

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри АНС
д-р техн. наук, проф.

_____ Ларін В.Ю.

«_____» _____ 2023р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «МАГІСТР»
за освітньо-професійною програмою
«ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ»

Тема:

**Контроль за повітряним рухом в повітряному
просторі України**

Виконавець: Величко Олександр Петрович

Керівник: Аргунов Геннадій Федорович

Нормоконтролер: Аргунов Геннадій Федорович

Київ-2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра аеронавігаційних систем

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування повітряного руху»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри АНС

_____ В.Ю. Ларін
« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Величко Олександр Петрович

1. *Тема дипломної роботи:* **«Контроль за повітряним рухом в повітряному просторі України»** затверджена наказом ректора від "22" жовтня 2023 р. № 1443/ст
2. *Термін виконання роботи:* 23.10.2023 – 31.12.2023
3. *Вихідні дані до роботи:* Інфраструктурна спостереження, що забезпечує позиціонування повітряних суден в повітряному просторі України
4. *Зміст пояснювальної записки:* Аналіз наявної інфраструктури спостереження, що використовується для забезпечення безпечного, захищеного та ефективного обслуговування повітряного руху. Виявлення експлуатаційних недоліків радіолокаторів типу ТРЛК – 10 «Скала». Вибір структури зондуючого сигналу. Визначення основних систем, що підлягають модернізації. Опис етапів обробки сигналів, що виконуються цифровими методами та реалізація з допомогою спеціального математичного забезпечення. Вибір необхідної системи забезпечення електроживлення модернізованої частини радіолокатора. Детальний огляд протоколів та

інтерфейсів передачі даних до АСКПР. Реалізація системи моніторингу ТРЛК-10. Проведено розрахунок надійності та визначено коефіцієнт готовності. Виконано підрахунок витрат на експлуатацію радіолокатора до та після модернізації, проведено порівняння витрат. Описано заходи з метою забезпечення вимог огороги праці та навколишнього середовища.

5. *Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: ілюстрації пояснювальних матеріалів, порівняльні таблиці, схеми.*

6. *Календарний план графік*

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Підготовка до написання роботи (пошук джерел, розробка плану роботи. . .)	01.09 -01.10.23	
2.	Підготовка та написання 1 розділу «Аналіз трасових радіолокаторів	11.09 -30.10.23	
3.	Підготовка та написання 2 розділу «Інтерфейси обміну даними»	02.10 -31.10.23	
4.	Підготовка та написання 3 розділу «Оцінка відповідності апаратури локатора заданим вимогам надійності»	01.11 -10.11.23	
5.	Підготовка та написання 4 розділу «Економічна ефективність модернізації первинного радіолокатору»	02.10 -13.11.23	
6.	Підготовка та написання 5 розділу «Охорона праці та охорона навколишнього середовища»	31.10 -07.11.23	
7.	Підготовка презентації та доповіді	13.11 -24.11.23	

7. *Дата видачі завдання: « 05 » __ вересня __ 2022 р.*

Керівник дипломної роботи _____ Аргунов Геннадій Федорович
(підпис керівника) (прізвище, ім'я, по батькові)

Завдання прийняв до виконання _____ Величко Олександр Петрович
(підпис студента) (прізвище, ім'я, по батькові)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «**Контроль за повітряним рухом в повітряному просторі України**»: 113 сторінок, 27 рисунків, 35 таблиць, 35 використаних джерел.

Мета дипломної роботи – модернізація існуючого ТРЛК

Засоби досягнення – аналіз технічних характеристик первинного каналу радіолокатору, визначення систем, що потребують модернізації.

Об'єкт удосконалення – система спостереження ОПР України

Прогнозовані припущення щодо об'єкта модернізації – проведена робота надасть можливість провести модернізацію первинного каналу радіолокатору з врахуванням показників надійності та економічної складової.

АРКУШ ЗАУВАЖЕНЬ

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	8
Терміни та визначення.....	10
Вступ.....	14
Розділ 1. АНАЛІЗ ТРАСОВИХ РАДІОЛОКАТОРІВ.....	16
1.1. Недоліки наявного ражіолокатору ТРЛК-10.....	16
1.2. Обґрунтування необхідного енергетичного потенціалу первинного каналу	18
1.3. Обґрунтування необхідного енергетичного потенціалу первинного каналу ТРЛК-10.....	22
1.4. Вибір структури зонduючого сигналу ТРЛК-10	26
1.5. Проектне рішення по реалізації захисту від завад та обробка сигналів в первинному каналі	28
1.6. Принципи побудови апаратури модернізованого ТРЛК-10	31
1.7. Опис основних систем РЛС	35
Висновки до розділу 1	57
Розділ 2. ІНТЕРФЕЙСИ ОБМІНУ ДАНИМИ	58
2.1. Інтерфейси передачі даних на АСКПР	58
2.2. Передача даних по послідовному інтерфейсу RS-232	63
2.3. Організація видачі даних на АСКПР	67
2.4. Опис інформаційної моделі АРМ.....	69
Висновки до розділу 2	72
Розділ 3. ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ АПАРАТУРИ ЛОКАТОРА ЗАДАНИМ ВИМОГАМ НАДІЙНОСТІ.....	71
3.1. Характеристика ТРЛК-10МПА як об'єкта розрахунку надійності.....	71
3.2. Оцінка показників надійності модернізованої частини ТРЛК-10МП	75
3.3. Розрахунок показників надійності модернізованої частини ТРЛК-10.....	80
3.4. Розрахунок показників надійності обладнання модернізованої частини ТРЛК-10ТС.....	89
Висновки до розділу 3	91

Розділ 4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПЕРВИННОГО РАДІОЛОКАТОРУ	92
Висновок до розділу 4	102
Розділ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	103
Висновок до розділу 5	108
Загальні висновки	109
Список використаної літератури	111

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АНІ** – аеронавігаційна інформація
- АСКПР** – автоматизована система керування повітряним рухом
- АПОІ** – апаратура первинної обробки інформації
- АМ** – амплітудна модуляція
- БЦОС** – блок цифрової обробки сигналів
- ВОРЛ** – вторинний оглядовий радіолокатор (вторинний канал)
- ВПШ** – використання повітряного простору
- ВЧ** – високі частоти
- ДБЖ** – джерело безперебійного живлення
- ДБ** – децибели
- ОПР** – обслуговування повітряного руху
- ТРЛК** – трасовий радіолокаційний комплекс
- ПС** – повітряне судно
- ПОРЛ** – первинний радіолокатор
- РМ** – робоче місце
- РПУ** – радіопрозор укриття
- ЗПС** – злітно – посадкова смуга
- ЕПР** – ефективна площа розсіювання
- РЛС** – радіолокаційна станція
- УПР** – управління повітряним рухом
- ОПР** – обслуговування повітряного руху
- СККД** – система керування, контролю та діагностики
- ЛОМ** – локальна обчислювальна мережа
- КШ** – коефіцієнт шуму
- МАІ** – малі азимутальні імпульси
- ТК** – технічний контроль
- ТРЛК** – трасовий радіолокаційний комплекс
- ЧАРП** – часове автоматичне регулювання підсилення
- ЦОС** – цифрова обробка сигналів
- ЕПР** – ефективна поверхня розсіювання

ВВР – великий вертикальний розкрив (антени)

ФМ – фазова модуляція

ADS-B (*Automatic dependent surveillance-broadcast*) – Автоматичне залежне спостереження - радіомовне

AIC (*Aeronautical Information Circular*) – циркуляри аеронавігаційної інформації,

ATM (*Air Traffic Management*) — організація повітряного руху

EASA (*European Aviation Safety Agency*) – Європейська агенція авіаційної безпеки

IATA (*International Air Transport Association*) – Міжнародна асоціація повітряного транспорту

ICAO (*International Civil Aviation Organization*) – Міжнародна організація цивільної авіації

ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Безпека польотів - комплексна характеристика авіаційної системи, визначається як здатність виконувати польоти без загрози для життя і здоров'я людей, або властивість авіаційної системи запобігати авіаційним подіям.

Обслуговування повітряного руху - загальний термін, що означає у відповідних випадках польотне-інформаційне обслуговування, аварійне сповіщення, консультативне обслуговування повітряного руху, диспетчерське обслуговування повітряного руху (районне диспетчерське обслуговування, диспетчерське обслуговування підходу або аеродромне диспетчерське обслуговування).

Адреса повітряного судна (aircraft address) – індивідуальна комбінація, що складається з 24 бітів, яка надається ПС з метою забезпечення двостороннього зв'язку «повітря-земля», навігації та спостереження або небортовому прийомовідповідачу режиму S, що встановлюється на псевдоповітряному судні;

Азимут (azimuth) – горизонтальний напрямок від точки розташування навігаційного засобу, засобу спостереження чи будь-якого іншого об'єкту на ПС чи будь-який інший об'єкт, виражений в градусах від напрямку на північ (дійсного, магнітного або умовного) за годинниковою стрілкою;

Буквено-цифрові символи (alphanumeric characters) – загальний термін для букв та чисел (цифр);

Відмітка ПОПЛ (PSR blip) – візуальна індикація у несимволічній формі на дисплеї повітряної обстановки місцезнаходження ПС, отриманого за допомогою первинного локатора;

Відповідь ВОПЛ (SSR response) – візуальне відображення у несимволічній формі на дисплеї повітряної обстановки сигналу від прийомовідповідача ВОПЛ у відповідь на запит;

Вторинний радіолокатор (secondary radar) – система радіолокації, де радіосигнал, переданий радіолокатором, ініціює передачу радіосигналу іншої станції;

Диспетчер (air traffic officer) – загальна назва посадової особи органу ОНР, що забезпечує ПС будь-яким видом обслуговування повітряного руху;

Диспетчер УНР (air traffic controller) – посадова особа органу ОНР, що здійснює диспетчерське обслуговування повітряного руху;

Диспетчерське обслуговування повітряного руху (air traffic control service) – обслуговування, що здійснюється з метою запобігання зіткнень між ПС та ПС з перешкодами в зоні маневрування, а також для прискорення та підтримки впорядкованого потоку повітряного руху;

Дисплей повітряної обстановки (situation display) – електронний дисплей, на який виведено інформацію з відображенням місцезнаходження та руху ПС та іншу необхідну інформацію;

Ешелон (рівень) польоту (flight level) – поверхня постійного атмосферного тиску відносно бази тиску 1013,2 гПа (760 мм.рт.ст.), що віддалена від інших таких поверхонь на величину встановлених інтервалів тиску.

Загальний повітряний рух (general air traffic) – польоти ПС, що виконують відповідно до вимог чинного законодавства України, стандартів та рекомендованої практики ІКАО;

Ідентифікація повітряного судна (aircraft identification) – група буквено-цифрових символів, що є ідентичною позивному ПС або являє собою кодний еквівалент його позивного для двостороннього зв'язку «повітря – земля», та яку використовують для розпізнавання ПС в мережі авіаційного наземного електрозв'язку ОНР;

Індикація місцезнаходження (position indication) – візуальне відображення у несимволічній та/або символічній формі на дисплеї повітряної обстановки місцезнаходження ПС, псевдоповітряного судна або іншого об'єкта;

Інформація про рух (traffic information) – інформація, яку надає орган ОНР пілоту для того, щоб попередити його про інший повітряний рух, що є відомим або спостерігається і який може бути виявлено поблизу його

місцезнаходження або наміченого маршруту польоту та допомогти пілоту уникнути зіткнення;

Код вторинної оглядової радіолокації (code SSR) – номер, який призначений конкретному багатоімпульсному сигналу відповіді, що передається прийомовідповідачем ВОРЛ у режимі А або режимі С;

Моніторинг траєкторії польоту (flight path monitoring) – використання систем спостереження ОПР з метою забезпечення ПС інформацією та повідомленнями, пов'язаними із значними відхиленнями від номінальної траєкторії польоту, включаючи відхилення від умов, виданих у складі диспетчерських дозволів;

Неідентифіковане ПС – ПС, яке спостерігається або про яке повідомляється, що воно виконує політ у певному районі, але його ідентифікація не встановлена;

Обробка даних (data processing) – систематична послідовність операцій з даними. Прикладами операцій з даними є об'єднання, сортування, обчислення або будь-яке інше перетворення, перегрупування з об'єктом вилучення, перегляд або зміна подання інформації;

Обслуговування з використанням систем спостереження ОПР (ATS surveillance service) – термін, який використовується для позначення, що обслуговування забезпечується безпосередньо за допомогою систем спостереження ОПР;

Орган диспетчерського ОПР (air traffic control unit) – загальний термін, який означає у відповідних випадках районний диспетчерський центр, диспетчерський орган підходу або аеродромну диспетчерську вишку;

Пеленг (bearing) – горизонтальний напрямок від ПС до точки розташування навігаційного засобу, засобу спостереження, іншого ПС чи будь-якого іншого об'єкта, виражений в градусах від напрямку на північ (дійсного, магнітного або умовного) за годинниковою стрілкою.

Первинний оглядовий радіолокатор (primary surveillance radar (PSR)) – радіолокаційна система спостереження, що використовує відбиті радіосигнали;

Повітряне судно (aircraft) (ПС) — апарат, що підтримується в атмосфері у результаті його взаємодії з повітрям, відмінної від взаємодії з повітрям, відбитим від земної поверхні;

Повітряний простір обслуговування повітряного руху (air traffic services airspace) – повітряний простір визначених розмірів з літерним позначенням, у межах якого можуть виконуватися певні види польотів та для якого встановлюються певні види ОПР і правила польотів;

Радіолокатор (radar) – засіб радіовиявлення, який видає інформацію про дальність, азимут та/або кут місця об'єкта;

Радіолокаційний контакт (radar contact) – ситуація, коли радіолокаційне місцезнаходження відповідного ПС спостерігається та ідентифіковано на дисплеї повітряної обстановки;

ВСТУП

Інфраструктура зв'язку, навігації та спостереження (CNS – communication, navigation and surveillance), а також радіочастотний (РЧ) спектр, який використовується для їх потреб, є основні елементи, які забезпечують безпеку, пропускну спроможність, ефективність і стійкість експлуатаційних характеристик.

Спостереження забезпечує позиціонування повітряних суден, ідентифікацію та інший широкий спектр інформації, необхідної для забезпечення безпечного, захищеного та ефективного обслуговування повітряного руху. Це дозволяє застосовувати необхідне ешелонування в певних класах і обсягах повітряного простору. Надання послуг спостереження базується на наявній інфраструктурі та авіаційному обладнанні.

Інфраструктура спостереження складається з наступних компонентів:

- Авіоніка спостереження;
- Датчики спостереження: незалежні кооперативні датчики (режим SSR A/C/S, мультилатерація); Залежні кооперативні датчики (ADS-B/C); Незалежний некооперативний датчик (PSR, MSPSR, відео).
- Розповсюдження даних спостереження;
- Обробка даних спостереження.

На даний момент некооперативні системи спостереження складаються з встановлених радіолокаційних систем аеропорту та маршруту. Украерорух не використовує автономні первинні РЛС.

Первинні канали є частиною наступних РЛС:

- 5 маршрутних систем ТРЛК-10;
- 4 системи аеропорту ATCR-33S/SIR-S Mode S;
- 2 аеродромні системи AORL-85

Значна кількість некооперативних засобів вже перевищили свій робочий ресурс встановлений виробником. Деякі з них були модернізовані в період 2012-2018 років. Решта, а саме системи ТРЛК-10, встановлені на певних об'єктах експлуатуються більше 30 років.

Враховуючи перевищення технічного ресурсу немодернізованих ТРЛК-10, виготовлених у середині 80-х років минулого століття, фізичну застарілість цього обладнання та його комплектуючих, рішення щодо їх подальшого використання є критичним та невідкладним.

ПРЛ ТРЛК – 10 представляє собою конструктивну закінчену систему, яка забезпечує виявлення повітряних суден, визначення координат (азимуту та дальності) на фоні наявних завад від «місцевих предметів», метеоявищ, несинхронних імпульсних завад від інших локаторів та електронних засобів.

Модернізований первинний радіолокатор ТРЛК – 10 призначений для забезпечення радіолокаційними даними обладнання та систем керування повітряним рухом з метою забезпечення контролю повітряного простору.

Метою дипломної роботи є модернізація існуючого ПРЛ ТРЛК – 10.

Для досягнення мети роботи, необхідно виконати наступні завдання:

1. Проаналізувати характеристики існуючого ПРЛ ТРЛК – 10.
2. Виявити існуючі недоліки характеристик, елементної бази та систем передачі інформації.
3. На основі технічних характеристик визначити необхідний енергетичний потенціал.
4. Визначити структуру зондуючого сигналу модернізованого радіолокатору.
5. Проаналізувати та обрати інтерфейс обміну даними між радіолокатором та АСКПР.
6. Оцінити відповідність апаратури радіолокатора заданим вимогам надійності.
7. Проаналізувати витрати на експлуатацію радіолокатору після проведення модернізації.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТРАСОВИХ РАДІОЛОКАТОРІВ

1.1 Недоліки наявного радіолокатору ТРЛК-10

Для забезпечення первинного радіолокаційного поля верхнього повітряного простору України використовується радіолокатор типу ТРЛК -10 «Скала» (далі ТРЛК-10). Зовнішній вигляд апаратної частини представлено на Рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 Зовнішній вигляд апаратної частини

Обладнання перебуває в експлуатації з 1997 року, призначений термін служби (первинний) становить 10 років, призначений ресурс (первинний) становить 100 000 год. Обладнання має кількість продовжень ресурсу – 6 – сть. Зважаючи не те, що обладнання працює цілодобово, значно збільшився фізичний знос вузлів та компонентів, що призвело до збільшення кількості несправностей та відмов. Найчастіше виходить з ладу система рідинного охолодження, а саме: пориви шлангів гумових, вихід з ладу насосів ЕЦН5-

20М2, протікання радіаторів, несправність феритових вентилів ФВВВ3-4 ППА. Має місце періодичне спрацювання при вмиканні в роботу захисту модуляторів СКГ05, вихід з ладу вентиляторів охолодження блоків СКГГ02, тиратронів ТГИ-1000 в модулях СКГГ02, підсилювачів ВЧ ПОРЛ М42143. Високовольтні кабелі відпрацювали свій ресурс і потребують заміни. Запасні частини до обладнання відсутні. Ремонт та відновлення працездатності в даний час відбувається за рахунок виведеного з експлуатації обладнання інших ТРЛК, але ресурс запчастин обмежений. Природне старіння елементної бази призвело до погіршення параметрів роботи блоків та вузлів радіолокатора, що в свою чергу призводить до збільшення визначення хибних об'єктів радіолокаційної обстановки, відображення хибних треків. Мультирадарна обробка забезпечує обробку вторинних і первинних даних та визначає з достатньою точністю положення повітряного судна в просторі. В разі відсутності вторинного відповідача на борту повітряного судна (військова авіація, безпілотні літальні апарати та інше), єдиним джерелом інформації про знаходження такого об'єкта в повітряному просторі є первинний радіолокатор. Отже, незадовільна робота первинного радіолокатора негативно впливає на роботу диспетчера, в певних випадках є критичною та як наслідок, негативно впливає на забезпечення належного рівня безпеки польотів.

Обслуговування застарілого радіолокатора потребує значних людських та матеріальних ресурсів, в таблиці 1.1 представлено інформація щодо трудовитрат.

Таблиця 1.1 Трудовитрати на технічне обслуговування

Розрахунок трудовитрат на ТО обладнання ТРЛК-6 служби СНС																										
№ з/п	Обладнання	Завод. №	Інв. №	ТО-1		ТО-2		ТО-3		ТО-4		ТО-5		ТО-6		ТО-С		Всього в рік працевитрати, люд.	Документ ТО							
				к-сть трул.	всього, люд.-год	к-сть трул.	всього, люд.-год	к-сть трул.	всього, люд.-год	к-сть трул.	всього, люд.-год	к-сть трул.	всього, люд.-год	к-сть трул.	всього, люд.-год	к-сть трул.	всього, люд.-год									
1. Обладнання радіолокацій (м. Знам'янка)																										
1.1.	Трасовий радіолокаційний комплекс ТРЛК-10	333052	04098	34	365	1241,00	0	52	0,00	58	12	696,00	39,05	4	156,20	25,45	2	50,90	43,97	1	43,97	74,3	2	148,60	2336,67	"Регламент технічного обслуговування трасового радіолокаційного комплексу ТРЛК-10", Москва 1987. Начальник ЦУЭРТОС 21.12.1987.
1.2.	Радіолокаційний екстрактор А1000	А1000.006	04333	12	365	438,00	0	52	0,00	1,75	12	21,00	0	4	0,00	12,22	2	24,44	0	1	0,00	0	2	0,00	483,44	"Регламент технічного обслуговування радіолокаційного екстрактора А1000", Директор з технічного забезпечення Укрзаврозу 25.07.2001.
1.3.	Комплекс АСК-РЛС	4109	06869	025	365	91,25	0	52	0,00	0,5	12	6,00	0	4	0,00	2	2	4,00	0	1	0,00	0	2	0,00	101,25	Інструкція з ТО "АСК-РЛС", затверджена наказом РСП "Київзаврозу" від 07.10.2019 №387
1.4.	Радар-аналізатор РА-1	ТОЕ38800.002	11914	025	365	91,25	0	52	0,00	0,5	12	6,00	0	4	0,00	2	2	4,00	0	1	0,00	0	2	0,00	101,25	Інструкція з ТО "Радар-аналізатор РА-1", затверджена наказом РСП "Київзаврозу" від 07.10.2019 №387
1.5.	СВО та СВМКП	3	14213	075	365	273,75	0	52	0,00	0	12	0,00	13,8	4	55,20	8	2	16,00	307,75	1	307,75	0	2	0,00	652,70	"Регламент ТО системи вентиляції обладнання та кондиціонування повітря промисель ТРЛК-10", 2008 р.

Враховуючи збільшення вартості електроенергії та значну кількість первинних радіолокаторів в експлуатації, значно зростають експлуатаційні витрати, що в свою чергу впливає на розміри аеронавігаційних зборів та зменшення конкурентоздатності України, як провайдера аеронавігаційних послуг.

Придбання та встановлення нового первинно/вторинного радіолокатору потребує об'ємних будівельних робіт, належного фінансування, наявності необхідної локації, що задовольняє технічним вимогам та є тривалим в часі. Середня вартість трасового вторинного/первинного радіолокатору з врахуванням робіт становить біля 120 млн. грн.. За такої вартості та враховуючи воєнний стан в країні більш економічно доцільно провести модернізацію апаратної частини, залишивши антенну систему (механічну) без змін. Таке рішення усуне наявні технічні недоліки радіолокатору, підвищить рівень безпеки польотів, забезпечить необхідні показники надійності, дозволить значно зменшити експлуатаційні витрати та забезпечить можливість відновити польоти авіації в найкоротший термін після завершення воєнного стану.

1.2 Обґрунтування необхідного енергетичного потенціалу первинного каналу

Енергетичний потенціал модернізованого первинного радіолокатору ТРЛК – 10 повинен забезпечити необхідні параметри зони виявлення при умові збереження антенної системи РЛС. При цьому необхідно підвищити ефективність використання енергетичного потенціалу та змінити параметри зондуючого сигналу, які на нього впливають.

В заданому варіанті модернізації необхідно враховувати наступні особливості:

1. Параметри зони виявлення використовуються не для конкретного значення ефективності відбиваючої поверхні, а для конкретного типу ПС, а саме:
 - 280 км на висоті польоту 10 000 м. для ПС В-737;

- 190 км на висоті польоту 6000 м для ПС типу Beechcraft King Air 350;
 - 140 км на висоті польоту 3000 м для ПС типу Beechcraft King Air 350;
2. Випромінювання та прийом відбиваючих сигналів виконується різними промінями антенної системи – діаграма направленості антени на випромінювання формується з допомогою нижнього випромінювача антени, діаграма направленості антени на прийом формується з допомогою нижнього та верхнього випромінювачів.
 3. Антенна система розташовується під радіопрозорим укриттям, при цьому виникають додаткові втрати.

З метою отримання значень ефективної площі розсіювання (ЕПР) для заданих літальних апаратів використовуємо моделювання діаграм зворотнього випромінювання та оцінки ЕПР для різних літальних апаратів.

Результати оцінки ЕПР для ПС В-737 представлені на Рисунках 1.2 – 1.4

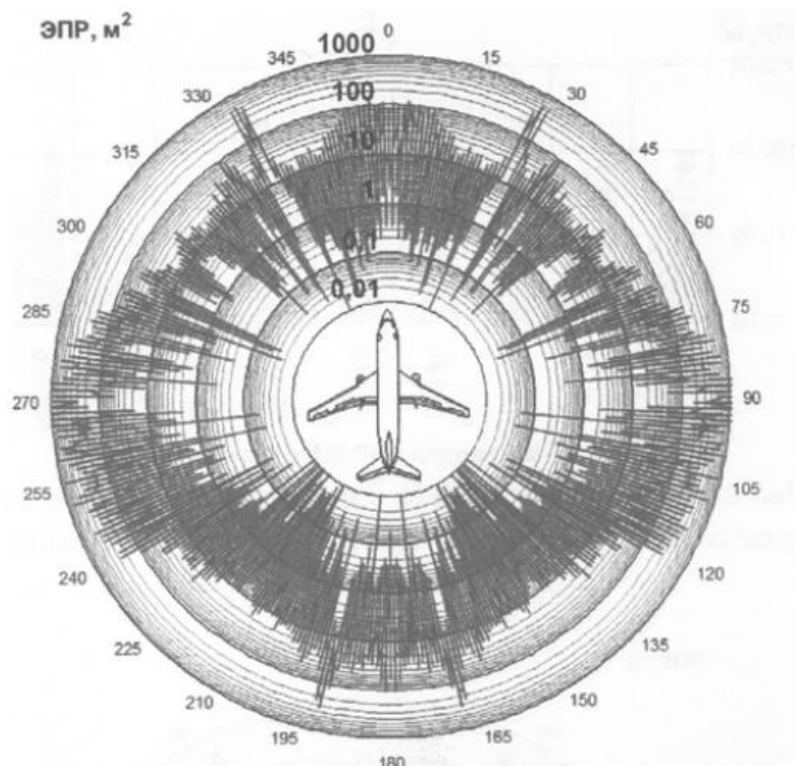


Рисунок 1.2 Кругова діаграма миттєвої ЕПР ПС В-737

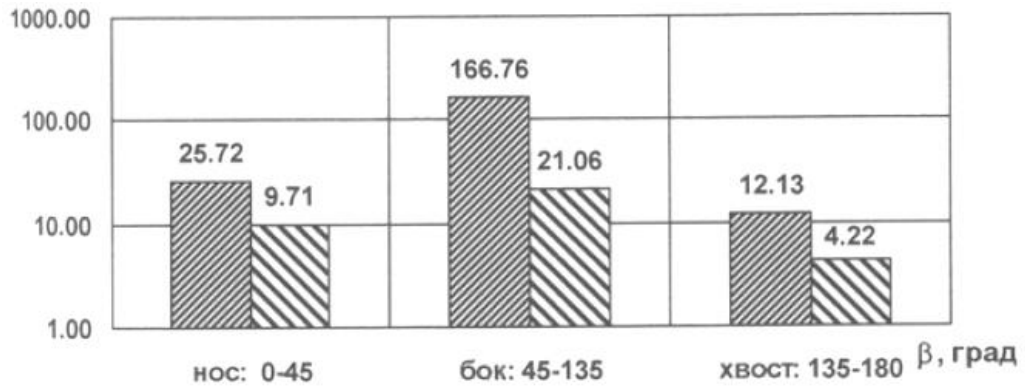
ЕПР, м²

Рисунок 1.3 Діаграма середньої та медіанної ЕПР в трьох діапазонах кутів

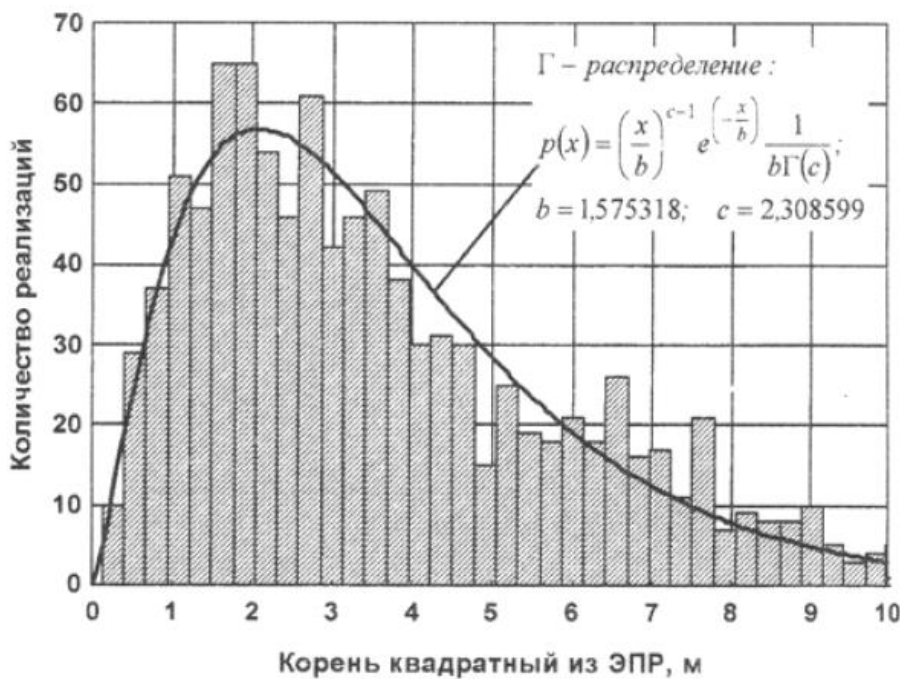


Рисунок 1.4 Розподіл множника амплітуд відбитого сигналу

Аналіз результатів дозволяє прийняти значення мінімальної ЕПР для ПС В-737 рівним 12 м².

ПС Beechcraft King Air 350 мінімальне значення середньої ЕПР такого класу в діапазоні 23 см складає біля 4 м².

Зрівнюємо ЕПР та необхідну дальність виявлення для двох заданих ПС з метою виявлення вимог до зони виявлення.

Розрахуємо та порівняємо відношення ЕПР та дальність виявлення для Beechcraft King Air 350 та В-737. При цьому використаємо співвідношення залежності дальності виявлення від ЕПР

$$\sqrt[4]{\frac{\sigma_1}{\sigma_2}} = \sqrt[4]{\frac{12M^2}{4M^2}} = 1,316; \quad \frac{D_1}{D_2} = \frac{280}{190} = 1,47.$$

Виявлено, що вимоги по виявленню для В-737 вищі, тому розрахунки будемо проводити для ПС В-737.

Виконаємо оцінку також додаткових втрат, викликані втратами енергії при проходженні сигналу через радіопрозоре укриття. В ТРЛК-10 використовується радіопрозоре укриття типу «Шалаш -2У» (Рисунок 1.5). Втрати в діапазоні 23см становлять біля 0,3...0,4 дБ, сумарні втрати будуть становити 0,7...0,8 дБ.



Рисунок 1.5 Радіопрозоре укриття ТРЛК - 10

Визначимо втрати, які виникнуть при роботі РЛС в умовах дощу при інтенсивності 4 мм/час.

Дальність дії РЛС з урахуванням затухання при опадах:

$$r_{\max} = r_{\max 0} \times 10^{-0,05br_{\max}},$$

$r_{\max 0}$ – дальність дії в вільному просторі;

b – коефіцієнт затухання в дБ/км.

Поглинання на трасі залежить від довжини хвилі та інтенсивності опадів. Для розрахунків можливо скористатися рівнянням

$$b=0,3Q/\lambda^2$$

Q – інтенсивність опадів;

λ – довжина хвилі.

$$b = 2,27 \times 10^{-4}$$

Проаналізувавши діаграми впливу опадів при розповсюдженні радіохвиль можливо втрати не враховувати. Тобто, тільки плівка вологи на рефлекторі антени може сповільняти енергію радіохвиль. На довжині хвилі 23 см втрати розповсюдження можуть становити 1...1.5 дБ. Тобто, враховуємо 2 дБ.

1.3 Обґрунтування необхідного енергетичного потенціалу первинного каналу ТРЛК-10

В модернізованій ТРЛК – 10 повинна використовуватись наявна антена ТРЛК-10. Параметри модернізованого локатору представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 Параметри модернізованого локатору

Система	Параметри системи	Значення параметра
Антенна система	Коефіцієнт підсилення антени G , дБ, нижній промінь	36
	Коефіцієнт підсилення антени G , дБ, верхній промінь	36
	Розмір антени, м	15x10,5
	Поляризація	горизонтальна
	Швидкість обертання n , об/хв	6
Передавальна система	Імпульсна потужність P_i ,	3,6 МВт
	Довжина зондувального сигналу τ_i , мкс	3,3
	Вигляд зондуючого сигналу	Без всередині імпульсної модуляції
	Діапазон частот, МГц	1250.....1350
Прийомна система	Коефіцієнт шуму Π , дБ	4,8
	Динамічний діапазон D_k когерентного каналу, дБ	42
	Динамічний діапазон D_a амплітудного каналу, дБ	20

Для радіолокаційної станції ТРЛК-10, максимальна дальність виявлення цілі з заданими параметрами визначається наступною формулою радіолокації:

$$r_o = \sqrt[4]{\frac{P_i G^2 \sigma_{ц} \lambda^2}{(4\pi)^3 v_{пор} L_{пот} P_{пред}}}$$

де: P_i – потужність, що випромінюється передавачем; G_e – еквівалентний коефіцієнт підсилення антени; $\sigma_{ц}$ – ефективна відбиваюча поверхня (площа розсіювання) цілі; λ – довжина хвилі; $v_{пор}$ – поріг виявлення ехо сигналу $L_{пот}$ – загальний коефіцієнт втрат, враховуючий втрати в каналах та розповсюдження зондуючих сигналів, а також при обробці ехо-сигналів; $P_{пред}$ – чутливість приймального пристрою РЛС ($P_{пред} = k * T * Ш * \Delta f$, $k=1,38 * 10^{-23}$ Дж/град – постійна Больцмана; $T = 300^0K$ – шумова температура; $Ш$ – коефіцієнт шуму приймального пристрою; Δf – полоса пропускання приймального пристрою).

Розрахуємо необхідне значення порогу виявлення ехо сигналів (коефіцієнт розпізнавання) для заданих статистичних характеристик виявленого сигналу та сумарні втрати при прийомі та обробці. Величина цих втрат враховується при розрахунку дальності дії радіолокатору.

Вірогідність виявлення $P_{вияв} = 0,8$, при вірогідності хибної тривоги $F=10^{-6}$ і моделі функції типу «Свирлинг -1». Залежність від вірного виявлення параметрів виявлення і вірогідність хибної тривоги:

$$D = F^{1/(1+q^2/2)}$$

Умовна вірогідність вірного виявлення залежить тільки від відношення q^2 енергії сигналу та шуму і від форми сигналу не залежить.

На рисунку 1.6 представлені криві виявлення D ($K_{роз}$) для одиночних сигналів

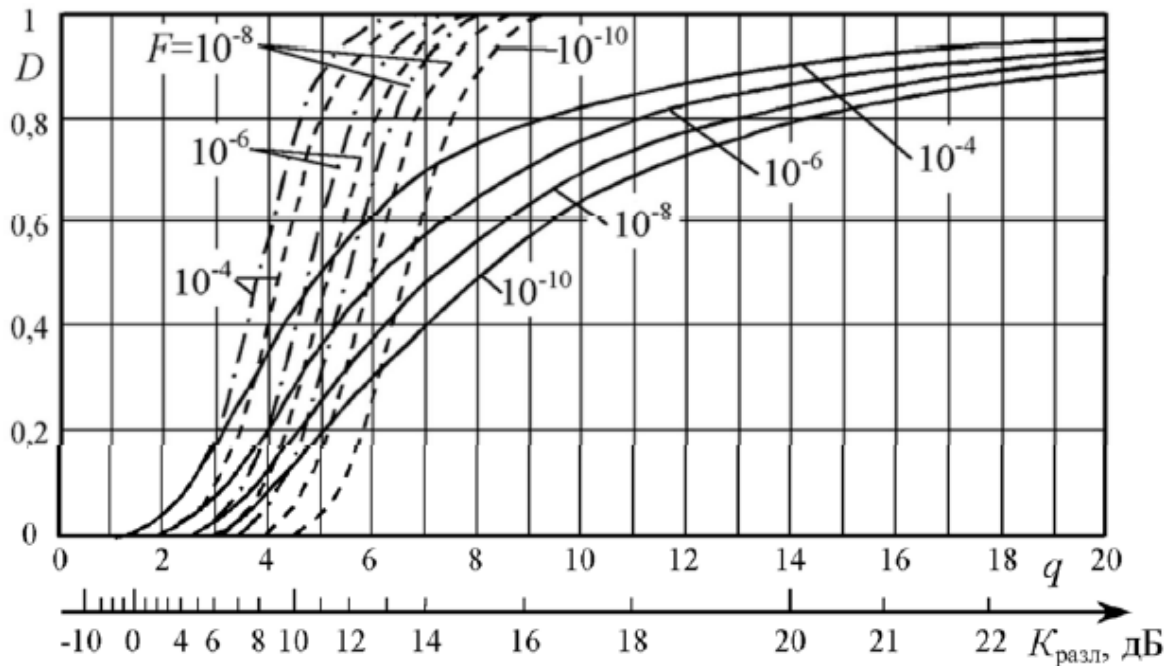


Рисунок 1.6 Криві виявлення одиничних сигналів

- не флуктуючі по амплітуді з повністю відомими параметрами (штрих пунктир);
- не флуктуючі по амплітуді з рівномірною початковою фазою (штрихові лінії);
- флуктуючі по амплітуді по закону Релея з рівномірно початковою фазою (суцільні лінії) (перша модель Сверлінга).

Для виявлення одиночного сигналу флуктуючого по амплітуді по закону Релея з рівномірною початковою фазою коефіцієнт помітності становить 11 дБ.

При обробці пачки сигналів енергія сигналів збільшується в залежності від кількості оброблених імпульсів. В ідеальних умовах енергія повинна збільшуватись в стільки разів, скільки імпульсів накопилось. Виграш накоплення визначається кількістю імпульсів в пачці M :

$$M = \Delta\beta / \Omega * T_{\text{повт}},$$

Ω – швидкість обертів антени;

$\Delta\beta$ – ширина діаграми направленості по азимуту

$T_{\text{повт}}$ – період повторення імпульсів.

При умові однозначного виміру дальності та забезпечення інструментальної дальності виміру 450 км. період повторення імпульсів не може бути менше, ніж 3 мс. При цьому тривалість пачки складає 5-6 імпульсів.

При когерентному накопиченню 6 імпульсів та заданою статистикою сигналу коефіцієнт помітності складає біля 7дБ.

Оцінимо коефіцієнт втрат $L_{\text{втр}}$. Джерелами втрат можуть бути: втрати при розповсюдженню радіохвиль; втрати у хвильоводах, втрати кліматичних факторів; втрати при обробці сигналів.

Джерелами втрат при обробці є: некогерентне накопичення в порівнянні з когерентним; неузгодження ширини спектру сигналу (форми) з формою АЧХ при фільтрації; неврахування при обробці форми огинаючої пачки сигналів (форма ДНА антени); втрати при частотній фільтрації і детектуванні сигналу.

Втрати при частотній фільтрації і детектуванні сигналу в розрахунок не беремо. Реальні джерела втрат є вплив кліматичних факторів (до 2 дБ) та втрати у хвильоводі.

Відповідно до практичних вимірів параметри хвильового тракту втрат на робочій частоті РЛС складають 2,8 дБ.

Визначимо необхідну потужність передавача:

$$\sigma_{\text{ц}}=12\text{М}^2, G_{\text{пр}}=3900, G_{\text{пер}}=3160, \lambda=23\text{см}$$

$$r_o = 1230 \sqrt{\frac{P_u}{v_{\text{нор}} L_{\text{ном}} \Delta f}},$$

$$P_u = \left(\frac{r_o}{1230}\right)^4 v_{\text{нор}} L_{\text{ном}} \Delta f.$$

Для визначення необхідної потужності, необхідно визначити полосу пропускання приймального пристрою, яка повинна бути рівна ширині спектру зондуючого імпульсу. Полоса пропускання визначається необхідною точністю та роздільною здатністю по дальності. Потенційна точність вимірювання дальності визначається:

$$\Delta r_n = \frac{c \cdot \tau_{\text{исж}}}{2 \cdot q_{\text{min}}} = \frac{c \cdot \tau_{\text{исж}}}{2 \cdot \Delta f \cdot q_{\text{min}}},$$

де: $\tau_{\text{исж}}$ – довжина імпульсу після стискання в оптимальному фільтрі; q_{min} – мінімальне відношення сигнал-шум, що визначено по характеристикам виявлення.

Роздільна здатність по дальності залежить від ширини імпульсу:

$$\delta r \approx 1,2 \dots 1,4 \frac{c \cdot \tau_{\text{исж}}}{2}.$$

Виходячи з заданої роздільної здатності 600 м та точності виявлення дальності 200 м необхідно мати довжину імпульсу 3-3,3 мкс і відповідно ширину спектру 0,3МГц.

Прорахувавши потужність, отримаємо необхідну імпульсну потужність передавача 3-4 кВт при скважності слідування імпульсів біля 20.

1.4 Вибір структури зондуючого сигналу ТРЛК-10

Вибір структури зондуючого сигналу впливає не тільки на такі важливі характеристики локатора як точність виміру дальності та роздільну здатність по дальності, але і на тип передавача та тип передавального пристрою.

Під час вибору зондуючого сигналу та використання довгоімпульсних випромінювань необхідно врахувати ряд обов'язкових вимог:

- забезпечити необхідну точність вимірів часу запізнення відбитого сигналу та роздільної здатності по дальності;
- забезпечити необхідну зону виявлення;
- відносна простота формування випромінювального та обробленого відбиваючого сигналу;
- забезпечити вимоги по завадостійкості РЛС від пасивних завад;
- забезпечення необхідних показників виявлення при значних доплерівських зсувах частоти;
- забезпечення необхідного динамічного діапазону обробки сигналів.

Використовуючи широкополосні (складні) сигнали, можливо збільшити

енергетику та дальність дії РЛС, не погіршуючи, а покращуючи здатність по дальності δ_r , яка для вузькосмугових сигналів становить $\delta_r = ct_i/2$ (c – швидкість розповсюдження радіохвиль). Для широкосмугових сигналів роздільна здатність по дальності визначається величиною, зворотній ширині спектру сигналу $\delta_r = c/2\Delta f_i$.

Широкополосні сигнали після узгодження їх обробки з часовою областю змінюють свою тривалість, тобто стискаються по часу. Узгоджена обробка може виконуватися або узгоджуватись фільтром. Це спонукає перехід до широкосмугових сигналів з низькою потужністю, які можуть бути сформовані економічними та компактними передачами.

В модернізованому ТРЛК-10 буде використано комбінований зонduючий сигнал, що складається з трьох чергуючих зондованих (рисунок 1.7)

Необхідність такої структури сигналу пояснюється наступним чином. При використанні ФМ сигналу значною довжиною виникають «мертві зони» рівні довжині сигналу.

Використовуючи однакою довжину простого АМ сигналу та елементарних посилок ФМ сигналів рівній 3 мкс, дозволяє після оптимальної фільтрації та стискання ФМ сигналів отримати стиснений сигнал рівний по тривалості АМ сигналу та забезпечити однакою роздільну здатність по дальності у всьому діапазоні робочих відстаней ТРЛК-10, рівну приблизно 600м.

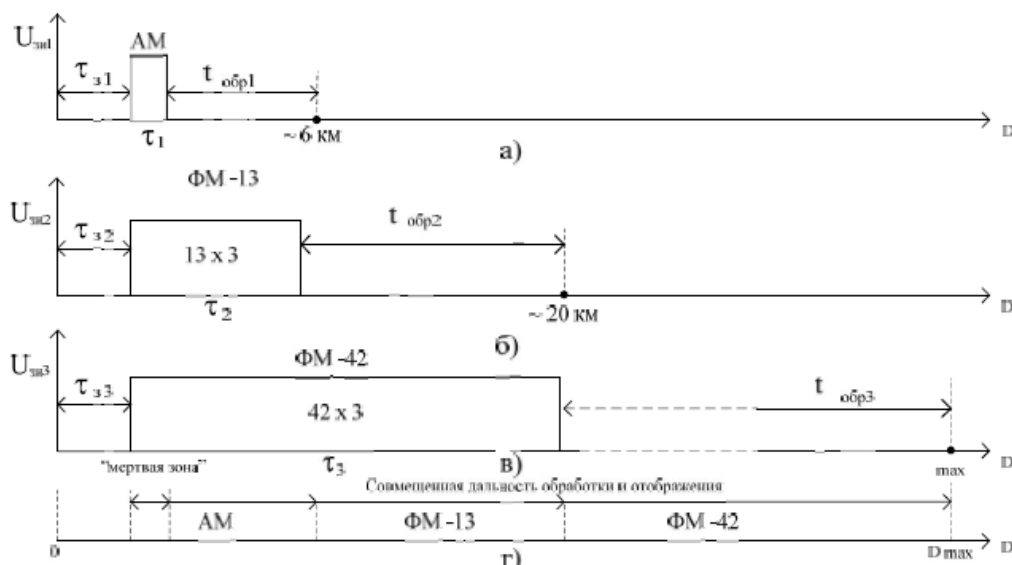


Рисунок 1.7 Структура зонduючого сигналу РРЛ

1.5 Проектне рішення по реалізації захисту від завад та обробка сигналів в первинному каналі

Методи захисту від завад, що реалізовані в РЛС ТРЛК-10 не можна розглядати у відриві від процедури первинної обробки (рис. 1.8).

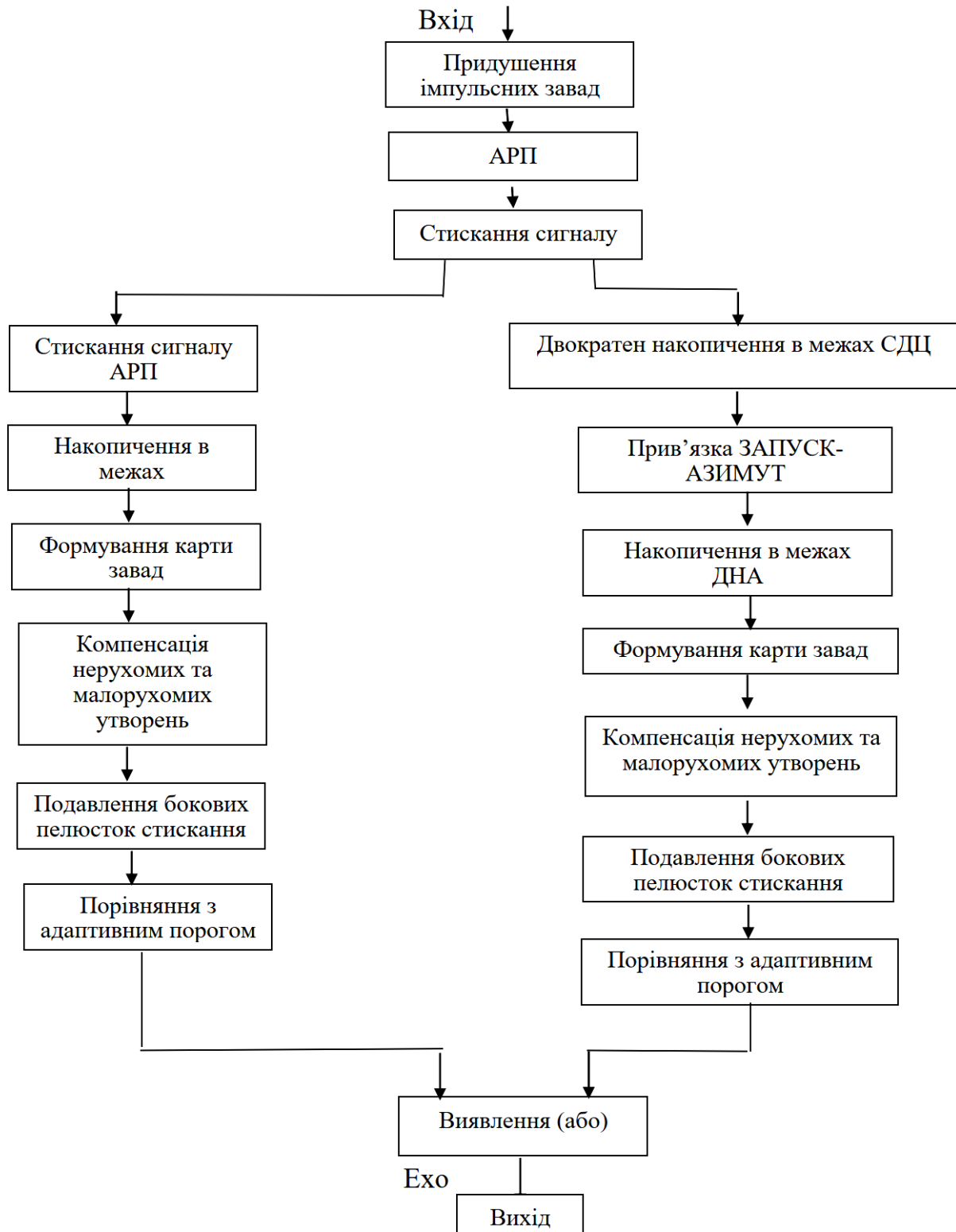


Рисунок 1.8 Процедура первинною обробки

РЛС виконана по схемі радіолокатора з істиною внутрішньою когерентністю, тобто зондуючі та тактові сигнали формуються від одного стабільного генератора частоти. Для виключення втрат енергії сигналу по причині відсутності інформації початкової фази відбиваючого сигналу виконується обробка сигналів в квадратурних каналах. В АЦП виконується розкладання ехо-сигналу на квадратурні складові відносно сигналу опорної (тактової частоти) та представлення його у вигляді двох складових (I та Q компоненти):

$$\text{Синфазний} - S(t) = U(t) \cdot \text{Sin}[\varphi(t)];$$

$$\text{Квадратурний} - C(t) = U(t) \cdot \text{Cos}[\varphi(t)]$$

де $U(t)$ – огибающая ехо-сигналу; $\varphi(t)$ – фаза ехо-сигналу відносно сигналу опорної частоти.

З метою вилучення «сліпих» швидкостей на частотах, що кратні частотам повторення РЛС $F_{\text{п}}$, тобто подавлення відбиваючих сигналів з високими доплерівськими швидкостями $V_{\text{сл}} = k\lambda F_{\text{п}}/2$, використовується вобуляція періоду РЛС, при цьому до кожного періоду повторення додається випадкова часова складова. При цьому результуюча амплітудно – швидкісна характеристика практично не має провалів на кратних частотах повторення РЛС.

Синусні та косинусні складові сигналів після СДЦ сумуються. На виході фільтра СДЦ вираховується модуль сигналу $A(t)$:

$$A(t) = \sqrt{S(t)^2 + C(t)^2}$$

Для виключення придушення сигналів з нульовими радіальними швидкостями обробка реалізується в двох паралельних каналах – амплітудному і когерентному, сигнали з виходу яких об'єднуються. В зоні, вільній від пасивних завад в амплітудному каналі забезпечуються кращі умови виявлення по причині відсутності втрат сигналу в системі СДЦ.

В подальшому виконується виділення азимутальної пачки відбитих імпульсів в кожному елементі дальності та накопичення (вагову підсумування) сигналів в межах діаграми направлення по азимуту, вагове підсумування виконується у відповідності з структурною схемою, представленою на рисунку 1.9. Тобто, сигнали затримани на триваість, кратну періоду зондування, сумуються з ваговими коефіцієнтами, значення яких визначається формуою огинаючої ДНА.

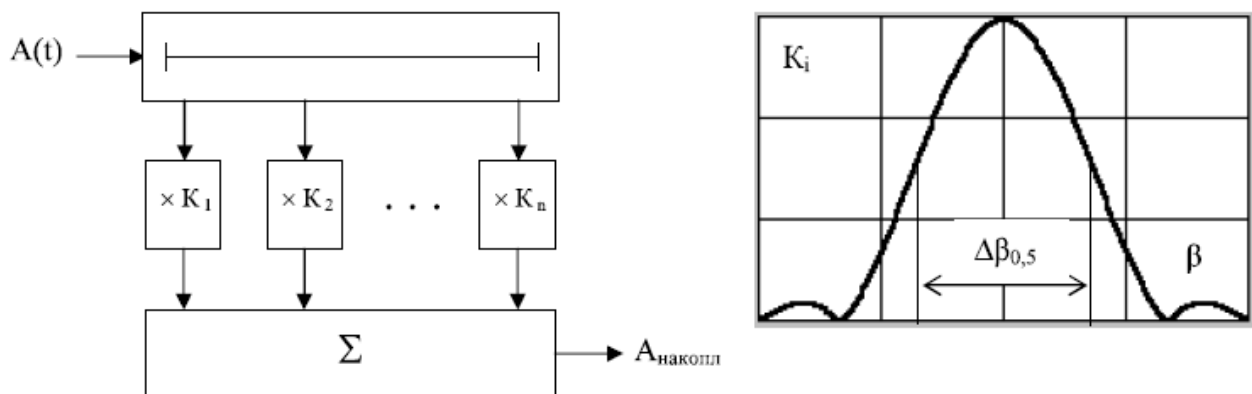


Рисунок 1.9 Вагове підсумування

Для вимірювання азимуту цілі необхідно виділити азимут початку пачки β_n та азимуту кінця пачки β_k . В якості оцінки азимуту цілі можуть бути прийняті наступні величини:

$$\hat{\beta}_s = \frac{\beta_i + \beta_e}{2},$$

$$\hat{\beta}_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i \beta_i,$$

$$\hat{\beta}_c = \beta_i, \text{ при } A_i = A_{\max},$$

де A_i – амплітуда i – того імпульсу пачки, N - число імпульсів в пачці.

В РЛС ТРЛК-10 використовується алгоритм обчислення «центра тяжкості» пачки імпульсів β_c .

При кожному обзорі виконується карта завод та відбивань від малорухомих предметів. Придушення відбивань від малорухомих місцевих предметів. Придушення відбивань від малорухомих місцевих предметів виконується методами обробки сигналів за декілька оглядів.

Пороги виявлення обираються у відповідності з критеріями:

- фіксовані пороги в областях, де відсутні завади будь-якого виду;
- обчислені адаптивні пороги в областях, де присутні метеоявища та місцеві завади;
- більш високі фіксовані або адаптовані пороги в областях, де можливі завади від потужних сигналів типу «ангел-ехо».

В подальшому виконується визначення координат (азимут, дальність) відмітки цілі та передача координат відміток виявлених цілей в пристрій вторинною обробки, де виконується:

- автоматична зав'язка траєкторії та взяття на відстеження виявлених цілей;
- призначення номерів всім цілям, взятим на супровід;
- автоматичне вимірювання параметрів руху (швидкість, курс) відстеження цілей;
- формування формуляру цілей;
- видача формуляру (номер цілі, азимут, нахильна відстань, курс, швидкість, висота) та відображення.

1.6 Принципи побудови апаратури модернізованого ТРЛК-10

До складу обладнання ТРЛК-10 входять:

- радіоелектронна апаратура первинного радіолокатору;
- робоче місце технічного контролю – дистанційне (РМ ТКД);
- комплект кабелів;

Трасовий радіолокаційний комплекс ТРЛК-10 об'єднує в собі два радіолокатори: модернізований первинний радіолокатор ТРЛК-10 та вторинний радіолокатор (ВРЛ «Корень - С»).

Використані технічні рішення для побудови апаратури первинного радіолокатора (ПРЛ) забезпечують:

- максимальну уніфікованість апаратури;
- повне резервування функцій;
- модульну побудову;

- наскрізне охоплення функціональним та програмним контролем несправності окремих модулів і трактів з використанням тестових сигналів;
- прийняття спеціальних заходів по електромагнітній сумісності;
- максимальне використання оптимальних методів обробки за допомогою спеціального математичного забезпечення (СМЗ) блоків цифрової обробки сигналів (БЦОС);
- час переходу з основного на резервний канал приймання та передачі інформації.

При побудові приймального тракту ПРЛ враховувалась необхідність забезпечення наступних характеристик:

- коефіцієнт шуму радіочастотної частини приймального тракту – не більше 3 дБ;
- регулювання підсилення прийнятих ехо-сигналів (Е-С) по входу в приймачах ПРЛ (канал ПРЛ1 та ПРЛ2) – до 30 дБ;
- захист вхідних ланцюгів приймального тракту від дії зондуєчих імпульсів;
- необхідну вибірковість по дзеркальному, сусідньому і побічному каналам прийому;
- лінійність фазо-частотної характеристики в основному полі прийому;
- можливість контролю параметрів сигналу в різних точках приймального тракту;
- автоматизований контроль тракту прийому.

При побудові тракту формування зондуєчих сигналів враховується необхідність забезпечення наступних технічних характеристик:

- коефіцієнт стоячої хвилі не більше 2.0
- номінальна імпульсна потужність передавача – не більше 8 кВт;
- модульність вихідних каскадів передавача з додаванням потужності окремих модулів;
- можливість регулювання вихідної потужності випромінювання передавачів;
- можливість встановлення та регулювання рівня вихідної потужності випромінювання в заданих запрограмованих секторах;

- можливість нормальної роботи передавального пристрою при виході з ладу його окремих модулів потужності;
- автоматизований та/або автоматичний контроль роботоздатності трактів формування випромінювання та прийому сигналів.

В ПРЛ забезпечується можливість вибору виду зондуючого сигналу з регулюванням рівня вихідної потужності випромінювання для кожного з них. Передавальний тракт побудований по схемі високостабільного генератора – підсилювача- розгалужувача – підсилювача потужності – суматор. Режим роботи підсилювача лінійний, що забезпечує регулювання вихідної потужності в залежності від величини керуючого сигналу.

Антено - фідерна система ПРЛ двоканальна: за рахунок двопроменевої побудови зони виявлення:

- одноканальна на передачу для нижніх кутів місця (основний канал);
- двоканальна на прийом – для нижніх та верхніх кутів місця .

Особливості побудови трактів прийому, обробки та формування сигналів:

- використання «гарячого резерву» основних елементів системи прийому та обробки інформації;
- розділення обробки сигналів;
- формування сигналів основного і резервного модулятора передавального пристрою виконується в незалежності від основного та резервного каналів;
- сигнали з виходу тракту прийому сигналів незалежно подаються на два блока цифрової обробки сигналів (БЦОС1 та БЦОС2);
- в приймальних каналах на вході кожного малошумного підсилювача високої частоти (МШП) та приймача мають місце керуючі по часу калібровані джерела сигналів – генератори шуму (ГШ). Сигнали генератора після підсилення та стробування по часу дешифруються, оцифровуються в малорозрядних АЦП-контролерів каналів ПРЛ та використовуються для контролю роботоздатності приймального тракту та блоків цифрової обробки;

- функціонування передавальної та приймальної системи виконується по командам.

Склад основних пристроїв та систем ТРЛК-10 та функціональні зв'язки між ними показані на структурній схемі рисунок 1.10

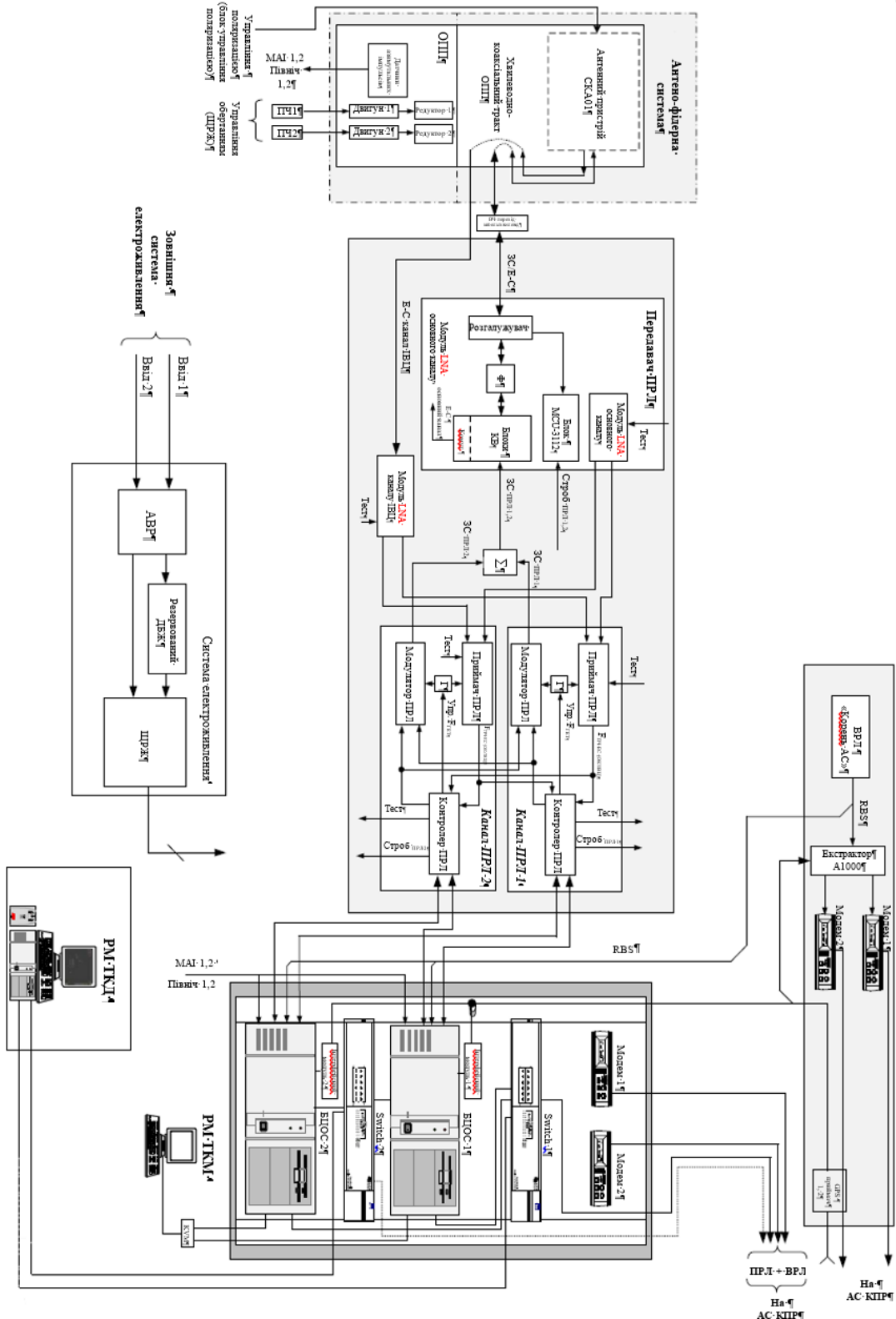


Рисунок 1.10 Структурна схема модернізованого ТРЛК-10

До складу первинного радіолокатора входять:

- два дублюючі один одного канали формування зондуючих сигналів, прийому та обробки ехо-сигналів ПРЛ: канал ПРЛ1 та канал ПРЛ2.

Кожен з каналів включає:

- контролер ПРЛ;
- приймач ПРЛ;
- модулятор ПРЛ;
- гетеродин ПРЛ.
- передавач ПРЛ з фільтром позасмугових випромінювань;
- модулятор малошумних підсилювачів основного каналу;
- модуль малошумних підсилювачів каналу; пристрій додавання сигналів

1.7 Опис основних систем РЛС

1.7.1 Антено - фідерна система

Антено-фідерна система первинного локатора ТРЛК-10 призначена для формування зони видимості ТРЛК – 10, в якій забезпечується спостереження за повітряною обстановкою та виявлення повітряних суден (об'єктів), каналізації ВЧ енергії до обертового антенного пристрою в режимі передачі, каналізації енергії прийнятих ехо-сигналів двома каналами до відповідних приймальних пристроїв ПРЛ в режимі прийому.

АФС ПРЛ утворює такі просторові діаграми спрямованості:

- ДНА основного каналу (канал нижніх кутів) ПРЛ;
- ДНА каналу індикації висотних цілей (канал верхніх кутів) ПРЛ.

АФС ПРЛ є одноканальною по передачі та двоканальною по прийому високочастотних сигналів.

АФС має такі технічні дані:

- коефіцієнт корисної дії (ККД) хвильоводного тракту основного каналу не менше 0,65;
- коефіцієнт корисної дії (ККД) хвильоводно-коаксіального тракту каналу ІВЦ не менше 0.3.

До складу АФС входять:

- антенний пристрій;
- хвилеводно-коаксіальний тракт опорно-поворотного пристрою (ОПП);
- комплект ВЧ кабелів.

Хвилеводно-коаксіальний тракт ОПП об'єднує високочастотні вузли та блоки, розміщені в опорно-поворотному пристрої.

До складу хвилеводно-коаксіального тракту ОПП входять:

- антенний пристрій СКА01;
- обертове зчленування (обертовий перехід) основного каналу – блок У-211;
- обертове зчленування (обертовий перехід) каналу індикації висотних цілей (ІВЦ) – блок СКВВ09;
- хвилеводи та ВЧ кабелі, що забезпечують компонування трактів.

Антенний пристрій СКА01 призначений для:

- формування діаграми спрямованості нижньої зони (основний канал);
- формування діаграми спрямованості верхньої зони (канал ІВЦ);
- управління поляризацією випромінюваного сигналу.

Таблиця 1.3 Технічні характеристики антенного пристрою

№ з/п	Найменування ТХ	Значення ТХ
1.	Форма ДНА основного каналу у вертикальній площині (відповідає наведеній на мал. 1.10)	cosec^2
2.	ДНА каналу ІВЦ у вертикальній площині (відповідає наведеній на мал.1.10)	перекриває необхідну ДНА на кутах місця від 5° до 45°
3.	Ширина ДНА в горизонтальній площині: - основний канал; - канал ІВЦ	1,1° для головного перерізу (з розширенням до 2°) 1,1° для головного перерізу (з розширенням до 3° на кутах місця до 45°)
4.	Рівень перших бічних пелюсток основного каналу та каналу ІВЦ в горизонтальній площині відносно головного максимуму, дБ, не більше	20
5.	Різниця коефіцієнтів посилення антен основного каналу та каналу ІВЦ в напрямку горизонту, дБ, не менше	14
6.	Поляризація: - основний канал; - канал ІВЦ	лінійна та кругова кругова

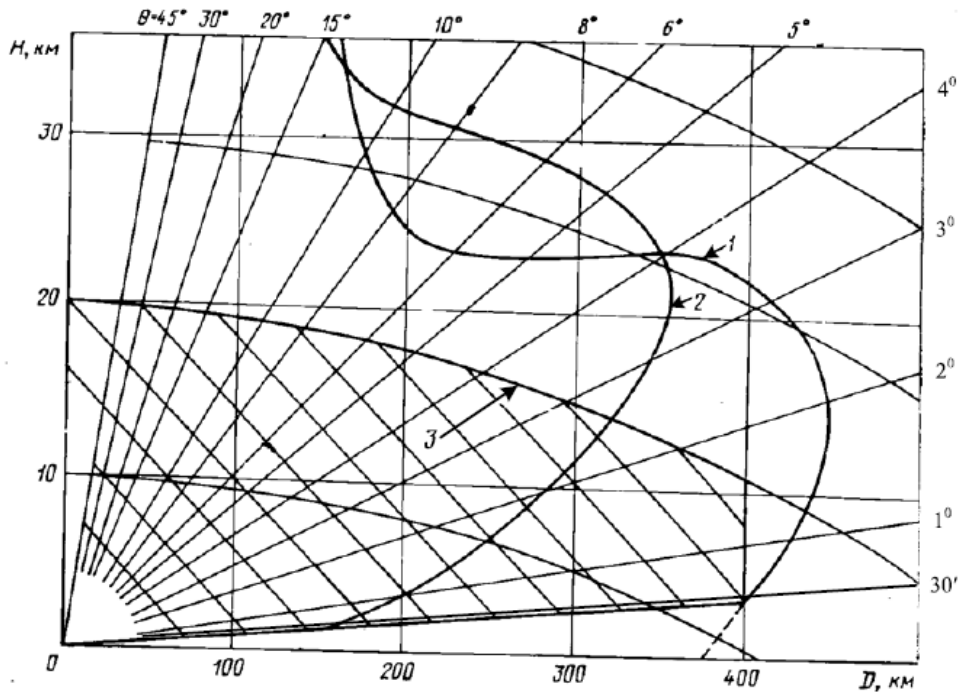


Рисунок 1.11 ДНА антенного пристрою ПРЛ (співвідношення : D (км)/ H (км) 1- діаграма основного каналу (нижній промінь), 2 – діаграма каналу ІВЦ (верхній промінь), 3 – зона виявлення ТРЛК-10).

1.7.2 Опорно-поворотний пристрій

Опорно-поворотний пристрій (ОПП) відноситься до немодернізованої частини ТРЛК. ОПП монтується на циліндричній металевій башті та призначено для розміщення та довготривалого обертання антенних систем ТРЛК-10. ОПП надійно працює при наступних умовах експлуатації:

- температура навколишнього середовища плюс 50°C мінус 50°C ;
- відносна вологість навколишнього середовища 98%;
- вітер до 50м/с на рівні фокальної осі антени;
- дощ, іній, ожеледиця.

ОПП (рисунок 1.12) має в своєму складі два незалежних електричних привода. Швидкість руху 3 або 6 оборотів за хвилину. Включення та виключення відбувається дистанційно. Кожен привід обертання антени має асинхронний двигун типу 4А180М 8/4УЗ, $U_{\text{живл}}=3 \times 380\text{В}$, 750/1500 об/хв.

Технічний ресурс ОПП не менше 1000000 годин, технічний ресурс підгінного підшипника та шестерні не менше 150000 годин.

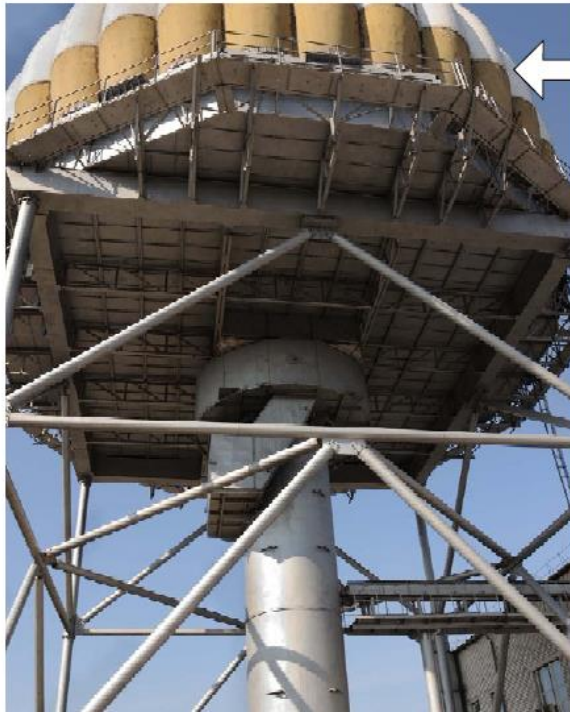


Рисунок 1.12 Зовнішній вигляд АПП з РПУ

1.7.3 Управління обертанням антенного пристрою

З метою забезпечення кругового оберту по азимуту немодернізованої антенної системи зі швидкістю 3 або 6 об/хв необхідно використовувати наступні пристрої:

- для регулювання швидкості обертання (частотні перетворювачі) типу FR-A740-00470-EC виробництва MITSUBISHI ELECTRIC;
- два двигуни обертання антени;
- опорно-поворотний пристрій;
- датчик імпульсів азимутального відліку;
- елементи встановлені на передній панелі та всередині щита розподілу живлення (ЩРЖ) модернізованого ПРЛ та забезпечують подачу електроживлення від зовнішньої мережі, комутацію електричних ланцюгів перетворення частоти для забезпечення обертання антенної системи з заданою швидкістю.

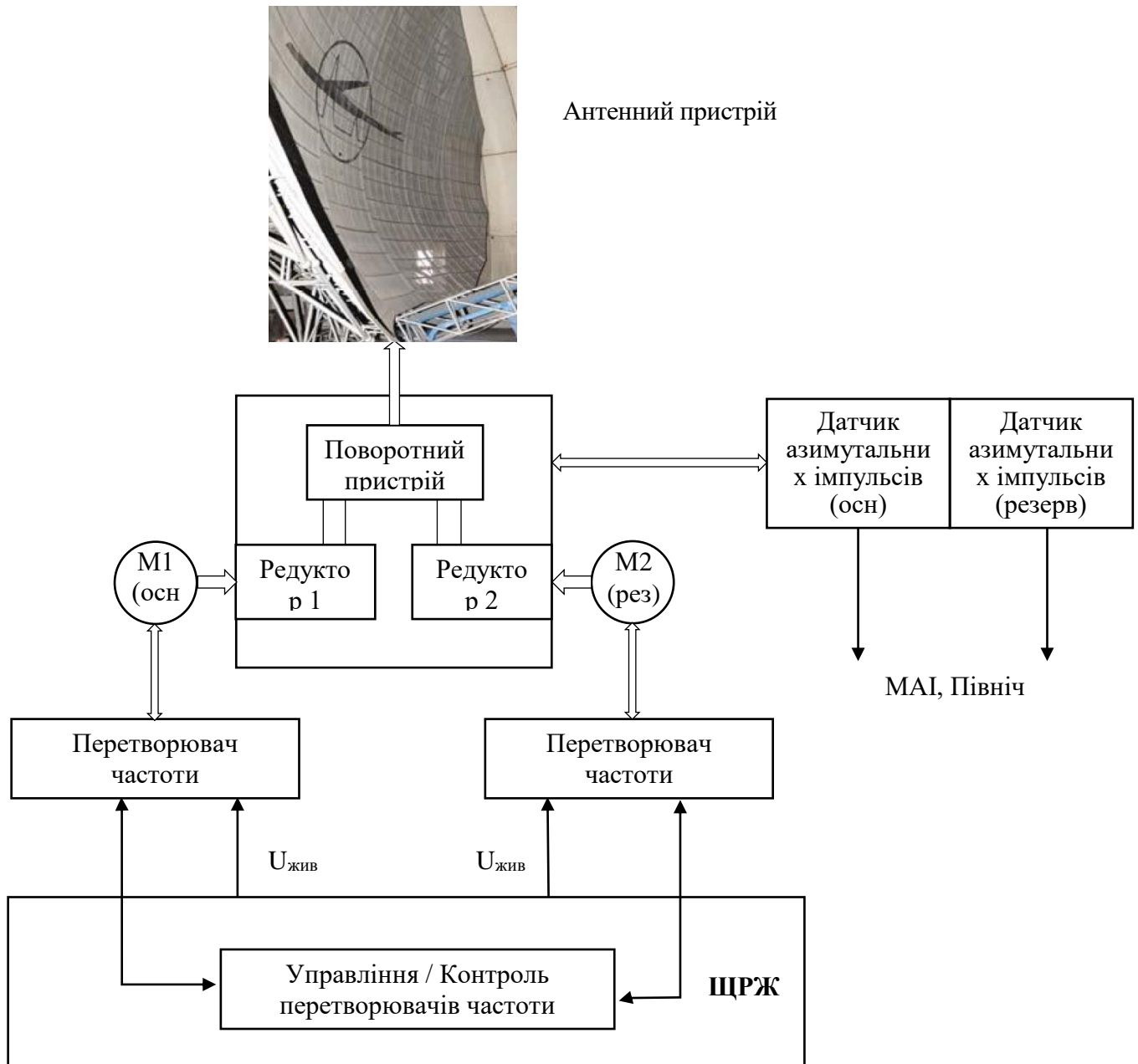


Рисунок 1.13 Структурна схема управління обертанням антенного пристрою

В ПРЛ передбачені наступні принципи управління включенням обертання, швидкістю обертання антенного пристрою, також забезпечується проведення профілактичного технічного обслуговування на елементах поворотного пристрою.

1.7.4 Передавальна система

Передавальна система первинного радіолокатора призначена для формування малопотужних імпульсів на заданій несучій частоті, підсилення їх

до заданого рівня потужності передатчиком ПРЛ і каналізацію їх на вхід антено-фідерної системи. До складу передавальної системи ПРЛ входять:

- два модулятора ПРЛ;
- суматор;
- передавач ПРЛ в складі:
 - коректор АЧХ;
 - блок імпульсний;
 - два дільника;
 - чотири блока імпульсних;
 - суматор;
 - навантаження баластне;
 - два навантаження баластні;
 - три відгалужувачі вимірювальні;
 - відгалужувач;
 - п'ять детекторів огинаючої;
 - модуль МШУ основного каналу;
 - блок живлення;
 - плата запобіжників;
 - блок захисту;
 - фільтр;
 - фільтр мережі.

Зондуючий сигнал малої потужності ЗС ПРЛ, повністю сформований по частоті, структурі та тривалості в модуляторі ПРЛ, поступає на суматор, з виходу якого сигнал передається на вхід RF IN коректора АЧХ передатчика ПРЛ (рисунок 1.14).

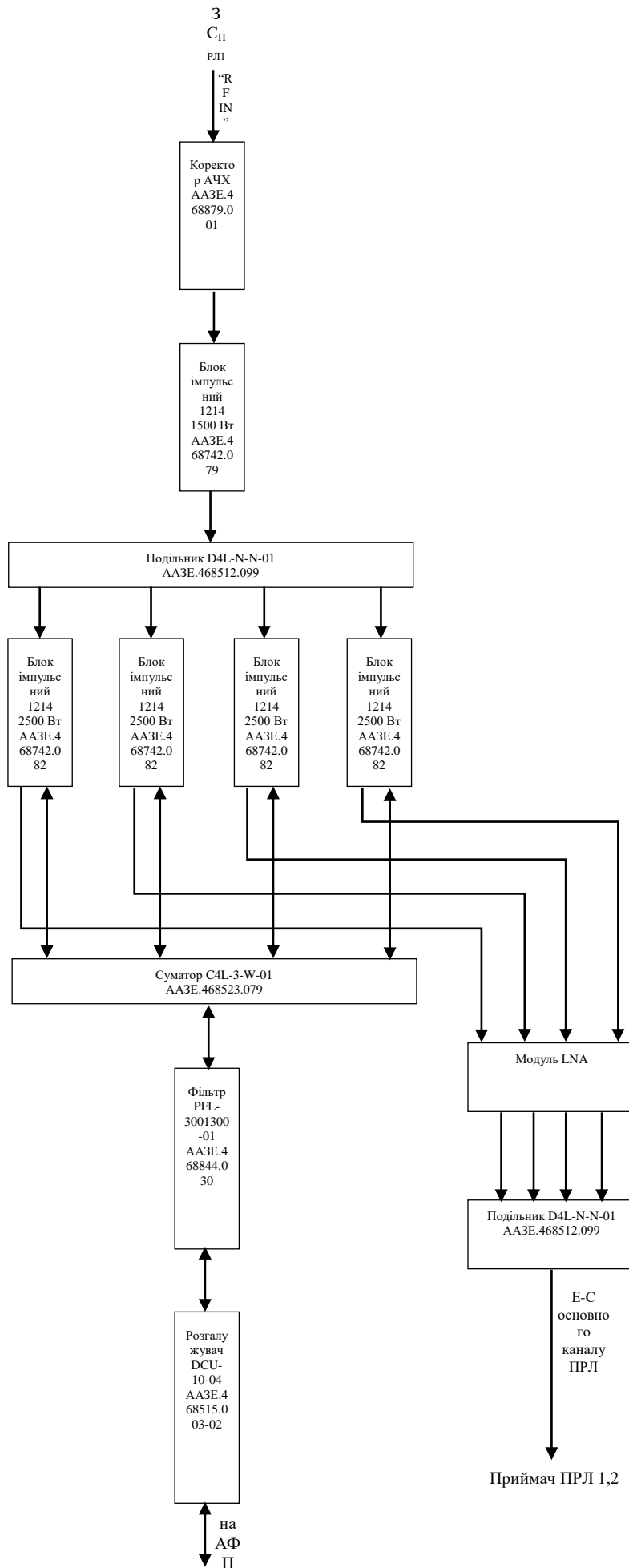


Рисунок 1.14 Структурна схема передавача ПРЛ

1.7.5 Приймальна система

Приймальна система ПРЛ складається з двох приймачів ПРЛ та двох модулів малошумних підсилювачів (МШП):

- модуль МШП основного каналу;
- модуль МШП каналу індикації висотних цілей.

Приймальна система ПРЛ призначена для перетворення та посилення ехо-сигналів ПРЛ до величини, що достатня для аналого-цифрового перетворення в контролерах ПРЛ.

Приймальна система ПРЛ виконує такі задачі (табл. 1.4):

- посилення радіолокаційних сигналів в малошумних посилювачах високої частоти;
- посилення на ВЧ та придушення сигналів на дзеркальних частотах прийому;
- перенесення ехо-сигналів на проміжну частоту;
- фільтрація та посилення ехо-сигналів на проміжній частоті до рівня, необхідного для нормальної роботи АЦП контролера ПРЛ у блоці ЦОС.

Таблиця 1.4 Основні параметри приймальної системи ПРЛ

Діапазон робочих частот, МГц	1250÷1350
Діапазон частот гетеродину, МГц	1400÷1500
Тривалість вхідних радіоімпульсів, мск	3; 39; 126
Вхідний імпеданс, Ом	50
Проміжна частота, МГц	150
Коефіцієнт підсилення ПВЧ, не менше, дБ	20
Коефіцієнт підсилення приймача, не менше, дБ	50
Коефіцієнт шуму МШП, не більше, дБ	2
Коефіцієнт шуму приймача, не більше, дБ	3
Динамічний діапазон, не менше, дБ	80

Відображені від повітряних об'єктів, що знаходяться у різних кутотвірних секторах діаграми спрямованості ПРЛ, ехо-сигнали надходять на вхід АФС:

- приймаються відбивачем антенного пристрою СКА01 та через опромінювач основного каналу, обертове зчитування (обертовий перехід)

основного каналу, через відгалужувач, фільтр позасмугових випромінювань, суматор і комутуючі пристрої блоків імпульсних підсилювачів потужності передавача, в яких забезпечується його робота в режимі прийом-передача, прийняті Е-С надходять на вхід модуля МШП основного каналу;

- приймаються дзеркальною антеною та через опромінювач каналу ІВЦ, що входять до складу антенного пристрою, обертове зчленування (обертовий перехід) каналу ІВЦ хвилеводно -коаксіального тракту ОПП, надходять на вхід модуля МШП каналу ІВЦ.

У малошумному підсилювачі високої частоти (МШП) ехо-сигнали проходять початкове посилення. Коефіцієнт шуму МШП достатньо низький, що обумовлює високу чутливість і малий коефіцієнт шуму приймача ПРЛ.

З виходів модулів МШП основного каналу та МШП каналу ІВЦ попередньо посиленні ехо-сигнали ПРЛ надходять на відповідні входи приймачів ПРЛ (канал ПРЛ1 та канал ПРЛ2).

Принципи побудови та робота модулів МШП ПРЛ аналогічні. Структурна схема модуля МШП основного каналу ПРЛ наведена на рисунку.

1.15

Вхідні сигнали з одних із виходів плат комутаторів (режим прийом - передача) блоків імпульсних передавачів поступають на відповідні входи малошумливих підсилювачів в модулі МШУ. Далі прийнятий ехо-сигнал підсилюється по потужності малошумливими підсилювачами та смутується у вихідному суматорі. Вихідний дільник забезпечує видачу підсиленого сигналу на обидва приймачі ПРЛ1 , ПРЛ2. Така побудова, забезпечує високу надійність та захист від завад по входу.

Малошумові підсилювачі високої частоти (МШУ), що входять до складу модулів МШУ основного каналі ІВЦ, мають однакову схемну побудову та принцип функціонування.

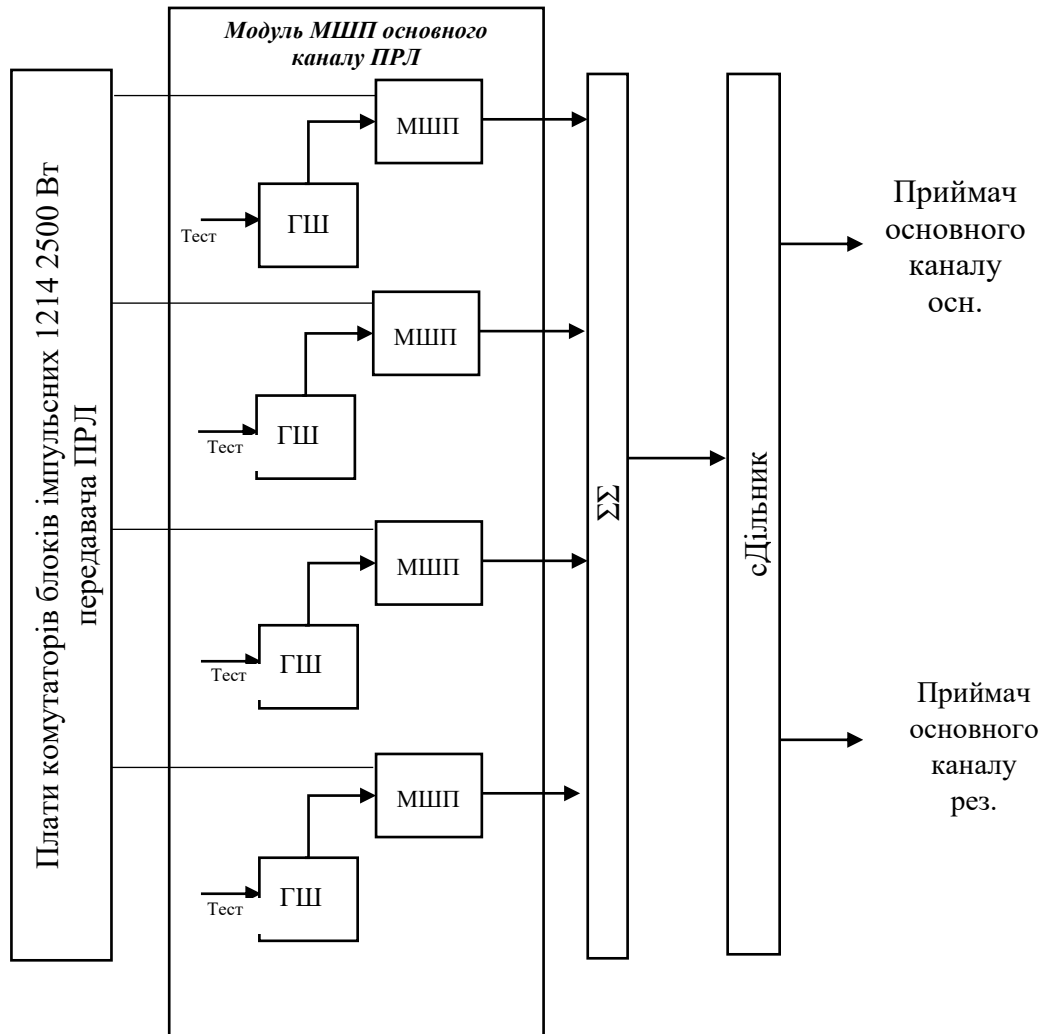


Рисунок 1.15 Структурна схема модуля МШП основного каналу ПРЛ

1.7.6 Система цифрової обробки інформації

Система цифрової обробки інформації (ЦОІ), складається із блоків цифрової обробки сигналів ЦОС (1) та (2), двох контролерів ПРЛ та виконує наступні функції :

- управляє формуванням зондуєчих сигналів БЦОС та їх параметрів в передавальній системі ПРЛ;
- обробку прийнятого на проміжній частоті з виходу приймача ПРЛ ехо-сигналу, виявлення ПС та визначення їх координат;
- формування сигналів управління режимами роботи локатора по командам;
- управління видачою РЛІ на АС УПР. \

Структурна схема системи ЦОІ наведена на рисунку 1.16

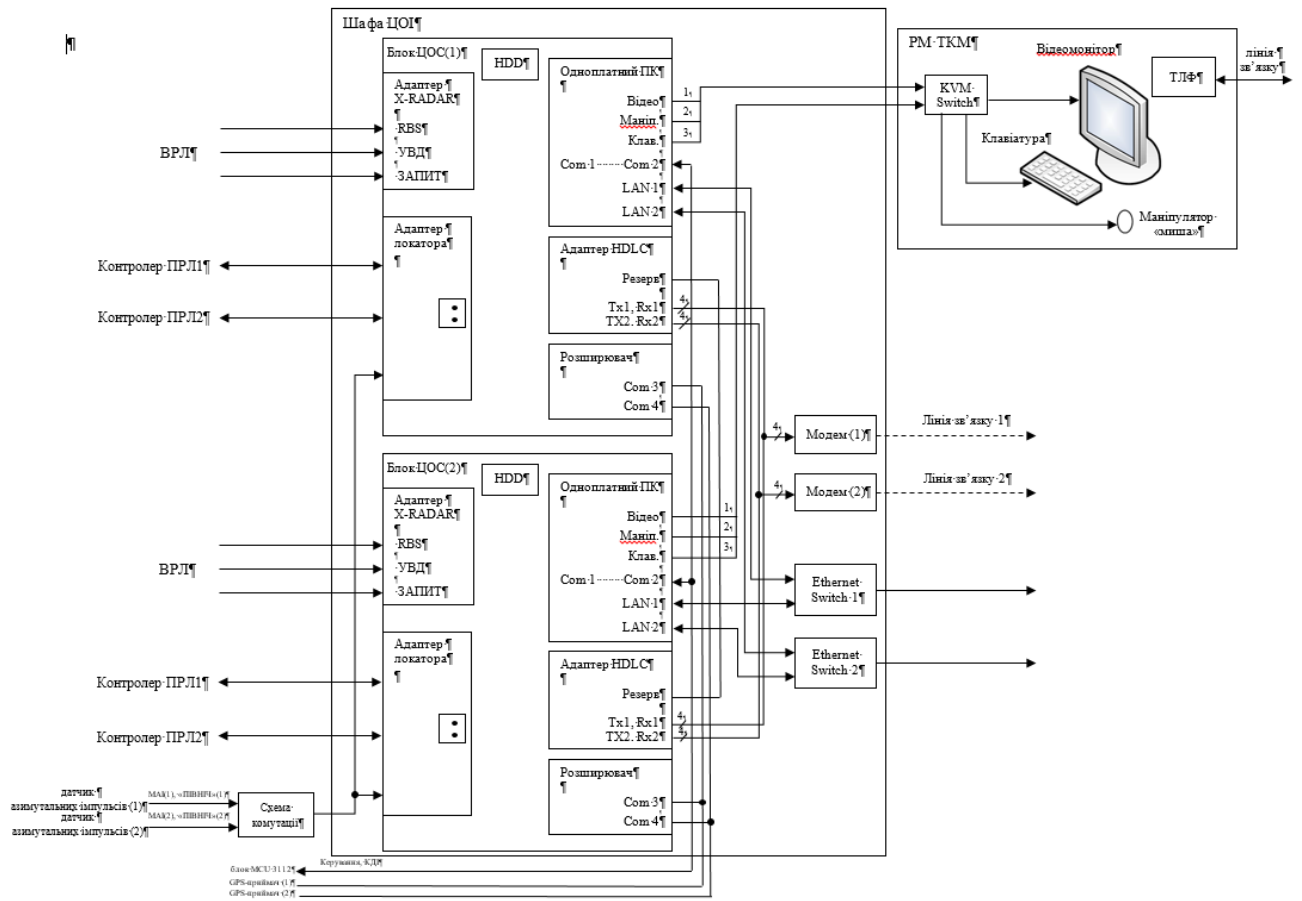


Рисунок 1.16 Структурна схема системи ЦОІ

В шафі ЦОІ розміщуються два блоки ЦОС (1) та (2), представляють собою промислові комп'ютери, в слоти пасивної об'єднаної плати кожного із яких ынтегруються контролери локатора, адаптери HDLC та розширювач Com-портів.

Крім того, в шафі ЦОІ розміщується:

- комутатор KVM, забезпечує підключення монітора, клавіатури та маніпулятора до того блоку ЦОС, який знаходиться в робочому режимі;
- два модема типу Tainet;
- два комутатора Ethernet;
- два синхронізуючі інтерфейсні модуля (основний та резервний), два адаптера живлення приймачів GPS системи точного часу.

Контролер локатора представляє собою пристрій, встановлений в слот шини пасивної об'єднаної плати промислового комп'ютера блока цифрової обробки та синхронізації.

Основні етапи обробки сигналів виконуються цифровими методами та реалізуються з допомогою спеціального математичного забезпечення (СМЗ), що зберігається в пам'яті комп'ютера .

Радіолокаційна інформація (відмітка від ПС та його координати, що отримуються в каналі ПРЛ) відображаються на моніторах РМ ТКМ та РМ ТКД. Управління режимами роботи ПРЛ може також відбуватися як з РМ ТКМ (місцевого) та і з РМ ТКД (дистанційного).

В шафі ЦОІ встановлені два модеми (1) та (2) типу Tainet , що підключені до комутаційного адаптера HDLC4 блоків БЦОС (1) та (2). Дані модеми необхідні для передачі РЛІ по двом незалежним виділеним каналам на АС УПР.

Вихідні адаптери LAN блоків ЦОС (1) та (2) підключені до двох комутаторів Ethernet. З виходів даних пристроїв забезпечується видача РЛІ на АС УПР від одного з блоків ЦОС, що знаходиться в робочому режимі. Крім того, за допомогою локальної мережі відбувається обмін інформацією між блоками ЦОС про встановлені на основному блоці параметри: потужності зондуючих сигналів ПРЛ, границі зон фільтрації, рівнів порогів виявлення і т.д.. В БЦОС виконується постійне тестування обладнання ПРЛ, аналіз якості вхідних сигналів.

1.7.7 Блок цифрової обробки сигналів (БЦОС)

Блок цифрової обробки сигналів призначений для:

- управління і синхронізації роботи передавальної та прийомної системи ПРЛ;
- формування та видача модульованого імпульсу зондуючого сигналу на модулятор передавальної системи ПРЛ для подальшого переносу на робочу частоту ПРЛ та підсилення по рівню потужності до заданих параметрів;
- формування та видача сигналів стропів для передавальної системи ПРЛ;
- управління резервуванням локатора;

- цифрова обробка ехо-сигналів від ПС, що надходять на проміжній частоті з виходу приймача ПРЛ;
- управління відображенням радіолокаційної та діагностичної інформації на екрані моніторів з РМ ТКМ та РМ ТКД.

Управління роботою БЦОС (1) та (2) виконується з РМ ТКМ та РМ ТКД.

Обладнання БЦОС змонтовано в корпус для монтажу промислового комп'ютера та включає:

- пасивну об'єднану плату;
- промисловий комп'ютер;
- вінчестер;
- контролер локатору;
- адаптер X-RADAR;
- HDLC адаптер;
- розширювач СОМ – портів;
- стабілізоване джерело живлення.

Промисловий комп'ютер виконує всі основні операції по обробці прийнятих сигналів. Обчислення виконується з допомогою спеціального математичного забезпечення.

1.7.8 Адаптер HDLC

З метою видачі РЛІ та АС УПР , в двох блоках ЦОС встановлені комунікаційні адаптери HDLC. Чотирьох канальний асинхронний адаптер призначений для управління обміном інформації між асинхронним послідовним каналом із стиком RS-232C та системною шиною ISA блоків цифрової обробки сигналів системи ЦОІ. Адаптер HDLC характеризується наступними основними технічними параметрами:

- кількість каналів – 4;
- тип каналів – дуплексний;
- стик каналів - RS-232;

- рівень вхідних сигналів з каналу від ± 5 до ± 30 В;
- рівень вихідного сигналу в канал ± 12 В;
- поріг чутливості вхідного сигналу ± 4 В.

Основним функціональним блоком адаптера HDLC є контролер послідовного інтерфейсу.

Схема передавача в адаптері HDLC призначена для перетворення послідовної інформації в рівень стику. Схема приймача в адаптері HDLC призначена для приймання інформації із лінії передачі даних.

Виходи двох адаптерів HDLC, встановлені в блоках ЦОС, об'єднані по схемі «або» та з'єднані з входами двох модемів типу Tainet за допомогою панелі зовнішніх з'єднань.

1.7.9 Адаптер X-RADAR

Адаптер X-Radar є пристрій, що встановлюється в слот шини ISA пасивної об'єднаної плати промислового комп'ютера цифрової обробки сигналу.

Адаптер має три незалежних входи (ПРЛ, RBS, УВД), два входи синхронізації дальності (ЗАПУСК ПРЛ та ЗАПРОС). В ТРЛК – 10 тільки входи RBS та УВД . На вхід X-RADAR адаптерів подаються сигнали ЗАПРОСНИЙ КОД ВІДЕО УВД з панелі зовнішніх з'єднань екстрактора.

Адаптер X-RADAR виконує дешифрацію запитувальних кодів, аналогово-цифрового перетворення зворотних радіолокаційних сигналів та видачу оцифрованих даних в буфер пам'яті промислового комп'ютера для подальшої обробки.

1.7.10 Системи відображення, управління та контролю

1.7.10.1 Призначення та склад

Система відображення, управління та контролю призначена для

контролю працездатні основних систем, відображення радіолокаційної та діагностичної інформації та управління режимами роботи локатора.

Вона вирішує наступні функціональні задачі:

- перевірка працездатності (тестування) цифрових пристроїв ПРЛ при ввімкненні апаратури та в процесі функціонування;
- контроль параметрів аналогових систем та елементів ПРЛ;
- кодування, передача та збір контрольної інформації від систем ПРЛ в блоці цифрової обробки та синхронізації;
- обробка та відображення контрольної інформації для надання її оператору (інженеру);
- захист (відключення) окремих пристроїв у випадку перевищення граничних параметрів;
- управління режимами роботи та параметрами локатора.

Система відображення, управління (керування) та контролю включає підсистему контролю та підсистему відображення та управління.

Система контролю включає елементи контролю окремих систем ПРЛ:

- передавальної системи;
- приймальної системи;
- системи обробки, відображення та видачі РЛІ.

Працездатність деяких систем (передавальної системи та системи електроживлення) оцінюється за їхніми засобами індикації та контролю, а також за результатами роботи інших систем, пов'язаних з ними.

У складі підсистеми контролю можна виділити:

- апаратні засоби – генератори шуму, встановлені в модулях МШП та на входах приймачів ПРЛ, детектори, елементи контролерів ПРЛ (ЦАП, АЦП, формувачі...), які забезпечують формування та дешифрацію тестової інформації;
- засоби відображення – монітори РМ ТКМ та РМ ТКД, контрольні дисплеї окремих пристроїв: модемів, перетворювачів частоти і т. ін.;

- програмні засоби блоків БЦОС, контролерів ПРЛ, блок MCU 3112 передавача ПРЛ.

Підсистема контролю забезпечує глибину контролю:

- передавальної системи до окремого підсилювального каскаду (транзистора);
- в інших системах – до функціонального модуля.

Підсумкові дані щодо оцінки працездатності окремих систем та ПРЛ в цілому відображаються на моніторі РМ ТКМ та РМ ТКД.

Для контролю приймальної системи використовуються тестові сигнали, що формуються контролерами ПРЛ, під керуванням блоків ЦОС. Ці сигнали надходять на генератори шуму, підключені до входів малошумних підсилювачів та приймачів. Після посилення та аналогово-цифрового перетворення тестові сигнали надходять до БЦОС. На основі аналізу прийнятої інформації робиться висновок щодо справності елементів приймального тракту.

До підсистеми відображення та управління відносяться РМ ТКМ та РМ ТКД.

1.7.10.2 Робоче місце технічного контролю місцеве

Робоче місце технічного контролю місцеве (РМ ТКМ) використовується при місцевому управлінні роботою ПРЛ та забезпечує виконання наступних функцій:

- управління ввімкненням / вимкненням випромінювання ПРЛ;
- управління робочими параметрами ПРЛ;
- відображення радіолокаційної інформації (РЛІ) та контрольно-діагностичної інформації (КДІ) на моніторі;
- забезпечення телефонного зв'язку.

Безпосереднє управління режимами роботи ПРЛ, формування інформаційної моделі для відображення на моніторі РМ забезпечується блоком ЦОС, що знаходиться у цей час в робочому режимі.

До блоків ЦОС (1) і (2) через комутатор KVM-switch під'єднані елементи управління (керування) та відображення, що входять до складу обладнання РМ ТКМ:

- монітор з діагоналлю 19'';
- маніпулятор типу «миша»;
- клавіатура.

Клавіатура та маніпулятор призначенні для введення команд та управління інформаційною моделлю.

Кольоровий рідкокристалічний монітор високої роздільної здатності призначений для відображення інформації у графічній формі в реальному масштабі часу. На екрані монітора РМ ТКМ відображається радіолокаційна інформація та контрольно-діагностична інформація про параметри та режими роботи систем ПРЛ. Радіолокаційна інформація відображається на екрані монітору у вигляді координатних точок та синтетичного відео.

На РМ ТКМ (рисунок 1.17) забезпечується відображення контрольно-діагностичної інформації про технічний стан та параметри роботи апаратури ПРЛ, наявність та відповідність зондувальних сигналів встановленим параметрам.

При введенні оператором РМ ТКМ команд управління передбачений захист від введення помилкових команд та виведення відповідних повідомлень на монітор РМ ТКМ з наданням можливості їх коригування.

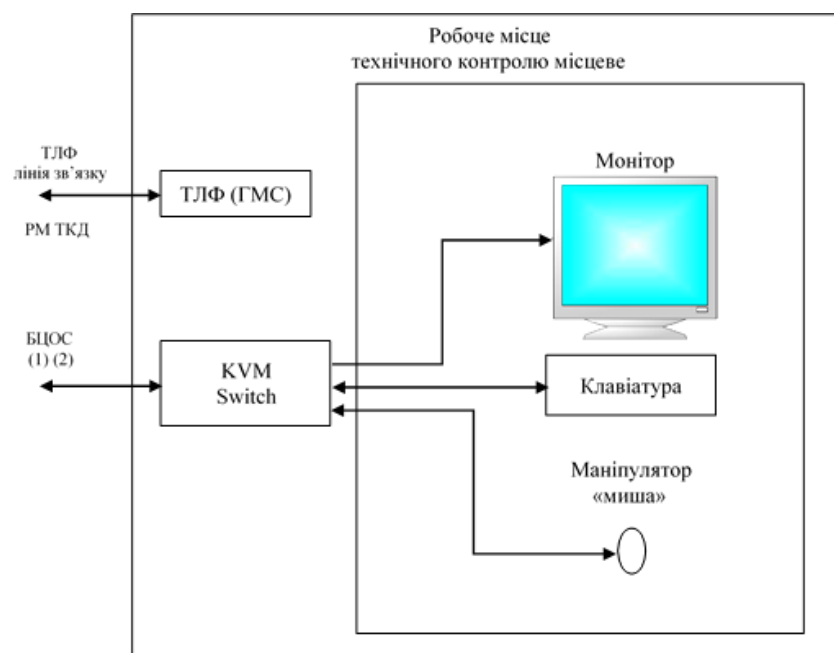


Рисунок 1.17 Структурна схема РМ ТКМ

1.7.11 Склад та характеристики системи електроживлення

1.7.11.1 Призначення та основні характеристики

Система електроживлення призначена для надійного забезпечення електроживлення ПРЛ ТРЛК-10 електричною напругою та її розповсюдження по ситемам та елементам модернізованої апаратури первинного локатору.

Електроживлення ПРЛ, як електроприймача першої категорії, забезпечується з резервуванням – від двох незалежних вводів змінного трьохфазного току напругою 380 В 50 Гц з глухо заземленою нейтралю. Крім того, всередині системи забезпечується тимчасове автономне резервування електроживлення ПРЛ від джерела безперебійного живлення. Така побудова системи електроживлення дозволяє завершити виконання поточних завдань ПРЛ навіть у випадку зникнення електроживлення по обом вводам, без врахування електроживлення антенної системи.

Основні характеристики системи електроживлення:

- тип системи - зарезервована по двом введенням, а також всередині системи – від джерела безперебійного живлення;
- споживана потужність < 10 кВт;
- рід струму – змінний трифазний, напруга $380 \text{ В} \pm 10\%$;
- частота $50 \text{ Гц} \pm 5\%$;
- час роботи апаратури від ДБЖ за відсутності мережі ≥ 15 хв.

1.7.11.2 Розрахунок споживаної потужності

Виходячи зі складу модернізованого ПРЛ, характеристик компонентів та елементів окремих систем, режимів роботи та досвіду експлуатації орієнтовна споживана потужність буде складати менше 10 кВт – таблиця 1.5.

Таблиця 1.5 Орієнтована споживана потужність

Найменування елементів	Споживана потужність (кВт)	Примітка
Передавач ПРЛ	6,5	
Приймачі, модулятори, контролери, модулі МШП – 2 канали	0,6	
РМ-ТК з блоками БЦОС, модемами, комутаторами	0,9	
Система електроживлення (її внутрішні споживачі)	0,2	
РАЗОМ	8,2	

Виходячи з цього, а також необхідного часу роботи від ДБЖ, необхідна потужність джерела безперебійного живлення з урахуванням резервування – біля 15 кВт (три модулі, що приймають навантаження до 5 кВт, один з яких може виходити в резерв).

1.6.11.3 Склад та структурна схема

Структурна схема системи електроживлення наведена на рис. 3.24.

До складу системи електроживлення входять такі основні елементи:

- блок автоматичного введення резерву (АВР) – щит ввідний;
- джерело безперебійного живлення – ДБЖ;
- щит розподілення живлення – щит ЩРЖ;
- блок живлення передавача ПРЛ (входить до складу самого передавача).

Вхідні напруги двох мереж «ВВЕДЕННЯ 1» та «ВВЕДЕННЯ 2» надходять на блок автоматичного введення резерву (АВР). У блоці виконується перевірка справності мереж по наявності фаз і значенням напруги та автоматичний вибір однієї з них для живлення апаратури ПРЛ. Пріоритет по первісному підключенню має «ВВЕДЕННЯ 1», тобто за відсутності обох введень на вихід АВР буде видаватися напруга мережі з введення №1.

При несправності мережі «ВВЕДЕННЯ 1» виконується автоматичне введення резерву – перехід на введення №2. Спочатку «ВВЕДЕННЯ №1» відключається, а потім виконується перемикання на «ВВЕДЕННЯ 2». При перемиканні переривання живлення ПРЛ не відбувається, так як далі у ланцюзі живлення радіолокатора стоїть джерело безперебійного живлення (ДБЖ). На

час перемикання та у випадку несправності обох входів мережі він формує трифазну напругу 380 В 50 Гц (до 15 кВт) від власних акумуляторів.

У щиті ЩРЖ виконується розподіл напруги живлення 380 і 220 В по споживачам, формування інших напруги (+12 В, +24В), захист елементів, видача інформації про стан основних пристроїв системи електроживлення та інші функції. ЩРЖ має два мережевих введення: одне – безпосередньо від блоку АВР для живлення перетворювачів частоти для приводу обертання антенної системи та інше – з виходу ДБЖ для живлення апаратури ПРЛ.

У ЩРЖ за допомогою вбудованого контролера щита розподілення живлення передбачене забезпечення контролю та індикації:

- наявність напруги живлення 380 В 50 Гц на двох входах самого щита (норма / аварія);
- напруги живлення +12 В, що виробляється резервованими модулями живлення типу SP-500-12 для апаратури каналів ПРЛ 1(2), модулями МШП основного каналу та каналу ІВЦ;
- напруги живлення +24 В, що виробляються резервованими модулями живлення типу SP-500-24 для ролейної апаратури блоку АВР та ЩРЖ, а також для індикації ламп;
- режимів роботи (увімкнено/вимкнено, робота/аварія) для двигунів приводу обертання;
- ознаки ввімкнення апаратури;
- робота/аварія ДБЖ;
- ознаки місцевого/дистанційного ввімкнення ПРЛ;
- наявності ввімкнутого блокування обертання.

У ЩРЖ також передбачена видача звукового попереджувачого сигналу про виявлення аварійних ситуацій (з можливістю його відключення).

Блок живлення передавача ПРЛ виробляє для його блоків імпульсних підсилювачів потужності напругу живлення номіналом в +36 В, +12 В, +5 В, -5В.

У ПРЛ передбачено керування різними режимами обертання антенної системи за допомогою різноманітних органів управління (перемикачів) на

передній панелі ЩРЖ, комутуючих пристроїв (автоматичних вимикачів, релейних модулів) всередині ЩРЖ та перетворювачів частоти.

1.7.11.4 Функції блоку АВР

У блоці автоматичного введення резерву виконується:

- комутація та захист виробу двома мережевими входами «Введення 1» та «Введення 2» за допомогою автоматичних вимикачів та плавких запобіжників;
- контроль входів мереж за допомогою реле контролю напруги;
- блискавкозахист апаратури по обох входах;
- комутація одного з входів на вихід блоку за допомогою реверсивного контактора і реле управління;
- вимірювання вихідних лінійних, фазних напруг, струмів фаз, частоти напруги за допомогою вбудованого цифрового мультиметра;
- захист виходу за допомогою автоматичного вимикача;
- індикація наявності напруги на входах та виході за допомогою індикаторних ламп.

1.7.11.5 Характеристики джерела безперебійного живлення

В якості джерела безперебійного живлення передбачене застосування джерела безперебійного живлення виробництва американської фірми Eaton, що складається з трьох модулів Powerware 9355-1x15-NHS-15 (до 15 кВА).

Модулі Powerware 9355-1x15-NHS-15 працюють паралельно на єдине навантаження. Параметри та компонування ДБЖ повністю забезпечують роботу апаратури ПРЛ при виході з ладу одного з модулів. В ДБЖ є

- вхідний та вихідний фільтр;
- трифазний випрямляч AC/DC;
- перетворювач DC/AC;
- автоматичний та ручний «байпас»;
- мікроконтролер з рідкокристалічним дисплеєм (на схемі не вказаний).

Основні характеристики та особливості ДБЖ Eaton 9355 15 кВА:

- графічний РК-дисплей з підтримкою російської мови;
- широкий діапазон вхідної напруги при якому ДБЖ живить обладнання високоякісною напругою без переходу на живлення від своєї батареї – $380\text{ В} \pm 20\%$, частота $45 \div 65$ Гц;
- високий ККД – не менше 91 % при 100%-му навантаженні, без трансформаторна технологія;
- висока якість вихідної напруги – точність - $\pm 1,0\%$, підтримка частоти $\pm 0,005$ Гц, нелінійні викривлення $< 3 \dots 5\%$, вихідний коефіцієнт потужності до 0,9 - це означає, що ДБЖ за повної потужності 15 кВА може видати 13,5 кВт активної потужності;
- використання при побудові ДБЖ технології Hot Sync, що забезпечує автоматичний рівномірний розподіл навантаження між модулями, усунення струмів перетікання між ними, постійну підтримку однакової частоти та фази вихідної напруги, резервування в конфігурації N+1 (один резервний модуль на N працюючих);
- висока надійність, діагностика, моніторинг системи ДБЖ, малий час та простота технічного обслуговування;
- наявність вбудованої акумуляторної батареї, що забезпечує більше 15 хвилин автономної роботи при навантаженні 10 кВА, можливість під'єднання зовнішньої батареї, «холодний» старт від батареї;
- використання технології АВМ (Advanced Battery Management) для управління зарядом батареї, що значно збільшує термін їх служби;
- вбудований електронний та сервісний (опціонально) бай паси збільшують надійність функціонування та зручність обслуговування ДБЖ;
- роздільні входи для випрямляча та для бай паса – це збільшує надійність функціонування системи безперебійного електропостачання;
- резервовані вентилятори для охолодження ДБЖ;
- низький рівень шуму, мінімум тепла, що виділяється ДБЖ;
- наявність сертифікації ISO 14001 «Green Leaf»;
- можливість цілодобового моніторингу в режимі реального часу (на РМ).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

В першому розділі виконано технічний аналіз наявного радіолокатору типу ТРЛК – 10 «Скала», що знаходиться в даний час в експлуатації та використовується як один із основних складових для забезпечення радіолокаційного покриття на висотах від 3000 м. до 10 000 м.. Виявлено недоліки наявного радіолокатору ТРЛК-10, що негативно впливають на подальшу експлуатацію. Базуючись на необхідних технічних характеристиках визначено необхідний енергетичний потенціал первинного каналу радіолокатору. Проведено аналіз та фактори, що впливають на розповсюдження радіосигналу в просторі. Визначено рівень затухання сигналу під час розповсюдження. Базуючись на отриманих даних, обрано структуру зондуючого сигналу в залежності від відстані до об'єкту у просторі. Відпрацьовано технічне рішення щодо захисту від завад при обробці сигналу в первинному каналі. Детально описано принцип побудови основних систем РЛС, блоків та вузлів апаратури в процесі модернізації. Розглянуту структурні схеми підсистем, що не підлягають модернізації. Описано технології щодо передачі обробленого сигналу до АСКПР враховуючи наявність доступних каналів передачі даних. Визначено функціонал системи відображення, управління та контролю. Проаналізовано діючу систему електроживлення та спроектовано електроживлення модернізованого радіолокатору.

РОЗДІЛ 2. ІНТЕРФЕЙСИ ОБМІНУ ДАНИМИ

2.1 Інтерфейси передачі даних на АС КПП

2.1.1 Вимоги до інтерфейсу обміну

Передача радіолокаційних повідомлень повинна проводитися у форматі ASTERIX (категорія 001 та 002) зовнішнім споживачам через:

- канали передачі даних локальної обчислювальної мережі (Dual Ethernet) з використанням протоколів TCP та UDP в одній IP мережі (транспортний рівень);
- резервовані канали передачі даних з використанням послідовного синхронного інтерфейсу RS-232.

На виході двох каналів RS-232 повинні бути встановлені модеми для передачі даних в протоколах:

- або V.34 зі швидкістю передачі до 33 600 біт/с
- або V.29 зі швидкістю передачі до 9600 біт/с.

Структура та формат блоку даних ASTERIX категорії 001 та 002 наведений у стандарті підприємства Украерорух СТП-01-2002 «Передавання радіолокаційних даних. Вимоги до організації, складу та формування повідомлень» і відповідає ДСТУ 4528-2006

При цьому модернізований ПРЛ не повинен змінювати інтерфейс обміну ТРЛК-10 з АС УПР.

2.1.2 Передача даних через Ethernet

Протоколи транспортного рівня TCP/IP (не міжмережевого, в одній мережі) надають транспорту послугу прикладним процесам. Основними протоколами транспортного рівня TCP/IP є протокол управління передачею

TCP (Transmission Control Protocol) та протокол користувальницьких датаграм UDP (User Datagram Protocol), можливість використання яких задана в ТЗ. Визначення одержувача або де мультиплексування потоку повідомлень – одна з головних задач транспортних протоколів.

Транспортна послуга цих протоколів суттєво відрізняється.

User Datagram Protocol (UDP)

UDP є датаграмним протоколом, що не гарантує доставку. Протокол UDP доставляє датаграму без встановлення з'єднання. Одиниця даних протоколу UDP – UDP-пакет або користувальницька датаграма (user datagram). UDP-пакет складається з заголовку та поля даних, в якому розміщується пакет прикладного рівня. Заголовок має простий формат і складається з чотирьох двобайтових полів:

- UDP source port – номер порту процесу-відправника;
- UDP destination port – номер порту процесу-отримувача;
- UDP message length – довжина UDP-пакету в байтах;
- UDP checksum – контрольна сума UDP-пакету.

Не всі поля UDP-пакету обов'язково мають бути заповненні. Якщо датаграма, що посилається, не передбачує відповіді, то на місці адреси відправника можуть поміщатися нулі. Можна відмовитися і від підрахунку контрольної суми, однак варто врахувати, що протокол IP підраховує контрольну суму тільки для заголовка IP-пакету, ігноруючи поле даних.

Поля UDP SOURCE PORT та UDP DESTINATION PORT визначають протокольні порти процесу-відправника та процесу-отримувача. Поле UDP SOURCE PORT має змістовне заповнення тільки в тому випадку, якщо процес-відправник повинен отримати повідомлення у відповідь; в іншому випадку воно заповнюється нулями.

Поле UDP MESSAGE LENGTH вказує повну довжину (в октетах) заголовку та блоку даних користувальницької датаграми.

Поле UDP CHECKSUM містить контрольну суму. При її розрахунку відбувається деяке зміщення «повноважень» протоколів різних рівнів:

мережевого та транспортного. До складу контрольованої інформації включаються також мережеві адреси. В цілому розрахунок контрольної суми відбувається наступним чином:

1. Блок даних повідомлення доповнюється нулями до цілого числа 16-бітових слів.
2. Поле заголовку UDP CHECKSUM заповнюється нулями.
3. Перед повідомленням вставляється псевдозаголовок.
4. Розрахунок контрольної суми виконується за всією цією сукупністю даних, після чого знімаються псевдозаголовки та доповнення нулями, значення контрольної суми вставляється у відповідне поле заголовку, а датаграма передається протоколу IP.

Для перевірки контрольної суми хост-отримувач датаграми UDP виконує аналогічні операції.

Розрахунок контрольної суми. Заповнення поля UDP CHECKSUM нулями розуміється як відмова від розрахунку контрольної суми. Для того, щоб ця відмова відрізнялася від випадку, коли розрахована контрольна сума дорівнює нулю, в останньому випадку усі біти поля UDP CHECKSUM встановлюються у стан 1.

Функціональність протоколу UDP зводиться до мультиплексування та демультиплексування (розподіл по портах) потоку датаграм між застосунками і факультативно забезпечує контроль безпеки даних.

UDP не встановлює логічного з'єднання, не нумерує та не впорядковує пакети даних.

Функціональна простота протоколу UDP обумовлює простоту його алгоритму, компактність та високу швидкодію. Тому ті застосунки, в яких реалізований власний, достатньо надійний, механізм обміну повідомленнями, заснований на встановленні з'єднання, віддають перевагу для безпосередньої передачі даних мережею використанню менш надійних, але більш швидких засобів транспортування, в якості яких по відношенню до протоколу TCP і виступає протокол UDP. Протокол UDP може використовуватися і в тому

випадку, коли гарна якість каналів зв'язку забезпечує достатній рівень надійності і без застосування додаткових прийомів типу встановлення логічного з'єднання та квітування пакетів, що передаються.

Transmission Control Protocol

На відміну від UDP протокол TCP забезпечує повноцінну транспортну службу.

TCP забезпечує надійну доставку байтових потоків (сегментів) з попереднім встановленням транспортного дуплексного з'єднання (віртуального каналу) між модулями TCP мережевих комп'ютерів.

Протокол TCP буферизує дані, що передаються у мережу. Буферизація дозволяє оптимізувати трафік шляхом підбору розміру повідомлення. У тих випадках, коли застосунку необхідно забезпечити термінову передачу даних, протокол надає механізм виштовхування (push) даних із буфера обміну в канал.

Для передачі даних TCP організовує так звані віртуальні з'єднання. Зв'язок між двома комп'ютерами встановлюється за допомогою операції, встановлення з'єднання.

TCP забезпечує повнодуплексне з'єднання. Трафік між вузлами можна розглянути як два повністю незалежних потоки інформації, що одночасно поширюються у двох напрямках. При цьому забезпечується можливість передачі керуючої інформації протоколу разом з потоком даних будь-якого напрямку (piggybacking). З'єднання ідентифікується двома кінцевими точками (end points). Кожна з яких визначається парою значень.

Для вирішення транспортних завдань протоколи TCP та UDP у процесі передачі даних формують та додають до даних свої заголовки об'ємом 8 байт та 20 байт відповідно.

Кожен прикладний процес взаємодіє з модулем транспортного рівня TCP або UDP через окремий порт, що дозволяє при взаємодії системи однозначно ідентифікувати прикладні процеси. Ці порти нумеруються починаючи з нуля. При передачі запиту прикладній програмі клієнта до прикладної програми сервера транспортний модуль, формуючи датаграму або сегмент, вказує номери

портів модулів прикладних протоколів сервера та клієнта. З цією метою у заголовку пакету протоколу транспортного рівня виділено два поля – «порт отримувача» та «порт відправника» об'ємом по 2 байти. Номери портів TCP та UDP до прикладних протоколів сервера стандартизовані ІЕЕТ. Для цього надані номери в діапазоні від 1 до 1023. Наприклад, програмний модуль TNP серверу взаємодіє з модулем протоколу HTTP через порт з номером 80. Взаємодія модуля TCP або UDP клієнта з будь-яким модулем прикладного протоколу відбувається через порт, якому надається вільний номер, за значенням більший, ніж 1023.

Налаштування з'єднання

Таким чином, для забезпечення організації видачі даних на транспортному рівні повинна передбачати налаштування в інтерфейсі інженера комплексу (адміністратора) IP-адреса кожного з напівкомплектів процесора обробки. Вказані налаштування можуть бути внесені на рівень рядкових команд, які відповідно не повинні змінюватися при перезавантаженні операційної системи та робочого застосунку.

Вибір обладнання

В якості фізичного пристрою для видачі даних через Dual Ethernet чотирьом споживачам між процесорними блоками серверу обробки повинні бути реалізовані дві локальні незалежні мережі. Активними елементами мереж повинні бути обрані комутатори.

Комутатор використовується для об'єднання кількох компонентів Ethernet в загальному сегменті (на транспортному рівні). Пристрої підключаються за допомогою крученої пари або оптоволокна. Однак ці функції успішно виконуються найбільш поширеними зараз мережевими комутаторами (свічами), що виділяють кожний підключений пристрій в окремий сегмент.

Надійні пристрої подібного типу випускають компанії Cisco 2-го або 3-го рівня.

2.2 Передача даних по послідовному інтерфейсу RS-232

Інтерфейс RS-232 з'єднує два пристрої. Лінія передачі першого пристрою з'єднується з лінією прийому другого і навпаки (повний дуплекс). Для управління з'єднаними пристроями використовується програмне підтвердження (введення в потік даних, що передаються, відповідних керуючих символів). Можлива організація апаратного підтвердження шляхом організації додаткових RS-232 ліній для забезпечення функцій визначення статусу та управління.

Таблиця 2.1 Технічні характеристики інтерфейсу

Стандарт	EIA RS-232-C, CCITT V.25
Швидкість передачі	115 Кбіт/с (максимум)
Відстань передачі	15 м (максимум)
Відстань прийому	15 м (максимум)
Характер сигналу	Несиметричний по напрузі
Кількість драйверів	1
Кількість приймачів	1
Схема з'єднання	Повний дуплекс, від точки до точки

2.2.1 Порядок обміну по інтерфейсу RS-232C

Інтерфейс RS-232C призначений для підключення до комп'ютера стандартних зовнішніх пристроїв (принтера, сканера, модема та ін.). Основними перевагами використання RS-232C порівняно з Centronics є можливість передачі на значно більшу відстань та набагато більш простий з'єднувальний кабель. В той же час працювати з ним дещо складніше. Дані в RS-232C передаються в послідовному коді байтами. Кожен байт обрамляється стартовим та стоповим бітами. Дані можуть передаватися як в одну, так і в іншу сторону (дуплексний режим).

Комп'ютер має 25-контактний (DB25P) або 9-контактний (DB9P) роз'єм для підключення RS-232C. Призначення контактів роз'єму наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Призначення контактів роз'єму

Найменування	Напрявлення	Опис	Контакт (25-ти контактний роз'єм)	Контакт (9-ти контактний роз'єм)
DCD	IN	Carrie Detect	8	1
RXD	IN	Receive Data	3	2
TXD	OUT	Transmit Data	2	3
DTR	OUT	Data Terminal Ready	20	4
GND/FG	-	System Ground	7	5
DSR	IN	Data Set ready	6	6
RTS	OUT	Request to Send	4	7
CTS	IN	Clear to Send	5	8
RI	IN	Ring Indication	22	9

Призначення сигналів наступне:

- FG – захисне заземлення (екран).
- TxD – дані, що передаються комп'ютером в послідовному коді (логіка негативна).
- -RxD – дані, що приймаються комп'ютером в послідовному коді (логіка негативна).
- RTS – сигнал запиту передачі. Активний весь час передачі.
- CTS – сигнал скидання (очистки) для передачі. Активний весь час передачі. Говорить про готовність приймача.
- DSR – готовність даних. Використовується для завдання режиму модему.
- SG – сигнальне заземлення, нульовий провід.
- DCD – виявлення несучої даних (детектування сигналу, що приймається).
- DTR – готовність вихідних даних.
- RI – індикатор виклику. Говорить про прийом модемом сигналу виклику по телефонній мережі.

Найчастіше використовуються три- або чотирьох провідний зв'язок (для двоспрямованої передачі).

Для двопровідної лінії зв'язку у випадку тільки передачі з комп'ютера у зовнішній пристрій використовуються сигнали SG та TxD. Усі 10 сигналів інтерфейсу задіюються тільки при з'єднанні комп'ютера з модемом.

2.2.2 Формат ASTERIX

Блок даних категорії 001 являє собою повідомлення про координатну точку повітряного об'єкта. Блок даних категорії 002 являє собою повідомлення про режими роботи та стан РЛС. Блок даних категорії 001 та 002 відповідає формату, наведеному на рисунку 2.1.

CAT-129	LEN	FSPEC	Елементи даних першого запису	----- -----	FSPEC	Елементи даних останнього запису
---------	-----	-------	-------------------------------	----------------	-------	----------------------------------

Рисунок 2.1 Формат категорій 001 та 002

Поле CAT – поле довжиною один байт, яке вказує, що передається інформація про радіолокаційні цілі;

Поле LEN – поле довжиною два байти, яке вказує довжину блока даних в байтах, що передаються, включаючи поля CAT та LEN;

Поле специфікації FSPEC – поле, довжиною 1, 2, 3 або 4 байти, і має форму бітової послідовності, де кожен біт (окрім молодшого у байті) вказує номером свого місця розташування наявність або відсутність відповідного елемента даних в повідомленні. Нумерація (FRN) біт у полі специфікації здійснюється наскрізь зліва направо. Молодший біт кожного байта поля FSPEC з нумерації виключається та виконує функцію «індикатора розширення поля FSPEC» (FX). Якщо молодший біт поточного байта FSPEC містить одиницю, то це є ознакою продовження поля FSPEC ще на 1 байт. Ознакою закінчення поля FSPEC є нульове значення молодшого біта останнього байта поля FSPEC.

Набір елементів даних для кожної категорії даних визначається каталогом елементів відповідно до ДСТУ 4528-2006. Для передачі інформації про повітряну обстановку використовуються елементи даних, які внесені в каталог.

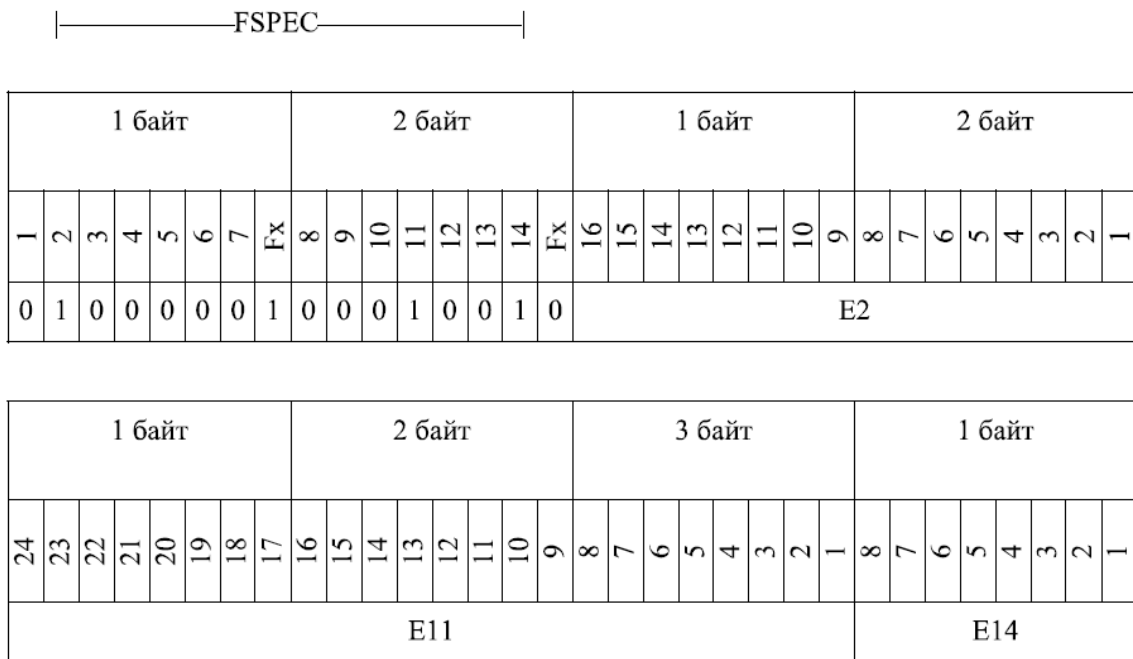


Рисунок 2.2 Структура повідомлення з двобайтовим полем специфікації

Кожен елемент даних має індивідуальний ідентифікаційний код, який однозначно ідентифікує його в каталозі даних. Ідентифікаційний код складається з восьми символів Innn/AAA, де:

- I – вказує, що це елемент даних;
- nnn – тризначне десяткове число (від 000 до 255), яке вказує, до якої категорії належить елемент даних;
- AAA – тризначне десяткове число, що визначає тип елемента даних (координати, швидкість, і тому подібне).

Співвідношення між номерами елементів даних та номерами бітів (FRN) у полі специфікації визначається Таблицею співвідношення користувача (UAP). Кожному елементу даних в UAP призначається відповідний номер (FRN) у полі специфікації. Таблиця співвідношення користувача визначається окремо для кожної категорії даних. Вона містить також інформацію про довжину елементів даних. Від’ємні числа представляються у двійковому додатковому коді, тобто лівий старший або старший біт (MSB) встановлюють в нуль для додатних і в одиницю для від’ємних значень.

2.3. Організація видачі даних на АСКПР

На позиціях ТРЛК-10 встановлений радіолокаційний екстрактор А1000, який забезпечує:

- обробку аналогових сигналів первинного та вторинного каналів радіолокатора ТРЛК;
- виявлення повітряних об'єктів та вимір їх координат;
- визначення характеристик повітряних об'єктів по даним вторинного каналу;
- відслідковування інформації ПРЛ та ВРЛ;
- видачу обробленої радіолокаційної інформації в цифровому вигляді;
- контроль якості вхідних сигналів;
- відображення вхідної, вихідної та діагностичної інформації.

Обладнання екстрактора змонтовано в 19'' промисловій шафі.

Обладнання екстрактора включає:

- два радарних процесори (напівкомплекту екстрактора);
- 17'' кольоровий монітор;
- два модеми;
- два блоки безперебійного живлення;
- клавіатуру;
- силовий комутатор;
- висувний столик з маніпулятором типу «миша»;
- панель управління та індикації;
- комутатор монітору, клавіатури та маніпулятора;
- панель зовнішніх з'єднань;
- панель вентиляції.

Сигнали від радіолокатора надходять на панель зовнішніх з'єднань екстрактора.

Вхідні сигнали екстрактора:

- ЗАПУСК – позитивні імпульси з амплітудою від 4 до 40В;

- КОД ЗАПИТУ – парні позитивні імпульси з амплітудою від 4 до 40В;
- МАІ, ПІВНІЧ - позитивні імпульси з амплітудою від 4 до 40В;
- ВІДЕО ПРЛ – позитивний аналоговий сигнал амплітудою від 0,5 до 15В;
- ВІДЕО RBS – позитивний аналоговий сигнал з амплітудою від 2 до 20В;
- ВІДЕО УПР – позитивний аналоговий сигнал з амплітудою від 2 до 20В.

На модернізацію ПРЛ необхідно допрацювати існуючу систему обробки таким чином, щоб на АСКПР надходила ототожнена інформація від ПРЛ та ВРЛ (комбіновані плоті). Тому в модернізованому первинному радіолокаторі ТРЛК – 10 повинні оброблятися та ототожнюватися з інформацією від ПРЛ дані від ВРЛ «Корінь – С» зі складу ТРЛК – 10.

Для обробки інформації від ВРЛ в блоки цифрової обробки сигналів модернізованого первинного радіолокатора ТРЛК – 10 встановлюються X-RADAR адаптери. На вхід X-RADAR адаптерів подаються сигнали КОД ЗАПИТУ, ВІДЕО RBS та ВІДЕО УПР з панелі зовнішніх з'єднань екстрактора.

Адаптери X-RADAR виконують аналого-цифрове перетворення радіолокаційних сигналів та видачу оцифрованих даних у промисловий комп'ютер по системній шині. Цифрова фільтрація, виявлення і декодування сигналів виконуються комп'ютером блока ЦОС під управлінням прикладного програмного забезпечення. Також у блоках ЦОС виконується ототожнення плотів ПРЛ та ВРЛ, управління видачою об'єднаної інформації на АС УПР.

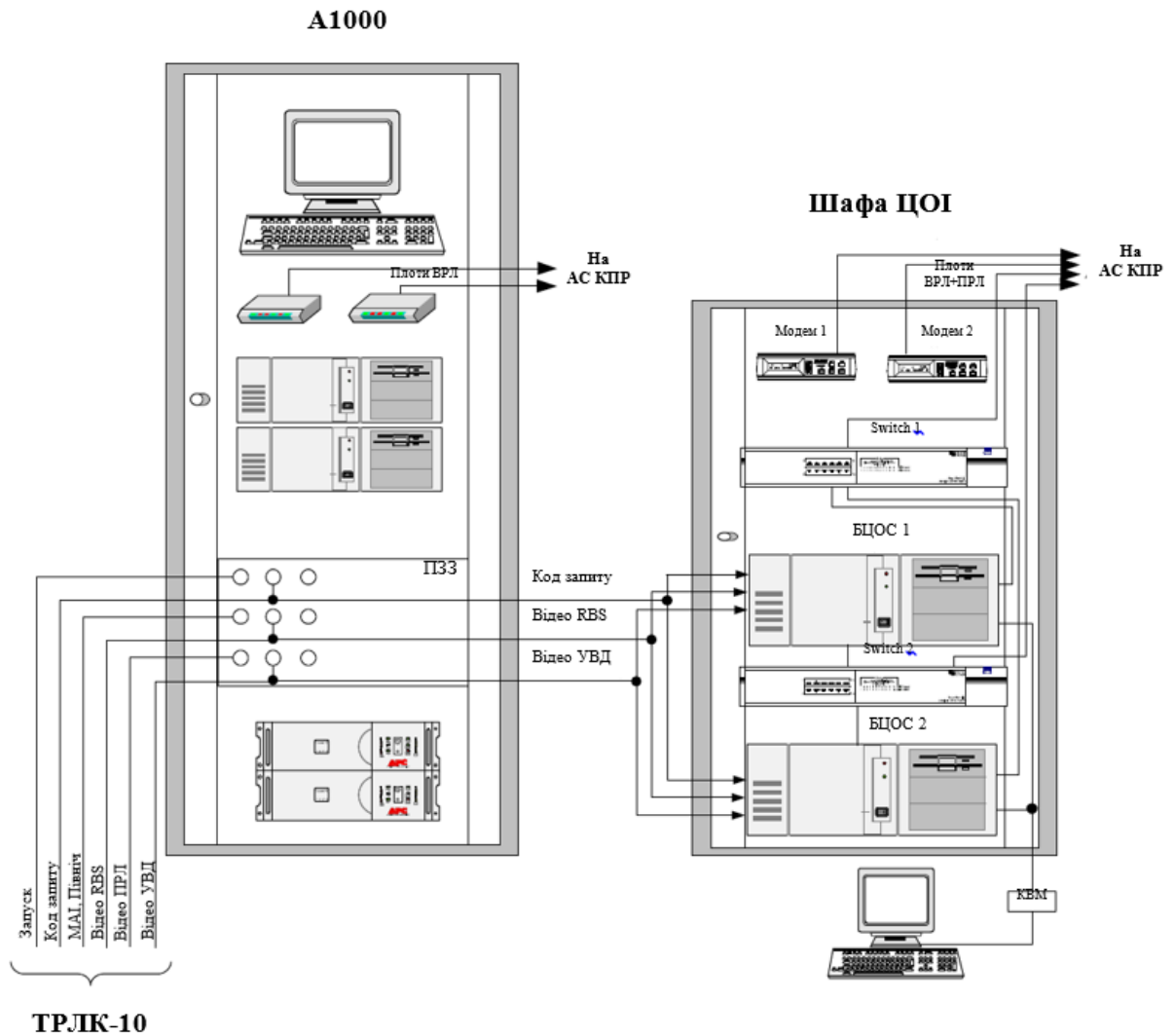


Рисунок 2.3 Структурна схема організації обробки і видачі інформації на АС УПР

Так як інформація від ПРЛ обробляється модернізованим ТРЛК – 10, в радіолокаційному екстракторі А1000 первинний канал відключається, обробляється і видається на АС УПР інформація тільки від ВРЛ.

2.4 Опис інформаційної моделі АРМ

Екран монітору АРМ ТРЛК умовно розділено на дві частини : основне поле та поле команд.

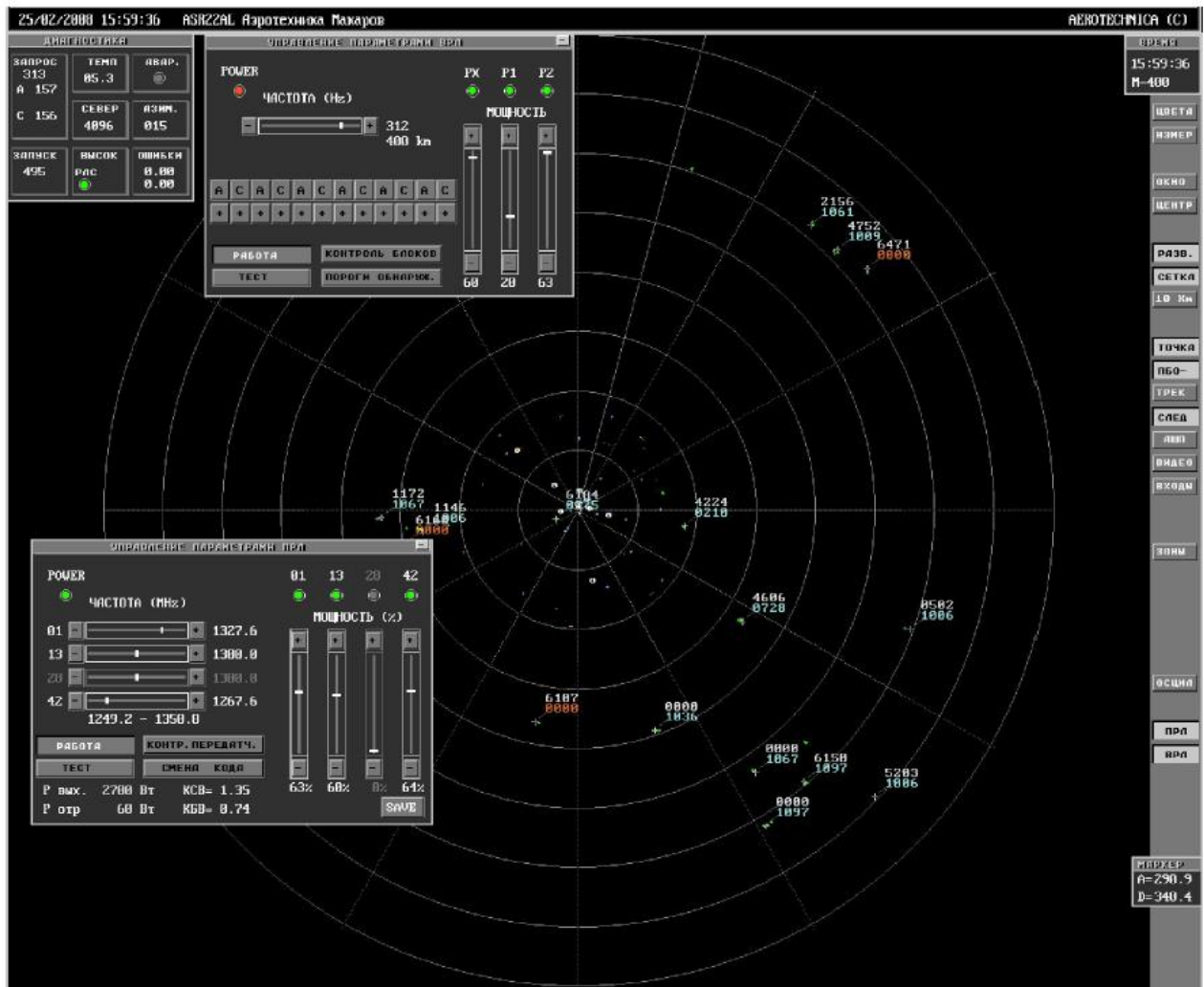


Рисунок 2.4 Базовий екран моніторингу АРМ ТРЛК

В основному полі відображається радіолокаційна інформація, інтерфейсна інформація, а також дані про стан обладнання.

Поля команд розташовані в правій частині інформаційного поля екрана представляють собою меню, виконано у вигляді набору псевдоклавіш, що помічені символно-буквенною абривіатурою. Кожна клавіша поля команд встановлена відповідна програмна функція, за допомогою якої виконується відображення інформації.

Після включення апаратури локатора в основному полі екрана відображається радіолокаційна інформація про повітряну ситуацію, відображаються основні етапи обробки – прийом і відображення відеоінформації, виявлення повітряних цілей та вимір координат, дешифрування прийнятої інформації, зав'язка траси.

Формуляр відображається, якщо інформація прийнята по вторинному каналу. В першому рядку формуляру відображається номер, а в другому - висота. Формуляри з відміткою супроводу повітряного судна - зав'язка траси. Відмітка супроводжується у вигляді кола білого кольору великого діаметра. В першому рядку формуляра відображається номер повітряного об'єкта, а в другій – висота, в третій – азимут і дальність місцезнаходження.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В другому розділі опрацьовано інтерфейси передачі даних від раділокатору до системи АСКПР. Розглянути вимоги до інтерфейсів обміну даних. Визначено формат передачі даних ASTERIX (категорія 001 та 002). Проаналізовано можливі канали передачі даних та протоколи TCP, UDP (транспортний рівень). Детально описано технологія передачі даних через мережу Ethernet. Надано роз'яснення щодо використання протоколів транспортного рівня TCP/IP – протокол управління передачею TCP (Transmission Control Protocol) та протокол датаграм UDP (User Datagram Protocol). Окрема увага приділена застарілому послідовному інтерфейсу RS-232, надано детальний опис порядку обміну по інтерфейсу.

Описані технічні особливості організації видачі даних до АСКПР. Визначено необхідність використання радіолокаційного екстрактора А1000. Розроблено структурну схему організації обробки інформацій з послідуною передачею на систему. Представлено базовий екран моніторингу АРМ ТРЛК.

РОЗДІЛ 3.

ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ АПАРАТУРИ ЛОКАТОРА ЗАДАНИМ ВИМОГАМ З НАДІЙНОСТІ

3.1 Характеристика ТРЛК -10МПА як об'єкта розрахунку надійності

3.1.1 Склад виробу

Комплект ТРЛК – 10МПА (п. 3.7 ДСТУ 2226-93) – частина радіолокаційної станції, виділеної по визначеній ознаці або сукупності ознак, які беруть участь у реалізації однієї або декількох функцій локатора (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1. Перелік основних компонентів ТРЛК-10МПА

Найменування	Тип	Кількість (шт.)	РКД
<u>Система електроживлення:</u> - Блок автоматичного включення резерву (АВР); - Щит розподілення живлення (ЩРЖ);		1 1	
<u>Система керування обертанням антени:</u> - Перетворювач частоти;		2	
<u>Передаюча система:</u> - Модулятори ПРЛ (основний і резервний); - Передавач ПРЛ;		2 1	
<u>Приймальна система:</u> - Приймач ПРЛ(основний і резервний) - Модулі МШМ підсилювачів		2 2	
<u>Система цифрової обробки інформації:</u> - Блоки цифрової обробки сигналів (основний і резервний);		2	
<u>Підсистема видачі РЛІ:</u> - Модеми (основний і резервний); - Мережеві комутатори (switch) (основний і резервний)		2 2	

3.1.2 Основні дії по покращенню надійності при модернізації

Однією з основних завдань модернізації ТРЛК – МПА, окрім підвищення функціональних можливостей (використання складних зондуючих сигналів,

підвищення захисту від завад, використання цифрової автоматичної обробки і видачі РЛІ і т.д), - є підвищення надійності виробу і скорочення тривалості його технічного обслуговування.

Для підвищення надійності в модернізованому ПРЛ застосовані наступні методи:

- Використання в виробках сучасної елементної бази, використання високонадійних комплектуючих
- Використання сучасних комп'ютерних технологій для обробки РЛІ;
- Побудова передавачів та приймачів на твердотілих елементах;
- Підвищення технологічності виробництва апаратури, використання більш низьких напруг, підвищення безпеки персоналу РЛС;
- Зниження рівня імпульсної потужності сигналів більш ніж у 20 разів;
- Управління двигунами обертання від промислових перетворювачів частоти (інверторів), забезпечення плавного пуску і плавного вимкнення, захисту двигуна від перевантажень і коротких замикань.

Дані дії дозволили зменшити об'єм радіоелектронної апаратури приблизно в 4-5 разів, кількість кабельних комунікацій і довжини кабелів в 10-12 разів. При цьому очікувана розрахована надійність модернізованого обладнання ТРЛК – МПА складає не менше 5000 годин наробки на відмову.

3.1.3 Основні визначення надійності виробу

Під працездатним станом виробу розуміється стан, при якому локатор виконує всі функції, визначені експлуатаційними характеристиками.

Повна відмова ТРЛК-10МПА - означає неробочий стан, який характеризується у відсутності видачі радіолокаційної інформації (азимута та відстані до ПС) протягом трьох обертів антени РЛС, при наявності ПС в зоні досяжності локатора.

Несправність ТРЛК-10МПА- стан при якому не виконується одна з функцій заданих в експлуатаційній документації.

Відмова компонента (елемента) ТРЛК-10МПА- необхідно розуміти подію, яка веде до несправності локатора.

Несправність компонента ТРЛК-10МПА- необхідно розуміти такий стан даного компонента чи елемента, при якому функції використовуються в обмежених умовах, виключаючи час профілактичного технічного обслуговування або інших планованих дій або простій через не достаток зовнішніх ресурсів.

Компонент: елемент, який можна розглядати на найнижчому рівні аналізу системи.

3.2 Оцінка показників надійності модернізованої частини ТРЛК-10МПА

3.2.1 Загальні відомості

Проектна оцінка надійності модернізованої частини ТРЛК-10МПА виконана згідно ДСТУ 2566-94 та ГОСТ 27.002-89. Згідно з вимогами для ТРЛК-10МПА та його компонентів розраховувався основний показник надійності - середнє напрацювання на відмову T_0 (Mean Time Between Failures, MTBF).

Інші показники – середній час відновлення виробу T_B (Mean time to repair, MTTR) і технічний ресурс (термін служби) – встановлені експериментально, на основі досвіду (приблизно 20 років) по розробці і експлуатації автоматизованих систем управління повітряним простором, автоматизованих робочих місць, радіолокаційних станцій і інших аналогічних виробів.

Оцінка показників надійності (ПН) системи проводиться виходячи з визначених критеріїв відмови ТРЛК –МПА і його компонентів. На основі структурної схеми ТРЛК-МПА і його складових частин з врахуванням

критеріїв відмови розробляється структурна схема надійності (ССН) трасового радіолокаційного комплексу ТРЛК -10МПА.

Оцінка показників надійності системи здійснюється при умові, що:

- Відмова компонентів (елементів) несподівана;
- Відмова компонентів (елементів) незалежна;
- Закон розподілу напрацювання на відмову кожного компонента (елемента), який прийнятий експонентним з інтенсивністю λ ;
- Закон розподілу часу відновлення компонента (елемента) прийнятий експонентним з інтенсивністю μ ;
- Функціонування окремих компонентів і підсистем (відмова та відновлення їх працездатності) здійснюється незалежно.

Виходячи з визначення критерій відмови та будови комплексу технічних засобів ТРЛК-10МПА за ДСТУ 2566-94 відноситься до систем зі структурно-часовим резервуванням.

3.2.2 Структурна схема розрахунку надійності модернізованої частини ТРЛК-10МПА

Структурна схема оцінки показників надійності модернізованої частини ТРЛК-10МПА зображена на рисунку 3.1. Компоненти ТРЛК-10МПА, в яких відсутній резервування, з'єднані на схемі послідовно. Резервовані компоненти з'єднані на схемі паралельно та утворюють резервні групи.



Рисунок 3.1 – Схема структурна модернізованої частини ТРЛК-10МПА для розрахунку надійності

На рисунку зазначені компоненти ТРЛК-10МПА, виходячи з визначення критерій відмов, які з розрахунку ПН включають:

- Систему електроживлення;
- Систему керування обертанням антени (РГ1);
- Первинний радіолокатор в складі:
 - а) передавальної системи;
 - б) приймальної системи
- Систему цифрової обробки інформації (РГ2);
- Підсистему видачі РЛІ (РГ3).

На малюнку виділені резервні групи в складі окремих систем.

Підсистеми забезпечення температурного режиму (СЗТР) та зв'язку в схему не включені, виходячи з визначення критерій відмови ТРЛК-10МПА.

3.2.3 Основні дані для розрахунку надійності

Основні вихідні дані для розрахунку показників надійності приведені в таблицях при розрахунку надійності окремих компонентів.

Дані про безвідмовність комплектуючих елементів (T_0), які приведені в таблицях, взяті з технічної документації на відповідний тип обладнання і котрі надав завод-виробник.

3.2.4 Основні розрахункові співвідношення

Враховуючи, що існує декілька методичних підходів з оцінки даних показників, із врахуванням особливостей модернізації ТРЛК-10, розглянемо найбільш відповідні.

У відповідності до ДСТУ 2566-94 п. 6.1. 4 середнє напрацювання на відмову (T_1) – це математичне очікування напрацювання системи до першої відмови. В загальному аналітичний вираз для визначення середнього напрацювання на відмову має вигляд:

$$T_1 = \int_0^{\infty} tf(t)dt = \int_0^{\infty} P(t)dt \quad (3.1)$$

Де: $P(t)$ – вірогідність безвідмовної роботи.

Для експоненціальної розподілення напрацювання на відмову

$$T_1 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \lambda_i}, \quad (3.2)$$

Де: λ_i – інтенсивність відмов i -ої підсистеми.

Середнє напрацювання на відмову T_o (Mean Time Between Failures, MTBF)

- це відношення сумарного напрацювання об'єкту до математичного очікування числа і його відмов протягом цього наробітку (ДСТУ 2566-94 п.6.2.4).

$$T_o = \frac{t}{M[r(t)]}, \quad (3.3)$$

Де: t – сумарне напрацювання; $r(t)$ – кількість відмов, які відбулись протягом цього напрацювання; $M[r(t)]$ – математичне очікування числа відмов в період заданого напрацювання.

Для більш простого потоку відмов маємо:

$$T_o = T_1 = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{T_o^i}}, \quad (3.4)$$

Де: O – потік відмов; λ – сумарна інтенсивність відмов елементів; λ_i – інтенсивність відмов i -ого елемента. T_o^i - напрацювання на відмову i -того елемента. N – кількість елементів.

Середній час відновлення T_e (Mean time to repair, MTTR) – це математичне очікування часу відновлення працездатності об'єкта після його відмови (ДСТУ 2566-94 п.6.2.7). Значення повинно бути не більше 30хв. при наявності ЗІП.

Для простішого потоку відмов аналітичного виразу середнього часу відновлення складає:

$$T_{\sigma} = \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i}{\lambda} t_{\sigma i}, \quad (3.5)$$

Де: λ_i – інтенсивність відмов i -ого елемента. $t_{\sigma i}$ – середній час відновлення i -ої підсистеми.

Для відновлювальних, дубльованих підсистем, навантаженого резерву (код підсистеми 07 додаток А, табл.А.-1), відповідно ДСТУ 2566-94, розрахунок T_0 проводимо по формулах:

$$T_{\sigma} = \frac{1}{\lambda} * \frac{1+3\gamma}{2\gamma}, \quad (3.6)$$

Де λ – інтенсивність відмов одного з рівнонадійних елементів (основного або

$$\text{резервного); } \lambda = \frac{1}{T_0}$$

$$\mu - \text{інтенсивність відновлення елемента } \left(\mu = \frac{1}{T_{\sigma}}, \gamma = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{T_B}{T_0} \right)$$

При послідовному з'єднанні двох рівнонадійних елементів (основного або резервного) у відновлювальних, дубльованих підсистемах, формула буде мати вигляд:

$$T_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} * \frac{1+3 \frac{T_B}{\sum_{i=1}^N \lambda_i}}{2 * \frac{T_B}{\sum_{i=1}^N \lambda_i}} \quad (3.7)$$

Чи через середнє напрацювання на відмову i -того елемента (T_0^i) і середній час відновлення (T_{σ}^i)

$$T_0 = \frac{T_0^i (T_0^i + 3T_B)}{2T_B}, \quad (3.8)$$

При великому часі відновлення елемента, який відмовив (відсутність можливості ремонту заміну виробу) середній час відновлення двох рівнодійних дубльованих елементів складає:

$$T_0 \approx \frac{3}{2} T_0^i \quad (3.9)$$

Коефіцієнт готовності A_i (Availability function) –це достовірність того, що об’єкт буде в працездатному стані в будь який момент часу, окрім запланованих періодів, протягом яких використання об’єкта за призначенням не передбачено.

Коефіцієнт готовності розраховується по формулі:

$$A_i = \frac{T_0^i}{T_0^i + T_B^i} \quad (3.10)$$

3.3 Розрахунок показників надійності модернізованої частини ТРЛК-10

3.3.1 Розрахунок показників надійності системи електроживлення (СП)

Вихідні дані для розрахунку показників надійності СП наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Вихідні дані для розрахунку показників надійності СП

Модуль	Найменування	Кількість	T_0^i /ч	Джерело
АВР	Блок автоматичного включення резерву (ввідний щит)	1	100000	Інформація виробника
ДБЖ	Джерело безперебійного живлення	1	150000	EATON UPS Technical Specification. Manufacturer's declaration in accordance with IEC 62040-3
ЩРП	Щит розподілення живлення	1	100000	Інформація виробника

Розрахунок надійності СП виконується в відповідності до схеми, наведеної на рисунку 3.2



Рисунок 3.2 – Структурна схема СП для розрахунку надійності

Послідовне з'єднання елементів СП показує те, що резерв відсутній. Для таких підсистем середнє напрацювання на відмову розраховується по формулі 3.4:

$$T_0^{СП} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{АВР}} + \frac{1}{T_0^{ИБП}} + \frac{1}{T_0^{ЩРП}}}$$

Підставивши в формулу відповідні значення з таблиці 3.2 отримаємо, що середнє напрацювання на відмову СП ($T_0^{СП}$) складає 37453 годин.

3.3.2 Розрахунок показників надійності системи управління обертами антени (СУОА)

Вихідні дані для розрахунку показників надійності СУОА наведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 Вихідні дані для розрахунку показників надійності СУОА

Модуль	Найменування	Кількість $T_0/ч$	$T_0/ч$	Джерело
FR-A700	Перетворювач частоти	2	54000	MITSUBISHI ELECTRIC INVERTER ENGINEERING SECTION NAGOYA WORKS TECHNICAL SHEET

Розрахунок надійності СУОА виконується у відповідності зі схемою наведеної на рисунку 3.3

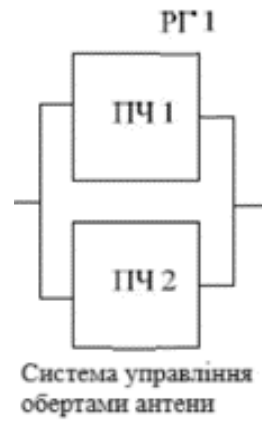


Рисунок 3.3 – Структурна схема СУОА для розрахунку надійності

Перетворювачі частоти ПЧ1 і ПЧ2 утворюють резервну групу РГ1 з переключенням ненавантаженого резерву, при цьому ПН РГ1 розраховується за формулою (3.9):

$$T_0^{РГ1} \approx \frac{3}{2} T_0^{ПЧi},$$

Де

$$T_0^{ПЧi} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{ПЧi}}}$$

та становить 34483 години. Середній час напрацювання на відмову РГ1 становить 78948 годин.

3.3.3 Розрахунок показників надійності обладнання первинного каналу

Розрахунок надійності первинного каналу виконується відповідно до схеми, наведеної на рисунку 3.4



Рисунок 3.4 - Структурна схема первинного каналу модернізованої частини ТРЛК-10 для розрахунку надійності

Первинний канал ТРЛК-10МПА складається із системи передачі та прийому, з'єднаних послідовно. Розрахунок показників надійності ПРЛ відбувається шляхом послідовного розрахунку напрацювання на відмову систем прийому та передачі.

3.3.3.1 Розрахунок показників надійності системи передачі первинного каналу (ПК)

Розрахунок надійності системи передачі ПРЛ відбувається у відповідності зі схемою, зображеною на рисунку 3.5.

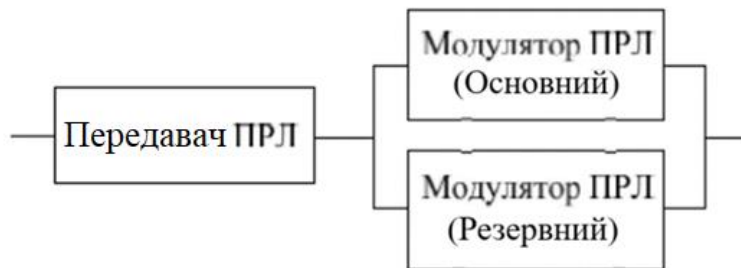


Рисунок 3.5 – Структурна схема системи передачі ПРЛ ТРЛК-10МПА для розрахунку надійності

В якості передавача ПРЛ передбачене використання передавача ТРЛК 1214 10кВт ААЗЕ.468742.078.

У відповідності з наведеними даними напрацювання передавача ТРЛК 1214 10кВт ААЗЕ.468742.078 на відмову (при умові що відмовою передавача вважається зменшення його вихідної потужності на 6дБ тобто до 2кВт) складає 15782 години.

З інформації виробника середнє напрацювання на відмову модулятора ПРЛ $T_0^{\text{МПРЛ}}_{\text{осн}} = T_0^{\text{МПРЛ}}_{\text{рез}}$ і складає 80000 годин. Враховуючи паралельне з'єднання модуляторів ПРЛ середнє напрацювання на відмову модуляторів розраховується за формулою (3.6) і становить 120 000 годин

$$T_0^{МПРЛ} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{МПРЛ(осн,рез)}}} * \frac{1 + 3 \frac{T_B^{МПРЛ(осн,рез)}}{1}}{2 \frac{T_B^{МПРЛ(осн,рез)}}{1} \frac{1}{T_0^{МПРЛ(осн,рез)}}}$$

Загальний розрахунок надійності системи передачі ПРЛ розраховується за формулою (3.4) і становить 145025 годин

$$T_0^{ПС_ПРЛ} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{ПРЛ}} + \frac{1}{T_0^{МПРЛ}}}$$

3.3.3.2 Розрахунок показників надійності приймальної системи

Розрахунок надійності приймальної системи провадиться відповідно до схеми, представленій рисунку 3.6.

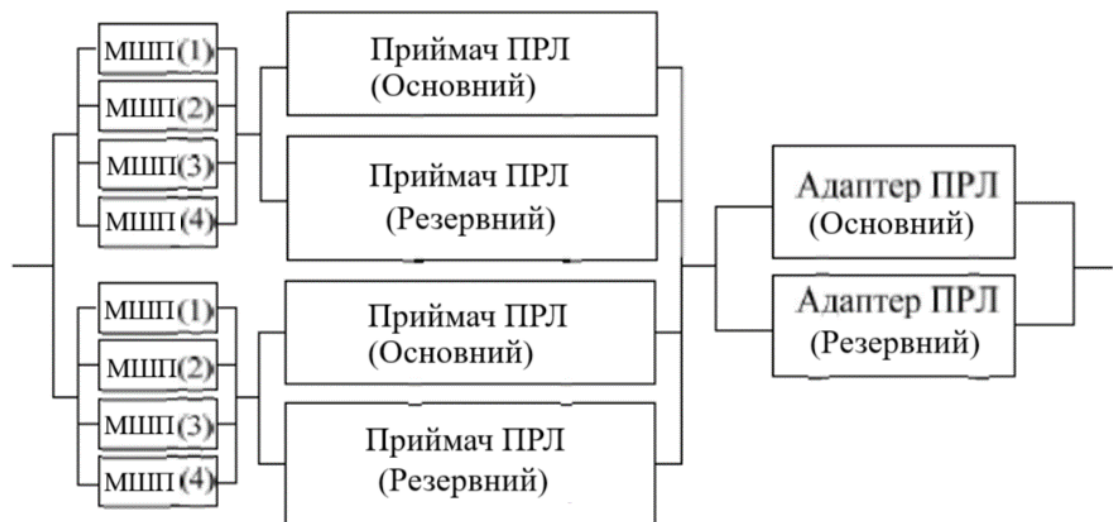


Рисунок 3.6 - Структурна схема приймальної системи ПК для розрахунку надійності

За інформацією виробника середнє напрацювання на відмову одного МШП складає 80000 год.

Враховуючи паралельне з'єднання МШП приймачів першого та другого каналів ПК, розрахунок їх показників надійності здійснюється за формулою (3.6):

$$T_0^{МШУ_{1К(2К)}} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{МШУ}}} * \frac{1 + 3 \frac{T_B}{1}}{2 \frac{T_B}{1} \frac{T_0^{МШУ}}{T_0^{МШУ}}}$$

і становитиме 120 000 год, при цьому загальний показник надійності всіх МШУ приймачів першого та другого каналів ПК складе 180 000 год.

Основний та резервний приймачі ПРЛ виконані на одній елементній базі та, інформації виробника, мають однакове мінімальне значення середнього напрацювання на відмову, що дорівнює 80 000 год.

Враховуючи паралельне з'єднання елементів приймальної системи ПРЛ, їх розрахунок показників надійності здійснюється за формулою (3.6).

Так середнє напрацювання на відмову приймача першого (другого) каналу дорівнюватиме

$$T_0^{ПР1(2)} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{ПР(осн.,рез.)}}} * \frac{1 + 3 \frac{T_B}{1}}{2 \frac{T_B}{1} \frac{T_0^{ПР(осн.,рез.)}}{T_0^{ПР(осн.,рез.)}}} = 120\,000 \text{ ч.}$$

При цьому загальне напрацювання на відмову приймачів першого та другого каналів ПК становитиме 180 000 годин.

За даними виробника мінімальне значення середнього напрацювання на відмову адаптера ПРЛ (основного та резервного) становить 80 000 год. Враховуючи їх паралельне з'єднання відповідно до формули (3.6) середнє напрацювання на відмову адаптерів ПРЛ становитиме 120 000 год.

Загальний розрахунок надійності приймальної системи ПРЛ здійснюється за формулою (9.4) і становить 51282 години.

$$T_0^{\text{ПрС_ПРЛ}} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{МШУ}}} + \frac{1}{T_0^{\text{Пр}}} + \frac{1}{T_0^{\text{АДАП}}}}$$

3.3.3.3 Розрахунок загального показника надійності каналного обладнання

Розрахунок надійності обладнання каналу ПРЛ проводиться у відповідності до схеми, представленою малюнку 3.4.

Послідовне з'єднання елементів ПРЛ говорить про те, що резерв у них відсутній. Для таких підсистем середнє напрацювання на відмову розраховується за формулою 3.4. і становить 10989 годин.

$$T_0^{\text{ПРЛ}} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{ПС_ПРЛ}}} + \frac{1}{T_0^{\text{ПрС_ПРЛ}}}}$$

3.3.4 Розрахунок показників надійності системи цифрового оброблення інформації (РГ 2)

Вихідні дані розрахунку показників надійності системи цифрової обробки інформації (ЦОІ) наведено у таблиці 3.4.

Виходячи з визначень критерію відмови, несправності елементів робочих місць технічного контролю, що входять до системи цифрової обробки, що не призводять до відмови системи, а лише обмежує реалізацію окремих функцій, передбачених ТЗ, і тому не враховуються при розрахунку його ПН.

Таблиця 3.4. – Вихідні дані для розрахунку показників надійності

Модуль	Найменування	Кількість	$T_0/ч$	Джерело
Backplane PCA-6106P4	Об'єднувальна плата	2	333397	R№ 04R024A0
	Блок живлення Advantech 400 Вт	2	100000	www.advantech.com
PCA- 6190G2- 00A1	Плата комп'ютера	2	145105	R№ 05R166A0
DOM	Transcend 1Gb	2	1000000	Інформація виробника
A115	HDLC	2	380000	Інформація виробника
A114	X-RADAR адаптер	2	100000	Інформація виробника
	Контролер радіолокатора	2	1000000	Інформація виробника

Розрахунок показників надійності системи цифрової обробки проводиться у відповідно до схеми, представленої на рисунку 3.7.

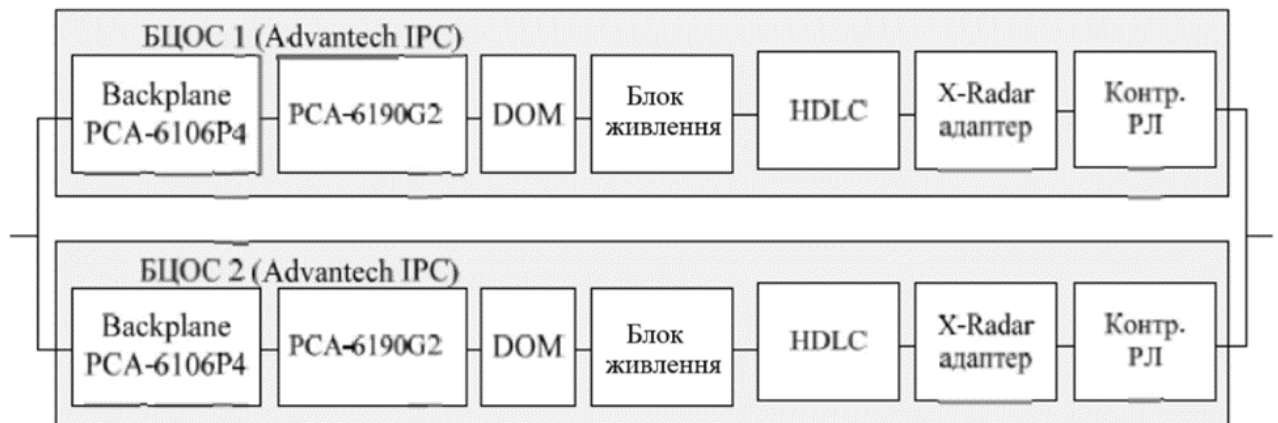


Рисунок 3.7 - Структурна схема ЦОІ (РГ 2) для розрахунку надійності

Послідовне з'єднання елементів блоків цифрової обробки сигналів (БЦОС) говорить про те, що резерв у них відсутній. Для таких підсистем середнє напрацювання на відмову розраховується за формулою (3.4) та (3.6) для частини схеми:

$$T_0^{ЦОІ} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{6106P4}} + \frac{1}{T_0^{6190G2}} + \frac{1}{T_0^{DOM}} + \frac{1}{T_0^{БП}} + \frac{1}{T_0^{HDLC}} + \frac{1}{T_0^{X_Radar}} + \frac{1}{T_0^{К_РЛ}}} * \left(1 + \frac{3T_B}{\frac{1}{T_0^{6106P4}} + \frac{1}{T_0^{6190G2}} + \frac{1}{T_0^{DOM}} + \frac{1}{T_0^{БП}} + \frac{1}{T_0^{HDLC}} + \frac{1}{T_0^{X_Radar}} + \frac{1}{T_0^{К_РЛ}}} \right) / \frac{2T_B}{1}$$

$$\frac{1}{T_0^{6106P4}} + \frac{1}{T_0^{6190G2}} + \frac{1}{T_0^{DOM}} + \frac{1}{T_0^{БП}} + \frac{1}{T_0^{HDLC}} + \frac{1}{T_0^{X_Radar}} + \frac{1}{T_0^{К_РЛ}}$$

Підставивши у формулу значення з таблиці 3.4 отримаємо, що середнє напрацювання на відмову системи ЦОІ ($T_{0}^{ЦОІ}$) становить **34 247** годин.

3.3.5 Розрахунок показників надійності підсистеми видачі РЛІ

Розрахунок показників надійності підсистеми видачі РЛІ здійснюється в відповідно до схеми, представленої на рисунку 3.8.

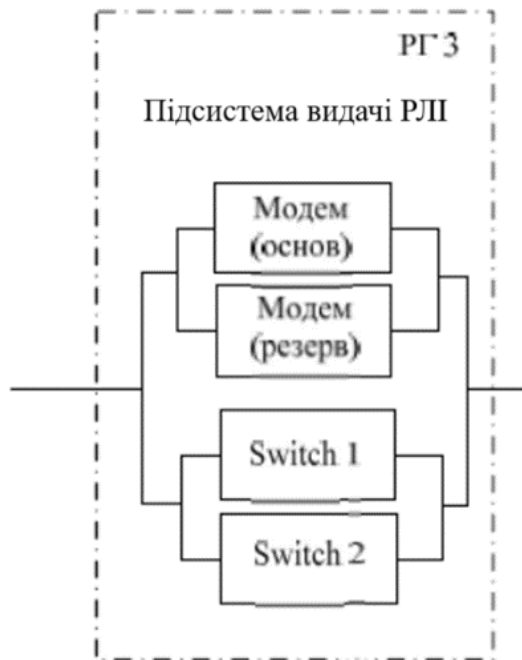


Рисунок 3.8 - Структурна схема підсистеми видачі РЛІ для розрахунку надійності

Вихідні дані для розрахунку показників надійності підсистеми видачі РЛІ наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 Вихідні дані

Модуль	Найменування	Кількість	$T_0/ч$	Джерело
Модем	Tainet T-288C	2	142167	Tainet Communication System Corporation
Switch	Мережевий комутатор	2	473000	Cisco

Враховуючи паралельне з'єднання елементів підсистеми видачі РЛІ, їх розрахунок показників надійності здійснюється за формулою (3.6).

Так середнє напрацювання на відмову модемів дорівнюватиме:

$$T_0^{\text{Мод.}} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{Мод.}(осн.,пер.)}}} * \frac{1 + 3 \frac{T_B}{1}}{\frac{2 \frac{T_B}{1}}{T_0^{\text{Мод.}(осн.,пер.)}}} = 213\,251 \text{ ч.}$$

Середнє напрацювання на відмову мережевих комутаторів складає:

$$T_0^{\text{Switch}} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{Switch}(1,2)}}} * \frac{1 + 3 \frac{T_B}{1}}{\frac{2 \frac{T_B}{1}}{T_0^{\text{Switch}(1,2)}}} = 709\,500 \text{ ч.}$$

Розрахунок показника надійності всієї підсистеми видачі РЛІ здійснюється за формулою (3.6):

$$T_0^{\text{ПВ-РЛІ}} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{Мод.}}} + \frac{1}{T_0^{\text{Switch}}}} * \frac{1 + 3 \frac{T_B}{\frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{Мод.}}} + \frac{1}{T_0^{\text{Switch}}}}}}{\frac{2 \frac{T_B}{\frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{Мод.}}} + \frac{1}{T_0^{\text{Switch}}}}}}{\frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{Мод.}}} + \frac{1}{T_0^{\text{Switch}}}}}}$$

Підставивши у формулу значення $T_0^{\text{МОД}}$ та T_0^{SWITCH} отримаємо, що середнє напрацювання на відмову підсистеми видачі РЛІ ($T_0^{\text{ПВ-РЛІ}}$) становитиме 245 901 год.

3.4 Розрахунок показників надійності обладнання модернізованої частини ТРЛК-10ТС

Розрахунок показників надійності основного обладнання модернізованої частини ТРЛК-10ТС проводиться у відповідності до схеми, представленої на малюнку 3.1.

У підсумку дані щодо надійності основних компонентів модернізованої частини ТРЛК-10ТС наведено у таблиці 3.6

Таблиця 3.6 Надійність основних компонентів

Компоненти ТРЛК-10МПА	Середнє напрацювання на відмову (MTBF), год.
Система електроживлення (СП)	37453
Система управління обертання антени (СУОА)	78948
Первинний радіолокатор (РГЗ)	10989
Система цифрової обробки інформації	34247
Підсистема видачі РЛІ (ПВ РЛІ)	245901

Послідовне - з'єднання компонентів - модернізованої частини ТРЛК-10ТС свідчить, що резерв відсутній. Для таких підсистем середнє напрацювання на відмову розраховується за формулою (3.4):

$$T_0^{\text{МЧ_ТРЛК}} = \frac{1}{\frac{1}{T_0^{\text{СП}}} + \frac{1}{T_0^{\text{СУВА}}} + \frac{1}{T_0^{\text{ПРЛ}}} + \frac{1}{T_0^{\text{ЦОИ}}} + \frac{1}{T_0^{\text{ПВ_РЛІ}}}}$$

Підставивши у формулу значення з таблиці 3.6 отримаємо, що середнє напрацювання на відмову обладнання модернізованої частини ТРЛК-10ТС ($T_0^{\text{МЧ_ТРЛК}}$) складає 6 111 годин.

Згідно зі статистичними даними на виконання аналогічних робіт середній час відновлення модернізованої частини ТРЛК-10ТС ($T_0^{\text{МЧ_ТРЛК}}$) за наявності ЗП не перевищує 0,5 години.

Коефіцієнт готовності модернізованої частини ТРЛК-10МПА розраховується за формулою (3.10):

$$A_i = \frac{T_0^i}{T_0^i + T_B^i},$$

і ймовірно буде мати значення, що дорівнює **0,9999** при $T_0^{\text{АОРЛ}} = 6\,111$ годин і

$$T_B^{\text{АОРЛ}} = 0,5 \text{ години.}$$

Для забезпечення необхідних показників надійності ТРЛК-10ТС загалом ($T_0^{\text{ТРЛК}}=5000$) необхідно, щоб значення середнього напрацювання на відмову немодернізованої частини обладнання ТРЛК-10ТС ($T_0^{\text{НМЧ_ТРЛК}}$) становило не менше 25 000 годин.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 3

В третьому розділі надано інформацію щодо комплектності ТРЛК – 10, описано застосовані методи, що призвели до підвищення надійності модернізованого радіолокатору. Надано основні визначення надійності виробу, представлені загальні відомості. Зображена структурна схема модернізованої частини ТРЛК-10 для послідуєчого розрахунку надійності. В таблицях внесені основні вихідні дані для розрахунку показників надійності. Приведені основні розрахункові співвідношення та проведено розрахунок показників надійності системи електроживлення, системи управління обертами антени, обладнання первинного тракту, системи передачі первинного каналу, каналного обладнання, системи цифрової обробки інформації, підсистеми видачі РЛЛ. Визначено середнє напрацювання на відмову, визначено коефіцієнт готовності модернізованої частин – 0,9999, середнє напрацювання на відмову – 6 111 годин.

РОЗДІЛ 4.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ. МОДЕРНІЗАЦІЇ ПЕРВИННОГО РАДІОЛОКАТОРУ

Ефективність – очікуваний і фактичний результат. Синергетичний результат за рахунок системної інтеграції наступних видів ефективності:

- Економічна
- Технічна
- Інформаційна
- Математичне моделювання і прийняття рішень
- Психологічна
- Технологічна
- Соціальна
- Культурна
- Екологічна
- Ергономічна
- Математичне моделювання і прийняття рішень

Система обслуговування повітряного руху та виконання польотів мають бути економічно ефективні, проте вони також повинні задовольняти різноманітні інтереси спільноти АТМ. Вартість послуг для користувачів повітряного простору завжди повинна враховуватися при оцінці будь-яких пропозицій щодо покращення якості або продуктивності послуг АТМ. В процесі розрахунків оплати за використання повітряного простору не допускаються приференції для окремих користувачів (авіакомпаній, аеропортів та наземних організацій).

Політика та принципи ІСАО повинні дотримуватись плати за користування. (рисунок 4.1)

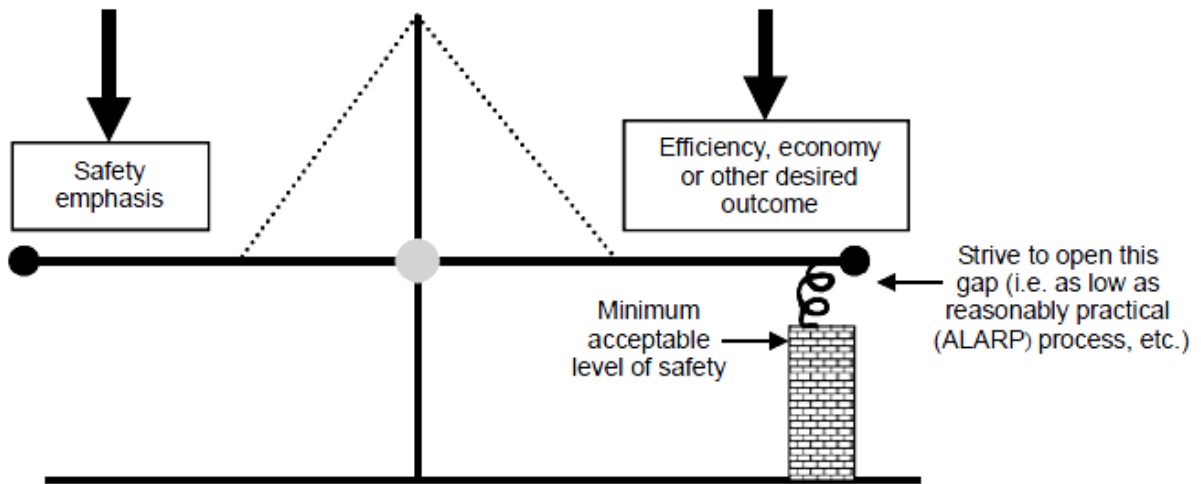


Рисунок 4.1 – Модель балансу безпеки

Ефективність

Ефективність розглядається як операційна та економічна ефективність роботи під час польотів від початкової точки польоту до кінцевої точки польоту. А отже витрати на утримання та забезпечення роботи обладнання повинні бути збалансовані.

Проведемо розрахунок витрат за рік на виконання технічного обслуговування та витрат на електроенергію роботи первинного застарілого радіолокатору.

Вхідними даними для розрахунку є дані щодо виконання технічного обслуговування

Таблиця 4.1 Дані технічного обслуговування обладнання

№ з/п	Обладнання	Завод. №	Інв. №	Розрахунок трьох витрат на ТО обладнання ТРЛК-6 служб СРС																Всього в рік працюватиме, люд.	Документ ТО					
				ТО-1		ТО-2		ТО-3		ТО-4		ТО-5		ТО-6		ТО-С										
				трул.	всього, люд.-год.	трул.	всього, люд.-год.	трул.	всього, люд.-год.	трул.	всього, люд.-год.	трул.	всього, люд.-год.	трул.	всього, люд.-год.	трул.	всього, люд.-год.									
I. Обладнання радіолокацій (м. Знаменка)																										
1.1.	Трассовий радіолокаційний комплекс ТРЛК-10	333082	04098	3,4	365	1241,00	0	52	0,00	58	12	696,00	39,05	4	156,20	25,45	2	50,90	43,97	1	43,97	74,3	2	148,60	2336,67	"Регламент технічного обслуговування трассового радіолокаційного комплексу ТРЛК-10", Москва 1987. Начальник ЦУЭРТОС 21.12.1987.
1.2.	Радіолокаційний екстрактор А1000	А1000.006	04333	1,2	365	438,00	0	52	0,00	1,75	12	21,00	0	4	0,00	12,22	2	24,44	0	1	0,00	0	2	0,00	483,44	"Регламент технічного обслуговування радіолокаційного екстрактора А1000", Директор з технічного забезпечення Укрспроруху 25.07.2001.
1.3.	Комплекс АСК-РЛС	4109	06869	0,25	365	91,25	0	52	0,00	0,5	12	6,00	0	4	0,00	2	2	4,00	0	1	0,00	0	2	0,00	101,25	Інструкція з ТО "АСК-РЛС", затверджена наказом РСП "Київспрорух" від 07.10.2019 №387
1.4.	Радар-аналізатор РА-1	ТОЕ3800.002	11914	0,25	365	91,25	0	52	0,00	0,5	12	6,00	0	4	0,00	2	2	4,00	0	1	0,00	0	2	0,00	101,25	Інструкція з ТО "Радар-аналізатор РА-1", затверджена наказом РСП "Київспрорух" від 07.10.2019 №387
1.5.	СВО та СВМКП	3	14213	0,75	365	273,75	0	52	0,00	0	12	0,00	13,8	4	55,20	8	2	16,00	307,75	1	307,75	0	2	0,00	652,70	"Регламент ТО системи вентиляції обладнання та кондиціонування повітря приміщень ТРЛК-10", 2008 р.

Таблиця 4.2 Калькуляція вартості послуги з проведення щоденного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10, радіолокаційного екстрактора А1000, комплексу АСК-РЛС, радару-аналізатора РА-1, СВО та СВМКП) на рік, ТО-1

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		Усього виробнича собівартість	583 541,15
1.1		Прямі витрати	478 312,42
1.1.1	Оплата праці		478 312,42
1.2		Інші прямі витрати	105 228,73
1.2.1	Нарахування на оплату праці		105 228,73
2		Адміністративні витрати	20 231,37
3		Усього повна собівартість	603 772,52
4		Рентабельність	120 754,50
5		Ціна без ПДВ	724 527,02
6		ПДВ	144 905,40
7		Ціна з ПДВ	869 432,42

Таблиця 4.3 Калькуляція вартості послуги з проведення щомісячного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10, радіолокаційного екстрактора А1000, комплексу АСК-РЛС, радару-аналізатора РА-1, СВО та СВМКП) на рік, ТО-3

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	199 227,96
1.1		<i>Прямі витрати</i>	163 301,61
1.1.1	Оплата праці		163 301,61
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	35 926,35
1.2.1	Нарахування на оплату праці		35 926,35
2		Адміністративні витрати	6 907,23
3		Усього повна собівартість	206 135,19
4		Рентабельність	41 227,04
5		Ціна без ПДВ	247 362,23
6		ПДВ	49 472,45
7		Ціна з ПДВ	296 834,68

Таблиця 4.4 Калькуляція вартості послуги з проведення щоквартального технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10, СВО та СВМКП) на рік, ТО-4

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	57 773,38
1.1		<i>Прямі витрати</i>	47 355,23
1.1.1	Оплата праці		47 355,23
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	10 418,15
1.2.1	Нарахування на оплату праці		10 418,15
2		Адміністративні витрати	2 003,00
3		Усього повна собівартість	59 776,38
4		Рентабельність	11 955,28
5		Ціна без ПДВ	71 731,66
6		ПДВ	14 346,33
7		Ціна з ПДВ	86 077,99

Таблиця 4.5 Калькуляція вартості послуги з проведення піврічного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10, радіолокаційного екстрактора А1000, комплексу АСК-РЛС, радару-аналізатора РА-1, СВО та СВМКП) на рік, ТО-5

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	27 148,56
1.1		<i>Прямі витрати</i>	22 252,92
1.1.1	Оплата праці		22 252,92
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	4 895,64
1.2.1	Нарахування на оплату праці		4 895,64
2		Адміністративні витрати	941,24
3		Усього повна собівартість	28 089,80
4		Рентабельність	5 617,96
5		Ціна без ПДВ	33 707,76
6		ПДВ	6 741,55
7		Ціна з ПДВ	40 449,31

Таблиця 4.6 Калькуляція вартості послуги з проведення річного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10, СВО та СВМКП), ТО-6

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	96 121,34
1.1		<i>Прямі витрати</i>	78 787,98
1.1.1	Оплата праці		78 787,98
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	17 333,36
1.2.1	Нарахування на оплату праці		17 333,36
2		Адміністративні витрати	3 332,53
3		Усього повна собівартість	99 453,87
4		Рентабельність	19 890,77
5		Ціна без ПДВ	119 344,64
6		ПДВ	23 868,93
7		Ціна з ПДВ	143 213,57

Таблиця 4.7 Калькуляція вартості послуги з проведення сезонного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10) на рік, ТО-С

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	40 610,80
1.1		<i>Прямі витрати</i>	33 287,54
1.1.1	Оплата праці		33 287,54
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	7 323,26
1.2.1	Нарахування на оплату праці		7 323,26
2		Адміністративні витрати	1 407,98
3		Усього повна собівартість	42 018,78
4		Рентабельність	8 403,76
5		Ціна без ПДВ	50 422,54
6		ПДВ	10 084,51
7		Ціна з ПДВ	60 507,05

Загальні витрати на виконання технічного обслуговування будуть становити:

$$Z_{\text{то заг}} = Z_{\text{то-1}} + Z_{\text{то-2}} + Z_{\text{то-3}} + Z_{\text{то-4}} + Z_{\text{то-5}} + Z_{\text{то-6}} + Z_{\text{то-с}}$$

$$Z_{\text{то заг}} = 869432,42 + 296834,68 + 86077,99 + 40449,31 + 143213,57 + 60507,05 = 1\,496\,515,02$$

Проведемо розрахунок витрат на електроенергію під час експлуатації застарілого радіолокатора ТРЛК-10. Споживання електроенергії представлено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 Споживання електроенергії

№ з/п	Обладнання ТРЛК-10	Фактична потужність кВт	Годин в місяць	Місячне споживання кВт/год
ТРЛК-10				
1	ПРЛ "Скала-М" (режим 1)	78,24	744	58210,56
	- в т.ч. ПСЧ-50к	6,88	744	5118,72
	- в т.ч. ОПП	5,28	744	3928,32
2*	Кондиціонер СВО та СВМКП ТРЛК-10	14,6	372	5431,2
3*	Кондиціонери апаратного залу (Gree GVHN24A3NM1AA 2,7 кВт х 3 шт.)	8,1	372	3013,2
4*	Опалення тех залу (Термія 2,0 кВт х 6 шт.)	12	372	4464

Річне споживання електроенергії становить 961 968 кВт/год.

Річні витрати на електроенергію :

$$Z_{\text{н.м.елек.р}} = 961\,968 \text{ кВт/год} * 5,780772 \text{ грн./кВт*год} = 5\,560\,175 \text{ грн.}$$

Загальні затрати:

$$Z_{\text{заг.н.м.}} = 5\,560\,175 \text{ грн.} + 1\,496\,515 = 7\,056\,690 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на технічне обслуговування після проведення модернізації.

Таблиця 4.9 Дані технічного обслуговування модернізованого обладнання

№ з/п	Обладнання	Завод. №	Інв. №	ТО-1			ТО-2			ТО-3			ТО-4			ТО-5			ТО-6			ТО-С			Всього в рік працевитрати, люд.
				труд.	к-сть	всього, люд.-год	труд.	к-сть	всього, люд.-год	труд.	к-сть	всього, люд.-год	труд.	к-сть	всього, люд.-год	труд.	к-сть	всього, люд.-год	труд.	к-сть	всього, люд.-год	труд.	к-сть	всього, люд.-год	
1.	Обладнання радіолокації																								
1.1	АМВОРД SIR-S	OF 100164	13211	1,2	365	438	0	52	0	3,35	12	40,2	5,5	4	22	27	2	54	0	1	0	0	2	0	554,2
1.2	ТРЛК-10 (ТРЛК-10ТС та "Корель-С")	275035	782	0,5	365	182,5	0	52	0	15,6	12	187,2	24,55	4	98,2	2995	2	59,9	15,8	1	15,8	34,5	2	69	612,6
1.3	Комплекс "КАРД-М"	8	14053	1,4	365	511	0	52	0	1,05	12	12,6	0	4	0	2,1	2	4,2	0	1	0	0	2	0	527,8
Всього працевитрати, люд.-год						1131,50			0,00			240,00			120,20			118,10			15,80			69,00	1694,60

Таблиця 4.10 Калькуляція вартості послуги з проведення щоденного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10ТС, комплексу "КАРД-М") на рік, ТО-1

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	181 030,66
1.1		<i>Прямі витрати</i>	148 385,79
1.1.1	Оплата праці		148 385,79
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	32 644,87
1.2.1	Нарахування на оплату праці		32 644,87
2		Адміністративні витрати	6 276,33
3		Усього повна собівартість	187 306,99
4		Рентабельність	37 461,40
5		Ціна без ПДВ	224 768,39
6		ПДВ	44 953,68
7		Ціна з ПДВ	269 722,07

Таблиця 4.11 Калькуляція вартості послуги з проведення щомісячного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10ТС, комплексу "КАРД-М") на рік, ТО-3

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	52 155,62
1.1		<i>Прямі витрати</i>	42 750,51
1.1.1	Оплата праці		42 750,51
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	9 405,11
1.2.1	Нарахування на оплату праці		9 405,11
2		Адміністративні витрати	1 808,24
3		Усього повна собівартість	53 963,86
4		Рентабельність	10 792,77
5		Ціна без ПДВ	64 756,63
6		ПДВ	12 951,33
7		Ціна з ПДВ	77 707,96

Таблиця 4.12 Калькуляція вартості послуги з проведення щоквартального технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10ТС) на рік, ТО-4

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	25 634,04
1.1		<i>Прямі витрати</i>	21 011,51
1.1.1	Оплата праці		21 011,51
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	4 622,53
1.2.1	Нарахування на оплату праці		4 622,53
2		Адміністративні витрати	888,73
3		Усього повна собівартість	26 522,77
4		Рентабельність	5 304,55
5		Ціна без ПДВ	31 827,32
6		ПДВ	6 365,46
7		Ціна з ПДВ	38 192,78

Таблиця 4.13 Калькуляція вартості послуги з проведення піврічного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10ТС, комплексу "КАРД-М") на рік, ТО-5

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	16 732,62
1.1		<i>Прямі витрати</i>	13 715,26
1.1.1	Оплата праці		13 715,26
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	3 017,36
1.2.1	Нарахування на оплату праці		3 017,36
2		Адміністративні витрати	580,12
3		Усього повна собівартість	17 312,74
4		Рентабельність	3 462,55
5		Ціна без ПДВ	20 775,29
6		ПДВ	4 155,06
7		Ціна з ПДВ	24 930,35

Таблиця 4.14 Калькуляція вартості послуги з проведення річного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10ТС), ТО-6

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	4 124,42
1.1		<i>Прямі витрати</i>	3 380,67
1.1.1	Оплата праці		3 380,67
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	743,75
1.2.1	Нарахування на оплату праці		743,75
2		Адміністративні витрати	142,99
3		Усього повна собівартість	4 267,41
4		Рентабельність	853,48
5		Ціна без ПДВ	5 120,89
6		ПДВ	1 024,18
7		Ціна з ПДВ	6 145,07

Таблиця 4.15 Калькуляція вартості послуги з проведення сезонного технічного обслуговування обладнання радіолокації (ТРЛК-10ТС) на рік, ТО-С

№ з/п	Стаття витрат	Розрахунок	Витрати, грн.
1		<i>Усього виробнича собівартість</i>	18 011,70
1.1		<i>Прямі витрати</i>	14 763,69
1.1.1	Оплата праці		14 763,69
1.2		<i>Інші прямі витрати</i>	3 248,01
1.2.1	Нарахування на оплату праці		3 248,01
2		Адміністративні витрати	624,47
3		Усього повна собівартість	18 636,17
4		Рентабельність	3 727,23
5		Ціна без ПДВ	22 363,40
6		ПДВ	4 472,68
7		Ціна з ПДВ	26 836,08

$$З_{\text{ТО заг.м}} = З_{\text{ТО-1}} + З_{\text{ТО-2}} + З_{\text{ТО-3}} + З_{\text{ТО-4}} + З_{\text{ТО-5}} + З_{\text{ТО-6}} + З_{\text{ТО-С}}$$

$$З_{\text{ТО заг.м}} = 269722,07 \text{ грн.} + 77707,96 \text{ грн.} + 38192,78 \text{ грн.} + 24930,35 \text{ грн.} +$$

+6145,07грн.+26836,08грн=443534,31грн.

Проведемо розрахунок витрат на електроенергію під час експлуатації модернізованого радіолокатора ТРЛК-10.

Дані по споживанню електроенергії представлено в таблиці 4.16

Таблиця 4.16 Розрахунок споживання електроенергії первинним модернізованим радіолокатором

№ з/п	Обладнання ТРЛК-3	Фактична потужність кВт	Годин в місяць	Місячне споживання кВт/год	Кількість місяців	Вживана потужність річна кВт/год
ТРЛК-10						
1	ПОРЛ	5,6	720	4032	12	48384
2	Кондиціонер СВО та КП	11	360	3960	6	47520
3	Опалення тех залу	18	360	6480	6	77760
4	ОПП	6	720	4320	12	51840
5	Обладнання ЛАЗ	1,5	720	1080	12	12960
6	Кондиціонер ЛАЗ	2	360	720	6	8640
7	Опалення ЛАЗ	6	360	2160	6	25920
8	АСДА-200 автоматика	0,2	720	144	12	1728
9	АСДА-200 опалення	3	360	1080	6	12960
	ВСЬОГО:					287 712

$$Z_{\text{елек.р.м.}} = 287\,712 \text{ кВт/год} * 5,780772 \text{ грн./кВт*год} = 1\,662\,975 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{заг.м.}} = 443534 \text{ грн.} + 1662975 \text{ грн.} = 2106509 \text{ грн.}$$

Обрахуємо різницю в затратах при експлуатації немодернізованого радіолокатору в порівнянні з модернізованим локатором, отже:

$$Z_{\text{різ.}} = Z_{\text{заг.н.м.}} - Z_{\text{заг.м.}} = 7\,056\,690 \text{ грн.} - 2106509 \text{ грн.} = 4950181 \text{ грн.}$$

Відповідно до отриманих результатів робимо висновок, що проведення модернізації радіолокатору дозволить зменшити експлуатаційні витрати на 4 950 181 грн. щорічно.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 4

В четвертому розділі надано загальну інформацію поняття ефективності. Представлено дані щодо трудовитрат на технічне обслуговування не модернізованого радіолокатору та модернізованого первинного каналу. Виконано калькуляцію вартості послуг з проведення щоденного ТО, ТО-2, ТО-3 ТО-4, ТО-5, ТО-6, ТО-С як модернізованого так і не модернізованого радіолокатору. Витрати на виконання технічного обслуговування не модернізованого радіолокатору становлять 1 496 515 грн., витрати на електроенергію 5 560 175 грн., загальні витрати становлять 7 056 690 грн.. Витрати на виконання технічного обслуговування модернізованого радіолокатору становлять 443 534 грн., витрати на електроенергію 1 662 975 грн.. Загальні витрати при роботі не модернізованого локатору становлять 7 056 690 грн. в рік., модернізованого 2 106 509 грн. в рік. Отже, різниця 4 950 181 грн. в рік економії коштів на експлуатацію.

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

При проведенні модернізації ПРЛ ТРЛК-10 реалізуються рішення, що забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу від дії електричного струму, впливу поля НВЧ та статичної електрики при експлуатації, обслуговуванні та ремонті апаратури, у тому числі і у зовнішніх ситуаціях, для чого:

- усі складові частини апаратури ТРЛК-10 та джерела живлення, що знаходяться під напругою 36 В та більше по відношенню до корпусу апаратури, захищаються від випадкових дотиків обслуговуючого персоналу при експлуатації та технічному обслуговуванні;
- передбачається наявність та достатність застерігаючих знаків та написів;
- передбачається наявність та достатність блокуючих пристроїв;
- виключається потрапляння всередину апаратури сторонніх предметів;
- забезпечується наявність та достатність засобів пожежної безпеки;
- в експлуатаційній документації наведені заходи безпеки з урахуванням особливостей експлуатації локатора.

Електробезпека обслуговуючого персоналу забезпечується конструкцією апаратури. Включення та виключення напруги в апаратурі проводиться пристроями, які забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу.

У документації на виготовлення та монтаж апаратури передбачені наступні заходи, що гарантують безпеку:

- Усі металічні корпуси пристроїв мають електричний зв'язок з шиною заземлення в одній точці. Опір заземлення має бути не більше 4 Ом відповідно до вимог. Усі доступні для дотику металічні частини, які при пошкодженні ізоляції можуть виявитися під напругою, мають електропровідний контакт з заземлюючим затискачем;
- Електричний опір в ланцюзі заземлення – не більше 0,1 Ом;

- Заземлюючі контакти повинні бути промарковані символами. Усі металічні частини каркасів, стійок та блоків механічно з'єднані з малим перехідним електричним опором;
- Порушення з'єднання з заземленням при виникненні можливих несправностей неприпустимо;
- Елементи управління споряджені написами (символами), що вказують область управління;
- При позначенні функцій елементів управління застосовуються символи і написи;
- Символи та написи однозначно зрозумілі та легко розрізняванні;
- Електричні з'єднання повинні виконуватися з використанням засобів, які забезпечують надійне електричне та механічне з'єднання;
- Електрична безпека не повинна порушуватися під час впливу вологості, яка може з'явитися при експлуатації;
- Провідники розташовані та зафіксовані таким чином, щоб не відбувалося їхнього переміщення та зберігалось правильне положення. Зовнішні гнучкі мережеві шнури мають захисну оболонку;
- Провідники не повинні відчувати механічних навантажень, що призводять до скорочення їх терміну служби.

Для оголених провідників та затискачів, що знаходяться під напругою (шин, з'єднань між функціональними елементами, кабельних наконечників), повітряні проміжки та довжини шляху витoku приймаються відповідно до значень, встановлених для функціональних елементів, з якими вони безпосередньо з'єднані. Конфігурація несучих корпусів та конструкцій володіє необхідною механічною міцністю та визначається з урахуванням місця установки конкретного функціонального пристрою (елемента). Конструкція корпусів та несучих конструкцій забезпечує правильне приєднання проводів, утримання жил в положенні, виключаючи можливість їх дотику, а також захист сполучних шнурів у місці з'єднання від натягу, скручування та надмірного згину.

Міцність несучої конструкції (корпусів) і їх елементів та придатність для експлуатації в заданих умовах забезпечується відповідними конструктивними рішеннями та матеріалами, що застосовуються відповідно до робочої та нормативної документації. Використовувані функціональні елементи та комплектуючі вироби відповідають номінальним напругам та струмам, терміну служби. Функціональні елементи та комплектуючі вироби, що не володіють міцністю при короткому замиканні та/або розривною здатністю, достатньою для витримування можливих навантажень, захищені за допомогою теплообмежуючих пристроїв захисту, плавкими запобіжниками або автоматичними пристроями.

Елементи управління (рукоятки, кнопки та т. ін.) розташовуються на такій висоті, щоб ними було зручно користуватися, тобто не вище 1.5-2 м від основи (підлоги) шафи автоматики.

Елементи управління аварійними відключеннями розташовуються на висоті 0.8-1.6 м. від рівня підлоги.

Оболонки та перегородки мають достатню механічну міцність та витримують навантаження, яким вони можуть піддаватися в нормальних умовах. Апаратура та її покриття виготовляються пожежостійкими. Передбачено, що перед використанням матеріали, функціональні пристрої та комплектуючі вироби повинні пройти вхідний контроль відповідно до порядку, встановленого на підприємстві-виробнику. Технічні рішення з розташування апаратури забезпечують безперешкодну евакуацію обслуговуючого персоналу в екстрених ситуаціях.

Для охолодження апаратури ТРЛК-10 використовуються малOSHумні вентилятори, що забезпечують рівень шуму в апаратному контейнері станції менше 60дБ у всьому спектрі звукових частот.

В АРМ використовується монітор, що не викликає іонізуючих випромінювань. У конструкції передавальних пристроїв не використовуються високі напруги, що є джерелом рентгенівського випромінювання. Застосування екрануючих елементів в передавачах, використання в якості каналізуючих

елементів коаксіальних кабелів у суцільному металічному екрануванні дозволяє знизити очікуваний рівень щільності потоку електромагнітного поля до 1,5-2 мкВт/см² (за допустимої норми 25 мкВт/см²).

Під час проведення науково-налагоджувальних робіт та експлуатації з метою дотримання техніки безпеки та охорони навколишнього середовища потрібно керуватися:

- НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок»;
- НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
- «Правила пожежної безпеки в Україні» (Наказ Міністерства внутрішніх справ України 30.12.2014 № 1417);
- Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів;
- Вимогами щодо дотримання заходів безпеки, обумовленими в інструкціях з монтажу і регулюванню апаратури та в експлуатаційній документації;
- Положенням про організацію роботи з безпеки праці на підприємстві;
- Іншими керівними документами з правил та заходів безпеки, діючими в експлуатаційній організації.

Пристрої та матеріали, що використовуються при виготовленні апаратури ПРЛ ТРЛК, не становлять небезпеки для життя, здоров'я та навколишнього середовища, як в процесі експлуатації, так і після завершення терміну експлуатації та підлягають утилізації звичайним для подібної продукції порядком.

Охорона навколишнього середовища – система заходів щодо раціонального використання природних ресурсів, збереження особливо цінних та унікальних природних комплексів і забезпечення екологічної безпеки. Це сукупність державних адміністративних, правових, економічних, політичних і суспільних заходів, спрямованих на раціональне використання, відтворення і збереження природних ресурсів землі, обмеження негативного впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Охорона навколишнього природного

середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини – невід’ємна умова сталого економічного та соціального розвитку України. Принципи охорони навколишнього середовища - це керівні засади організації і впливу екологічних норм права на суспільні відносини в цій сфері. Екологічна безпека – це такий стан навколишнього середовища, коли гарантується запобігання погіршення екологічної ситуації та здоров’я людини. Це стан, при якому не порушується екологічна комфортність життя, реалізується здатність протистояти загрозам життю, здоров’ю всіх живих істот і в першу чергу, людині, включаючи її благополуччя, права на безпечне середовище життя, джерела життєзабезпечення, природні ресурси.

Радіолокаційна станція та вторинний радіолокатор «Корінь-С» розташовані на поверхні землі з відміткою 327,2 м. Профіль території, що прилягає до місця розміщення перелічених радіолокаційних станцій в напрямках існуючої житлової забудови знижується до відміток 278-253 м.

Різниця висот між місцем розміщення антен та місцями розташування житлової забудови при цьому становить 49-80 м. При такому розміщенні радіолокаційних засобів рівень електромагнітного випромінювання суттєво залежить від рельєфу місцевості, тобто від різниці висот між місцем розташування радіолокаційних станцій і прилеглої території.

Існуюча житлова забудова висотою до 10 м не підпадає під дію санітарно-захисної зони та зон обмеженні забудови і в зв’язку з цим електромагнітне поле, створене радіолокаційною станцією, не викликає загрози для здоров’я населення.

В цілому, умови розміщення та експлуатації радіолокаційної станції як джерела електромагнітного випромінювання, відповідають вимогам «Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» № 239, затверджених Головним державним санітарним лікарем України 01.08.96, а сама їх експлуатація заперечень не викликає.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ 5

Передбачені міри забезпечують безпеку обслуговуючого персоналу в процесі експлуатації та ремонту виробу. Вимоги відповідно до діючих нормативних документів з безпеки обслуговуючого персоналу та охороні навколишнього середовища виконуються.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Додаток 10 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію «Авіаційний електрозв'язок».
2. Авіаційні правила України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для організації і проведення наземних та льотних перевірок наземних засобів зв'язку, навігації, спостереження та систем світлосигнального обладнання в цивільній авіації України» - наказ Державної авіаційної служби України від 22.09.2023 № 580.
3. Авіаційні правила України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для сертифікації та експлуатації наземних засобів зв'язку, навігації та спостереження в цивільній авіації України». - наказ Державної авіаційної служби України 23.04.2021 № 645.
4. Правила авіаційного електрозв'язку в цивільній авіації України.
5. Правила технічної експлуатації наземних засобів радіотехнічного забезпечення в цивільній авіації України. – наказ Міністерства транспорту та зв'язку України 08.05.2007 № 381.
6. Розсіювання електромагнітних хвиль повітряними та наземними радіолокаційними об'єктами: Монографія / О.І. Сухаревський, В.О. Василюк, С.В. Кукобко та ін./ Під ред. О. І. Сухаревського. – Х.:ХУПС, 2009. – 486 с., іл.195.
7. ДСТУ 4528:2006. Протокол обміну даними про повітряну обстановку в Україні єдиний. Вимоги до форматів опису даних.
8. СТП-01-2002. Передавання радіолокаційних даних. Вимоги до організації, складу та формування повідомлень. ДП ОПР «Украерорух».
9. РД 34.21.122-87. Інструкція з улаштування блискавкозахисту будівель та споруд.
10. ДСТУ 3680-98 (ГОСТ 30586-98). Сумісність технічних засобів електромагнітна. Стійкість до дії грозових розрядів. Методи захисту.

11. ДСТУ 3681-98 (ГОСТ 30585-98) Сумісність технічних засобів електромагнітна. Стійкість до дії грозових розрядів. Технічні вимоги та методи випробувань.

12. ДСТУ 2793-94. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Стійкість до потужних електромагнітних завад. Загальні положення.

13. МЕК 61024-1-90-04. Блискавкозахист споруд. Ч.1. Загальні положення.

14. МЕК 61024-1-1-93-09. Захист від ударів блискавки. Ч.1. Загальні положення. Секція 1. Розділ А.

15. МЕК 61312-1-95-05. Захист від електромагнітного імпульсу блискавки. Загальні положення.

16. ДСТУ 3582-97 Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила.

17. Додаток 14 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію «Аеродроми».

18. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

19. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

20. «Правила пожежної безпеки в Україні».

21. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.

22. ДСТУ ISO 14001-97. Системи управління навколишнім середовищем. Склад та опис елементів, керівні вказівки по їх застосуванню.

23. ДСТУ ISO 14004-97 Системи управління навколишнім середовищем. Загальні керівні вказівки за принципами управління, системами і засобами забезпечення.

24. ДСТУ 2682-94 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологічне забезпечення. Основні положення.

25. ДСТУ 2708:2006 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення.

26. ДСТУ 3215-951 Метрологія. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення.

27. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення.

28. ДСТУ 3651.1-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви, позначення.

29. ДСТУ 3651.2-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Фізичні сталі та характеристичні числа. Основні положення, позначення, назви та значення.

30. ДСТУ 3989-20001 Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів.

31. ДСТУ ГОСТ 8.009:2008 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Нормовані метрологічні характеристики засобів вимірювань.

32. ДСТУ ГОСТ 8.207:2008 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Прямі вимірювання з багаторазовими спостереженнями. Методи обробки результатів спостережень. Основні положення.

33. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.

34. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення.

35. ДСТУ 2566-94 Засоби радіоелектронні. Надійність резервних систем.