

УДК 681.392

А.О. Красноручський, А.В. Коротчук, Р.А. Безклеїний, Є.В. Козир, В.В. Малишкін

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ ПОБУДОВИ РАДІОЗВ'ЯЗКОВОГО ОБЛАДНАННЯ УКХ ДІАПАЗОНУ З ПІДВИЩЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЗАХИЩЕНОСТІ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В БОРТОВИХ ЗАСОБАХ ЗВ'ЯЗКУ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ АТО

В даній статті запропонована та обґрунтована універсальна технологічна схема обробки мовних повідомлень за допомогою технологічних засобів систем та комплексів авіаційного аналогового радіозв'язку в діапазоні УКХ (а саме від 100 до 140 МГц), в умовах необхідності підвищення рівня захищеності інформаційної складової мовних повідомлень. Практична складова технічної реалізації даної схеми дозволяє виконувати модернізацію існуючих засобів бортового авіаційного УКХ радіозв'язку, без внесення конструктивних змін в існуючі засоби бортового аналогового радіозв'язкового обладнання. Безпосереднє залучення нових пристроїв таких як: вокодери, крипто-шифратори, частотнофазові маніпулятор, пропонується конструктивно виконати в виді незалежного окремого блоку, та забезпечити його розміщення в ланцюзі дистанційними пультами управління між мікрофоном та модулятором в каскадах передавального тракту, та між виходом демодулятора та входом телефону в каскадах приймального тракту. При реалізації такого підходу до мінімізації конструктивних змін існуючого аналогового обладнання, до дистанційного пульта управління буде додатково включено лише перемикач роботи на відкриті та закриті канали зв'язку.

**Ключові слова:** авіаційне аналогове радіозв'язкове обладнання, завадостійкість, завадозахищеність, радіоелектронна боротьба, криптостійкість.

### Вступ

Аналіз застосування авіації ЗСУ в активну фазу проведення АТО на території Донецької та Луганської областей, ще раз підкреслив необхідність в забезпеченні повітряних суден ПС ЗСУ авіаційними засобами радіозв'язку з підвищеними показниками завадозахищеності та завадостійкості. Існуючий парк авіаційних засобів радіозв'язку відносно показників надійності та ремонтпридатності продовжує виконувати функції обміну радіоданими, але в сучасних умовах коли основні акценти спрямовані на показники захищеності інформаційної складової, та створює пріоритетний вектор подальшого розвитку бортових засобів радіозв'язку УКХ діапазону.

Слід зазначити, що концептуальні засади пріоритетних напрямків розвитку бортового радіозв'язкового обладнання повинні враховувати не тільки вимоги особливості сучасних збройних конфліктів, але і вимоги та положення міжнародної організації цивільної авіації ICAO при виконанні польотів на внутрішніх авіаційних лініях при взаємодії з цивільною авіацією. Так наприклад враховуючі положення ICAO CNS/ATM, що до розвитку мережі авіаційного електровз'язку пропонується використання гібридного електровз'язку (поєднання аналогових ліній зв'язку та цифрових ліній зв'язку). Враховуючи те що на даний момент схеми включення сучасних засобів захисту радіозв'язку в склад цифрових ліній зв'язку не складають науково-технічної проблеми (оскільки на базі цих ліній мож-

ливо організувати будь-які сервіси пакетних мереж), то архітектура побудови ліній аналогового зв'язку не реалізує семирівневу модель інформаційної взаємодії OSI ISO. Через що при побудові засобів захисту виникає ряд труднощів науково-технічного характеру, першопричиною яких є вузькосмуговість аналогових ліній штатних радіозв'язкових систем.

**Метою роботи** є підвищення завадозахищеності та завадостійкості існуючого парку авіаційних засобів зв'язку УКХ діапазону та підвищення розбірливості мовних повідомлень з врахуванням вимог ICAO.

### Виклад основного матеріалу

ICAO не висуває вимог що до вибору показників захищеності радіоканалів і не надає конкретних нормованих значень цих показників. В Україні захист інформації що транспортується через незахищене середовище, згідно діючих норм [1] здійснюється шляхом реалізації системою захисту двох послуг безпеки: «Конфіденційність при обміні» та «Цілісність при обміні». При цьому гарантованість захисту в інформаційній системі має забезпечуватися на рівні ГШ, не нижче, подібна функціональність захисту передбачена також у міжнародних та державних стандартах інших країн. В той же час високий рівень захисту, досягається, у більшості випадків, шляхом використання стійких криптографічних засобів. Але реалізація стійких засобів захисту інформації у мовних каскадах радіоканалів повинні не погіршувати якість інформаційного обміну, тобто не

знижувати рівень розбірливості мовних повідомлень, завадозахищеність мовного тракту, рівень електромагнітного впливу сигналів на сусідні радіоканали та стійкість щодо зривів систем синхронізації сигналів у каналі. Існує твердження, що єдиним можливим шляхом досягнення названого рівню захищеності радіоканалів мовного обміну є застосування криптографічного шифрування цифрових мовних потоків інформації. Тобто, використання будь-яких засобів захисту безпосередньо в стандартному аналоговому каналі бортового авіаційного зв'язку без відповідних аналогово-цифрових перетворень потоку мовних сигналів не забезпечує необхідний рівень захищеності інформації (зокрема, не забезпечує гарантованість захисту на рівні ГПШ) і тому є неприйнятним. От же, у рамках існуючого розподілу радіочастотного ресурсу для авіаційних застосувань наразі єдиною можливою схемою побудови мовного тракту аналогового радіоканалу на ділянці «льотчик-льотчик, або льотчик-керівник польотів», що використовує УКХ-лінію аналогового зв'язку, може бути представлена так, як це зображено на рис. 1, на якому відображено узагальнена технологічна схема обробки мовного трафіку засобами системи бортового авіаційного радіозв'язку для випадку, коли цей трафік потребує гарантованого захисту на рівні ГПШ та вище. Як бачимо, ця схема передбачає необхідність «оцифровки» потоку аналогових мовних сигналів (що є безальтернативною передумовою застосування криптографічних засобів захисту інформації) та утиснення мовної інформації, оскільки безпосередня «оцифровка» мовних сигналів (наприклад, засобами ІКМ або дельта-модуляції) призводить до неприйнятного розширення спектру потоку цифрових мовних сигналів, що за будь-яких видів модуляції мовного сигналу не може бути розміщений у смузі частот мовного тракту радіоканалу будь-якої існуючої системи аналогового авіаційного радіозв'язку. Так що стиснення та «оцифровка» потоку аналогових мовних повідомлень є необхідними елементами технологічної схеми обробки захищеного мовного трафіка у УКВ-лініях аналогового бортового авіаційного радіозв'язку. Найбільш доцільним шляхом технічної реалізації процедур стиснення та «оцифровки» мовної інформації, як показали результати багатьох досліджень (зокрема, [2]), є застосування вокодерних технологій, оскільки функціональність вокодерів передбачає можливість одночасного здійснення названих вище процедур обробки потоку сигналів. Вокодери класифікуються за багатьма характеристиками [2]. Однак у технологічній схемі, що представлена на рис. 1, суттєве значення мають два показники якості функціонування вокодера: показник розбірливості мови  $W$ , що забезпечує вокодер, під котрим розуміється відносна кількість (у відсотках) правильно прийнятих елементів артикуляційних таблиць, що були передані через канал транспортування мовної інформації [7]; швид-

кість цифрового потоку мовних сигналів на виході вокодера  $R$  (точка А на рис. 1), що характеризує його можливість із стиснення мовних повідомлень. Чим менше значення  $K$ , тим вище коефіцієнт стиснення мови, проте тим гірше її розбірливість. З іншого боку, спроби забезпечити прийнятний рівень розбірливості мови змушують включати у мовний тракт радіоканалу вокодери, що характеризуються невисокими можливостями щодо стискання мови і, отже, відносно високими значеннями  $K$ . За високих значень параметру  $K$ , у свою чергу, ширина смуги спектру маніпульованих сигналів мовного тракту на виході маніпулятора мовного сигналу (точка Б на рис. 1) може виявитися настільки збільшеною, що після маніпуляції ефективна ширина смуги дискретно-аналогового мовного сигналу (точка Б на рис. 1) не зможе вкластися у смугу частот мовного тракту радіоканалу. Виникнуть лінійні спотворення сигналів у приймальній частині мовного тракту, що призведе до порушень норм щодо показників завадостійкості, що прийняті для мовних трактів систем телефонного зв'язку. Ще більш складніша ситуація щодо можливостей запобігання лінійних спотворень сигналів в каналі може виникнути, якщо криптографічне шифрування призводить до розширення спектру шифрованої послідовності. Бажано, щоб швидкості потоків сигналів на вході та виході шифратора були однаковими. Але дана умова не завжди реалізується на практиці. Тому в даних умовах актуальним залишається завдання вибору обладнання криптографічного захисту: з одного боку, дане обладнання має забезпечувати прийнятний у конкретних умовах рівень криптостійкості, а з іншого боку, генерувати шифровані послідовності із невисоким рівнем інформаційної надлишковості. Слід розрізняти ширину смуги мовного тракту радіоканалу, яка дорівнює 3,1кГц, від стандартної ширини смуги УКХ-лінії аналогового авіаційного радіозв'язку, яка має дорівнювати 25 кГц або 8,33 кГц.

У даному випадку інтерес являє негативний вплив завад на розбірливість мови, що оцінюється величиною ймовірності виникнення помилок саме у мовному тракті радіоканалу, яка, у свою чергу, пряму залежить від співвідношення сигнал/шум на виході маніпулятора мовного сигналу (у точці Б), а не на виході УКХ-лінії (у точці В).

Зрозуміло, що на завадостійкість системи зв'язку суттєвий вплив являє співвідношення сигнал/шум на виході УКХ-лінії, величина якого, у першу чергу, позначається на рівні електромагнітного впливу на сусідні радіоканали. Але параметри системи зв'язку у цій точці регламентовані нормами, що не можуть бути модифіковані у рамках структури рис. 1. У той час як параметри внутрішніх інтерфейсних точок структури рис. 1 не регламентуються стандартами і можуть бути відповідним чином обрані проєктувальниками обладнання.

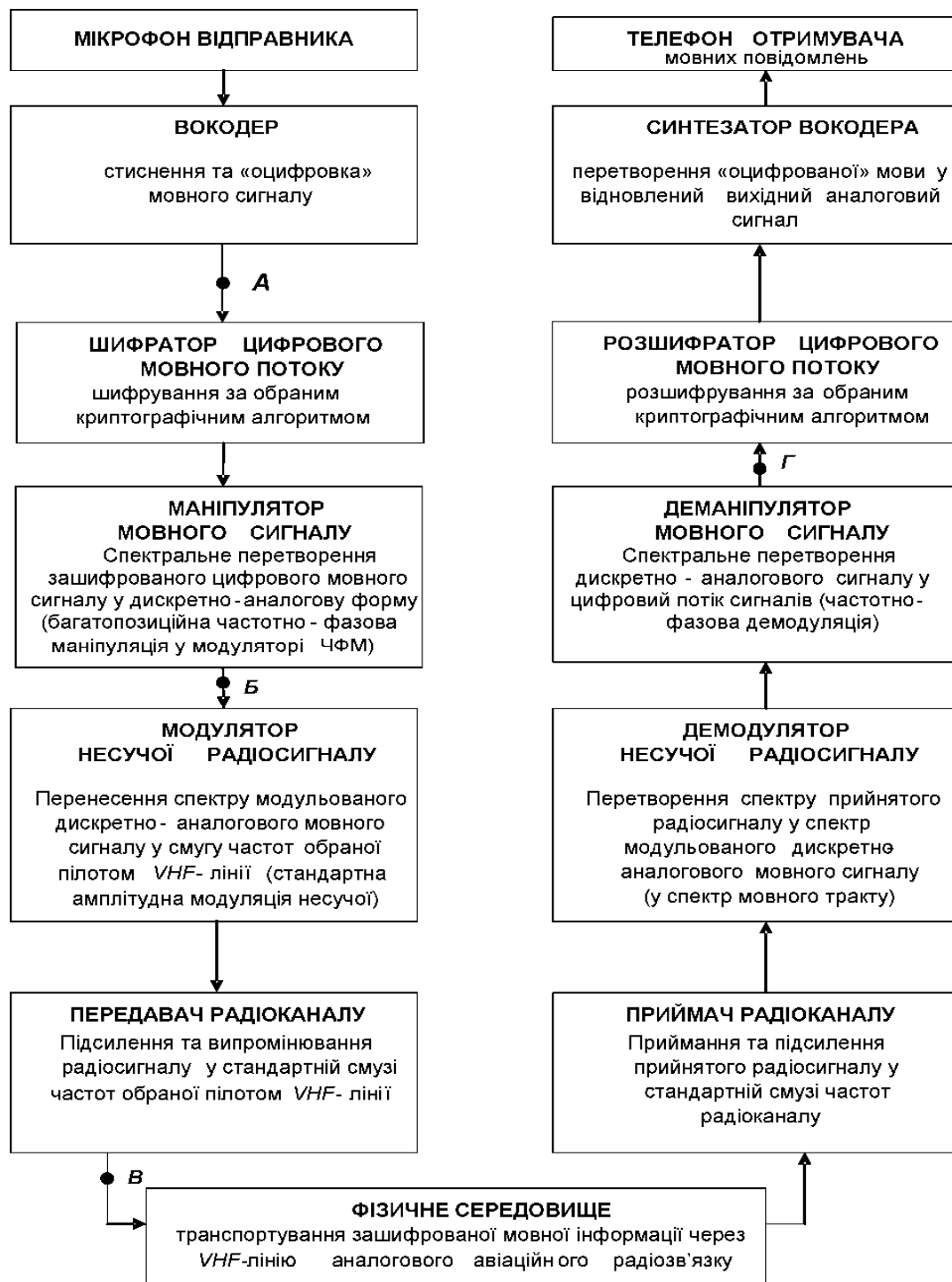


Рис. 1. Технологічна схема обробки захищеного мовного трафіку засобами обладнання бортових авіаційних систем аналогового радіозв'язку

Отже, раціональний вибір показника швидкості цифрового потоку  $K$  у контрольній точці А на виході вокодера (рис. 1), у якій вимірюється показник  $K$ , а також криптографічного алгоритму, який з мінімально можливим ступенем має розширювати спектр шифрованої послідовності, є найбільш суттєвими елементами проектування обладнання захищеного радіотелефонного зв'язку. Завдання зводиться до знаходження області значень параметру  $K$ , коли обладнання захищеного мовного тракту радіоканалу буде задовольняти

вимогам щодо розбірливості мови, інформаційної безпеки, завадозахищеності мовного тракту та стійкості щодо зривів систем синхронізації по тактовій частоті дискретно-аналогового каналу. Звідси витікає актуальність визначення конкретних значень технічних параметрів тих елементів технологічної схеми, що зображена на рис. 1, модифікація яких забезпечує технічну можливість досягнення оптимальних значень параметру  $K$  і в той же час не потребує будь-яких модифікацій штатного обладнання існуючих систем анало-

гового радіозв'язку. Мова йде про визначення оптимальних параметрів вокодерного обладнання, пристроїв шифрування/розшифрування та маніпулятора/деманіпулятора, тобто елементів обладнання зв'язку, які можуть бути інтегровані в існуючу структуру авіаційних УКХ-радіостанцій без порушень норм їхнього використання за основним призначенням, зокрема щодо рівню електромагнітного впливу на сусідні радіоканали. Для цього з формальної точки зору слід здійснити параметричну оптимізацію технологічної схеми, що зображена на рис. 1, в умовах обмежень, що накладають на процес захищеного радіообміну мовною інформацією діючі норми та вимоги щодо побудови та ефективності функціонування обладнання систем авіаційного радіотелефонного зв'язку.

**Постановка задачі.** Технологічна схема обробки мовного трафіку в авіаційних УКХ-радіостанціях систем вузькосмугового аналогового зв'язку, що зображена на рис. 1, в умовах необхідності забезпечення гарантованості захисту на рівні ГЗ та вище є очевидною та єдино можливою. Проте технічна реалізація цієї схеми стикається з рядом труднощів науково-технічного характеру, що потребують вирішення.

По-перше, формальний вибір параметрів цієї схеми є можливим як результат вирішення задачі параметричної оптимізації математичної моделі мовного тракту УКХ-лінії аналогового зв'язку. Для цього необхідно мати математичну модель, яка більш/менш адекватно відображає фізичні процеси, що мають місце у реальних мовних трактах цих ліній. Найбільш суттєвим явищем у мовному тракті радіоканалу, що негативно впливає на рівень достовірності оброблених деманіпулятором мовних повідомлень, є лінійні спотворення форми сигналів на виході деманіпулятора мовного сигналу (у точці Г на рис. 1), величина котрих напряму залежить від амплітудно-частотних (АЧХ) та фазочастотних (ФЧХ) характеристик мовного тракту, що визначаються у точці Г на виході демодулятора несучої радіосигналу (в авіаційних багатоканальних радіостанціях УКХ-діапазону зазвичай використовується амплітудна модуляція несучої радіосигналу). Тому необхідно побудувати математичну модель мовного тракту, що враховує вплив його АЧХ та ФЧХ на показник завадостійкості тракту.

По-друге, оскільки когерентні системи повинні мати окремо виділений канал фазової синхронізації, що не є можливим здійснити у рамках обмежень VHF-лінії аналогового авіаційного зв'язку, то у математичній моделі мовного тракту мають відображатися характеристики лише некогерентних систем. При цьому деманіпуляція фазової компоненти дискретного сигналу, якщо таке буде мати місце, має здійснюватися у варіанті диференціальної фазової (фазовідмінної) демодуляції. Так що до розгляду у рамках математичної моделі мовного тракту мають бути включені параметри некогерентних багатопо-

зиційних маніпуляторів/ деманіпуляторів, що здатні здійснювати, у т.ч., і складні види некогерентної модуляції/демодуляції дискретних сигналів, зокрема ЧМ, ФМ, АФМ, АЧМ, ЧФМ та АЧФМ.

Параметричну оптимізацію побудованої моделі мовного тракту доцільно розглядати як класичну задачу оптимального розподілу ресурсів, тобто обрати певну критеріальну (цільову) функцію, екстремальне значення котрої має бути знайдено, задати множину параметрів моделі, оптимальні значення котрих доставляють екстремум критеріальній функції, та визначити обмеження, у рамках котрих модель вважається коректно побудованою. У даному випадку в якості цільової функції бажано обрати параметр R (точніше, параметр  $\rho$  – питому швидкість цифрового мовного потоку на виході вокодера, що приведена до 1Гц ширини смуги мовного тракту), максимально припустиме значення котрого у рамках заданих обмежень слід визначити.

До множини параметрів моделі, що мають бути оптимізовані, слід віднести технічні параметри маніпулятора/деманіпулятора, що впливають на швидкість та достовірність передавання мовної інформації і можуть бути об'єктами вибору під час проектування обладнання. Це, перш за все, вид маніпуляції/демодуляції дискретно-аналогових сигналів мовного тракту, оптимальне число позицій дискретно-аналогового сигналу по амплітуді, частоті та фазі, бажана кількість паралельних субканалів у смузі частот мовного тракту та оптимальне значення відношення сигнал/завада на вході деманіпулятора мовного сигналу (у точці Г на рис. 1). Значення параметрів моделі, що визначаються природою фізичних процесів і не можуть бути об'єктами вибору під час проектування обладнання, задаються в якості обмежень на область визначення цільової функції.

Це, перш за все, значення ширини смуги мовного тракту та параметри прийнятих апроксимацій АЧХ та ФЧХ цього тракту. У якості обмеження беруться також нормовані значення показників якості передавання інформації. У даному випадку це ймовірність помилок на виході деманіпулятора мовних сигналів. Після визначення математичного виду цільової функції та системи обмежень, з'являється можливість обрати прийнятний метод оптимізації, з використанням котрого визначається екстремум цільової функції та оптимальні значення технічних параметрів маніпулятора/деманіпулятора.

Вибір в якості цільової функції показника швидкості цифрового потоку на виході вокодера пояснюється тим, що саме цей параметр дозволяє узгодити між собою характеристики вокодера, шифратора та маніпулятора мовних сигналів. Припустимо, що в схему на рис. 1 включено шифратор, що не розширює спектр вихідної послідовності відносно ширини спектру вхідної послідовності сигналів. Тоді слід обрати значення параметру R, за якому значення індексу артикуляції мови, що забезпечує во-

кодер, та ймовірності помилок мовного тракту, що забезпечує деманіпулятор, знаходяться в межах припустимих норм. Знайдені оптимальні параметри деманіпулятора у рамках визначених обмежень забезпечують досягнення максимально можливого значення  $R_i$ , отже, максимально можливого значення індексу артикуляції мови. Якщо це максимально можливе у заданих умовах значення індексу артикуляції мови є більшим або дорівнює припустимій нормі, то звідси витікає висновок про технічну можливість реалізації схеми, що зображена на рис. 1. У цьому випадку параметри вокодера та маніпулятора/деманіпулятора мають відповідати знайденим оптимальним значенням. У протилежному випадку слід зробити висновок про неможливість модифікації обладнання авіаційних VHF- радіостанцій систем аналогового зв'язку відповідно до схеми, що зображена на рис. 1. Якщо припустити, що в схему на рис. 1 включено шифратор, що розширює спектр вихідної послідовності відносно ширини спектру вхідної послідовності сигналів, наприклад в  $N$  разів, то значення параметру  $R$  на виході вокодера має бути в  $N$  разів менше за швидкість потоку на вході маніпулятора, тобто знайдене екстремальне значення критеріальної функції має бути у  $N$  разів більшим за швидкість потоку на виході вокодера. Інакше будуть порушені норми: або на розбірливість мови, або на достовірність передачі у мовному тракці. Так що вибір криптографічного засобу має бути здійснений з урахуванням результатів параметричної оптимізації мовного тракту радіоканалу. Вищенаведене дозволяє стверджувати, що технічна реалізація технологічної схема обробки захищеного мовного трафіка засобами обладнання авіаційних систем аналогового радіозв'язку можлива лише за умов вирішення наступного кола завдань: 1) побудова математичної моделі мовного тракту VHF-радіоканалу системи авіаційного аналогового зв'язку з урахуванням АЧХ та ФЧХ цього тракту; 2) параметрична оптимізація розробленої моделі мовного тракту; 3) розробка методики знаходження індексів артикуляції мови для вокодерів, що плануються для застосування у мовному тракці радіоканалу; 4) знаходження залежності між індексом артикуляції мови та швидкістю цифрового потоку на виході вокодера; 5) визначення припустимих значень

швидкості цифрових потоків на вході та виході шифратора/дешифратора, за яких забезпечується функціонування обладнання у межах норм за показниками розбірливості мови та достовірності передачі у мовному тракці.

## Висновки

Вирішення названих вище завдань дозволить теоретично обґрунтувати технічну можливість (або неможливість) модернізації існуючого обладнання VHF-ліній аналогового авіаційного зв'язку в напрямку забезпечення норм щодо інформаційної безпеки у радіоканалі таким чином, щоб не порушити будь-якої із норм або рекомендацій, що існують у сферах електрозв'язку та організації повітряного руху. Результати вирішення цих завдань дозволять визначити технічні параметри вокодера, шифратора/дешифратора та маніпулятора/деманіпулятора, що будуть слугувати в якості вихідних даних для їхнього проектування. Схема на рис. 1 дозволяє здійснити конструювання названих пристроїв у вигляді конструктивних модулів, фізично відокремлених від штатного обладнання систем аналогового радіозв'язку. Ланцюг пристроїв у складі ВОКОДЕР + ШИФРАТОР ЦИФРОВОГО МОВНОГО ПОТОКУ + МАНІПУЛЯТОР МОВНОГО СИГНАЛУ, якщо він буде виготовлений у вигляді окремого конструктиву, можливо включити в інтерфейсну точку штатного передавального обладнання між виходом мікрофона відправника мовних повідомлень та входом модулятора несучої радіосигналу. А ланцюг пристроїв ДЕМАНІПУЛЯТОР МОВНОГО СИГНАЛУ + РОЗШИФРАТОР ЦИФРОВОГО МОВНОГО ПОТОКУ + СИНТЕЗАТОР ВОКОДЕРА можливо включити в інтерфейсну точку штатного приймального обладнання авіаційних радіостанцій між виходом демодулятора несучої радіосигналу та входом телефону отримувача мовних повідомлень. У цьому випадку на індикаторну панель штатного обладнання радіостанції достатньо додати лише один перемикач режиму мовного обміну «ЗАХИЩЕНО / НЕЗАХИЩЕНО».

Наведені висновки розповсюджуються лише на технологічну схему обробки мовного трафіку в авіаційних системах аналогового радіозв'язку. Обробка сигналів в системах цифрового радіозв'язку (лінії VDL Mode 2, 3 та 4) здійснюється за іншими технологічними схемами, які у даній роботі не розглядаються.

## Список літератури

1. Шамко Є.В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Є.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2. – С. 15-18.
2. Степаненков М.М. Шляхи вдосконалення методів отримання і обробки інформації у засобах повітряної радіотехнічної розвідки / М.М. Степаненков, А.В. Кобзев, В.В. Романенко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2. – С. 121-123.
3. Основні особливості щодо розроблення інформаційно-розрахункових задач з оцінювання радіоелектронної обстановки в інтересах Повітряних Сил ЗС України / В.А. Лупандін, С.В. Закіров, А.О. Феклістов, О.В. Сторожук, А.Г. Лешин // Системи обробки інформації. – 2017. – № 3. – С. 19-23.
4. НД ТЗІ 2.5-004-99. Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу.
5. Шелухин О.И. Цифровая обработка и передача речи / О.И. Шелухин, Н.Ф. Лукьянцев; под ред. О.И. Шелухина. – М.: Радио и связь, 2000. – 456 с.

6. ИКАО. Поправка № 76 к Международным стандартам и рекомендуемой практике. Авиационная электросвязь. Приложение 10 к конвенции о международной гражданской авиации. Том 111. Системы связи. Часть 11. Системы речевой связи; Том 5. Использование авиационного радиочастотного спектра. – Март 2001.
7. Андрусак А.І. Мережа авіаційного електрозв'язку / А.І. Андрусак, В.С. Дем'янчук, Ю.М. Юр'єв. – К.: НАУ, 2001. – 448 с.
8. Правила авіаційного електрозв'язку в цивільній авіації України (ПЗ ЦА-2003). – К.: Мінтранс України, 2003. – 132 с.
9. ISO/IEC 8073:1992. Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems – Open System Interconnection.
10. ИКАО. Doc. 9705-AN/956. Руководство по техническим положениям для сети авиационной электросвязи (ATN). Издание второе. – 1999.
11. ИКАО. Авиационная электросвязь Международные стандарты и рекомендуемая практика. Приложение 10 к Конвенции о Международной гражданской авиации. Том 111. Системы связи. Часть 11. Системы речевой связи. – Изд. первое. – Июль 1995.
12. Антонов В.В. Особливості передавання захищеного мовного трафіка через стандартний радіоканал авіаційних систем зв'язку / В.В. Антонов, Г.Ф. Коначович, І.О. Козлюк // *Захист інформації*. – 2011. – № 3. – С. 72-77.
13. Антонов В.В. Оптимізація моделі некогерентної передачі даних через мовний тракт авіаційного радіоканалу / В.В. Антонов // *Защита информации: сб. науч. труд. НАУ*. – К.: НАУ, 2011. – № 18. – С. 3-13.
14. Антонов В.В. Визначення параметрів розбірливості мови, що є прийнятними для авіаційних систем захищеного радіозв'язку / В.В. Антонов, О.Г. Голубничий // *Захист інформації*. – 2012. – № 1. – С. 99-103.

## References

1. Shamko, E.V., Zharik, O.M. and Koval', V.V. (2017), "Osnovni osoblyivosti zastosuvannya Povytryanih syl v suchasnyh umovah vedennya zbroynoyi borotby" [The main features of the Air Forces in the current conditions of armed struggle], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2, pp. 15-18.
2. Stepanenkov, M.M., Kobzev, A.V. and Romanenko, V.V. (2017), "Shlahi vdoskonalennya metodiv otrimannya i obrobki informacii u zasobah povitranoi radiatexnichnoi rozvitki" [General improvements in the methods of receiving and processing information in the means of airborne], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2, pp. 121-123.
3. Lupandin, V.A., Zakirov, S.V., Feklistov, F.O., Storozhuk, J.V. and Leuschin, A.G. (2017), "Osnovni osoblyivosti schodo rozroblennya informacii-rozrahunkovyh zadach z ocynuvannya radioelektronnoi obstanovky v interesah Povytryanyh Syl ZS Ukrainy" [Main features regarding the development of information and calculation tasks for the evaluation of the electronic environment in the interests of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine], *Information processing systems*, No. 3, pp. 19-23.
4. ND TZI 2.6-004-99 (1999), "Kryteriyy otsinky zakhyshchenosti informatsiyi v komp'yuternykh systemakh vid ne-santsionovanoho dostupu" [Criteria for assessing the security of information in computer systems from unauthorized access].
5. Shelyxin, O.I. (2000), "Chifrovaya obrabotka I peredacha rechi" [Digital processing and voice transmission], Radio and communication, Moscow, 456 p.
6. ИКАО, (2001), "Popravka No. 6 k mezhdunarodnum standartam y rekomenduemoj praktike. Avyatsyonnaya elektrosvyaz" [Amendment number 6 to international standards and recommended practices. Aeronautical telecommunications], Part 11, March.
7. Andrusyak, A.I. (2001), "Merezha aviatsionnoy elektrosvyazky" [Aviation telecommunication network], NAU, Kyiv, 448 p.
8. Ministry of Transport of Ukraine, (2003), "Pravyla aviatsionnoy elektrosvyazky v tsyvil'niy aviatsiyi Ukrainy" [Rules of aviation telecommunication in civil aviation of Ukraine], 132 p.
9. ISO/IEC 8073:1992. Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems – Open System Interconnection.
10. ИКАО. Doc. 9705-AN/956, (1999), "Rukovodstvo po tekhnicheskym polozheniyam dlya sety avyatsyonnoy elektrosvyazky (ATN)" [Manual on technical provisions for the aeronautical telecommunication network], Second edition.
11. ИКАО, (1995), "Avyatsyonnaya elektrosvyaz' Mezhdunarodnye standarty y rekomenduemya praktika" [Aeronautical telecommunications, international standards and recommended practices], first edition, July.
12. Antonov, V.V. (2011), "Osoblyivosti peredavannya zahyshhenogo movnogo trafika cherez standartnyu radiokanal aviatsionnyh system zvyazky" [Features of the transmission of secure linguistic traffic through the standart radio channel of aviation communication systems], *Defence of information*, No. 3, pp. 72-77.
13. Antonov V.V. (2011), "Optimizachiya modeli nekogerentnoyi peredazi danyh cherez movniy trakt aviatsionnoy radio-kanalny" [Optimization of the model noncorporate data transmission through the language channel of the aviation radio channel], *Defence of information*, No. 18, pp. 3-13.
14. Antonov, V.V. (2012), "Viznatsenna parametriv rozbirlyvosrti movi, sho ye priynatnumu dlya aviatsionnyh system zahyshhenogo radiozvyazky" [Definition of legibility parameters that are acceptable for aviation systems of secure radio communication], *Defence of information*, No. 1, pp. 99-103.

Надійшла до редколегії 25.07.2017

Схвалена до друку 7.09.2017

### Відомості про авторів:

**Красноручський Андрій Олександрович**  
кандидат технічних наук, викладач кафедри  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-4318-2217>  
e-mail: krasnorycki@ukr.net

### Information about the authors:

**Krasnorutskyi Andrii**  
Candidate of Technical Sciences,  
Lecturer of Department of Ivan Kozhedub  
Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-4318-2217>  
e-mail: krasnorycki@ukr.net

**Козир Евгений Віталійович**  
курсант Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна.  
<https://orcid.org/0000-0003-3754-0089>  
e-mail: [evgeniy.kozur@ukr.net](mailto:evgeniy.kozur@ukr.net)

**Kozir Evgen**  
cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3754-0089>  
e-mail: [evgeniy.kozur@ukr.net](mailto:evgeniy.kozur@ukr.net)

**Коротчук Андрій Васильович**  
курсант Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна.  
<https://orcid.org/0000-0001-8105-3814>  
e-mail: [anderkosmos@gmail.com](mailto:anderkosmos@gmail.com)

**Kjrotchhook Andrei**  
cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-8105-3814>  
e-mail: [anderkosmos@gmail.com](mailto:anderkosmos@gmail.com)

**Безклеиний Руслан Анатолійович**  
курсант Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна.  
<https://orcid.org/0000-0002-2683-819X>  
e-mail: [bezkleyniy12@gmail.com](mailto:bezkleyniy12@gmail.com)

**Bezkleyni Ryslan**  
cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2683-819X>  
e-mail: [bezkleyniy12@gmail.com](mailto:bezkleyniy12@gmail.com)

**Малишкін Василь**  
курсант Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна.  
<https://orcid.org/0000-0003-3398-6497>  
e-mail: [malyshkin212@gmail.com](mailto:malyshkin212@gmail.com)

**Malishkin Vasyl**  
cadet of Ivan Kozhedub Kharkiv National  
Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-3398-6497>  
e-mail: [malyshkin212@gmail.com](mailto:malyshkin212@gmail.com)

#### ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОСВЯЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ УКВ ДИАПАЗОНА С ПОВЫШЕННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В БОРТОВЫХ СРЕДСТВАХ СВЯЗИ С УЧЁТОМ ОПЫТА ПРОВЕДЕНИЯ АТО

А.А. Красноруцкий, А.В. Коротчук, Р.А. Безклеиный, Е.В. Козыр, В.В. Малышкин

*В данной статье предложена и обоснована универсальная технологическая схема обработки речевых сообщений с помощью технологических средств систем и комплексов авиационного аналогового радиосвязи в диапазоне УКВ (а именно от 100 до 140 МГц), в условиях необходимости повышения уровня защищенности информационной составляющей языковых сообщений. Практическая составляющая технической реализации данной схемы позволяет выполнять модернизацию существующих средств бортового авиационного УКВ радиосвязи, без внесения конструктивных изменений в существующие средства бортового аналогового радиосвязного оборудования. Непосредственное привлечение новых устройств таких как: Вокодеры, крипто-шифраторы, частотно-фазовые манипуляторы, предлагается конструктивно выполнить в виде независимого отдельного блока, и обеспечить его размещение в цепи дистанционными пультами управления между микрофоном и модулятором в каскадах передающего тракта, и между выходом демодулятора и входом телефона в каскадах приемного тракта. При реализации такого подхода к минимизации конструктивных изменений существующего аналогового оборудования, к дистанционному пульта управления будет дополнительно включено только переключатель работы на открытые и закрытые каналы связи.*

**Ключевые слова:** авиационное аналоговое радиосвязное оборудования, помехоустойчивость, помехозащищенность, радиоэлектронная борьба, криптостойкость.

#### PRIORITY DIRECTIONS OF RADIO-RELATED APPLIANCES OF RANGE VHF WITH ENHANCED INDICATORS OF RESERVATION FOR APPLICATION IN ACCORDANCE WITH ACCORDING TO ATTACHMENT EXPERIENCE

A. Krasnorutskiy, A. Kjrotchhook, R. Bezkleyni, E. Kozir, V. Malishkin

*In the given article the universal technological scheme of processing of speech messages with the help of technological means of systems and complexes of aviation analog radio communication in the range of VHF (namely, from 100 to 140 MHz) is proposed and justified, in the conditions of necessity to increase the level of security of the information component of speech messages. The practical component of the technical implementation of this scheme allows to carry out the modernization of existing means of on-board aviation VHF radio communication, without introducing constructive changes in existing means of on-board analogue radio communication equipment. The direct involvement of new devices such as: vocoders, crypto-encryption, frequency-phase manipulators, is proposed to be constructively executed as an independent separate unit, and ensure that it is placed in the chain with remote control panels between the microphone and the modulator in the cascades of the transmission path, and between the output of the demodulator and the entrance of the telephone in the cascades of the receiving tract. When implementing such an approach to minimize the structural changes of existing analog equipment, only the switch of work on open and closed communication channels will be added to the remote control.*

**Keywords:** aeronautical analog radiocommunication equipment, noise immunity, noise immunity, electronic warfare, cryptoscope.