ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

УДК 621.396.7.029.037.3 **doi: 10.32620/aktt.2021.2.10**

А. О. КРАСНОРУЦЬКИЙ, А. Е. БЕКІРОВ, В. В. КОРЕПАНОВ, О. А. ХІЖНЮК

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

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ МЕТОДИКИ КОДУВАННЯ І ЗБЕРЕЖЕННЯ ЧАСТОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПЕРЕНАСТРОЮВАННЯ РАДІОСТАНЦІЇ Р-828 НА НОВІ РАДІОДАНІ

В статті викладено інноваційний підхід виконання робіт з кодування і збереженню частотної інформації радіостанції Р-828, яке реалізовано на спеціальному обладнанні пілотованого комплексу. Мета статті: розробка методики кодування і збереження частотної інформації по каскадній концепції для перенастроювання радіостанції Р-828 на нові радіодані. Розроблено технологію та розкрито методику автоматичного оцінювання поточних і наступних радіоданих по каскадній концепції на предмет наявності заданої інформативності. Обґрунтовуються етапи перетворення і кодування частотних радіоданих запам'ятовуючого пристрою радіостанції за технологією виділення ключових ознак заданої інформативності в системі введення нових радіоданих. Пропонується програмна реалізація автоматизації процесу перерахунку частотних радіоданих в кодову послідовність. Обґрунтовано автоматизацію процесу перерахунку, що побудовано в програмі для роботи з електронними таблицями Microsoft Office Excel. Реалізація методики перерахунку частотних радіоданих в кодову комбінацію послідовності пропонується реалізувати з використання функцій IF, MOD, ROUND, AND. Обґрунтовано, що для створення розрахунків та документування інформаційної складової, програмно застосовується табличний процесор Excel, що дозволяє, для подальшого аналізу даних (за необхідністю), автоматично створювати та отримувати звіти у вигляді таблиць та графіків. Пропонується методика оцінювання ефективності запропонованої технології кодування і збереження частотної інформації радіостанції Р-828 на нові радіодані, та наведені отримані експертні результати такої методики. Наведена експериментальна оцінка ефективності розробленої технології, що дозволяє стверджувати про зменшення працевтрат особового складу інженерно-авіаційної служби авіаційних бригад Військово Повітряних Сил Збройних Сил України на перерахунок частот в відповідні кодові комбінації при відпрацюванні аркушів контролю для зміни частот каналів радіостанції Р-828, а також зменшенню помилок першого і другого роду при виконанні робіт по зміні частотних радіоданих, за рахунок зменшення впливу людського фактору на виникнення похибок при виконанні відповідних перерахунків. Актуальність розглянутої проблематики насамперед пов'язана з особливостями виконання завдань інженерно-авіаційною службою в умовах проведення Операції об'єднаних Сил на Сході України, а саме збільшення кількості операцій по зміні робочих частот, що зменшує ймовірність прослуховування каналів зв'язку супротивником, що в свою чергу впливає на забезпечення відповідного рівня завадостійкості та завадозахищеності радіоканалів обміну даними.

Ключові слова: *радіостанція Р-828; запам'ятовуючий пристрій; завадозахищеність; MS Office Excel; інженерно-авіаційна служба, завадостійкість.*

Вступ

Радіостанція Р-828 на сучасному етапі модернізації літальних апаратів Повітряних Сил Збройних Сил України, залишається штатним засобам короткохвильового (далі КХ) зв'язку. Вона входить до штатних засобів радіозв'язкової категорії радіоелектронних засобів таких повітряних суден як Су-25, Ми-24, Ми-8 у різноманітних модифікаціях.

Радіостанція Р-828 призначена для двостороннього радіотелефонного зв'язку екіпажу повітряного судна в режимі частотної модуляції з наземними пунктами управління і з окремими рухомими об'єктами сухопутних військ, вивід повітряного судна на окремі об'єкти при роботі сумісно з АРК-УД (або АРК-У2 з приймачем Р-852 радіостанції).

1. Постановка завдання

На етапах створення та в процесі модернізації КХ радіостанції Р-828, без змін залишалася апаратура яка виконувала функцію дистанційної зміни робочої частоти каналів обміну інформацією в процесі експлуатації радіостанції. Механізм зміни робочої частоти виконується у вигляді окремих блоків – запам'ятовуючих пристроїв, які дають змогу при попередньому налаштуванні спеціалістами інженерно-

© А. О. Красноруцький, А. Е. Бекіров, В. В. Корепанов, О. А. Хіжнюк, 2021

авіаційної служби (далі ІАС) з обслуговування радіоелектронного обладнання (далі РЕО) літака змінювати льотчику частоти зв'язку шляхом вибору одного з 10-ти каналів в ході польоту, взаємодіяти з пунктами управління та іншими літальними апаратами при вирішенні польотних завдань. Даний запам'ятовуючий пристрій має механічний принцип переналаштування з однієї частоти на іншу. Заздалегідь можливо встановити до 10-ти частот з 1600 можливих в діапазоні метрових хвиль від 20,00 до 59,975 МГц з дискретним кроком частот в 25 кГц яким будуть відповідати 28 положень перемикача каналів запам'ятовуючого пристрою радіостанції [1] (рис. 1).

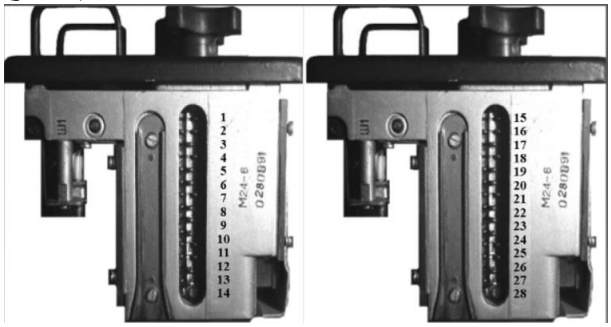

Рис. 1. Запам'ятовуючий пристрій радіостанції Р-828

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для порівняння більшість зарубіжних аналогів КХ радіостанцій є цифровими з вбудованими навігаційними функціями та мають функцію підстроючного зв'язку, а також 200-250 попередньо запрограмованих каналів [2], масо-габаритні характеристики перевершують радянські зразки в десятки разів, наприклад радіостанція канадського виробництва Technisonic TDFM-9300 [3] є багатодіапазонною з можливістю шифрування переговорів процес переналаштування на нові радіодані здійснюється за допомогою комп'ютера, при цьому вводиться до 3000 каналів.

Процес завчасного переналаштування запам'ятовуючого пристрою спеціалістами ІАС з РЕО [4], технологічно поділяється на два етапи. Перший пов'язаний з перерахунком необхідних частот в двійкову кодову послідовність з зазначенням їх відповідності в аркушах контролю по переналаштування радіостанції на нові радіодані. Другий етап зводиться до безпосереднього введення отриманої кодової комбінації до запам'ятовуючого пристрою радіостанції. У цьому випадку кожній з частоті відповідає своя кодова комбінація. Процес вводу кодових комбінацій передбачає механічну зміну положень 28-ми штовхачів на кожному каналі, які розташовуються у відкритих вікнах на бокових сторонах запам'ятовуючого пристрою. Кожний штовхач займає одне з двох можливих положень: верхнього або нижнього, що відповідає кодовій комбінації "0" або "1". В електричному уявленні піднятий штовхач замикає ланцюг контакту, а опущений розмикає. Таким чином відбувається переналаштування частоти радіостанції на відповідному каналі зв'язку [5].

Як перший так і другий етап переналаштування запам'ятовуючого пристрою радіостанціє потребує значних працевитрат особового складу, та має ймовірність допущення помилки в ході проведення розрахунків за рахунок людського фактору. Найбільшої актуальності процес оперативного переналаштування набуває в умовах ведення бойових дій, коли особовий склад залучається до цілодобового чергування та несе підвищене психофізіологічне навантаження організму. Невід'ємний вплив на наявність фактору помилки на етапі розрахунку кодових комбінацій в ході переналаштування радіостанції складає трудомісткість процедури перерахунку необхідної частоти в двійкову кодову комбінацію. Так прерахунок частоти в двійкову комбінацію виконується за допомогою таблиці переналаштування, а самі працевитрати особового складу на вирішення даного завдання в залежності від класної кваліфікації спеціалістів складають від 1 до 3 хвилин на кожну з 10 частот. Таким чином переналаштування одного запам'ятовуючого пристрою на нові радіодані може бути виконаний в часовий інтервал від 10 до 30 хвилин службового часу. В ряді випадків при виконанні завдань з бойової підготовки та ведення бойових дій, літальні апарати та особовий склад ІАС розміщується поза розташуванням аеродромів базування, і операція по перерахунку частот виконується безпосередньо спеціалістами обслуги обслуговування на місцях, які мають менший рівень класної кваліфікації ніж необхідний для проведення даної технологічної операції. Слід також зазначити, що чим частіше відбувається переналаштування на нові радіодані, тим менша ймовірність прослуховування каналів зв'язку супротивником, що в свою чергу впливає на забезпечення відповідного рівня завадостійкості та завадозахишеності радіоканалів обмінну даними [6].

Для задоволення системи управління в повітрі існує обмін інформацією за допомогою бортових радіостанцій. Ключовим сегментом ефективності інформаційного забезпечення тут є завадостійкість та завадозахищеність радіоканалів обміну даними. Базовими сектором такого процесу є показники якості з позиції виконаних робіт по перенастроюваною радіостанції на нові радіодані, а також оперативності виконаних робіт.

Але ж існуючі алгоритми виконання робіт не дозволяють оперативно виконувати роботи по пере-

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

настроюванню радіостанції, що впливає на час виконання завдань за призначенням. В свою чергу це веде до зниження ефективності роботи всієї системи управління.

Так існуюча технологія по зміні радіоданих, адаптована під роботу кваліфікованого оператора. Підвищення оперативності його роботи веде до зростання помилок в роботі по вводу радіоданих. Додатковий контроль його роботи, враховуючи застосування сервісної контрольно-перевіроної апаратури, веде до зростання часових витрат, що веде до зниження ефективності роботи системи управління в цілому.

Тут виникає дисбаланс між оперативністю введення нових радіоданих і достовірністю (безпомилковістю) виконаних робіт.

Альтернативним варіантом вирішення даної проблематики є запропонована технологія кодування і збереження частотної інформації для перенастроювання радіостанції Р-828 на нові радіодані.

Мета статті – розробка методики кодування і збереження частотної інформації по каскадній концепції для перенастроювання радіостанції Р-828 на нові радіодані.

Такий підхід дозволить по-перше, зменшити часові працевтрати особового складу інженерно-авіаційної служби авіаційних бригад Повітряних Сил Збройних Сил України на перерахунок частот в відповідні кодові комбінації при відпрацюванні аркушів контролю для зміни частот каналів взаємодії літальних апаратів через радіостанцію Р-828. По-друге, зменшити імовірності впливу людського фактору на виникнення помилок при виконанні відповідних перерахунків. Пропонується розробити електронну таблицю, що буде містити формули для автоматизації процесу перерахунку частот в програмі для роботи з електронними таблицями Microsoft Office Excel [7,8,9].

3. Виклад основного матеріалу

Для відпрацювання аркушу по переналаштуванню на нові радіодані використовується таблиці налаштування, що на практиці займає до 10 хвилин, представлений підхід дозволяє зробити це за час до 2 хвилин, а також може бути застосований у розробці цифрового запам’ятовуючого пристрою, який зможе значно розширити сферу застосування радіостанції Р-828.

Екранну форма роботи додатку Excel з таблицею перенастроювання радіостанції Р-828 можливо представити у електронній таблиці Excel, що буде зручно для виводу на друк або для застосування у мобільному пристрої (рис. 2).

Частоти що визначають положення штовхачів записується у стовбці B.

У стовбці AF визначені десяті мегагерц (**,x***) за виразом:

=MOD(INT(B2*10),10)

У стовбці AG визначено мегагерци (xx,***) за виразом:

=INT(B2)

У стовбці AH визначені кілогерци (**.xxx-0.5) за виразом:

=ROUND(IF(AG2>=40,500-MOD(((B2*1000-1000*INT(B2))+500),500),MOD(((B2*1000-1000*INT(B2))+500),500)),0)

Положення першого штовхача визначено у стовбці C за виразом:

=IF(OR(AND(AG2>=24,AG2<30),AND(AG2>=43,AG2<60)),"+","-")

Положення другого штовхача визначено у стовбці D за виразом:

=IF(OR(AND(AG2>=30,AG2<38),AND(AG2>=48,AG2<60)),"+","-")

Положення третього штовхача визначено у стовбці E за виразом:

=IF(AND(AG2>=38,AG2<48),"+","-")

Положення четвертого штовхача визначено у стовбці F за виразом:

=IF(OR(AND(AG2>=22,AG2<24),AND(AG2>=27,AG2<30),AND(AG2>=34,AG2<38),AND(AG2>=43,AG2<48),AND(AG2>=54,AG2<60)),"+","-")

Положення п’ятого штовхача визначено у стовбці G за виразом:

=IF(AH2>=275,"+","-")

Положення шостого штовхача визначено у стовбці H за виразом:

=IF(OR(AND(AH2>=125,AH2<=200),AND(AH2>=375,AH2<=450)),"+","-")

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
1	№ з/п	Частота	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			x*.***	*x.***	**.x**	**.*xx	*.**x	xx.***	**.x**-0.5	**.xxx-0.5
2	1	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20000,000	2	0	0	0	0	20	0	0
3	2	20,025	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20025,000	2	0	0	25	5	20	0	25
4	3	20,050	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20050,000	2	0	0	50	0	20	0	50
5	4	20,075	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20075,000	2	0	0	75	5	20	0	75
6	5	20,100	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20100,000	2	0	1	0	0	20	1	100
7	6	20,125	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20125,000	2	0	1	25	5	20	1	125
8	7	20,150	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20150,000	2	0	1	50	0	20	1	150
9	8	20,175	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20175,000	2	0	1	75	5	20	1	175
10	9	20,200	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20200,000	2	0	2	0	0	20	2	200
11	10	20,225	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+		20225,000	2	0	2	25	5	20	2	225

Рис. 2. Екранна форма роботи додатку Excel з таблицею перенастроювання радіостанції Р-828

Положення сьомого штовхача визначено у стовбці I за виразом:

=IF(OR(AH2=75,AH2=100,AH2=475,AH2=500),"+","-")

Положення восьмого штовхача визначено у стовбці J за виразом:

=IF(OR(AH2=175,AH2=200,AH2=225,AH2=250,AH2=325,AH2=350,AH2=425,AH2=450),"+","-")

Положення дев'ятого штовхача визначено у стовбці K за виразом:

=IF(B2>0,"+","-")

Положення десятого штовхача визначено у стовбці L за виразом:

=IF(OR(AND(AND(AG2>=20,AG2<40),MOD(AG2,2)=1),AND(AND(AG2>=40,AG2<60),MOD(AG2,2)=0)),"+","-")

Положення одинадцятого штовхача визначено у стовбці M за виразом:

=IF(OR(AH2=0,AH2=50,AH2=75,AH2=325,AH2=350,AH2=500),"+","-")

Положення дванадцятого штовхача визначено у стовбці N за виразом:

=IF(OR(AH2=175,AH2=200,AH2=250,AH2=275,AH2=475,AH2=500),"+","-")

Положення тринадцятого штовхача визначено у стовбці O за виразом:

=IF(OR(AH2=100,AH2=125,AH2=300,AH2=325,AH2=450,AH2=475),"+","-")

Положення чотирнадцятого штовхача визначено у стовбці P за виразом:

=IF(OR(AH2=25,AH2=50,AH2=150,AH2=175,AH2=425,AH2=450),"+","-")

Положення п'ятнадцятого штовхача визначено у стовбці Q за виразом:

=IF(OR(AH2=75,AH2=100,AH2=200,AH2=225,AH2=400,AH2=425),"+","-")

Положення шістнадцятого штовхача визначено у стовбці R за виразом:

=IF(OR(AH2=0,AH2=25,AH2=275,AH2=300,AH2=375,AH2=400),"+","-")

Положення сімнадцятого штовхача визначено у стовбці S за виразом:

=IF(OR(AH2=125,AH2=150,AH2=225,AH2=250,AH2=350,AH2=375),"+","-")

Положення вісімнадцятого штовхача визначено у стовбці T за виразом:

=IF(OR(AND(AF2>=0,AF2<=4,OR(AG2=24,AG2=25,AG2=28,AG2=29,AG2=36,AG2=37,AG2=40,AG2=41,AG2=48,AG2=49,AG2=52,AG2=53)),AND(AF2>=5,AF2<=9,OR(AG2=22,AG2=23,AG2=28,AG2=29,AG2=34,AG2=35,AG2=46,AG2=47,AG2=52,AG2=53,AG2=58,AG2=59))),"+","-")

Положення дев'ятнадцятого штовхача визначено у стовбці U за виразом:

=IF(OR(AND(AG2>=26,AG2<28),AND(AG2>=38,AG2<42),AND(AG2>=50,AG2<52)),"+","-")

Положення двадцятого штовхача визначено у стовбці V за виразом:

=IF(OR(AND(AF2>=0,AF2<=4,OR(AG2=24,AG2=25,AG2=34,AG2=35,AG2=42,AG2=43,AG2=48,AG2=49,AG2=58,AG2=59)),AND(AF2>=5,AF2<=9,OR(AG2=24,AG2=25,AG2=32,AG2=33,AG2=40,AG2=41,AG2=48,AG2=49,AG2=56,AG2=57))),"+","-")

Положення двадцять першого штовхача визначено у стовбці W за виразом:

=IF(OR(AND(AF2>=0,AF2<=4,OR(AG2=32,AG2=33,AG2=36,AG2=37,AG2=42,AG2=43,AG2=56,AG2=57)),AND(AF2>=5,AF2<=9,OR(AG2=30,AG2=31,AG2=36,AG2=37,AG2=42,AG2=43,AG2=54,AG2=55))),"+","-")

Положення двадцять другого штовхача визначено у стовбці X за виразом:

=IF(OR(AND(AF2>=0,AF2<=4,OR(AG2=20,AG2=21,AG2=34,AG2=35,AG2=44,AG2=45,AG2=58,AG2=59)),AND(AF2>=5,AF2<=9,OR(AG2=34,AG2=35,AG2=38,AG2=39,AG2=42,AG2=43,AG2=58,AG2=59))),"+","-")

Положення двадцять третього штовхача визначено у стовбці Y за виразом:

=IF(OR(AND(AF2>=0,AF2<=4,OR(AG2=20,AG2=21,AG2=30,AG2=31,AG2=38,AG2=39,AG2=44,AG2=45,AG2=54,AG2=55)),AND(AF2>=5,AF2<=9,OR(AG2=20,AG2=21,AG2=28,AG2=29,AG2=36,AG2=37,AG2=44,AG2=45,AG2=52,AG2=53))),"+","-")

Положення двадцять четвертого штовхача визначено у стовбці Z за виразом:

=IF(OR(AND(AF2>=0,AF2<=4,OR(AG2=22,AG2=23,AG2=28,AG2=29,AG2=32,AG2=33,AG2=46,AG2=47,AG2=52,AG2=53,AG2=56,AG2=57)),AND(AF2>=5,AF2<=9,OR(AG2=20,AG2=21,AG2=26,AG2=27,AG2=32,AG2=33,AG2=44,AG2=45,AG2=50,AG2=51,AG2=56,AG2=57))),"+","-")

Положення двадцять п'ятого штовхача визначено у стовбці AA за виразом:

=IF(OR(AND(AF2>=0,AF2<=4,OR(AG2=22,AG2=23,AG2=26,AG2=27,AG2=30,AG2=31,AG2=46,AG2=47,AG2=50,AG2=51,AG2=54,AG2=55)),AND(AF2>=5,AF2<=9,OR(AG2=22,AG2=23,AG2=24,AG2=25,AG2=30,AG2=31,AG2=46,AG2=47,AG2=48,AG2=49,AG2=54,AG2=55))),"+","-")

Положення двадцять шостого штовхача визначено у стовбці AB за виразом:

=IF(OR(MOD(AG2,4)=0,MOD(AG2,4)=1),"+","-")

Положення двадцять сьомого штовхача визначено у стовбці AC за виразом:

=IF(AF2<5,"+","-")

Положення двадцять восьмого штовхача визначено у стовбці AD за виразом:

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

=IF(B2>0,"+","-")

Перевірка на правильність вводу частоти в стовбець B проводиться в стовбці AE за наступним виразом:

=IF(AND(LEN(B2)<=6,MOD(AH2,25)=0,B2>=20,B2<60),IF(OR(B2=24.5,B2=25.5,B2=28.075,B2=29.075,B2=32,B2=33,B2=34.875,B2=35.875,B2=36,B2=36.125,B2=36.5,B2=37,B2=37.125,B2=37.5,B2=40.5,B2=40.55,B2=41.5,B2=41.55,B2=42.45,B2=43.45,B2=46,B2=47,B2=50.575,B2=51.575,B2=52.425,B2=53.425,B2=54.5,B2=55.5,B2=58,B2=58.5,B2=58.625,B2=59,B2=59.5,B2=59.625),"Не використовувати для організації зв'язку", "Перевірте правильність вводу".

Також в цьому стовбці проводиться перевірка і виводиться повідомлення якщо частота яку ввели не використовується для організації зв'язку.

4. Оцінювання роботи запропонованої технології кодування і збереження частотної інформації по каскадній концепції для переналаштування радіостанції Р-828 на нові радіодані

Пропонується застосування двокаскадної концепції, яка містить в собі 1-й каскад – порівняння поточної частоти настройки з послідуючою (заданою), 2-й каскад – автоматичне пере налаштування каналів на задані частоти, оцінювання якості функціонування технології кодування і збереження частотної інформації виконувати на основі наступних метрик

- помилка першого роду $\alpha^{(I)}$ – відношення кількості неправильно налаштованих $\mathbf{Z_h^{(falh)}}$ радіочастотних каналів (прийнятих як правильно налаштовані) з множини Z усіх каналів (з яких складається запам'ятовуючий пристрій) до загальної кількості $n(Z_m)$ радіоканалів, які по оцінці експерта (після застосування КПА), є правильно настроєними:

$$\alpha^{(I)} = \frac{\mathbf{Z_h^{(falh)}}}{n(Z_m)} 100\%; \qquad (1)$$

- помилка другого роду $\beta^{(I)}$ – відношення кількості правильно налаштованих каналів (визначених як не правильно налаштованих) в запам'ятовуючому пристрої до загальної кількості каналів $n(Z_m)$, які за оцінкою експерту, є не правильно налаштованими:

$$\beta^{(I)} = \frac{\mathbf{Z_n^{(falh)}}}{n(Z_m)} 100\%. \qquad (2)$$

Якісні результати порівняльної оцінки роботи технології представлені в (табл. 1).

Представлений графік залежності часу, який необхідний для налаштування каналів на нові радіо данні від їх кількості (рис. 3).

Таблиця 1

Якісні результати порівняльної оцінки роботи технології

Параметри	Результати оцінки: значення помилки (%) /робота оператора/	Результати оцінки: значення помилки (%) /робота технології/
Правильно налаштований канал ідентифікований як неправильно (помилка першого роду)	0,01 (1,8%)	0 (0%)
Не правильно налаштований канал сприйняти як правильно налаштований (помилка другого роду)	0,02 (2,4%)	0 (0%)

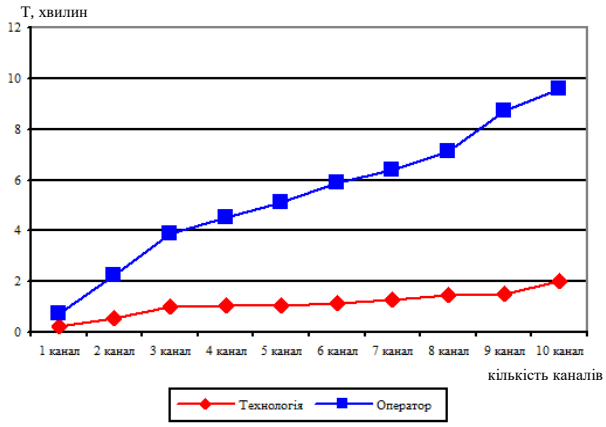

Рис. 3. Час налаштування каналів на нові радіодані

Висновки

Вперше побудована технологія кодування і збереження частотної інформації по каскадній концепції для переналаштування радіостанції Р-828 на нові радіодані. Базові відмінності полягають у тому, що розроблена технологія дозволяє автоматично оцінювати поточні і наступні радіодані по каскадній концепції на предмет наявності заданої інформативності.

Розроблена методика перерахунку частот в кодову послідовність для переналаштування КХ радіостанції Р-828 на нові радіодані. Запропонований ва-

ріант перерахунку частот забезпечить зменшення часових працевитрат особового складу інженерно-авіаційної служби, на перерахунок частот в відповідні кодові комбінації при відпрацюванні аркушів контролю з 10-30 хвилин до 2-х та зменшить ймовірність впливу людського фактору на внесення помилки при виконанні відповідних перерахунків, шляхом автоматизації даного процесу. Використання електронних таблиць для перерахунку частот можливо на портативних пристроях, що знімає обмеження на прив'язку даної технологічної операції до певного місця.

Одним з варіантів подальшого розвитку даної методики, що полягають у виготовлені за допомогою вітчизняного військово-промислового комплексу (далі ВПК) цифрового запам'ятовуючого пристрою на базі мікроконтролера, який замінить звичайний запам'ятовуючий пристрій, що дозволить швидко переналаштовувати радіостанцію на нові радіодані, та збільшить кількість попередньо запрограмованих каналів.

Інший варіант модернізації радіостанції полягає в заміні першого та другого гетеродину на мікроконтролер який подавати напругу з відповідною частотою на перший та другий змішувачі, що дасть змогу застосовувати частоту дискретизації 8,33 та 25 кГц, що відповідає стандартам міжнародної організації цивільної авіації ICAO [10], а також покращить масо-габаритні характеристики радіостанції, за рахунок застосування сучасної елементної бази.

Література

1. «Эвкалипт М-24». ИХ1.104.072 ТО. Техническое описание [Текст]. – 1976. – 217 с.

2. Yaesu HF&V/UHF All Mode Transceivers product catalogs[Text]. – 2017. – 37 p.

3. TDFM-9300 Multiband P25 Airborne Transceiver. Installation Instructions. TiL Document No. 13RE471. Rev. D, Issue 5, November 2015 [Electronic resource]. – Access mode: http://www.til.ca/content/pdfs/13RE471D5-TDFM-9300-Installation-Instructions.pdf. – 20.12.2020.

4. Наказ Міністерства оборони України "Про затвердження Правил інженерно-авіаційного забезпечення державної авіації України № 343 від 05.07.2016" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1101-16/. – 20.12.2020.

5. Р-828 ИХ1.104.072 ТБ1 Таблица набора волн [Text]. – 1976. – 8 с.

6. Конахович, Г. Ф. Концепція побудови обладнання захищеного радіотелефонного зв'язку для авіаційних застосувань [Текст] / Г. Ф. Конахович, В. В. Антонов, В. Є. Курушкін // Безпека інформації. – 2014. – № 3(20). – С. 224-230.

7. Alexander, M. Excel 2019 Bible [Text] / Michael Alexander. – Wiley, 2019. – 1136 p.

8. Winston, Wayne. Microsoft Excel 2019 Data Analysis and Business Modeling (Business Skills) [Text] / Wayne Winston. – Pearson Education, 2019. – 800 p.

9. Russo, Marco. The Definitive Guide to DAX: Business Intelligence for Microsoft Power BI, SQL Server Analysis Services, and Excel (Business Skills) [Text] / Marco Russo. – Microsoft Press, 2019. – 768 p.

10. Doc 9718. AN/957. Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation. 2018, Volume I, ICAO spectrum strategy, policy statements and related information [Electronic resource]. – Second Edition. – ICAO, 2018. – Access mode: https://www.icao.int/safety/FSMP/Documents/Doc9718/Doc9718_Vol_I_2nd_ed_(2018)corr1.pdf. – 20.12.2020.

References

1. «Evkalypt M-24». YKh1.104.072 TO. *Tekhnycheskoe opysanye* [Technical description], 1976. 217 p.

2. Yaesu HF&V/UHF *All Mode Transceivers product catalogs*, 2017. 37 p.

3. *TDFM-9300 Multiband P25 Airborne Transceiver. Installation Instructions.* TiL Document No. 13RE471, Rev. D, Issue 5, November 2015. Available at: http://www.til.ca/content/pdfs/13RE471D5-TDFM-9300-Installation-Instructions.pdf. (accessed 20.12.2020).

4. *Nakaz Ministerstva oborony Ukrayiny "Pro zatverdzhennya Pravyl inzhenerno-aviatsiynoho zabezpechennya derzhavnoyi aviatsiyi Ukrayiny № 343 vid 05.07.2016"* [The Order of the Ministry of Defense of Ukraine "On approval of the rules of aviation engineering support of the State Aviation of Ukraine № 343 from 05.07.2016"] Available at: www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1101-16/. (accessed 20.12.2020).

5. *R-828 YKh1.104.072 TB1 Tablytsa nabora voln* [R-828 ИХ1.104.072 TB1, Wave set table], 1976. 8 p.

6. Konakhovych, H. F., Antonov, V. V., Kurushkin, V. Ye. *Kontseptsiya pobudovy obladnannya zakhyshchenoho radiotelefonnoho zv"yazku dlya aviatsiynykh zastosuvan'* [Concept of building secure radiotelephone communication equipment for aviation applications]. *Bezpeka informatsiyi – Information security*, 2014, no. 3(20), pp. 224-230.

7. Alexander, Michael. *Excel 2019 Bible*. Wiley, 2019. 1136 p.

8. Winston, Wayne. *Microsoft Excel 2019 Data Analysis and Business Modeling (Business Skills)*. Pearson Education Publ., 2019. 800 p.

9. Russo, Marco. *The Definitive Guide to DAX: Business Intelligence for Microsoft Power BI, SQL*

ISSN 1727-7337 (print)
ISSN 2663-2217 (online)

Server Analysis Services, and Excel (Business Skills). Microsoft Press Publ., 2019. 768 p.

10. *Doc 9718. AN/957. Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation.* 2018, Volume I, ICAO spectrum strategy, policy statements and related information. Available at: https://www.icao.int/safety/FSMP/Documents/Doc9718/Doc9718_Vol_I_2nd_ed_(2018)corr1.pdf. (accessed 20.12.2020).

Надійшла в редакцію 10.01.2021, розглянута на редколегії 16.04.2021

CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF THE METHOD OF ENCODING AND STORING FREQUENCY INFORMATION FOR RECONFIGURING THE R-828 RADIO STATION TO NEW RADIO CHANNELS

A. Krasnorutskyi, A. Bekirov, V. Korepanov, A. Khizhnjuk

The article describes an innovative approach to encoding and storing frequency information of the R-828 radio station, which is implemented on special equipment of the manned complex. The purpose of the article: to develop a methodology for encoding and storing frequency information according to the cascaded concept for reconfiguring the R-828 radio station to a new radio data. The technology is developed and the methodology for automatic evaluation of current and subsequent radio data according to the cascaded concept for the presence of given information content is revealed. The stages of conversion and encoding frequency radio data of the radio station's storage device using the technology of identifying key features of given information content in the system for entering new radio data are justified. A software implementation of automating the process of converting frequency radio data into a code sequence is proposed. Automation of the recalculation process, which is built in the program for working with Microsoft Office Excel spreadsheets, is justified. The implementation of the method of converting frequency radio data into a sequence code combination is proposed to be implemented using the functions IF, MOD, ROUND, AND. It is proved that to create calculations and document the information component, the Excel table processor is programmatically used, which allows, for further data analysis (if necessary), to automatically create and receive reports in the form of tables and graphs. A method for evaluating the effectiveness of the proposed technology of encoding and storing frequency information of the R-828 radio station on new radio channels is proposed, and the obtained expert results of this method are presented. An experimental assessment of the effectiveness of the developed technology is given, which allows us to assert a reduction in the labor costs for the personnel of the aviation engineering service in the aviation brigades Air Force of the Armed Forces of Ukraine to recalculate frequencies in the appropriate code combinations and to work out control sheets for changing the frequencies of radio station R-828 channels, as well as a reduction in errors of the first and second kind when performing work on changing frequency radio data, by reducing the influence of the human factor on the occurrence of errors when performing appropriate recalculations. The relevance of the problem under consideration is primarily related to the specifics of performing tasks of the aviation engineering service in the conditions of the Joint Forces Operation in the east of Ukraine, namely, an increase in the number of operations to change operating frequencies, which reduces the probability of listening to communication channels by the enemy, which in turn affects the provision an appropriate level of noise immunity and the noise immunity of radio data exchange channels.

Keywords: radio station R-828; storage device; jamming resistance; MS Office Excel; aviation engineering service, noise immunity.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ КОДИРОВАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЧАСТОТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПЕРЕСТРОЙКИ РАДИОСТАНЦИИ Р-828 НА НОВЫЕ РАДИОДАННЫЕ

А. А. Красноруцкий, А. Э. Бекиров, В. В. Корепанов, А. А. Хижнюк

В статье излагается инновационный подход выполнения робот по кодированию и сохранению частотной информации радиостанции Р-828, который реализовано на специальном оборудование пилотированного комплекса. Цель статьи: разработка методики кодирования и сохранения частотной информации по каскадной концепции для перенастройки радиостанции Р-828 на новые радиоданные. Разработано технологию и раскрыто методику автоматического оценивания текущих и следующих радиоданных по каскадной концепции на предмет наличия заданной информативности. Обосновываются этапы преобразования и кодирования частотных радиоданных запоминающего устройства радиостанции по технологии выделения ключевых признаков заданной информативности в системе введения новых радиоданных. Предлагается программная реализация автоматизации процесса пересчёта частотных радиоданных в кодовую последовательность. Обосновывается автоматизация процесса пересчёта, построенного в программе для роботы с электронными таблицами Microsoft Office Excel. Реализация методики пересчёта частотных радиоданных в кодовую комбинацию последовательности, предлагается реализовать с использованием функций IF, MOD, ROUND, AND. Обосновано, что для создания расчётов и документирование информационной составляющей, преогромно применяется табличный процессор Excel,

который позволяет для дальнейшего анализа данных (по необходимости), автоматически создавать и получать отчёт в виде таблиц и графиков. Предлагается методика оценивания эффективности предложенной технологии кодирования и сохранения частотной информации радиостанции Р-828 на новые радиоданные и приведены полученные экспертные результаты такой методики. Приведена экспериментальная оценка эффективности разработанной технологии, которая позволяет утверждать про уменьшение трудозатрат личного состава инженерно-авиационной службы авиационной бригады Военно-воздушных Сил Вооружённых Сил Украины на пересчёт частот в соответствующие кодовые комбинации при отработке листов контроля для изменения частот каналов радиостанции Р-828, а также уменьшению ошибок первого и второго рода при выполнении робот по изменению частот радиоданных, за счёт уменьшения влияния человеческого фактора на возникновения ошибок при выполнении соответствующих пересчётов. Актуальность рассмотренной проблематики прежде всего связана с особенностями выполнения задач инженерно-авиационной службой в условиях проведения Операции Обледенённых Сил на Востоке Украины, а именно увеличение количества операций по смене рабочих частот, что уменьшает вероятность прослушивания каналов связи противником, что в свою очередь влияет на обеспечение соответствующего уровня помехоустойчивости и помехостойкости радиоканалов обмена информацией.

Ключевые слова: радиостанция Р-828; запоминающее устройство; помехоустойчивость; MS Office Excel; инженерно-авиационная служба, помехостойкость.

Красноруцький Андрій Олександрович – канд. техн. наук, доц. каф. радіоелектронного обладнання літальних апаратів Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

Бекіров Алі Енверович – канд. техн. наук, старш. викл. каф. радіоелектронного обладнання літальних апаратів Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

Корепанов Василь В'ячеславович – викл. каф. радіоелектронного обладнання літальних апаратів Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

Хіжнюк Олександр Анатолійович – викл. каф. радіоелектронного обладнання літальних апаратів Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, Україна.

Andrii Krasnorutskyi – Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor to Aircraft's radioeletronic equipment Department of Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: krasnorycki@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4318-2217.

Ali Bekirov – Candidate of Technical Sciences, the Senior Lecturer to Aircraft's radioeletronic equipment Department of Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine,
e-mail: ali_bekirov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6155-0597.

Vasyl Korepanov – Teacher to Aircraft's radioeletronic equipment Department of Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine,
e-mail: korefan99@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2725-250X.

Alexander Khizhnjuk – Teacher to Aircraft's radioeletronic equipment Department of Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine,
e-mail: anatovkotov@gmail.com.