

О. В. Манько, Ю. І. Міхєєв, О. І. Пінчук, Г. П. Чернявський

ВАРІАНТ ПОБУДОВИ МАКЕТА ПЕЛЕНГАТОРА РАДІОТЕЛЕВІЗІЙНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ПЕРЕСУВНОГО РАДІОТЕЛЕВІЗІЙНОГО КОМПЛЕКСУ

У статті визначено основні завдання, що має вирішувати пеленгатор радіотелевізійних станцій. Розглянуто можливий варіант модернізації пересувного радіотелевізійного комплексу (ПРТК). Розкрито зміст основних етапів пошуку телевізійних станцій (каналів) ефірного телебачення (ТСЕТ) за допомогою макета пеленгатора.

Постановка проблеми. Аналіз засобів масової інформації показав, що на сьогоднішній день телебачення є найбільш масштабним та оперативним засобом щодо отримання, обробки та оприлюднення інформації. Воно доступне більш ніж 90% населення країни, що ставить його в ранг пріоритетних засобів, здатних приховано впливати на свідомість визначеного соціуму. Тому його ефективно використовують спеціальні підрозділи під час проведення інформаційно-психологічних операцій (ІПО). Запобігти заходам інформаційно-психологічного впливу (ІПВ) або нейтралізувати їх через телебачення можливо шляхом організації ефективного моніторингу радіотелевізійного простору з подальшою нейтралізацією визначених передач. Під час проведення ІПО трансляцію відеоповідомлень можна здійснювати за допомогою як стаціонарних, так і ПРТК, що ускладнює завдання з оперативного визначення їх місцезнаходження та параметрів.

З урахуванням наявних сил та засобів підрозділів ІПО Збройних Сил (ЗС) України актуальним є питання модернізації існуючих технічних засобів моніторингу ПРТК з метою оперативного визначення місцезнаходження та параметрів ТСЕТ на основі відомих [1, 2] та розробки нових підходів.

Огляд останніх досліджень та публікацій. Аналіз тактико-технічних характеристик існуючих пеленгаторів, описаних у відкритих джерелах, свідчить про те, що більшість з них мають широкі можливості щодо пошуку інформації в радіотелевізійному просторі. У публікаціях розглянуто архітектуру таких систем, однак недостатньо розкрито питання щодо аналізу процесу обробки інформації, отриманої в результаті пеленгування [3–5]. Основну зацікавленість викликають мобільні станції радіоконтролю, які у своїй більшості виготовлені закордонними виробниками. Проте особливість їх технічної реалізації пов'язана з вузьким спрямуванням кола завдань, які вони спроможні вирішувати. Дослідження існуючих мобільних пеленгаторів показало неможливість їхнього повноцінного використання в складі наявних технічних засобів підрозділів ІПО, а саме ПРТК, у зв'язку з їх конструктивними особливостями:

- великими масо-габаритними розмірами антенної системи;
- технічними труднощами монтажу, налаштування, юстирування пеленгатора;
- необхідністю розробки та створення опорно-поворотного приводу антенної системи в ручному або автоматизованому режимах.

Формулювання завдання дослідження. Одним з необхідних етапів розробки пеленгатора ТСЕТ є розробка способів та методів обробки інформації, отриманої за його допомогою, та вироблення на їх основі технічних рішень і створення спеціалізованого програмного забезпечення для модернізації ПРТК. Тому метою статті є розробка пропозицій щодо варіанта модернізації ПРТК на основі побудови макета пеленгатора ТСЕТ.

Виклад основного матеріалу. Досвід виконання завдань підрозділами ШСО в зоні проведення антитерористичної операції показав, що досягнення переваги не можливе без виконання завдань радіомоніторингу, які пов'язані: з постійним або періодичним контролем завантаження телевізійного ефіру в широкому діапазоні частот; з виявленням та аналізом нових випромінювань, визначенням місцеположення їх джерел, оцінюванням їх цінності (загрози); з виявленням непередбачених або спеціально організованих радіоканалів витоку інформації. Кожне з цих завдань багатоетапне, вирішується в умовах складної електромагнітної обстановки та потребує використання широкої номенклатури радіотехнічних засобів, що виконують окремі функції.

З урахуванням зазначеного було розроблено основні вимоги до макета пеленгатора на ПРТК під час виконання завдань викриття інформаційної складової ТСЕТ у зоні електромагнітної досяжності. Макет пеленгатора повинен забезпечувати:

- виконання планів телерадіоконтролю;
- пошук джерел ТСЕТ;
- пеленгацію ТСЕТ з перекриттям телевізійного діапазону частот у зоні контролю в азимутальній площині 360 градусів;
- визначення інформаційної складової кожного джерела ТСЕТ відповідно до виразу (1);
- створення та ведення бази даних (БД) ТСЕТ у визначеному районі;
- відображення інформаційної складової ТСЕТ.

Кожна ТСЕТ має інформаційну складову, що дозволяє її визначити та ідентифікувати, вона описується функціоналом

$$T_i = \{KI_i, SI_i, ZI_i, PI_i\}, \quad (1)$$

де KI_i – координатна інформаційна складова i -ї ТСЕТ, що містить сферичні (широта, довгота, висота) або прямокутні (X, Y, Z) координати кожної ТСЕТ у системі координат WGS-84 або СК-42;

SI_i – сигнальна інформаційна складова i -ї ТСЕТ, яку для кожного телевізійного каналу визначають такими основними параметрами: частотою (девіацією частоти), поляризацією, потужністю, модуляцією сигналу, смугою частот випромінювання, видом передачі;

ZI_i – змістова та часова інформаційні складові i -ї ТСЕТ, що характеризують відповідність змісту, мови та часу телевізійної передачі на кожному каналі встановленій програмі трансляції;

PI_i – державна, регіональна, місцева інформаційні складові i -ї ТСЕТ, які полягають у встановленні державної ліцензованої трансляції телевізійних каналів відповідного телевізійного центру як на території держави, так і в прикордонних районах.

Аналіз можливостей ПРТК в існуючому інформаційному середовищі визначив основні етапи пошуку ТСЕТ за допомогою макета пеленгатора:

- на 1-му етапі розгортають ПРТК для виявлення ТСЕТ у заданому районі;
- на 2-му виконують “грубий” пошук наявних ТСЕТ у визначеній місцевості;
- на 3-му етапі уточнюють напрямок на ТСЕТ за допомогою пеленгатора;
- на 4-му проводять ідентифікацію ТСЕТ за допомогою БД;
- на 5-му здійснюють спостереження за наявними джерелами, виявлення та запис радіотелевізійної інформації, яка стосується предметної області моніторингу;
- на 6-му обробляють інформацію (встановлюють кількісні та якісні параметри, здійснюють фільтрацію та каталогізацію), готують звітну документацію.

Завдання 1-го етапу полягає у виборі місця для розгортання ПРТК, переміщенні та безпосередньому розгортанні ПРТК.

Проведення “грубого” пошуку наявних ТСЕТ у визначеній місцевості пов’язане з можливостями програмного забезпечення телевізійного тюнера AVerTV Hybrid+FM PCI, що входить до складу ПРТК. Програмне забезпечення, окрім звичайного пошуку за списком каналів, дозволяє проводити сканування всього діапазону частот за допомогою режиму “автопошук” та дозволяє виявляти SI_i та ZI_i складові i -ї ТСЕТ.

На 3-му етапі напрямок на ТСЕТ уточнюють за допомогою пеленгатора. Для визначення пеленга ТСЕТ вибрано квазидоплерівський метод пеленгування з реалізацією електричного способу сканування опромінювачів [3, 4, 10].

Для забезпечення надширококустовості та поляризаційних властивостей ТСЕТ за опромінювачі для макета було обрано та виготовлено чотири модифіковані опромінювачі дискоконусного типу, які розміщено по колу певного радіуса [6–9]. Структурну схему макета наведено на рис. 1.

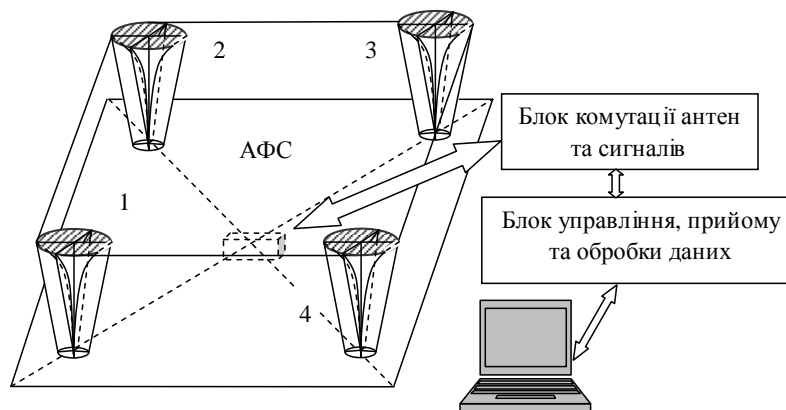


Рис. 1. Структурна схема макета пеленгатора ТСЕТ

Розміщені по колу опромінювачі антенно-фідерної системи (АФС) по чергово підключаються в заданий інтервал часу в одному напрямку відповідно до заданої частоти комутації. Шляхом контролю порядку, у якому обираються антени, телевізійний сигнал модулюється частотою Доплера, який необхідно перенести в аудіодіапазон за допомогою приймача для подальшої обробки. У такому разі доплерівський зсув частоти сигналу ТСЕТ можна розрахувати за виразом

$$\Delta F_d = \frac{\omega_r r f_c}{c}, \tag{2}$$

де ω_r – кутова швидкість комутації елементів антени, рад/с;

f_c – несуча частота прийнятого сигналу, Гц;

r – радіус кола розміщення елементів антени, м;

c – швидкість світла, м/с.

Діапазон частот сигналу ТСЕТ становить від 70 до 900 МГц. За умови фіксованих значень радіуса кола розміщення елементів антени та заданого доплерівського зсуву частоти алгоритм пеленгації передбачає зміну кутової швидкості комутації елементів антени. Тоді розрахунок частоти комутації елементів антени розраховують за таким виразом:

$$f_r = 47,75 \frac{\Delta F_d}{f_c r}, \quad (3)$$

де $f_r = \frac{\omega_r}{2\pi}$ – частота комутації елементів антени, Гц.

Розрахункову залежність частоти комутації елементів антени від частоти прийнятого сигналу для отримання доплерівського зсуву частоти 500 Гц та радіуса розміщення елементів антени 0,4 м наведено на рис. 2.

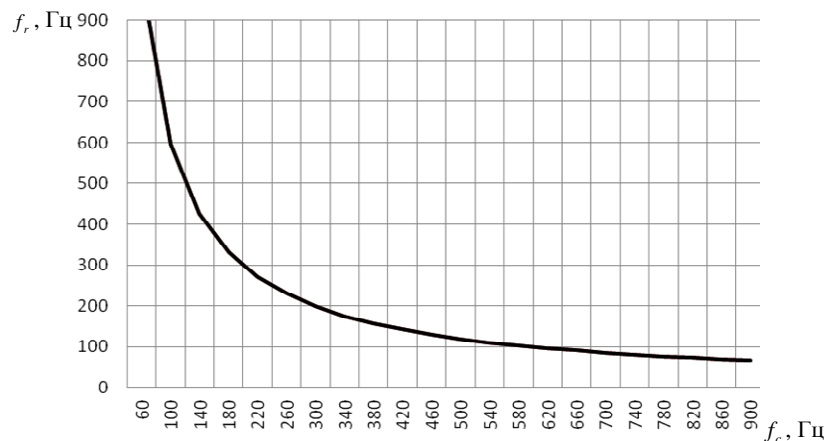


Рис. 2. Залежність частоти комутації елементів антени від частоти прийнятого сигналу

Для ідентифікації ТСЕТ необхідно визначити KI_i , розрахувати пеленги та відстані до неї за допомогою БД. Відстань між ПРТК та ТСЕТ у зоні електромагнітної доступності визначають відповідно до виразу

$$d = R_1 \arccos \left(\sin \varphi_p \sin \varphi_t + \cos \varphi_p \cos \varphi_t \cos (\lambda_p - \lambda_t) \right), \quad (4)$$

де R_1 – радіус земної поверхні на широті ПРТК відповідно до WGS-84, м [11];

φ_p, λ_p – широта та довгота прив'язки ПРТК, рад;

φ_t, λ_t – широта та довгота ТСЕТ з БД, рад.

Для забезпечення необхідної точності розрахунку розрядність кутових даних, які отримують за виразом (4), повинна мати вісім знаків після коми.

У випадку малих відстаней та невеликої точності розрахунків використання виразу (4) може призводити до значних помилок, пов'язаних з округленням. Тому при невеликих відстанях (до 7 км) для розрахунку відстані до ТСЕТ використовують вираз гаверсинусів:

$$d = R_i \arccos \left(\sqrt{\sin^2 \left(\left(\frac{\varphi_t - \varphi_p}{2} \right) + \cos \varphi_p \cos \varphi_t \sin^2 \left(\frac{\lambda_p - \lambda_t}{2} \right) \right)} \right). \quad (5)$$

При використанні (5) виникають точки-антиподи. Для їх усунення використовують такий вираз [11]:

$$\delta = \arctan \left(\frac{\sqrt{\cos^2 \varphi_p \sin^2 \left(\frac{\lambda_p - \lambda_t}{2} \right) + \left(\cos \varphi_t \sin \varphi_p + \cos \varphi_p \cos \varphi_t \sin^2 \left(\frac{\lambda_p - \lambda_t}{2} \right) \right)^2}}{\sin \varphi_p \sin \varphi_t + \cos \varphi_p \cos \varphi_t \cos \left(\frac{\lambda_p - \lambda_t}{2} \right)} \right), \quad (6)$$

$$d = R_i \delta,$$

де δ – кутова відстань від ПРТК до ТСЕТ, рад.

Азимут кожного ТСЕТ у зоні електромагнітної доступності визначають за формулою

$$\beta = \arcsin \left(\frac{\cos \varphi_t \sin (\lambda_p - \lambda_t)}{\cos \delta} \right), \quad (7)$$

де β – азимут ТСЕТ відносно місця розташування ПРТК.

У подальшому масив розрахункових значень відстаней та азимутів кожного ТСЕТ відповідно до поточного місця знаходження ПРТК записують у БД.

Пошук та визначення пеленга квазідоплерівським методом формує масив пеленгів ТСЕТ. Порівняння розрахункових азимутів з пеленгами, знайденими в процесі пошуку, для кожної ТСЕТ (з урахуванням помилок визначення пеленга) з подальшим ототожненням інформаційної складової дозволяють виявити та ідентифікувати неліцензовані ТСЕТ.

Завдання 4-го етапу полягають в ідентифікації ТСЕТ та порівнянні їх характеристик з БД. Основними завданнями застосування системи управління базами даних (СУБД) на автоматизованому робочому місці (АРМ) оператора ПРТК є створення та постійний супровід реляційної СУБД телевізійних станцій, а саме визначення:

- державної належності ТСЕТ;
- регіональної та відомчої належності ТСЕТ на території України;
- точного місцезнаходження ТСЕТ;
- необхідних радіотехнічних характеристик ТСЕТ.

Аналіз існуючих СУБД та досвід їхнього застосування й супроводу показав, що найбільш доцільним для вирішення завдань пеленгування ПРТК є СУБД Access, що працює під управлінням Microsoft Office. Access дає можливість автоматизувати частину операцій з розрахунків координат, початкових значень азимутів, зон радіодоступності, а також автоматизувати процес архівації даних та обліку інформації, отримуваної за допомогою пеленгатора.

Запис передач під час виконання завдання 5-го етапу можна здійснювати в режимах ручного управління та автоматизованого. Для автоматизованого режиму завчасно планують передачі, які необхідно записувати. За допомогою штатного програмного забезпечення ПРТК апаратура запису вмикається на встановлений термін.

У подальшому шляхом спостереження, вивчення програм передач, додаткової інформації встановлюють:

належність каналу державі, організації, особі;

зادля чийх інтересів подають інформацію (провладних, опозиційних, сепаратистських, незалежних);

масштабність повідомлень (центральні, загальнодержавні, місцеві) – і формують реєстр телерадіоканалів.

У результаті виконання зазначених завдань формують сукупність телерадіопередач на обраних каналах та проводять подальше планування спостереження із зазначенням координат ТСЕТ.

Структуру СУБД макета пеленгатора можна відобразити у вигляді алгоритму, поданого на рис. 3.

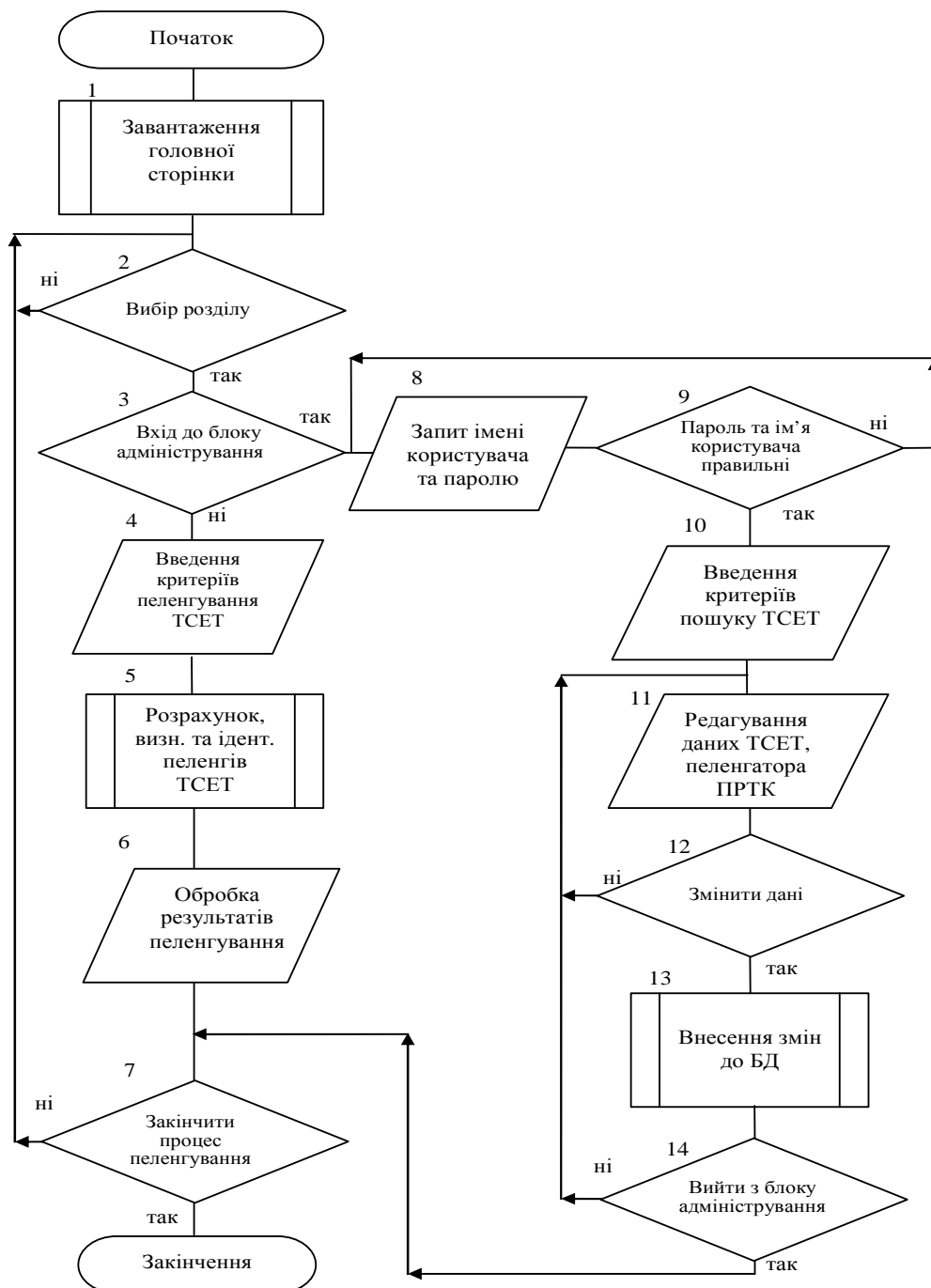


Рис. 3. Алгоритм СУБД

Відповідно до алгоритму оператора АРМ надають відомості про ТСЕТ у вигляді координатної та некоординатної інформації, розрахункові та отримані пеленгатором дані про об'єкти ТСЕТ. Це сприяє оперативному забезпеченню інформаційних потреб поста та підвищує ефективність виконання цільових й оперативних завдань підрозділами ПСО. У подальшому проводять спостереження за наявними джерелами, виявлення та запис радіотелевізійної інформації, яка стосується предметної області моніторингу.

Практичні розрахунки пеленга та дальності до ТСЕТ проводили на ПРТК за такими етапами:

визначення координат та азимутальної прив'язки ПРТК за допомогою GPS та топографічної прив'язки [11];

пошук доступних ТСЕТ (телевізійних каналів) з вибіркою з БД інформаційної складової $T_i(1)$ кожної станції (здійснюється шляхом сканування телевізійного діапазону частот з фіксуванням частот та параметрів телевізійних каналів ТСЕТ);

розрахунок пеленгів ТСЕТ відповідно до наявної координатної інформації БД;

визначення пеленга доступних ТСЕТ;

ідентифікація кожної ТСЕТ за пеленгом та інформаційною складовою з метою виявлення несанкціонованих станцій.

Експериментальні розрахунки пеленгів ТСЕТ, координати яких занесені у відповідну БД, у різних системах координат (СК-42, WGS-84) свідчать про те, що оптимальним варіантом для визначення пеленгів є сферична система координат [11, 12].

Висновки. Таким чином, варіант побудови макета пеленгатора радіотелевізійних станцій, який запропоновано для модернізації ПРТК, дозволяє суттєво підвищити його можливості за цільовим призначенням, а саме: зменшити час налаштування антенної системи комплексу, забезпечити виконання нового завдання з оперативного визначення місцезнаходження та параметрів ТСЕТ. У подальшому планується розглянути питання розробки алгоритмів виявлення ТСЕТ під час руху ПТРК та в умовах інтерференції сигналів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рембовский А. М. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / А. М. Рембовский, А. В. Ашихман, В. А. Козьмин ; под ред. А. М. Рембовского. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 492 с.
2. Sundaram K. R. Module conversion method for estimating the direction of arrival / K. R. Sundaram, R. J. Mallik // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2000. – № 36 (4). – P. 1391–1396.
3. Мезин В. К. Автоматические радиопеленгаторы / В. К. Мезин. – М. : Советское радио, 1969. – 215 с.
4. Jacobs E. Ambiguity resolution in interferometry / E. Jacobs, E. Ralston // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 1981. – № 17 (6). – P. 766–780.
5. Tv monitoring – система мониторинга телевизионного эфира [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.hopsteam.ru/index.php>.

- 6 Amert A. K. Miniaturization of the biconical antenna for UWB applications / A. K. Amert, K. W. Whites // IEEE Transaction on antennas and propagation. – 2009. – № 12. – P. 3728–3735.
7. Kim J. Novel ultra-wideband discone antenna. / J. Kim, S. Ook // Microwave And Optical Technology Letters. – 2004. – № 2. – P. 113–115.
8. Schantz H. The Art and Science of Ultrawideband Antennas / H. Schantz. – Norwood : MA Artech House. – 2005. – 561 p.
9. Ротхаммель К. Антенны / К. Ротхаммель. – М. : Энергия, 1979. – 512 с.
10. Moell J. A Good Doppler Gets Better / J. Moell. – 73 Magazine. – 1995. – P. 68–73.
11. Поклад Г. Г. Геодезия / Г. Г. Поклад. – М. : Недра, 1988. – 304 с.
12. Эльясберг П. Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли / П. Е. Эльясберг. – М. : Наука, 1965. – 540 с.

Подано 27.02.2015

О. В. Манько, Ю. И. Михеев, О. И. Пинчук, Г. П. Чернявский
ВАРИАНТ МАКЕТА ПЕЛЕНГАТОРА РАДИОТЕЛЕВИЗИОННЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ
ПЕРЕДВИЖНОГО РАДИОТЕЛЕВИЗИОННОГО КОМПЛЕКСА

В статье определены основные задачи, которые должен выполнять пеленгатор радиотелевизионных станций. Рассмотрен возможный вариант модернизации передвижного радиотелевизионного комплекса. Обосновано содержание основных этапов поиска телевизионных станций (каналов) эфирного телевидения с помощью макета пеленгатора.

O. V. Manko, Y. I. Mikheev, O. I. Pinchuk, G. P. Chernyavskiy
THE VARIANT OF MODEL OF DIRECTION FINDER OF THE
RADIOTELEVISIONAL STATIONS FOR MOVABLE RADIOTELEVISIONAL
COMPLEX

The article described basic tasks which the direction finder of the radiotelevisional stations must to make. The possible variant of modernization of movable radiotelevisional complex is considered (MRTC). Maintenance of the basic stages of search of the televisional stations (channels) of television (TST) is grounded by the model of direction finder.