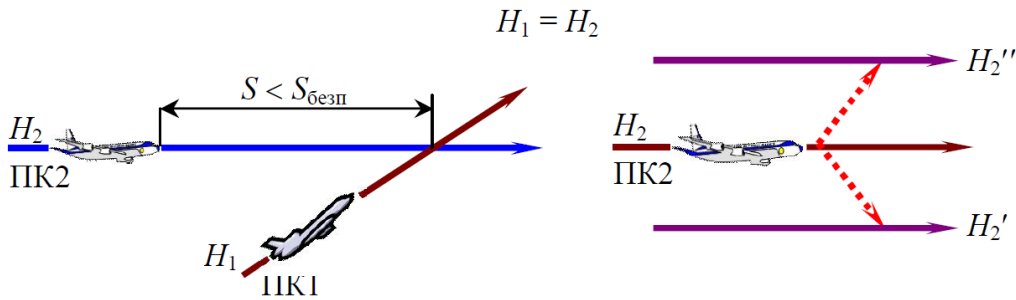


Рисунок. 3.23 – Зміна рівнів польоту ПК

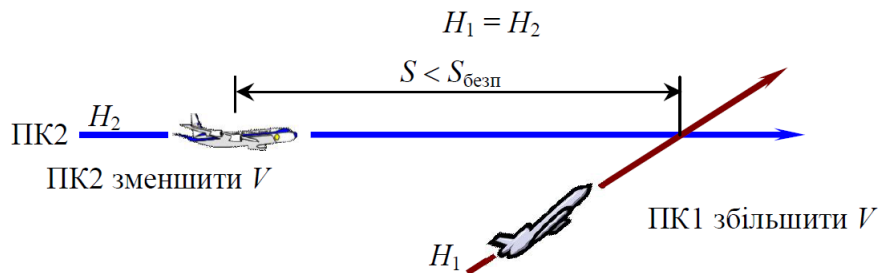


Рисунок 3.24 – Регулювання горизонтальних швидкостей ПК

- якщо інтервал у момент перетинання маршрутів більший від половини мінімального безпечного і неможливо змінити швидкості, або їх зміни недостатньо, тоді менш швидкісний ПК потрібно відвернути на 30° у бік більш швидкісного ПК та вивести його на межу маршруту. Через 1—2 хв відвернути менш швидкісний ПК на 30° у бік осі маршруту (рис. 3.25).

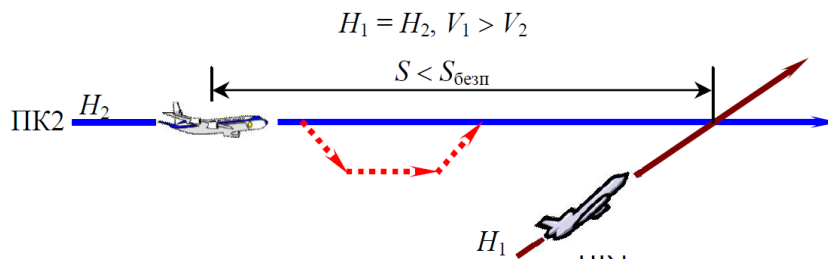


Рисунок 3.25 – Відвернення ПК

Політ на одному рівні

1. Поперечний інтервал не забезпечується, тоді потрібно негайно змінити рівень польоту одному з ПК (рис. 3.26);

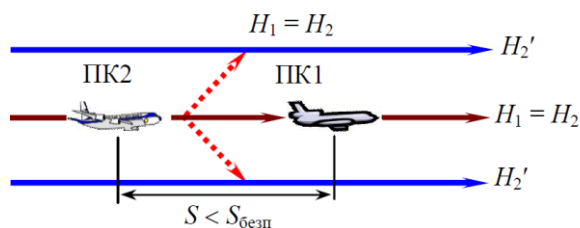


Рисунок 3.26 – Негайна зміна рівнів польоту ПК

2. Поперечний інтервал забезпечується:

а) швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК, ПКС немає (рис. 3.27);

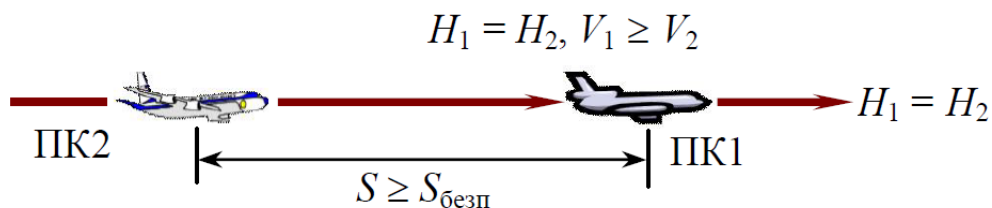


Рисунок 3.27 – Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК, тоді другий ПК може догнати перший. У такому випадку розвести ПК можна такими способами:

– першому ПК збільшити швидкість, а другому ПК зменшити швидкість, якщо дає змогу КЛЕ (рис. 3.28);

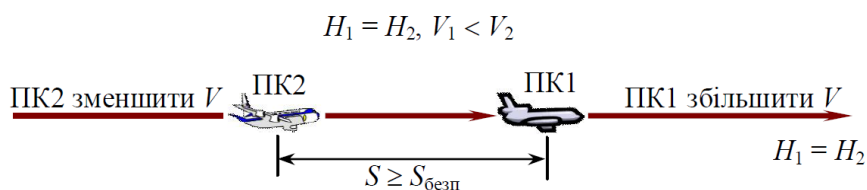


Рисунок 3.28 – Регулювання горизонтальних швидкостей ПК

– якщо неможливо змінити швидкості, або після їх зміни інтервал продовжує скорочуватися, потрібно змінити рівень польоту одному з ПК (рис. 3.29).

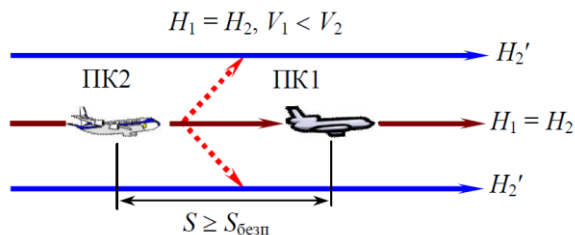


Рисунок 3.29 – Зміна рівнів польоту ПК

Додаток Б

Прямий і зворотній зв'язок з ДПЛА у цілях обслуговування повітряного руху

Загальні вимоги до прямого і зворотного зв'язку між органами ОНР і зовнішніми пілотами аналогічна до вимог, що застосовуються щодо повітряних суден з пілотом на борту, які виконують польоти в тому ж повітряному просторі. Крім мовного зв'язку на лінії дуже високих частот (ДВЧ) вони можуть також включати вимогу про надання підтримки лінії передачі даних ОНР. Однак враховуючи той факт, що зовнішній пілот не знаходиться на борту повітряного судна, можна використати ряд альтернативних архітектур зв'язку. Незалежно від використовуваної архітектури, передбачається, що функція зв'язку в цілях ОНР буде відповідати RCP, передбаченим для повітряного простору, в якому виконують польоти ДПЛА (дистанційно пілотовані літальні апарати). У тому випадку, коли зв'язок з метою ОНР ведеться через ДППК, можуть знадобитися реверсивні / резервні засоби зв'язку з органом ОНР для пом'якшення наслідків відмови ретрансляційної функції ДПЛА. У разі затвердження відповідним (ими) органом (ами) ОНР це може передбачати використання резервного телефонного зв'язку. При обговоренні питання про підключення до органів ОНР передбачається, що у відповідних випадках в "систему" ОНР можуть входити всі вже затверджені постачальники, які обслуговуються засобами зв'язку. Лінії зв'язку між органом ОНР і зовнішнім пілотом, ПДП (пункт дистанційного пілотування) і ДПЛА можуть забезпечуватися будь-якою мережевою службою, що відповідає необхідним характеристикам зв'язку, наприклад приватною мережею або службою, що надається третьою стороною. Усі варіанти забезпечення мовного зв'язку та передачу даних між органами ОНР та зовнішнім пілотом можна поділити на дві основні групи:

а) Зв'язок через ДПЛА, який є прозорим для органу ОНР і не вимагає додаткової архітектури або обладнання в органі ОНР. Перевага такого підходу також полягає в його сумісності з існуючими операціями, які виконуються органами ОНР у всьому світі. Однак для надання підтримки здійсненню мовного зв'язку і передачі даних в цілях ОНР між ДПЛА і зовнішнім пілотом його реалізація може вимагати більшої ширини частот для ведення зв'язку по лінії С2; або

б) зв'язок через нову радіомовну приватну або об'єднану в мережу лінію зв'язку безпосередньо між органом ОНР і зовнішнім пілотом.

Польоти RLOS можуть забезпечуватися з використанням ДПЛА в якості ретрансляційного пункту передачі мовних повідомлень і даних ОНР. У цьому випадку лінія С2 може використовуватися для надання підтримки на ділянці між ДПЛА і ПДП. Такий варіант RLOS вимагає наявності на борту ДПЛА як мінімум одного комплекту обладнання ДВЧ-радіозв'язку та передбачає, що ширина частот лінії С2 забезпечує можливість ведення мовного зв'язку ОНР і, при необхідності, передачі даних, наприклад CPDLC (рис.1). Стандартні вимоги до мінімального складу обладнання повітряного судна з пілотом на борту (для виконання польотів, при яких необхідна радіозв'язок) полягають в наявності двох комплектів обладнання ДВЧ-радіозв'язку. Однак для ДПАС ця вимога може бути переглянута, якщо є або потрібен додатковий незалежний канал зв'язку між органом ОНР і зовнішнім пілотом. Це дозволить органу ОНР / зовнішньому пілоту здійснювати зв'язок у разі відмови основної магістралі зв'язку, причиною якого може стати несправність обладнання ДВЧ-зв'язку або відмови лінії С2, використовуваної як ретранслятор.

За таких умов ДВЧ-мовні повідомлення, передані органом ОНР зовнішньому пілоту, приймаються ДПЛА, перетворюються в цифрову форму і передаються ПДП по лінії С2. Мовні повідомлення, передані зовнішнім пілотом органу ОНР перетворюються на ПДП в цифрову форму, спрямовуються на ДПЛА по лінії С2, перетворюються в аналогові мовні сигнали і передаються за допомогою ДВЧ-радіозв'язку (рис.2)

Важливо мати на увазі, що для радіомовної передачі повідомлень на борт ДПЛА може використовуватися мережа передачі даних між органом ОНР і ДВЧ-антоною. Лінія зв'язку між ДПЛА і ПДП може також включати в себе мережу, експлуатовану постачальником обслуговування засобами зв'язку, і потенційно передбачати маршрутизацію через кілька супутників. Використання цих мереж може призвести до додаткових затримок, які необхідно враховувати при оцінці загального часу транзакції зв'язку (рис. 3)



Рис.1. Прямая радіовидимість



Рис.2. Зв'язок за межами RLOS(BRLOS) через ретранслятор (як правило, супутник)



Рис.3. Польоти в океанічних/віддалених районах.

Мовний зв'язок і передача даних ОПП через супутник. Відміна особливості підходу до ведення зв'язку BRLOS в цілях ОПП аналогічна будь-якій ситуації, в якій маршрутизація зв'язку ОПП здійснюється через ДПЛА, полягає в тому, що вона являється універсальною і повинна забезпечуватися безперешкодно в будь-якому районі світу без необхідності внесення змін в місцеву інфраструктуру. Незважаючи на те, що це забезпечує можливість ведення далекого зв'язку з одного ПДП, у порівнянні з характерною для RLOS ближнім зв'язком забезпечити необхідні RCP (час транзакції, безперервність, готовність і цілісність) буде складніше. Існуючі мережі, що належать третім сторонам і використовувані повноважними органами ОПП на договірній основі, вже затверджені як ті, що відповідають необхідним рівням RCP засобів зв'язку ОПП, проте, враховуючи наявність додаткових трактів зв'язку від ДПЛА до ДПД, ці

рівні, можливо, необхідно переглянути. Ці варіанти не вимагають наявності на борту ДПЛА обладнання ДВЧ-зв'язку, і їх реалізація заснована на використанні прямого або непрямого (через мережу постачальника обслуговування) тракту зв'язку між органом ОНР і зовнішнім пілотом. Основна вимога такого підходу полягає в забезпеченні транспарентності цього рішення для диспетчера (тобто процедури і дії диспетчера аналогічні процедурам управління ПК з пілотом на борту). Незважаючи на те що органу ОНР потрібно нове обладнання, до диспетчерів ОНР не повинно пред'являтися ніяких додаткових експлуатаційних вимог, пов'язаних з архітектурою засобів зв'язку. По мірі можливості повинна підтримуватися забезпечена засобами ДВЧ-мовного зв'язку лінія колективного користування, що дозволяє вести радіомовну передачу всього мовного зв'язку між пілотом і органом ОНР на частоті сектора з метою забезпечення до неї доступу іншим користувачам повітряного простору, причому зовнішньому пілотові повинен забезпечуватися доступ до всього мовного зв'язку, що здійснюється на частоті сектора. Це допоможе зовнішньому пілотові у формуванні та підтримці ситуаційної обізнаності в повітряному просторі. Існує низка можливих архітектур:

а) Мовні повідомлення органу ОНР, що передаються на частоті сектора, приймаються на ПДП безпосередньо по каналах ДВЧ-радіозв'язку (рис.4):

1) Цей метод є найпростішою альтернативою використання ДППК як ретранслятора, і він може застосовуватися для ведення ближнього зв'язку. ПДП підключений до ДВЧ-радіоантени, розташованої в межах зони дії антен органу ОНР, що охоплюють повітряний простір, в якому передбачається виконання польотів ДПЛА. Лінія зв'язку між ПДП і його антеною може бути короткою прямою лінією або лінією маршрутизованою через мережу для використання при веденні далекого зв'язку. По всій імовірності, цей метод буде дуже ефективний у тих випадках, коли ДПЛА регулярно експлуатуються в одному місці. Для забезпечення польотів у повітряному просторі ОНР великих розмірів потрібні додаткові антени ПДП.

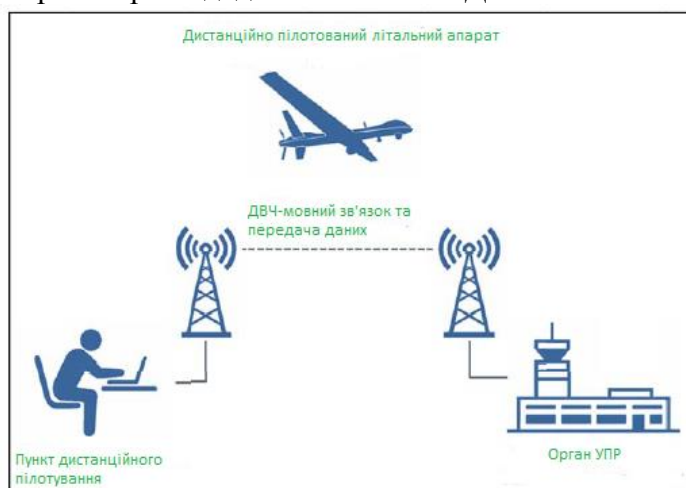


Рис. 4. Лінія ДВЧ-радіозв'язку «земля-земля»

б) Прямий / зворотній зв'язок з ПДП для передачі мовної інформації і даних ОНР через спеціалізований / приватний зв'язок (рис.5):

1) Для цього методу необхідний прямий інтерфейс з системою управління мовним зв'язком органу ОНР для того, щоб зв'язок, здійснюваний АТСО на якій-небудь частоті, фіксувалася, перетворювалася в цифрову форму (спільно з будь-якими повідомленнями CPDLC) і передавалася на ПДП по спеціалізованому з'єднанню при наявності аналогічної схеми зв'язку ПДП з органом ОНР. Для забезпечення того, щоб мовна інформація з борту ДПЛА не мала більш високого пріоритету, ніж звичайні ДВЧ-передачі, необхідно забезпечити наявність відповідних систем або процедур.

2) Основна перевага цього варіанту полягає у відсутності обмежень на місце розташування ПДП, тому при наданні органам ОНР логічної підтримки ДПЛА може виконувати польоти у всьому обсязі повітряного простору, що обслуговується цим органом ОНР.

3) По всій імовірності, проста телефонна лінія (портативний приймач) неприйнятна для використання в якості основного засобу зв'язку між ПДП і органом ОНР. Не виключено, що параметри, що характеризують загальну цілісність і готовність використовуваної лінії зв'язку, повинні бути затверджені відповідним авіаційним повноважним органом.

4) Стосовно всіх альтернативних архітектур передбачається, що на випадок відмови основної лінії у зовнішнього пілота повинен бути альтернативний метод ведення зв'язку з АТСО. При необхідності АТСО також повинен мати можливість здійснювати зв'язок із зовнішнім пілотом (наприклад, до початку виконання польоту повідомляється номер телефону ПДП).



Рис.5. Тільки наземна мережа

с) Прямий / зворотній зв'язок з ПДП для передачі мовної інформації і даних ОНР через мережу постачальника обслуговування засобами зв'язку (рис.. б):

1) Цей підхід аналогічний попередньому варіанту, за винятком того що в ньому бере участь третя сторона - постачальник обслуговування засобами зв'язку. На практиці, на відміну від попереднього варіанту, цей варіант буде, швидше за все, використовуватися більш широко, за винятком випадків, коли місцевий постачальник обслуговування ОНР в рамках своєї відповідальності надає наземні лінії для того, щоб експлуатант ДПАС міг до них підключитися.

2) Цей варіант також вимагає оснащення органу ОНР спеціальним обладнанням у повітряному просторі охоплюваному конкретним органом, він буде ефективним, проте забезпечити перетин секторів ОНР буде непросто, особливо тоді, коли виконання таких операцій планується без попередження.

3) Зі всією імовірністю, як і раніше будуть необхідні певні можливості реверсування / резервування, проте, можливо, це відноситься тільки до двоканальних резервованих терміналів ПДП, якщо мережа зв'язку володіє достатньою цілісністю (наприклад, вона заснована на використанні декількох трактів зв'язку).

4) Основна проблема реалізації цього варіанту полягає у здійсненні нормативного контролю за постачальником обслуговування засобами зв'язку, особливо в тому випадку, коли у нього укладений контракт з експлуатантом ДПАС, а не з ПАНУ. Однак, як правило, в порівнянні з лінією С2 проблема надзору / затвердження відносно лінії зв'язку ОНР буде менш гострою, оскільки, як передбачається, в порівнянні із засобами зв'язку ОНР значення РСР для лінії С2 буде більше.



Рис.6. Наземна лінія, що забезпечується через постачальника обслуговування засобами зв'язку

5) Одна з особливостей мереж постачальника обслуговування засобами зв'язку полягає в тому, що для надання обслуговування вони можуть використовувати різні технології та лінії зв'язку, включаючи Інтернет або супутникові мережі (рис.7). Передбачається, що сертифікувати такі системи буде дуже важко, а процедури здійснення відповідного нормативного нагляду ще належить розробити. Конкретну стурбованість може викликати використання різних маршрутів (наприклад, наземних або супутникових) на основі логіки, яка по відношенню до системи постачальника обслуговування є внутрішньою. При використанні такої системи можуть виникнути труднощі з забезпеченням конкретних RCP.

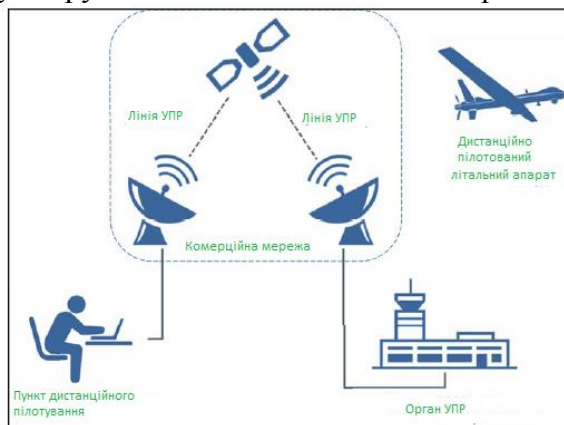


Рис.7. Архітектура, яка включає супутникову мережу

Конкретні вимоги до зв'язку для виконання польотів в умовах VLOS. Більшість польотів VLOS буде виконуватися або на висотах менших, ніж висоти, на яких необхідний зв'язок ОПР, або в умовах, коли попереднє затвердження і експлуатаційні обмеження з органом ОПР узгоджені, в результаті чого необхідність в регулярному зв'язку ОПР відпадає. Однак і в цьому випадку орган ОПР може забажати забезпечити можливість зв'язку із зовнішнім пілотом у разі аварійної обстановки, а зовнішній пілот повинен знати, яким чином, при необхідності, можна встановити контакт з органом ОПР. В обох випадках такий зв'язок зазвичай здійснюється по телефону. У виняткових випадках при виконанні конкретних польотів (наприклад, спостереження за чинним аеродромом, здійснюване на невеликій висоті) може знадобитися прямий зв'язок між органом ОПР і зовнішнім пілотом. У цих випадках може бути використана будь-яка з описаних вище архітектур, передбачених для польотів BVLOS, хоча, ймовірно, найбільш прийнятним варіантом є ДВЧ-мовний зв'язок "земля - земля". Можливо, частіше зовнішньому пілоту ДПЛА, що виконує політ VLOS, слід вести радіомовну передачу періодичних повідомлень на невеликі відстані (тобто малої потужності) іншим, неконкретним користувачам повітряного простору в цілях передачі їм попередження про виконуваний польоти.

Примітка. В даний час устаткування супутникового зв'язку на невеликих ДПЛА, які виконують польоти VLOS, використовується, але не в широких масштабах.

Зв'язок з метою обслуговування повітряного руху. Необхідні характеристики зв'язку (RCP). Для оцінки вимог до характеристик зв'язку в цілях ОПР при забезпеченні польотів ДПЛА слід використовувати принципи, передбачені концепцією RCP, опис яких наводиться в документі Дос. 9869. Ця концепція ґрунтується на "важливих з експлуатаційної точки зору" показниках, при досягненні яких є впевненість в тому, що зв'язок в цілях ОПР буде надійно забезпечувати польоти ДПЛА.

Значення RCP для конкретної лінії C2 будуть залежати від: вимог конкретного повітряного простору; етапу польоту; ступеня автоматизації польотів ДПЛА.

Оцінка RCP відносно лінії зв'язку ОПР для передачі даних виконана, тому, враховуючи можливий вплив різних варіантів архітектур ліній зв'язку ДППК на час транзакції зв'язку, безперервність, готовність і цілісність системи в цілому, передбачається, що забезпечити

зв'язок ДПЛА в цілях ОПР можна буде в рамках діючих вимог. RCP для ОПР визначають вимоги до прямого зв'язку, ґрунтуючись на допущенні про те, що пілот знаходиться на борту повітряного судна. При проведенні оцінки RCP відносно ДПЛА необхідно передбачити додаткову передачу зовнішньому пілотові повідомлень по лінії C2 (якщо вона використовується).

Мінімальний склад бортового зв'язного обладнання. Повітряне судно повинно відповідати встановленим компетентними повноважними органами вимогам до мінімального складу бортового радіообладнання ближнього та дальнього зв'язку. В принципі, для виконання цієї вимоги на повітряних судах з пілотом на борту цими правилами мається на увазі можливість використання різних технічних засобів (наприклад, один комплект засобів супутникового зв'язку (SATCOM) і один комплект ДВЧ-обладнання можуть бути затверджені в регіонах, де для ведення регулярного зв'язку на океанічних маршрутах надаються обидва види такого обслуговування). У випадку з ДПАС зовнішній пілот і ПДП не перебувають на борту ДППК, тому компетентні повноважні органи можуть розглянути питання про можливість використання вимог до оснащення альтернативними засобами ДВЧ-радіозв'язку в цілях ОПР. Наприклад, на борту встановлюється один комплект радіоустаткування, а необхідне резервування може забезпечуватися другим альтернативним трактом зв'язку між ПДП і органом (ами) ОПР. В принципі, на момент початку польоту встановлене обладнання повинно бути справним. Проте досвід свідчить про те, що в ряді випадків може допускатися тимчасова непрацездатність. У цих випадках повинні дотримуватися вимоги MMEL. У MMEL міститься перелік обладнання, несправність якого допускається на момент початку польоту, і визначається тривалість такого стану. MMEL затверджується повноважним органом, призначеним державою розробника. По всій ймовірності, MMEL для ДПАС в частині, що стосується зв'язкового обладнання, буде пов'язаний з прийнятою архітектурою зв'язку. Вимоги до лінії C2 і зв'язку в цілях ОПР повинні будуть конкретно визначатися окремо, хоча в залежності від архітектури вони не обов'язково повинні бути незалежними.

Зазвичай експлуатантам повітряних суден з пілотом на борту надається право визначати перелік мінімального обладнання (MEL), заснований на MMEL, але є не менш рестриктивним. MEL затверджується компетентним повноважним органом, який створюється державою експлуатанта або державою реєстрації. Можна припустити, що аналогічна процедура буде використовуватися у відношенні до ДПАС. Якщо для запуску повітряного судна в політ виникає необхідність у внесенні змін до MEL, експлуатант повинен отримати експлуатаційне затвердження або, принаймні, повідомити про ці зміни державу експлуатанта або державу реєстрації.

Додаток В

Методичне забезпечення для виконання курсової роботи з дисципліни «Інформаційні технології» для підготовки операторів ОПР, БПЛА, САНО

ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ

Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями.

1. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів на попутних треках. Програма повинна відображати поточну конфліктну ситуацію та відображати на екран команди, що мають бути сформульовані диспетчером у конкретній ситуації.

2. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів на попутних треках. Програма повинна зберігати значення поточного часу та відстань, що залишається між повітряними кораблями у момент перетинання попутного зайнятого рівня у окремий файл у вигляді таблиці.

3. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів на попутних треках. Програма повинна мати інтерфейс вводу характеристик повітряних кораблів з клавіатури, розрахунок Спер відносно цих характеристик та визначення можливості чи неможливості зниження.

4. Розробити графічний інтерфейс для заповнення середньої частини плану польоту (FPL) (рис. 1) по маршруту Бориспіль – Запоріжжя/Мокра.

Вихідні дані для заповнення FPL:

- Розпізнавальний індекс ПК - UZA8652
 - весь політ буде виконуватися за ППП
 - тип ПК – Як 40
 - тип польоту – нерегулярні повітряні перевезення
 - на борту крім стандартних бортових засобів зв'язку є ще:
 1. ДВЧ-радіотелефон з можливістю розносу каналів 8,33 кГц
 2. Радіотелефонний зв'язок (RTF) для УПР (MTSAT)
 3. Радіотелефонний зв'язок (RTF) для УПР (Iridium)
 4. TACAN
 5. D-FIS ACARS
 - Обладнання спостереження – приймач-відповідач – режим А (4 цифри – 4096 кодів) і режим С;
 - Аеродром вильоту – Бориспіль
 - час вильоту – 11.00 UTC
 - Маршрут – K0510F210 TR R255 DEMER A87 DEKAD W546 RUBES DCT
 - Аеродром призначення – Запоріжжя/Мокра
 - час польоту – 1 години 5 хвилин
 - запасний(і) аеродром(и): Дніпропетровськ
- Інша інформація: Наростаючий розрахунковий час, що минув з моменту злету до меж РПІ: Харків – 35 хвилин, реєстраційний знак ПК – URETG, експлуатант – UZA, AFTN адреса укладача плану польоту – UKDEZPZX, дата вильоту – 1 серпня 2015.

Значення полів FPL:

Поле 7 – AIRCRAFT IDENTIFICATION: UZA8652;

Поле 8 – FLIGHT RULES: I;

TYPE OF FLIGHT: N;

Поле 9 – TYPE OF: YK40;

WAKE TURBULENCE CAT.: M;

Поле 10 – EQUIPMENT: SYM2M3TE2/C;
 Поле 13 – DEPARTURE AERODROME: UKBB;
 TIME: 1100;
 Поле 15 – ROUTE: K0510F210 TR R255 DEMER A87 DEKAD W546 RUBES DCT;
 Поле 16 – DESTINATION: UKDE;
 HR MIN: 0105;
 ALTN AERODROME: UKDD;
 Поле 18 – EET/UKHV0035 REG/URETG OPR/UZA ORGN/UKDEZPZX DOF/150801.

Form Approved: OMB NO. 2120-0026

The image shows a standard International Flight Plan (FPL) form from the U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. The form is titled "International Flight Plan" and contains several sections for data entry:

- 3 MESSAGE:** (FPL)
- 7 AIRCRAFT IDENTIFICATION:** []
- 8 FLIGHT RULES:** []
- TYPE OF FLIGHT:** []
- 9 NUMBER:** []
- TYPE OF:** []
- WAKE TURBULENCE CAT.:** []
- 10 EQUIPMENT:** []
- 13 DEPARTURE AERODROME:** []
- TIME:** []
- 15 CRUISING SPEED:** []
- LEVEL:** []
- ROUTE:** []
- 16 DESTINATION:** []
- TOTAL EET:** HR [] MIN []
- ALTN AERODROME:** []
- 2ND ALTN AERODROME:** []
- 18 OTHER INFORMATION:** []

Рис. 1 – Міжнародний план польоту (середня частина).

Результатом виконання програми повинна бути перевірка правильності заповнення плану польоту за варіантом завдання. У разі правильного заповнення плану польоту всі поля зафарбовуються в один колір, разі неправильного - в інший колір.

5. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів на зустрічних треках. Програма повинна відображати поточну конфліктну ситуацію та відображати на екран команди, що мають бути сформульовані диспетчером у конкретній ситуації.

6. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів на зустрічних треках. Програма повинна зберігати значення поточного часу та відстань, що залишається між повітряними кораблями у момент перетинання попутного зайнятого рівня у окремий файл у вигляді таблиці.

7. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів на зустрічних треках. Програма повинна мати інтерфейс вводу характеристик повітряних кораблів з клавіатури, розрахунок Спер відносно цих характеристик та визначення можливості чи неможливості зниження.

8. Розробити графічний інтерфейс для заповнення середньої частини плану польоту (FPL) (рис. 1) по маршруту Бориспіль – Бен-Гуріон (Тель-Авів).

Вихідні дані для заповнення FPL:

- Розпізнавальний індекс ПК - ELY652
- весь політ буде виконуватися за ППП
- тип ПК – Boeing 757-200
- тип польоту – регулярні повітряні перевезення
- на борту крім стандартних бортових засобів зв'язку є ще:
 1. РДС ACARS
 2. VDL режиму 2 для CPDLC на базі FANS 1/A
 3. Радіотелефонний зв'язок (RTF) для УПП (MTSAT)
 4. RNAV 10 (RNP10), RNAV2 DME/DME, RNP4
 5. ДВЧ-радіотелефон з можливістю розносу каналів 8,33 кГц
 6. затверджено для RVSM
 6. затверджено для MNPS
- Обладнання спостереження – приймач-відповідач, що працює у режимі S з можливістю передавання розпізнавального індексу ПК, даних про барометричну висоту та можливістю вдосконаленого спостереження; ADS-B з можливістю ADS-B «out» та «in» на виділеній частоті 1090 мГц; з можливістю ADS-B «out» та «in» при використанні UAT; можливості ADS-B «out» і «in» при використанні VDL режиму 4;
- Аеродром вильоту – Бориспіль
- час вильоту – 20.45 UTC
- Маршрут – N0446F370 TR B8 SULUM UM856 ABIBA/N0449F380 UM856 SH/N0446F370 UM856 ROMOK/N0450F390 UM856 MUT UL620 ALSUS UR18 VELOX UW13 SOLIN/N0300F250H2 SIRON DCT
- Аеродром призначення – Бен-Гуріон (Тель-Авів)
- час польоту – 2 години 49 хвилин
- запасний(і) аеродром(и): Овда (Ізраїль)

Інша інформація: Наростаючий розрахунковий час, що минув з моменту злету до меж РПП: Одеса – 23 хвилини, Анкара – 1 година 7 хвилин, Нікосія – 2 години 5 хвилин, Тель Авів – 2 години 39 хвилин, реєстраційний знак ПК – 4XEBV, код SELCAL – GKBN; дальність видимості на ЗПС – 200 метрів; AFTN адреса укладача плану польоту – LLBGELYX, дата вильоту – 1 вересня 2015.

Значення полів FPL:

Поле 7 – AIRCRAFT IDENTIFICATION: ELY652;

Поле 8 – FLIGHT RULES: I;
TYPE OF FLIGHT: S;

Поле 9 – TYPE OF: B752;
WAKE TURBULENCE CAT.: M;

Поле 10 – EQUIPMENT: SE3J4M2RYWX/ HB2U2V2;

Поле 13 – DEPARTURE AERODROME: UKBB;
TIME: 2045;

Поле 15 – ROUTE: N0446F370 TR B8 SULUM UM856 ABIBA/N0449F380 UM856 SH/N0446F370 UM856 ROMOK/N0450F390 UM856 MUT UL620 ALSUS UR18 VELOX UW13 SOLIN/N0300F250H2 SIRON DCT;

Поле 16 – DESTINATION: LLBG;
HR MIN: 0249;

ALTN AERODROME: LLOV;

Поле 18 – EET/UKOV0023 LTAA0107 LCCC0205 LLLL0239 REG/4XEBV SEL/GKBN RVR/200 ORGN/LLBGELYX DOF/150901 PBN/A1C3L1.

Результатом виконання програми повинна бути перевірка правильності заповнення плану польоту за варіантом завдання. У разі правильного заповнення плану польоту всі поля зафарбовуються в один колір, разі неправильного - в інший колір.

9. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення

потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів по треках, що перетинаються. Програма повинна відображати поточну конфліктну ситуацію та відображати на екран команди, що мають бути сформульовані диспетчером у конкретній ситуації.

10. Створити прикладну програму, що реалізує методику виявлення та вирішення потенційно конфліктних ситуацій між повітряними кораблями під час польотів по треках, що перетинаються. Програма повинна мати інтерфейс вводу характеристик повітряних кораблів з клавіатури, розрахувати фактичний часовий та лінійний інтервали розходження повітряних кораблів, визначити необхідні зміни в швидкості польотів повітряних кораблів.

11. Створити прикладну програму, яка відповідно до типу повітряного корабля, маршруту польоту, часу початку маневру, швидкості та напрямку вітру, розраховує елементи польоту під час набору/зниження до заданого рівня польоту. Шляховий кут польоту визначається в залежності від маршруту польоту учбової тренувальної зони. Вхідні дані повинні зчитуватися з окремих файлів, що зберігають інформацію про льотно-технічні характеристики повітряних кораблів та маршрут польоту, час початку маневру, швидкість та напрямок вітру. На екран повинні видаватися разом з результатами розрахунків також команди про подальші дії диспетчера у конкретній ситуації.

12. Розробити графічний інтерфейс для заповнення середньої частини плану польоту (FPL) (рис. 1) по маршруту Бориспіль – Феріхедь (Венгрія).

Вихідні дані для заповнення FPL:

- Розпізнавальний індекс ПК - AEW203
- весь політ буде виконуватися за ППП
- тип ПК – Boeing 737-300
- тип польоту – регулярні повітряні перевезення
- на борту крім стандартних бортових засобів зв'язку є ще:
 1. FMC WPR ACARS
 2. D-FIS ACARS
 3. РДС ACARS
 4. затверджено для RVSM
 5. затверджено для MNPS
 6. ДВЧ-радіотелефон з можливістю розносу каналів 8,33 кГц
 7. ВЧ-радіотелефон
 8. Базовий RNP1 DME/DME, RNP APCH, RNAV1 DME/DME, RNAV2 DME/DME
- Обладнання спостереження – приймач-відповідач, що працює в режимі S з можливістю передачі даних про барометричну висоту, але без передачі розпізнавального індексу ПК
- Аеродром вильоту – Бориспіль
- час вильоту – 02.50 UTC
- Маршрут – N0420F320 KR UR22 LONLA UM986 KOVEK UY57 JBR UZ201 AGMAS
- Аеродром призначення – Феріхедь (Венгрія)
- час польоту – 1 години 30 хвилин
- запасний(і) аеродром(и): Варшава, Рузине (Прага)

Інша інформація: Наростаючий розрахунковий час, що минув з моменту злету до меж РПІ: Львів – 25 хвилин, Будапешт – 1 година 5 хвилин, дата вильоту – 1 квітня 2015.

Значення полів FPL:

Поле 7 – AIRCRAFT IDENTIFICATION: Z3MKD;

Поле 8 – FLIGHT RULES: I;

TYPE OF FLIGHT: S;

Поле 9 – TYPE OF: B733;

WAKE TURBULENCE CAT.: M;

Поле 10 – EQUIPMENT: SE1E2E3WXYHRD/P;

Поле 13 – DEPARTURE AERODROME: UKBB;

TIME: 0250;

Поле 15 – N0420F320 KR UR22 LONLA UM986 KOVEK UY57 JBR UZ201 AGMAS;

Поле 16 – DESTINATION: LHBP;

HR MIN: 0130;

ALTN AERODROME: EPWA;

2ND ALTN AERODROME: LKPR;

Поле 18 – OTHER INFORMATION: EET/UKLV0025 LHCC0105 DOF/150401 PBN/O3S1D3C3.

Результатом виконання програми повинна бути перевірка правильності заповнення плану польоту за варіантом завдання. У разі правильного заповнення плану польоту всі поля зафарбовуються в один колір, разі неправильного - в інший колір.

Методичне забезпечення для виконання курсової роботи з дисципліни «Інформаційні технології» підготовки інженерів з систем аеронавігаційного обслуговування

Створити прикладну програму з графічним інтерфейсом згідно варіанта завдання.

1. На повороті дороги стоїть бігборд із зображенням. До бігборда наближається безпілотний літальний апарат (БПЛА) (рис. 1). Чорними лініями показані границі зображення, що передає БПЛА на екран оператора. Потрібно розробити графічний інтерфейс екрана оператора і зображення, що передає БПЛА.

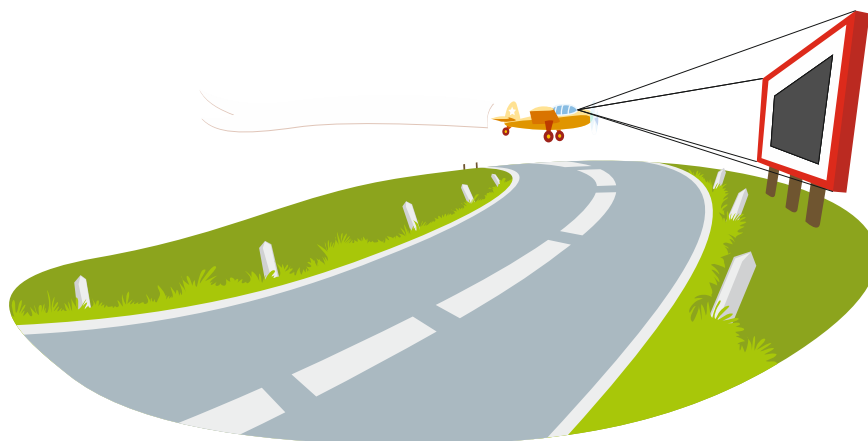


Рис. 1

2. Розробити графічний інтерфейс для заповнення середньої частини плану польоту (FPL) (Рис. 1) по маршруту Бориспіль – Гданськ.

Вихідні дані для заповнення FPL:

- Розпізнавальний індекс ПК - AEW841
- весь політ буде виконуватися за ППП
- тип ПК – Boeing 737-500
- тип польоту – нерегулярні повітряні перевезення
- на борту крім стандартних бортових засобів зв'язку є ще:
 1. РДС ACARS
 2. VDL режиму 2 для CPDLC на базі FANS 1/A
 3. ATC RTF (MTSAT)
 4. RNAV 10 (RNP10), RNAV2 DME/DME, RNP4
 5. ДВЧ-радіотелефон з можливістю розносу каналів 8,33 кГц
 6. затверджено для RVSM
 7. затверджено для MNPS
- Обладнання спостереження – приймач-відповідач, що робить у режимі S з можливістю передавання розпізнавального індексу ПК, даних про барометричну висоту та можливістю вдосконаленого спостереження; ADS-B з можливістю ADS-B «out» та «in» на виділеній частоті 1090 мГц; з можливістю ADS-B «out» та «in» при використанні UAT

- Аеродром вильоту – Бориспіль
- час вильоту – 23.00 UTC
- Маршрут – N0433F340 KR UR22 CH UA87 USTIL UN191 LIN UL621 GRU B7 KRT DCT
- Аеродром призначення – Гданськ (Польща)
- час польоту – 1 година 40 хвилин
- запасний(і) аеродром(и): Варшава, Берлін-Тегел

Інша інформація: Наростаючий розрахунковий час, що минув з моменту злету до меж РПІ: Львів – 23 хвилини, Варшава – 46 хвилин. Код SELCAL – BLFR, ПК зайнятий у митних операціях, реєстраційний знак ВС – UR88290, дата вильоту - 28 вересня 2015.

Значення полів FPL:

Поле 7 – AIRCRAFT IDENTIFICATION: AEW841;

Поле 8 – FLIGHT RULES: I;
TYPE OF FLIGHT: N;

Поле 9 – TYPE OF: B735;
WAKE TURBULENCE CAT.: M;

Поле 10 – EQUIPMENT: SE3J4M2RYWXD/B2HU2;

Поле 13 – DEPARTURE AERODROME: UKBB;
TIME: 2300;

Поле 15 – ROUTE: N0433F340 KR UR22 CH UA87 USTIL UN191 LIN UL621 GRU B7 KRT DCT;

Поле 16 – DESTINATION: EPGD;
HR MIN: 0140;

ALTN AERODROME: EPWA;
2ND ALTN AERODROME: EDDT;

Поле 18 – OTHER INFORMATION: EET/UKLV0023 EPWW0046 SEL/BLFR STS/STATE REG/UR88290 DOF/150928 PBN/A1C3L1.

Результатом виконання програми повинна бути перевірка правильності заповнення плану польоту за варіантом завдання. У разі правильного заповнення плану польоту всі поля зафарбовуються в один колір, разі неправильного - в інший колір.

3. Побудувати маршрут польоту БПЛА за точками, як показано на рис. 2 За БПЛА вважати кулю.



Рис. 2 – Вертикальний трикутник.

4. Розробити програму, яка з файлу зчитує авіаційний метеорологічний код METAR та виводить на екран його розшифровку українською або російською мовами.

5. Розробити програму, яка з файлу зчитує авіаційний метеорологічний код TAF та виводить на екран його розшифровку українською або російською мовами.

6. Розробити програму, яка у інтерфейсі користувача дозволяє скласти авіаційний метеорологічний код METAR (інтерфейс повинен мати кнопку збереження коду у окремий файл).

7. Розробити програму, яка на карті буде вихід на маршрут (SID) (рис. 3):

Вказівник	Маршрут	Висота над рівнем моря
LASDA 6B LASDA SIX BRAVO	Підніміться на трасі 261° до 350, поверніть ліворуч на трасі 081°, перехоплення BRG 314° ЗК ОПРС Поверніть наліво на трасі 018° (BRG 018° до КО NDB), в R308° BRP VOR Поверніть наліво на трасі 342° (BRG162° в TR NDB) до LASDA	Перетинати LASDA на 2450 або вище

AIP of Ukraine

UKKK AD 2.24.8-3
25 JUN 2015

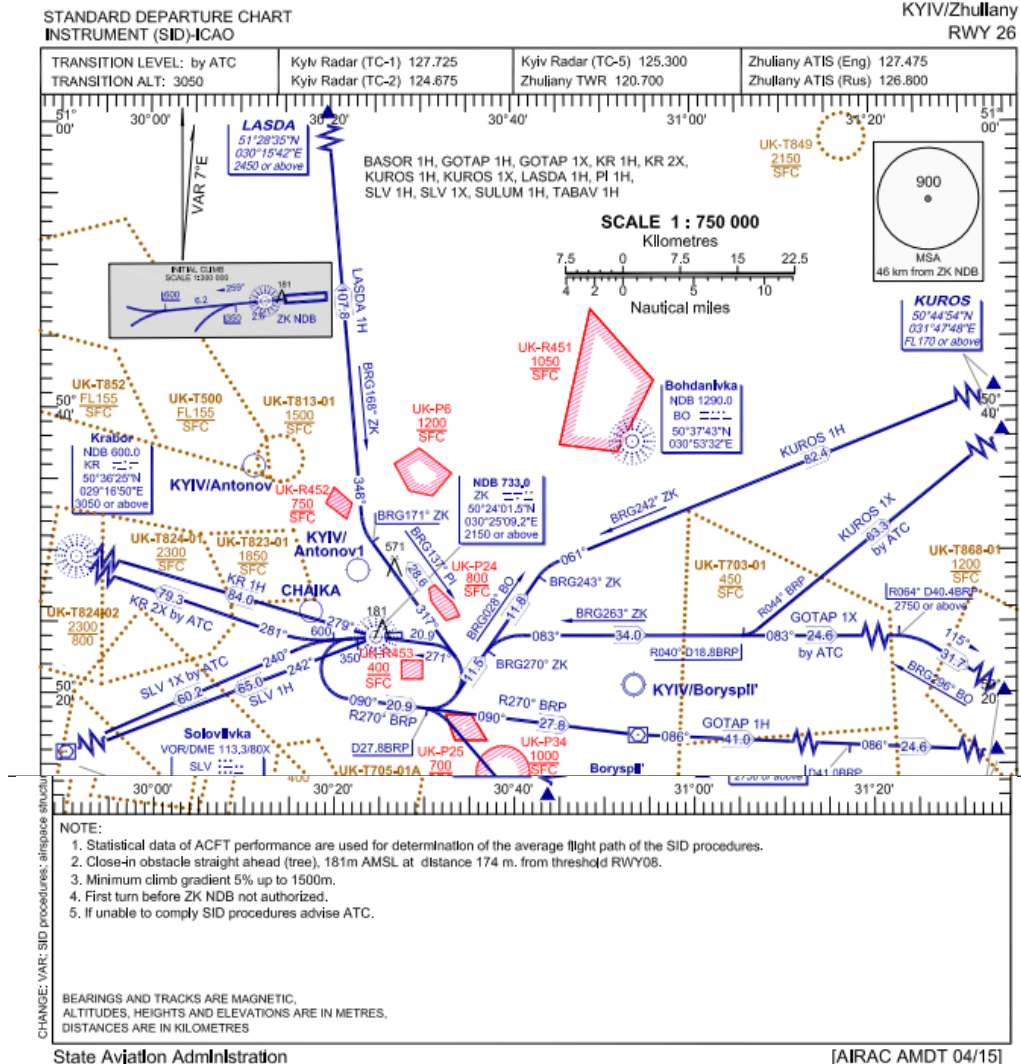


Рис. 3 – SID

8. Розробити програму, яка на карті буде захід на посадку (STAR) (рис. 4):

Вказівник	Маршрут	Висота над рівнем моря
CY 6A Chervonyi SIX ALPHA	На трасі 350° до R094° BRP VOR, повернути ліворуч на трасі 266° (R086° BRP VOR) на BRP VOR/DME, повернути праворуч на R299° BRP VOR, в D22,0 BRP DME повернути ліворуч на трасі 261° (BRG 261° ЗК NDB) для IAF ZK NDB	Перетинати CY NDB, BRP VOR/DME на 2150 або вище, IAF ZK NDB на 900 або вище.

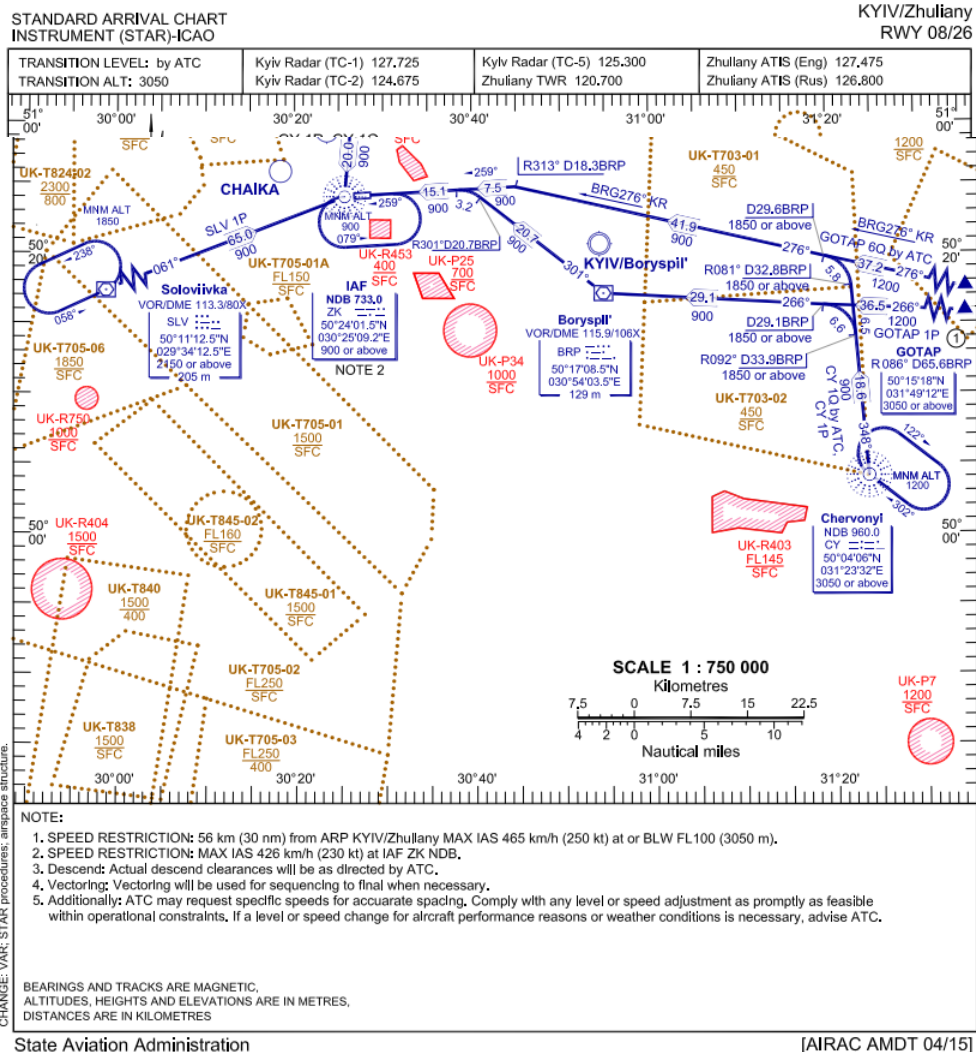


Рис. 4 – STAR

9. На повороті дороги стоїть бігборд із зображенням. До бігборда наближається безпілотний літальний апарат (БПЛА) (рис. 5). Чорними лініями показані границі зображення, що передає БПЛА на екран оператора. Потрібно розробити графічний інтерфейс екрана оператора і зображення, що передає БПЛА.

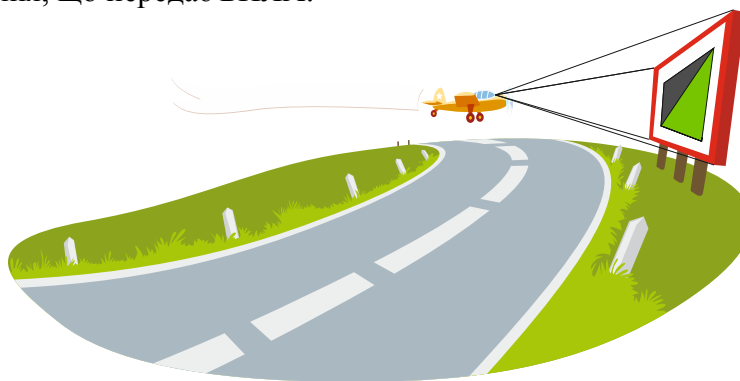


Рис. 5

10. Розробити графічний інтерфейс для заповнення середньої частини плану польоту (FPL) (Рис. 1) по маршруту Бориспіль – Амстердам/Схіпхол.
Вихідні дані для заповнення FPL:

- Розпізнавальний індекс ПК - KLM1386
 - весь політ буде виконуватися за ППП
 - тип ПК – Boeing 737- 800
 - тип польоту – регулярні повітряні перевезення
 - на борту крім стандартних бортових засобів зв'язку є ще:
 - 1. затверджено для MNPS
 - 2. FMC WPR ACARS
 - 3. ВЧ-радіотелефон
 - 4. VDL режиму 2 для CPDLC на базі FANS 1/A
 - 5. CPDLC FANS 1/A SATCOM (MTSAT)
 - 6. RNAV 5 GNSS, RNAV 5 DME/DME, RNAV 5 INS, RNP4
 - 7. затверджено для RVSM
 - 8. ДВЧ-радіотелефон з можливістю розносу каналів 8,33 кГц
 - Обладнання спостереження – приймач-відповідач, що робить у режимі S з можливістю передавання розпізнавального індексу ПК та даних про барометричну висоту; ADS-B з можливістю ADS-B «out» та «in» на виділеній частоті 1090 мГц;
 - Аеродром вильоту – Бориспіль
 - час вильоту – 12.55 UTC
 - Маршрут – K0834F360 KR UR22 CH UA87 DORER/N0450F360 UL980 USTIL/N0455F380 UL980 OSN/N0434F260 UL980 AMSAN T281 NORKU
 - Аеродром призначення – Амстердам/Схіпхол
 - час польоту – 2 години 35 хвилин
 - запасний(і) аеродром(и): Роттердам/Роттердам
- Інша інформація: Наростаючий розрахунковий час, що минув з моменту злету до меж РПІ: Львів – 25 хвилин, Варшава – 43 хвилини, Берлін – 1 година 36 хвилин, Ганновер – 1 година 55 хвилин, Амстердам – 2 години 17 хвилин, реєстраційний знак ПК – PHBXA, експлуатант – KLMDAT, дальність видимості на ЗПС – 200 метрів AFTN адреса укладача плану польоту – EHAMKLMF, дата вильоту – 5 жовтня 2015.

Значення полів FPL:

Поле 7 – AIRCRAFT IDENTIFICATION: KLM1386;

Поле 8 – FLIGHT RULES: I;

TYPE OF FLIGHT: S;

Поле 9 – TYPE OF: B738;

WAKE TURBULENCE CAT.: M;

Поле 10 – EQUIPMENT: SXE1HJ4J6RWYGDI/SB2;

Поле 13 – DEPARTURE AERODROME: UKBB;

TIME: 1255;

Поле 15 – ROUTE: K0834F360 KR UR22 CH UA87 DORER/N0450F360 UL980 USTIL/N0455F380 UL980 OSN/N0434F260 UL980 AMSAN T281 NORKU;

Поле 16 – DESTINATION: EHAM;

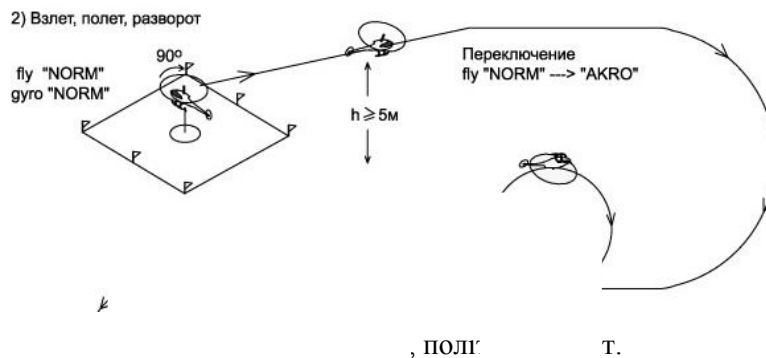
HR MIN: 0235;

ALTN AERODROME: EHRD;

Поле 18 – OTHER INFORMATION: EET/UKLV0025 EPWW0043 EDBB0136 EDVV0155 EHA0217 REG/PHBXA OPR/KLMDAT RVR/200 ORGN/EHAMKLMF DOF/151005 PBN/B2B3B5L1.

Результатом виконання програми повинна бути перевірка правильності заповнення плану польоту за варіантом завдання. У разі правильного заповнення плану польоту всі поля зафарбовуються в один колір, разі неправильного - в інший колір.

11. Побудувати маршрут польоту БПЛА за точками, як показано на рис. 6. За БПЛА вважати кулю.



граму, яка з файлу зчитує авіаційний метеорологічний код METAR та виводить на екран його розшифровку українською або російською мовами.

13. Розробити програму, яка з файлу зчитує авіаційний метеорологічний код TAF та виводить на екран його розшифровку українською або російською мовами.

14. Розробити програму, яка у інтефейсі користувача дозволяє скласти авіаційний метеорологічний код TAF (інтерфейс повинен мати кнопку збереження коду у окремий файл).

15. Розробити програму, яка на карті будує вихід на маршрут (SID) (рис. 4):

Вказівник	Маршрут	Висота над рівнем моря
KUROS 6B KUROS SIX BRAVO	Підніміться на трасі 261° до 350, поверніть ліворуч на трасі 081°, перехоплення BRG 314° ЗК ОПРС Поверніть наліво на трасі 018° (BRG 018° до КО NDB), в R308° BRP VOR Поверніть направо на трасі 064° (BRG 244° до ZK NDB) для Kuros	Перетинати Kuros на FL190 і вище

16. Розробити програму, яка на карті будує захід на посадку (STAR) (рис. 5):

Вказівник	Маршрут	Висота над рівнем моря
SL 6E Soloviivka SIX ECHO	На трасі 063° (BRG 063° ЗК NDB) на IAF ZK NDB	Перетинати SL NDB на 2150 або вище, IAF ZK NDB на 900 або вище.

17. На повороті дороги стоїть бігборд із зображенням. До бігборда наближається безпілотний літальний апарат (БПЛА) (рис. 7). Чорними лініями показані границі зображення, що передає БПЛА на екран оператора. Потрібно розробити графічний інтерфейс екрана оператора і зображення, що передає БПЛА.

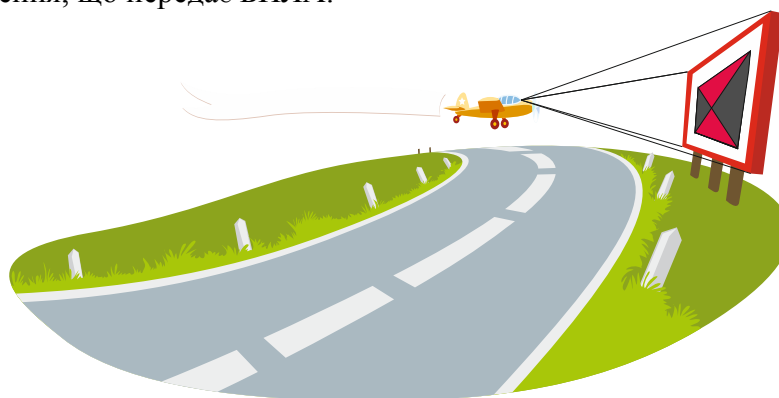


Рис. 7

18. Побудувати маршрут польоту БПЛА за точками, як показано на рис. 8. За БПЛА вважати кулю.

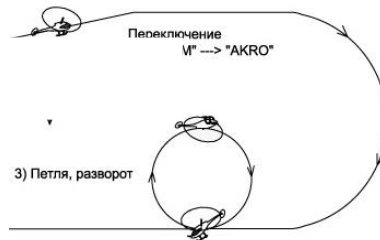


Рис. 8 – Петля, разворот

19. Розробити графічний інтерфейс для заповнення середньої частини плану польоту (FPL) (рис. 1) по маршруту Бориспіль – Нікола Тесла (Сербія).

Вихідні дані для заповнення FPL:

- Розпізнавальний індекс ПК - Z3MKD
- весь політ буде виконуватися за ППП
- тип ПК – Learjet 60
- тип польоту – для будь-яких інших категорій
- на борту крім стандартних бортових засобів зв'язку є ще:
 1. D-FIS ACARS
 2. РДС ACARS
 3. ВЧ-радіотелефон
 4. Базовий RNP1 DME/DME, RNP APCH, RNAV1 DME/DME, RNAV2 DME/DME
 5. затверджено для RVSM
 6. ДВЧ-радіотелефон з можливістю розносу каналів 8,33 кГц
- Обладнання спостереження – приймач-відповідач – режим А (4 цифри – 4096 кодів) і режим С;
- Аеродром вильоту – Бориспіль
- час вильоту – 12.00 UTC
- Маршрут – N0439F380 KR UR22 LONLA UM986 ROMKA UY555 PARAK/N0438F390 UW30 TISAK
- Аеродром призначення – Нікола Тесла (Сербія)
- час польоту – 1 години 36 хвилин
- запасний(і) аеродром(и): Скоп'є (Македонія), Софія (Болгарія)

Інша інформація: Наростаючий розрахунковий час, що минув з моменту злету до меж РПІ: Львів – 25 хвилин, Будапешт – 1 година 1 хвилина, Белград – 1 година 23 хвилини, реєстраційний знак ПК – Z3MKD, код SELCAL – AKFG, ПК має статус – голова держави, дата вильоту – 25 грудня 2015.

Значення полів FPL:

Поле 7 – AIRCRAFT IDENTIFICATION: Z3MKD;

Поле 8 – FLIGHT RULES: I;

TYPE OF FLIGHT: X;

Поле 9 – TYPE OF: LJ60;

WAKE TURBULENCE CAT.: M;

Поле 10 – EQUIPMENT: SE2E3HRWYD/C;

Поле 13 – DEPARTURE AERODROME: UKBB;

TIME: 1200;

Поле 15 – ROUTE: N0439F380 KR UR22 LONLA UM986 ROMKA UY555 PARAK/N0438F390 UW30 TISAK;

Поле 16 – DESTINATION: LYBE;

HR MIN: 0136;

ALTN AERODROME: LWSK;

2ND ALTN AERODROME: LBSF;

Поле 18 – OTHER INFORMATION: EET/UKLV0025 LHCC0101 LYBA0123 REG/Z3MKD SEL/AKFG STS/HEAD DOF/151225 PBN/O3S1D3C3.

Результатом виконання програми повинна бути перевірка правильності заповнення плану польоту за варіантом завдання. У разі правильного заповнення плану польоту всі поля зафарбовуються в один колір, разі неправильного - в інший колір.

20. Побудувати маршрут польоту БПЛА за точками, як показано на рис. 9. За БПЛА вважати кулю.

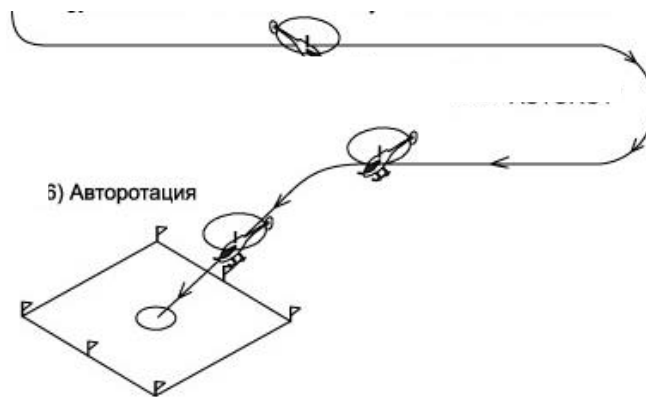


Рис. 9 – Захід на посадку.

Додаток Г

Підготовка до роботи тренажера БАС

Робоче місце оператора

Безпілотні авіаційні системи – комплекс безпілотної системи, який складається з безпілотних літальних апаратів, пульта наземного управління та терміналу наземного каналу зв'язку.



Рис. 1 – Тренажер безпілотних авіаційних систем

Тренажер безпілотних авіаційних систем включає такі складові (рис.1):

11. Системний блок;
12. Монітор 1 (для відображення вікна «FlightGear»);
13. Монітор 2 (для відображення вікна «Detal»);
14. Монітор 3 (для відображення вікна «SimData3»);
15. Блок автопілоту;
16. Кермо управління – джойстик;
17. Клавіатуру;
18. Мишку;
19. Кабелі зв'язку;
20. Робоча поверхня.

А також необхідне програмне забезпечення:

4. «FlightGear 2.8.0.5»;
5. «SimData3»;
6. «Detal».

Початок роботи

Перед початком роботи з Тренажером БПЛА необхідно установити відповідне програмне забезпечення та під'єднати кабелі зв'язку.

Необхідне програмне забезпечення:

1. «FlightGear 2.8.0.5»;
2. «SimData3»;
3. «Detal».

Для установлення програмного забезпечення див. Керівництво адміністратора.

Плата автопілоту має 4 роз'єми: «NAV», «SIM», «JOY» та роз'єм для підключення мережевого блоку живлення (рис. 2).

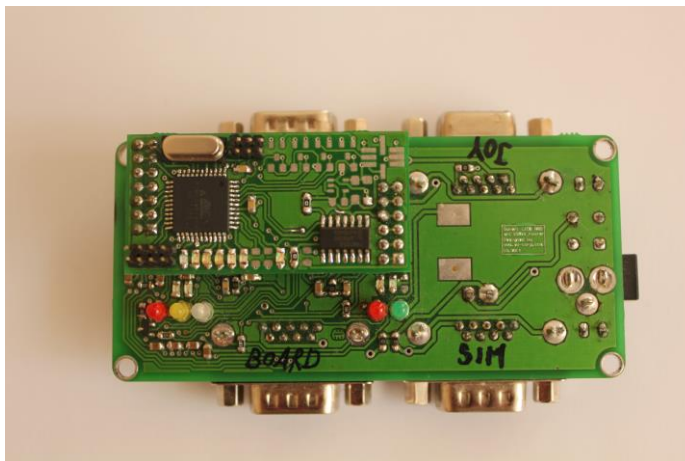


Рис. 2 – Роз’єми «NAV», «SIM», «JOY» та роз’єм для підключення живлення на платі автопілоту

Для підключення плати автопілоту необхідно, відповідно роз’ємам, під’єднати кабелі: «SIM» та «NAV» для з’єднання з системним блоком, кабель «JOY» для з’єднання з кермом управління та кабель живлення для забезпечення вузлів плати електричною енергією (рис. 3).

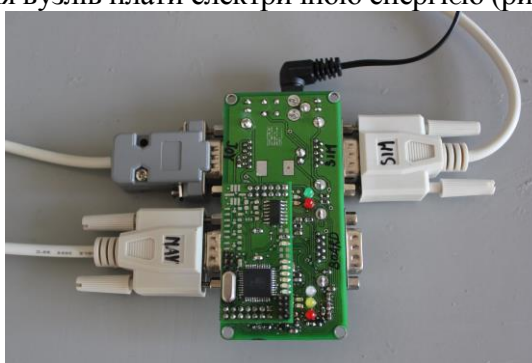


Рис. 3 – Під’єднання плати автопілоту

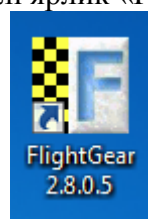
Запуск програм Тренажеру БАС

Для запуску Тренажерного комплексу безпілотних авіаційних систем необхідно послідовно запустити такі програми:

1. «FlightGear 2.8.0.5»;
2. «SimData3»;
3. «Detal».

Запуск «FlightGear»

Для запуску натисніть на робочому столі ярлик «FlightGear»:



Відкриється вікно-повідомлення (рис. 4), натисніть «Close»:

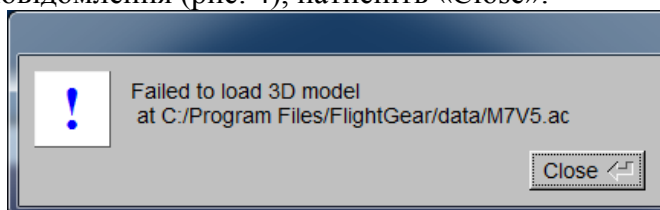


Рис. 4 – Вікно-повідомлення

У діалоговому вікні, що відкриється, виберіть зі списку «Select an aircraft», літальний апарат «UAV M7V5 low rates» (рис. 5):

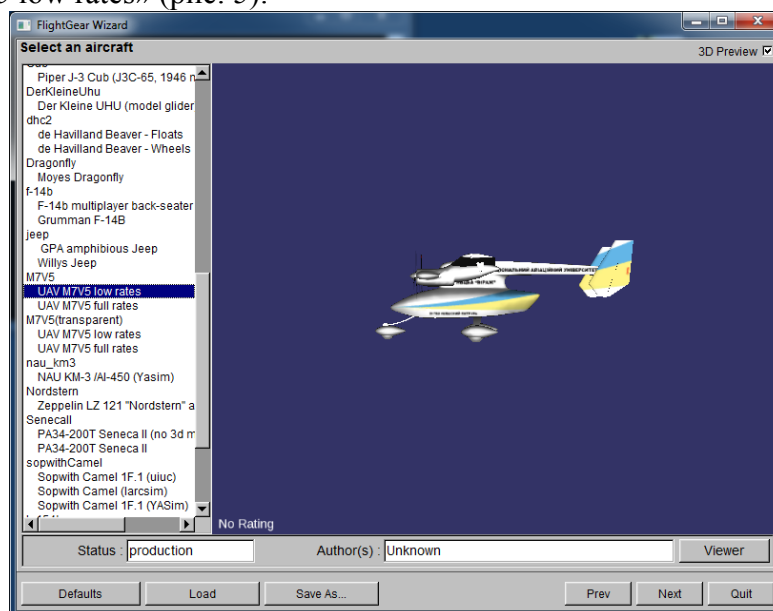


Рис. 5 – Діалогове вікно вибору літального апарату

Натисніть кнопку «Next».

Зі списку аеродромів «Select a location» виберіть необхідний, наприклад аеродром Бориспіль – «BORYSPIL INTL» та натисніть клавішу «Next» (рис. 6):

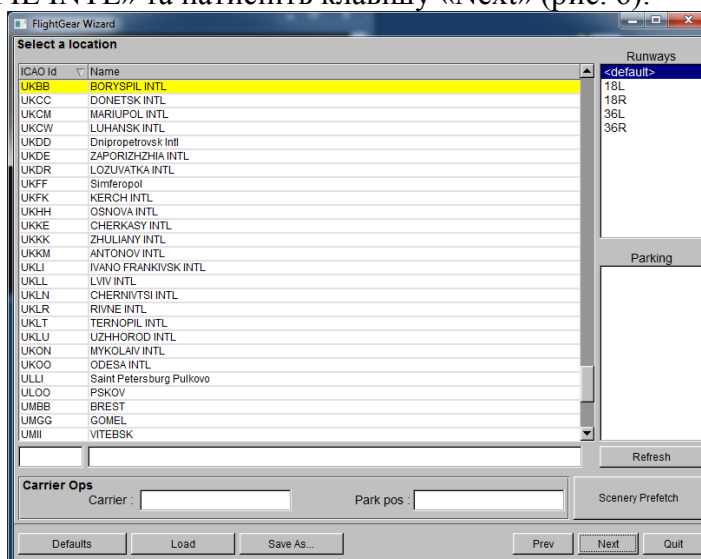


Рис. 6 – Діалогове вікно вибору аеропортів

Далі натисніть клавішу «Next».

Відкриється вікно з заданими параметрами дисплея, характеристиками, сценарієм та іншим (рис. 7). Не змінюючи налагодження, натискаємо «Run».

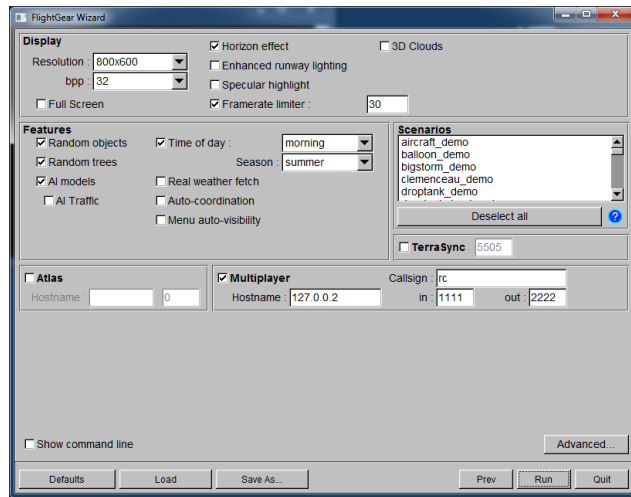


Рис. 7 – Діалогове вікно із вказаними параметрами
Відбувається завантаження системи (рис. 8).



Рис. 8 – Завантаження системи «FlightGear 2.8.0.5»

Відео-спостереження із камери, що знаходиться на борту БПЛА (рис. 9).
Вікно розвертаємо та залишаємо на основному Моніторі 1.

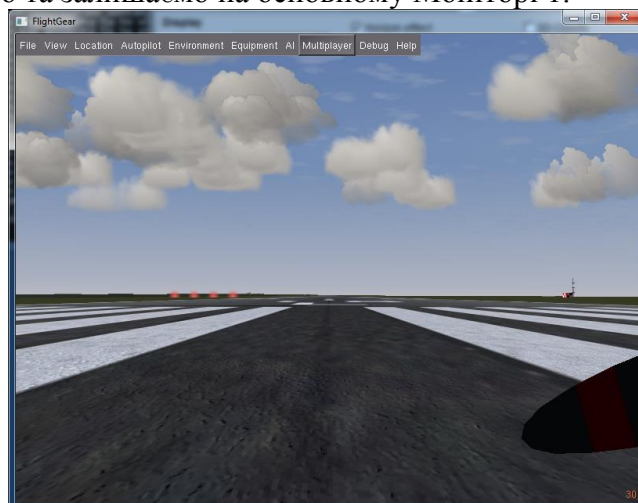
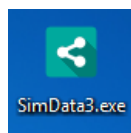


Рис. 9 – Вигляд на ВПП з літального апарату.

Запуск «SimData3»

Для установлення зв'язку між симулятором та автоматичним режимом необхідно завантажити систему «SimData3». Для цього подвійним щогликом миші натисніть на робочому столі ярлик «SimData3»:



Зверніть увагу, кнопка «START» повинна бути неактивна, в іншому випадку натисніть клавішу «START», а потім «STOP».

Перенесіть діалогове вікно (рис. 10) на Монітор 3, що знаходиться нижче справа.

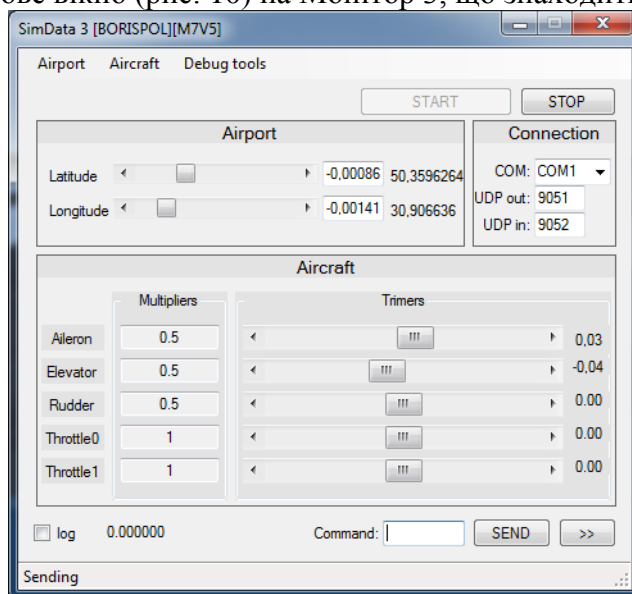


Рис. 10 – Параметри системи «SimData3»

Запуск «Dedal»

Запускаємо ярлик «Dedal»:



Вікно, що відкрилося (рис. 11), розгортаємо на весь екран та переносимо на Монітор 2.

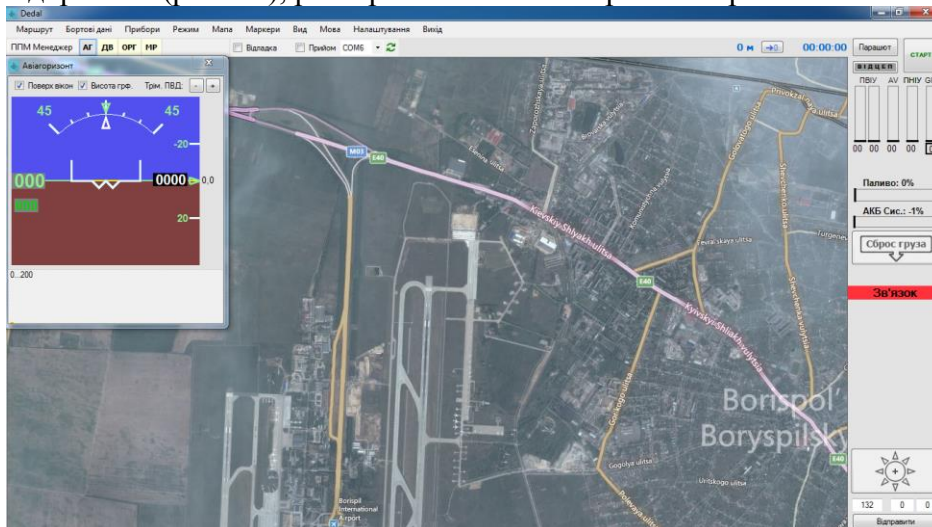


Рис. 11 – Зовнішній вигляд системи «Dedal»

Ввімкнення роутера та пілотного контролера

Коли всі програми завантажені, потрібно включити кнопку ввімкнення роутера та пілотного контролера. На платі повинен загорітись жовтий світлодіод (рис. 12).



Рис. 11 – Підключення блоку автопілоту та керма управління

Установлюємо «галочку» в полі «Прийом» на панелі інструментів (рис. 13).

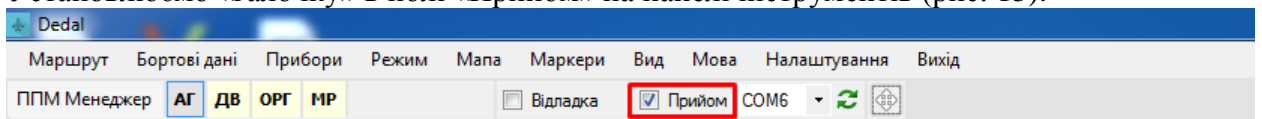


Рис. 13 – Встановлення прийому

В діалоговому вікні «Введіть нові параметри» натискаємо кнопку «Отримати по борту шир.:50,36 довг.:30,91» та кнопку «ОК» (рис. 14).

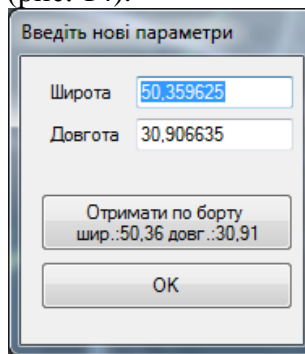



Рис. 14 – Вікно «Введіть нові параметри»

На карті відобразиться позначка ЛА та курси польотів, що направлені від нього (рис. 15).

Кнопкою  можна змінювати вигляд карти.

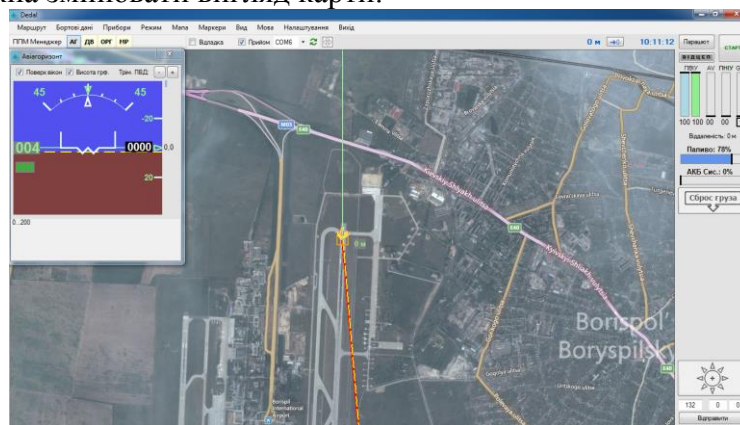


Рис. 12 – Істинний, магнітний та компасний курс літального апарату на карті

Жовта переривчаста лінія, що направлена від БПЛА, вказує на істинний курс літака. Червоною лінією позначається магнітний курс, зеленою – компасний курс БПЛА.

ПРОГРАМУВАННЯ БПЛА

Для того, щоб задати маршрут, необхідно натиснути кнопку «ППМ Менеджер» на головному меню панелі інструментів (рис. 16).

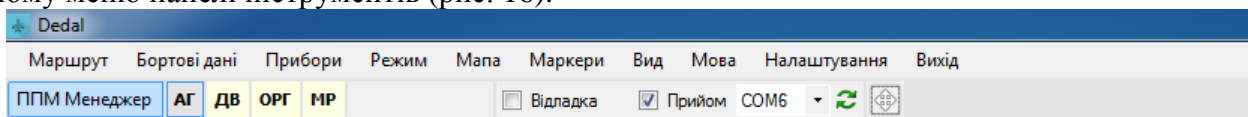


Рис. 16 – Кнопка «ППМ Менеджер» на головному меню програми

Відкриється поле зліва для відображення списку поворотних пунктів маршруту (рис. 17).

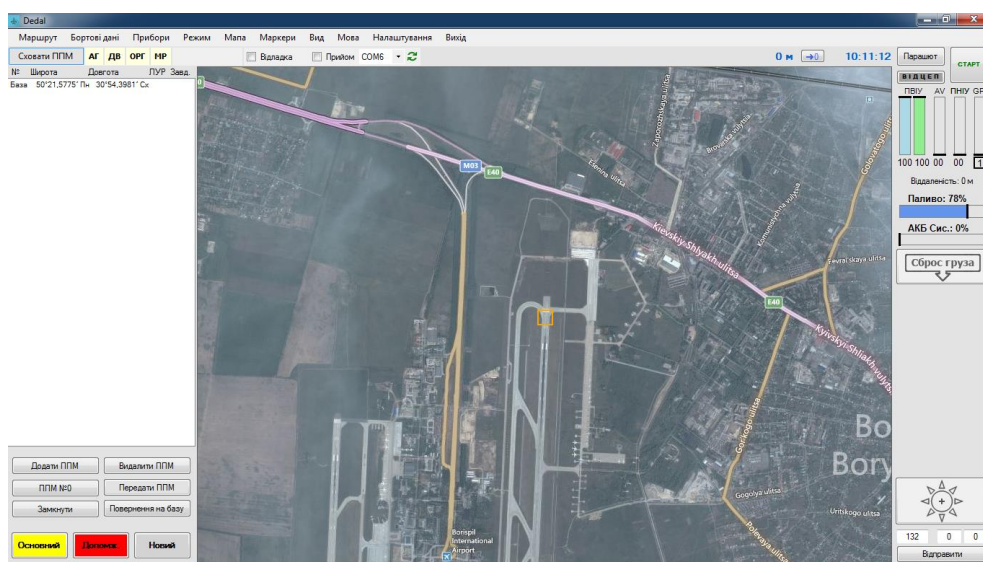


Рис. 13 – Відображення «ППМ Менеджер»

Далі натискаємо кнопку «Маршрут» та з випадаючого списку вибираємо «борис.csv» (цей маршрут являє собою 4 поворотні точки, які розміщені таким чином, що мають вигляд прямокутника) (рис. 18).

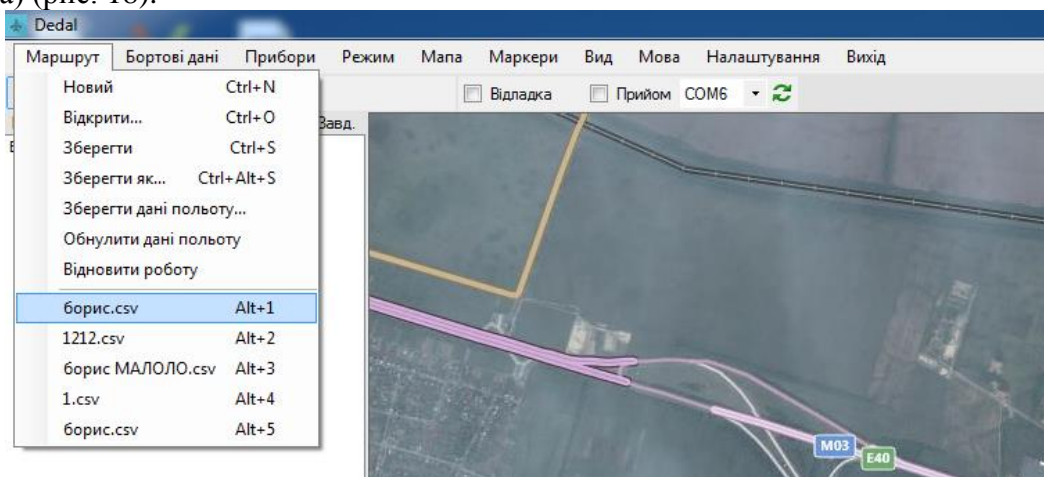


Рис. 14 – Вибір проміжних пунктів маршруту

На полі зліва відобразиться список координат поворотних пунктів маршруту (точок) (рис. 19):

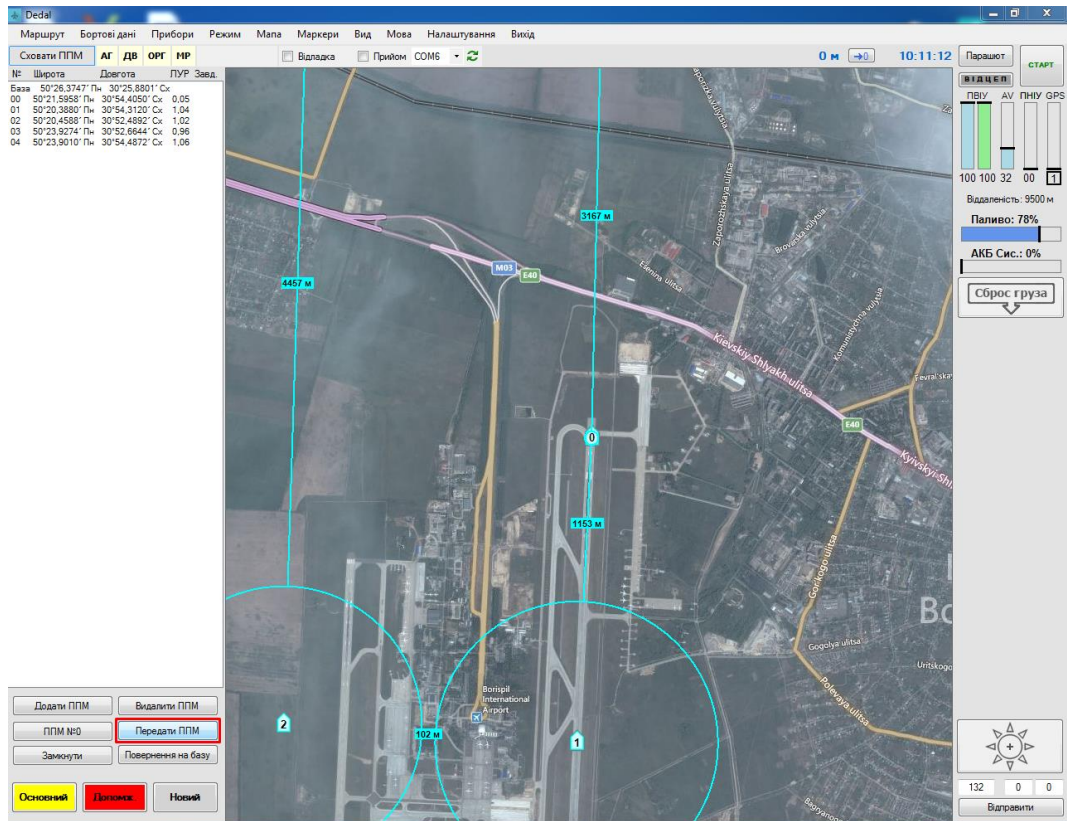


Рис. 15 – Відображення заданих координат поворотних точок маршруту на карті

Натиснувши кнопку «Передати ППМ», відбувається завантаження координат ППМ (точок маршруту) в енерго-незалежну пам'ять політного контролера.

На інформаційній панелі справа висвітлиться повідомлення «Передано» зеленим кольором.

Інформаційні показники

На панелі головного меню програми «Dedal» (рис. 20) розміщені такі кнопки:



Рис. 20 – Головна панель програми «Dedal»

- ДВ** – Кнопка «ДВ» (двигуни) для відображення інформації про показники двигунів;
- ОРГ** – Кнопка «ОРГ» (органайзер) для управління автопілотом;
- МР** – Кнопка «МР».
- АГ** – Кнопка «АГ» (авіагоризонт) для визначення положення БПЛА відносно горизонту.

Двигуни

Натиснувши кнопку «ДВ», відкривається діалогове вікно «Силова Установка» (рис. 21):

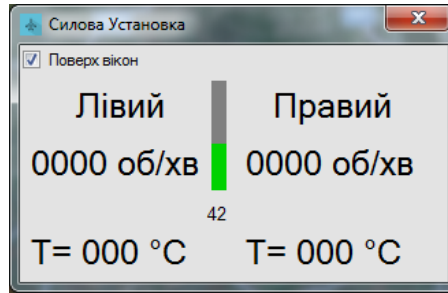


Рис. 216 – Інформаційне вікно «Силовая Установка»

«Лівий» вказує на стан лівого двигуна (обороти та температуру), «Правий» – правого. Стовпчик показує параметри ручного управління двигуна (РУД), тобто обороти двигуна. «T = 000 °C» правого та лівого двигунів вказує на їх температурні показники.

Встановлена галочка в пункті «Поверх вікон» дозволяє вивести вікно на якому вона встановлена, поверх всіх відкритих діалогових вікон на моніторі.

Органайзер

Кнопка «ОРГ» дозволяє в режимі реального часу задавати команди управління автопілотом БПЛА.

Кнопка «Повернення на базу» дозволяє повернути БПЛА в точку вильоту, незалежно від того, в якому напрямі він рухався до натиснення цієї кнопки.

Після натиснення кнопки «Наступний» БПЛА змінює маршрут на задану наступну точку (поворотний пункт маршруту, ППМ).

«Цільова висота» дозволяє зменшувати (збільшувати) висоту польоту БПЛА натисканням відповідних кнопок.

Цільова швидкість. Дані не змінюються і задаються на початку планування маршруту.

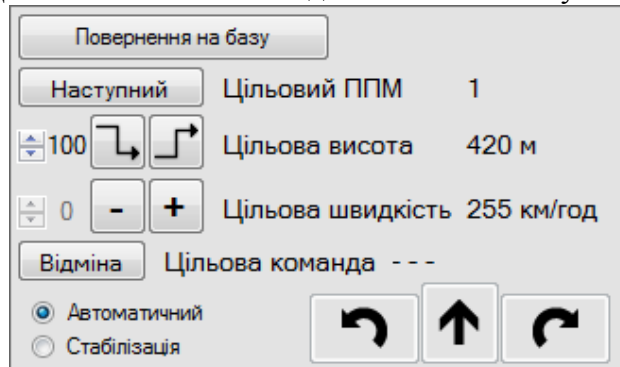


Рис. 22. – Органайзер

Авіагоризонт

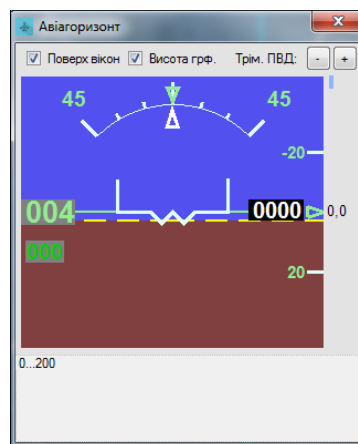


Рис. 23 – Інформаційне вікно «Авіагоризонт»

Вікно «Авіагоризонт» дозволяє спостерігати за положенням зображеного на шкалі авіагоризонту мініатюрного силуету БПЛА та визначати положення свого БПЛА відносно справжнього горизонту.

Вікно також містить дані про істинну повітряну швидкість (зліва) та про барометричну висоту відносно тиску аеродрома (справа).

ЗАПУСК БПЛА

Підготовка до запуску

Підготовка до запуску БПЛА складається з:

На важелі управління (джойстику) перемістіть ручку RUD в крайнє положення до позначки «+».

Перевірте, в якому режимі управління знаходиться БПЛА. Якщо встановлено автоматичний режим (на маленькій схемі не горить жовтий світлодіод, на моніторі зеленим кольором зазначено «Автопілот ВКЛ») потрібно перевести його в ручний режим.

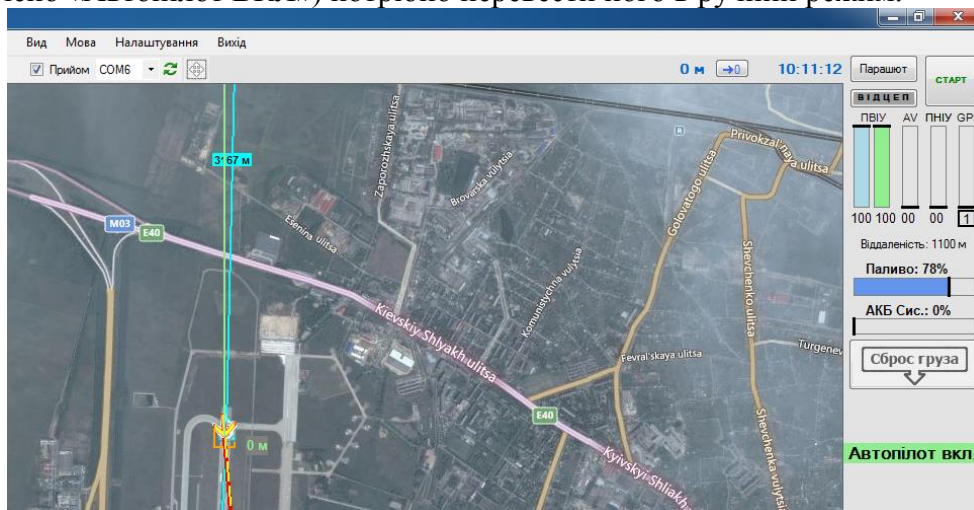


Рис. 24 – Зображення карти та увімкненого автопілоту

Щоб перевести управління БПЛА в ручний режим, потрібно натиснути кнопку «3» на джойстику.

Натискаємо кнопку, починає горіти жовтий світлодіод, а на моніторі зник надпис «Автопілот ВКЛ».

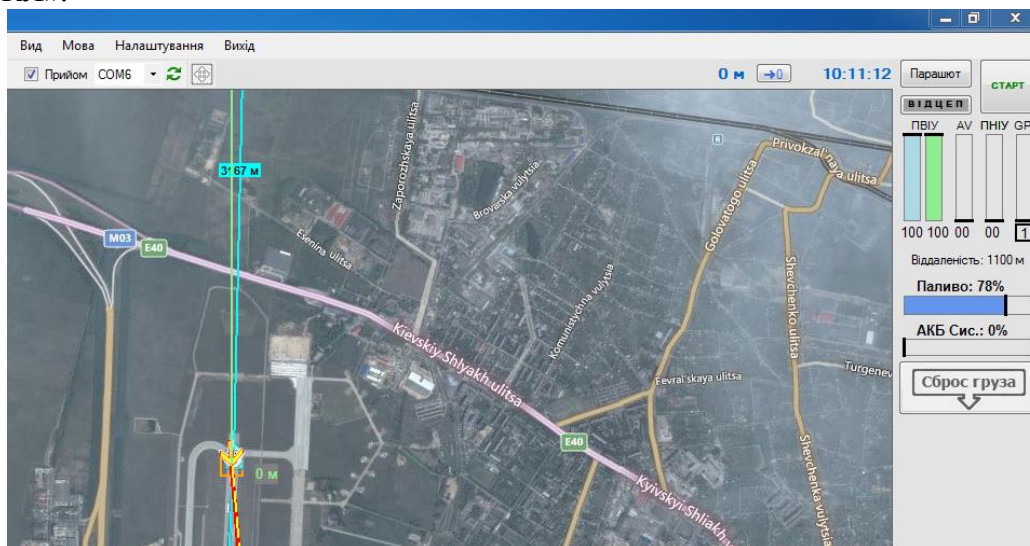


Рис. 25 – Зображення карти та вимкненого автопілоту

Злітаємо у ручному режимі.

Запуск двигунів

Активувати вікно «FlightGear» на верхньому моніторі.

Натиснути клавішу «S» на клавіатурі і утримувати, поки БПЛА не почне рухатись. Коли БПЛА набере обертів більше 1000 об/хв відпустити клавішу.



Рис. 26 – Рух БПЛА по ВПС

ПОЛІТ БПЛА

Тримати джойстик правою рукою. Рухами джойстика вліво-вправо утримувати БПЛА по полосі, щоб він рухався до поки не набере злітну швидкість, близько 160 км/год.

Як тільки БПЛА набрав необхідну швидкість, потрібно легко потягнути ручку джойстика на себе для злету (рис. 27).

БПЛА має летіти зі швидкістю 200 км/год, це його цільова швидкість (задана на початку планування польоту).

Коли БПЛА набере висоту не менше 100 метрів, можна перевести його управління в автоматичний режим, для цього необхідно натиснути кнопку «3» на ручці управління (джойстику).

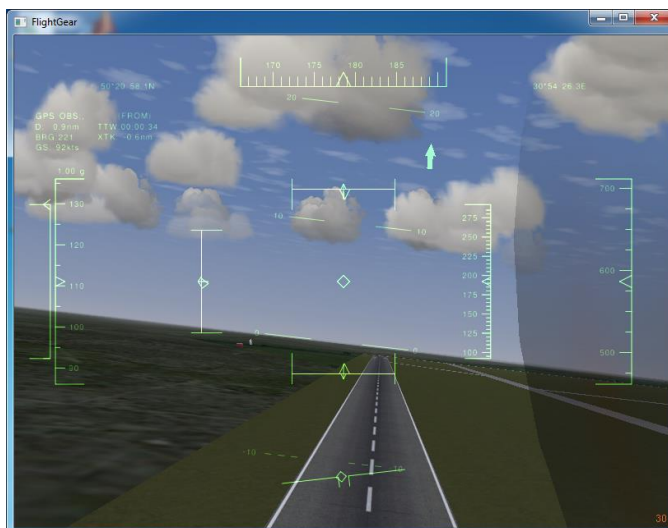


Рис. 27 – Зліт БПЛА

В будь який момент під час виконання завдання можна поставити на паузу за допомогою кнопки «P», або перезавантажити – «Shift» + «Esc». При перезавантаженні обов'язково необхідно виключити схему (натиснути кнопку «вкл/ викл» на мікросхемі), а потім включити її знову.



Рис. 28 – Політ БПЛА

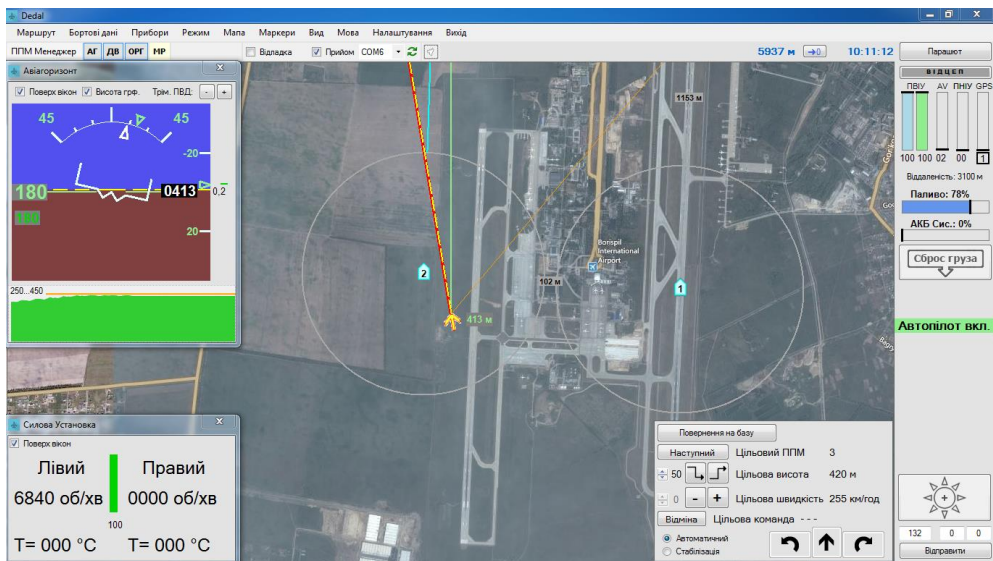


Рис. 29 – Відображення руху БПЛА по проміжним пунктам маршруту

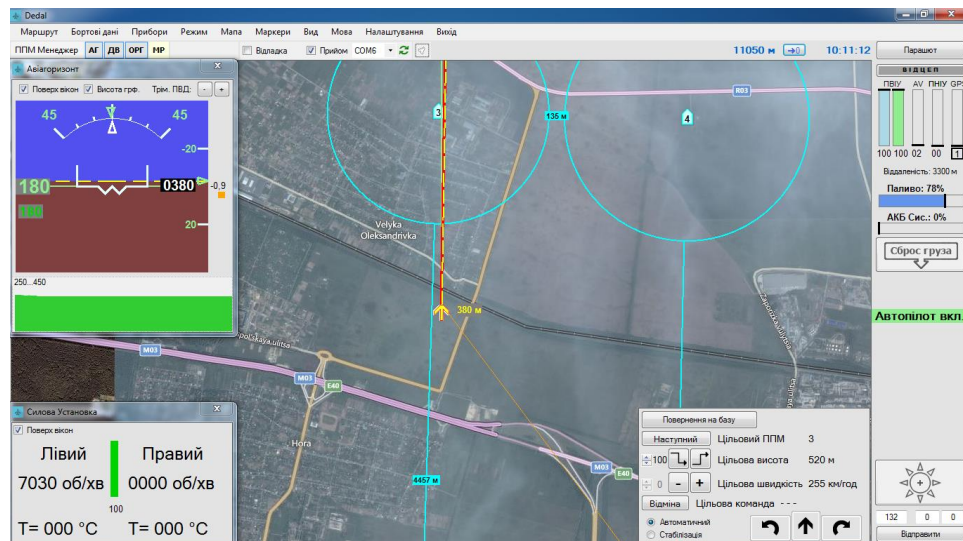


Рис. 30 – Відображення руху БПЛА по проміжним пунктам маршруту

ПОСАДКА БПЛА

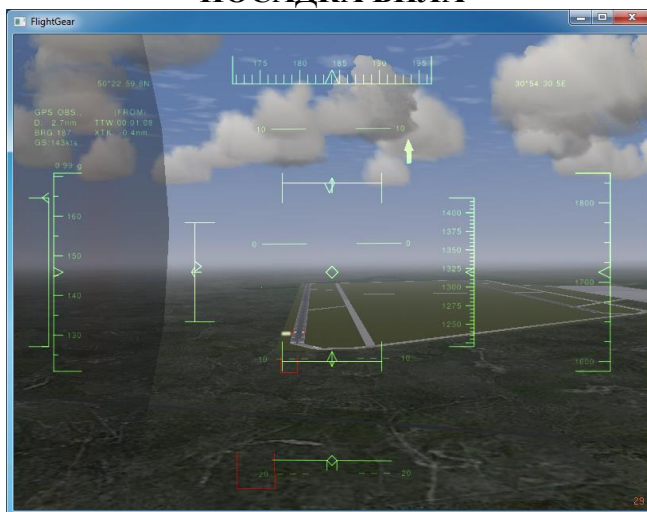


Рис. 31 – Направлення БПЛА на посадку, рух по глісаді

Перевести БПЛА в ручний режим – кнопка «З» на джойстику.

Виставити на ручці РУД 50% (посередині), потім ще зменшити, до 35% при цьому швидкість буде спадати.

Спрямувати БПЛА на злітно-посадкову смугу (ЗПС).

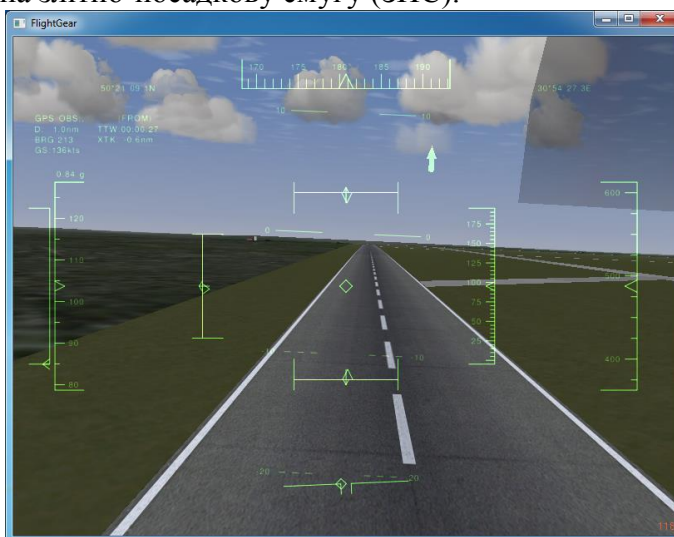


Рис. 32 – Приземлення БПЛА

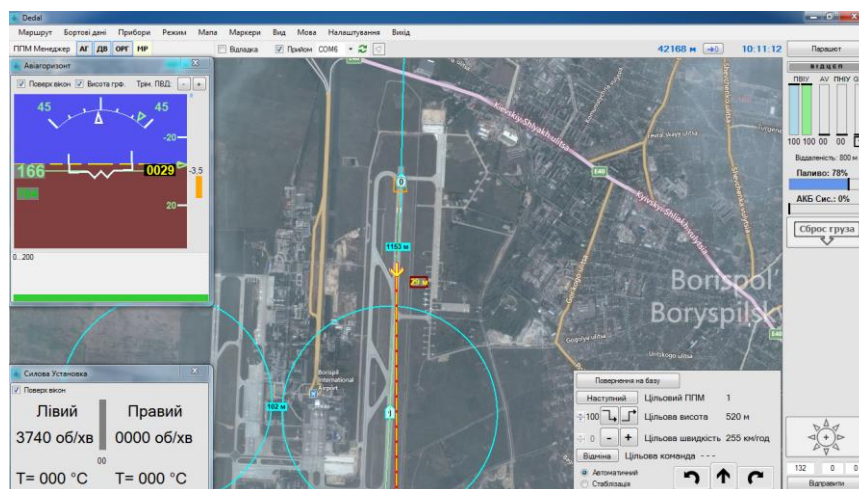


Рис. 33 – Зображення БПЛА на карті

Коли БПЛА приземлиться на ЗПС перевести ручку РУД в положення 0 («←»).



Рис. 34 – Зупинка БПЛА

Для зупинки натиснути клавішу «В».

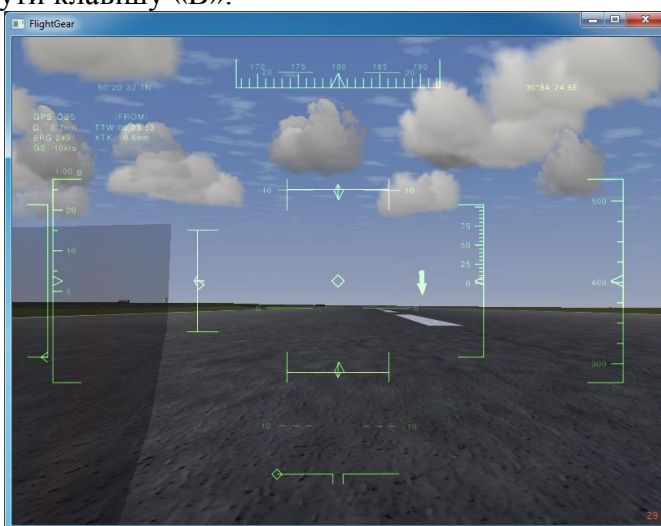


Рис. 35 – Зупинка БПЛА

Додаток Д

Лабораторні роботи для підготовки операторів систем аеронавігаційного обслуговування

Лабораторна робота № 2

Тема: Основні принципи роботи приводної радіостанції та визначення курсового кута літака
Мета:

1. Ознайомитись з принципом дії NDB (приводна радіостанція).
2. Ознайомитись з принципом роботи автоматичного радіокомпаса (ADF).

Теоретична частина

Ненаправлений радіомаяк (NDB (non-directional beacon))

Ненаправлений радіомаяк представляє собою наземний радіопередавач неспрямованого випромінювання, який знаходиться в точці з відомими координатами та призначений для визначення курсового кута повітряного корабля, а також трансляції мовних повідомлень по каналу «земля-літак».

Курсовий кут – це кут, який утворюється між північним напрямком, що проходить через ПК та поздовжньою віссю ПК. Курс відраховують за годинниковою стрілкою від 0 до 360°.

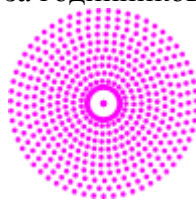


Рис. 1– Символ NDB (non-directional beacon)

Автоматичний радіокомпас (автоматичний радіопеленгатор (Automatic Direction Finding))

Автоматичний радіокомпас (АРК) призначений для слідування за маршрутом повітряного корабля за радіосигналами приводних радіостанцій шляхом визначення курсового кута радіостанції (NDB). АРК забезпечує вирішення наступних завдань:

- Політ на радіостанцію та від неї з безперервною індикацією курсу;
- Визначення місця розташування літака за двома наземним приводним радіостанціям;
- Виконання заходу на посадку спільно з іншою апаратурою;
- Прийом та прослуховування позивних сигналів приводних радіостанцій.

Завдання 1

- Використовуючи, онлайн-симулятор вивчити зв'язок між наземним обладнанням NDB та бортовим обладнанням ADF.

Для цього необхідно ввести наступні дані : 1. обрати ADF Simulator; 2. ввести значення швидкості вітру, наприклад, 20 км/г; висоту max 10500 м - min 100 м; курс літака 138⁰; кут тангажу. Запустити симулятор, натиснувши кнопку Start.

http://luizmonteiro.com/Learning_ADF_Sim.aspx

ADF симулятор

– Через 5 хвилини записати основну навігаційну інформацію, яку можливо отримати від інформаційної панелі: відстань літака до NDB/DME; курс літака, магнітний курс; рухається літак до або від радіомаяка; рухається літак чітко по курсу, якщо ні – на скільки відхиляється, а також представити PrintScreen інтерфейсу симулятора.

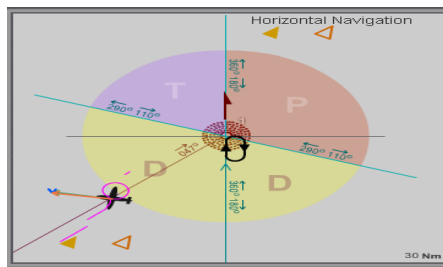
– Зробити висновки.

Стислий опис інструментів:

- 1) ADF Simulator включає 7 основних інструментів (ASI (air speed indicator), AI (attitude indicator), Altimeter, TC (turn coordinator), HI (heading indicator), ADF (automatic direction finder) та VSI (vertical speed indicator))



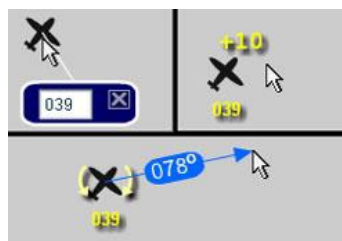
2) На карті позначаються радіали, курси та інша інформація



3) Три способи налаштування кнопок



4) Три способи зміни курсу



5) Інструменти для збереження налаштувань та позицій літака



б) На панелі автоматичний радіопеленгатор (ADF) відображає положення літака щодо навігаційного об'єкта, розташованого на землі з відомими координатами.

Курс

Позначення курсу на шкалі компасу

Жовта стрілка

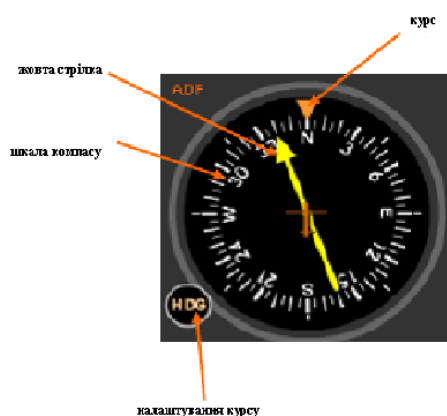
Жовта стрілка вказує на положення щодо NDB при отриманні сигналів від радіостанції. Коли ж сигналу немає, стрілка не буде вказувати на напрямлення до радіостанції. На літаку, в таких випадках пілот повинен постійно контролювати сигнал коду Морзе.

Шкала компасу

Шкала компасу має позначення в градусах та регулюється за допомогою кнопки налаштування курсу. У цьому симуляторі шкала автоматичного радіокомпасу не повертається автоматично зі зміною курсу.

Кнопка налаштування курсу

Використовується для налаштування курсу



За допомогою клавіатури також можливо керувати налаштуваннями літака.

За допомогою клавіш W (збільшити) та Z (зменшити), Space (повернути в початкове положення) можна змінити кут тангажу літака.

За допомогою клавіш A (збільшити), D (зменшити) та S(повернути в початкове положення) можна змінити кут крену літака.

Клавіша T – Запуск/Стоп/Повернення у вихідне положення хронометра, клавіші K та M – збільшити та зменшити повітряну швидкість (IAS – indicated airspeed), клавіша P – старт/пауза руху літака.

Контрольні запитання

- 1) Який принцип роботи ADF?
- 2) У чому полягає принцип роботи гоніометра?
- 3) Дайте визначення, що таке курсовий кут.
- 4) Принцип роботи NDB.

Список джерел

1. Харченко В.П. Остроумов І.В. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов – К.: НАУ, 2013 – 281с.
2. Мелкумян В. Г. Семенов А.А. Зуєв О.В. Радіонавігаційні системи аеропортів. Кутомірні та далекомірні системи : навч.посіб. / В. Г. Мелкумян, А.А. Семенов, О.В. Зуєв. – К.: КМУЦА,2000. – 196 с.
3. ICAO Annex 10 Авіаційний електрозв'язок Том 1 Радіонавігаційні засоби
4. Електронний ресурс Aviation Education режим доступу: <http://luizmonteiro.com>

Додаток Ж

Демонстративний відеоматеріал «Sky patrol», «Sea patrol», «Наземне патрулювання загального призначення»

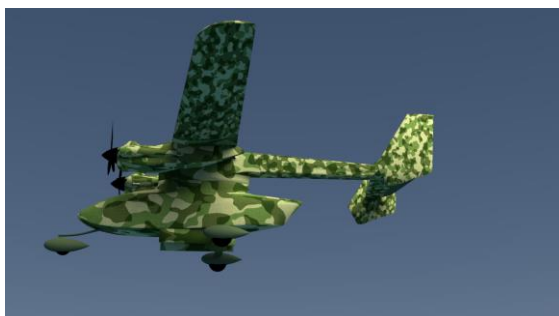
У відеоматеріалі демонструється послідовно взаємодію різних типів БПЛА для виявлення та виведення із строю техніки порушників кордону.



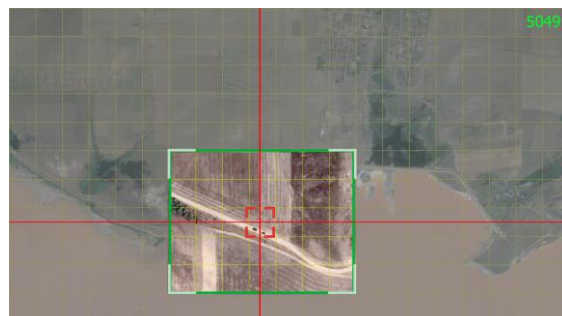
Умовні порушники кордону.



БПЛА розвідувального призначення.



Транспортний БПЛА.



Відеофіксація порушників.



Дислокація БПЛА



Виліт на завдання.



Стратегічні БПЛА.



Наближення до порушників



Пошкодження техніки порушників.

Демонстративний відеоматеріал «Sea patrol».

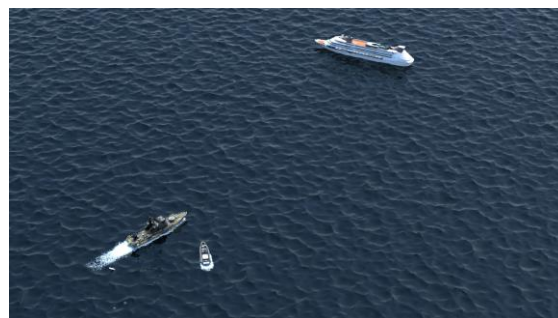
1. Матеріал створений для наглядного роз'яснення можливостей БПЛА в сфері патрулювання водних басейнів.
2. Для практичного виконання були застосовані методи тривимірного полігонального моделювання, тривимірної та двовимірної анімації, VFX спец. ефектів та композингу.

3. В процесі роботи були застосовані наступні програмні продукти: Blender 3D, Adobe Premiere, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Adobe Flash, GIMP. Blender 3D було використано для тривимірного моделювання, анімації, рендерінгу та динамічного композингу. В процесі відео монтажу було використано Adobe Premiere. Для тексту рингу було задіяно систему Adobe Photoshop та GIMP. Графічні векторні елементи виконано в системі Adobe Illustrator. Двовимірні анімації реалізовані в програмі Adobe Flash.
4. Використані моделі повністю відповідають реальним прототипам та аналогам.
5. Моделі БПЛА зроблені на основі робочих САПР джерел.

У відеоматеріалі демонструється послідовно взаємодію різних типів БПЛА для виявлення та виведення із строю техніки зловмисників.



БПЛА розвідувального призначення.



Відеофіксація порушників.



Відеофіксація порушників.



Техніка порушників.



Охоронний патруль.



Пошкодження техніки зловмисників.

Демонстративний відеоматеріал «Наземне патрулювання загального призначення».

1. Матеріал створений для наглядного роз'яснення можливостей БПЛА в сфері наземного патрулювання загального призначення.
2. Для практичного виконання були застосовані методи тривимірного полігонального моделювання, тривимірної та двовимірної анімації, VFX спец. ефектів та композингу.
3. В процесі роботи були застосовані наступні програмні продукти: Blender 3D, Adobe Premiere, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Adobe Flash, GIMP. Blender 3D було використано для тривимірного моделювання, анімації, рендерінгу та динамічного композингу.

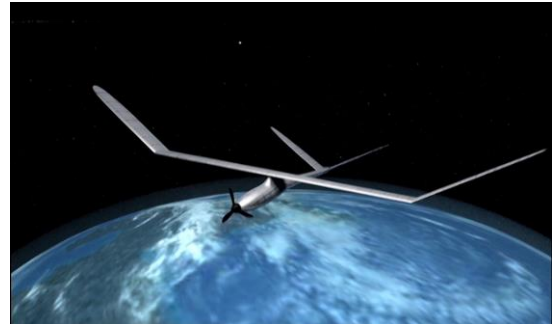
композиру. В процесі відео монтажу було використано Adobe Premiere. Для тексту рингу було задіяно систему Adobe Photoshop та GIMP. Графічні векторні елементи виконано в системі Adobe Illustrator. Двовимірна анімація реалізована в програмі Adobe Flash.

4. Використані моделі повністю відповідають реальним прототипам та аналогам.
5. Моделі БПЛА зроблені на основі робочих САПР джерел.

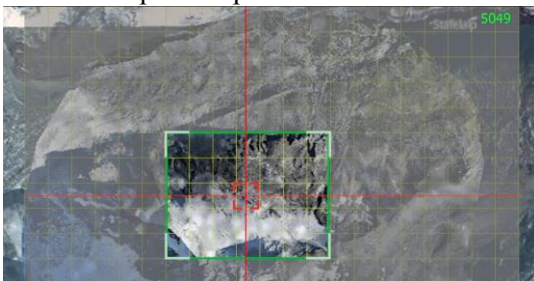
У відеоматеріалі демонструється послідовно взаємодію різних типів БПЛА для виявлення пошкоджень від природніх катаклізмів.



Пошкодження ліній електропередач в гірських районах.



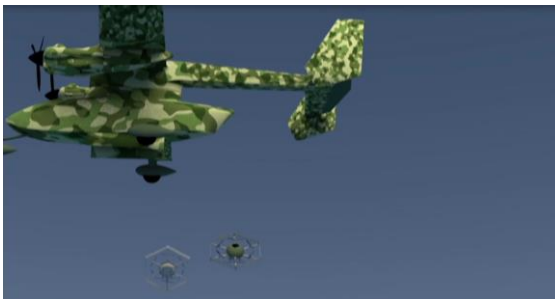
БПЛА розвідувального призначення.



Відеофіксація пошкоджень.



Транспортний БПЛА.



Транспортний БПЛА.



Пошук пошкоджень.



Пошук пошкоджень.



Виїзд ремонтної бригади