

УДК 621.396.61; 621.396.62

Мошенський А. О. (*Національний університет харчових технологій, м. Київ*)

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ГЕКТО- ТА ДЕКАМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ АМАТОРСЬКИХ ЗМАГАНЬ

Мошенський А. О. Дослідження умов радіозв'язку гекто- та декаметрового діапазону на основі статистичної обробки даних аматорських змагань. Досліджуються питання визначення та прогнозування умов радіозв'язку гекто- та декаметрового діапазону на основі статистичної обробки інформації, отриманої під час проведення різних міжнародних аматорських змагань та аналізу результатів. Запропонований підхід дозволяє суттєво скоротити витрати на проведення та організацію таких досліджень, а також поліпшити достовірність результатів.

Ключові слова: РАДІОЗВ'ЯЗОК, СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА, АМАТОРСЬКІ ЗМАГАННЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ

Мошенский А. А. Исследование условий радиосвязи гекто- и декаметрового диапазона на основе статистической обработки данных аматорских соревнований. Исследуются вопросы определения и прогнозирования условий радиосвязи гекто- и декаметрового диапазона на основе статистической обработки информации, полученной во время проведения разных международных любительских соревнований и анализа результатов. Предложенный подход позволяет существенно сократить расходы на проведение и организацию таких исследований, а также улучшить достоверность результатов.

Ключевые слова: РАДИОСВЯЗЬ, СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ СОРЕВНОВАНИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Moshenskyi A. O. Research of terms of radio communications on MF and HF by statistical treatment of data amateur competitions. The questions of determination and predicting of terms of radio communications on MF and HF are probed on the basis of statistical treatment of information of different international amateur competitions and analysis of results. Proposed method allows substantially to cut down expenses on a leadthrough and organization of such researches, and also to improve authenticity of results.

Key words: RADIO COMMUNICATIONS, STATISTICAL PROCESSING, AMATEUR CONTESTS, PREDICTION

Вступ. Багато галузей застосовують зв'язок на великі відстані без допомоги наземних та супутникових ретрансляторів. Цей зв'язок, зазвичай, проводиться в діапазоні гекто- та декаметрових хвиль. Користувачами є міжнародні миротворчі контингенти, геологічні полярні та інші експедиції, дальня авіація, океанічне судноплавство, радіомовлення, аматорська служба. Всі ці галузі потребують достовірних даних щодо загасання радіохвиль для вибору необхідного і достатнього устаткування, а саме, прийомо-передавачів, антенно-фідерних пристроїв, модемів та ін. Наслідками некоректного підбору устаткування є ненадійний, непостійний, або, взагалі, ускладнений до неможливого зв'язок, висока кількість помилок на лініях зв'язку, або нераціональне використання занадто складного дорогого і потужного устаткування. Дослідження в цьому діапазоні почали проводитись після Першої Світової Війни – з введенням законів про свободу ефіру. 27.11.1923 р. було встановлено перший зв'язок телеграфом на хвилі 110 м між французом Leon Deloy 8AB та американцями Fred H. Shiller 1MO, John L. Reinartz 1QP [1, 2].

Постановка задачі. На даний момент продовжується вивчення короткохвильового (КХ) діапазону. Є шлях виконати таке дослідження майже без матеріальних затрат і з високою достовірністю. Достатньо мати один комплект приймально-передавальної апаратури та антени. Здійснювати зв'язки з радіоаматорами короткохвильовиками з різноманітних країн світу підчас різноманітних змагань з радіоспорту, а потім обробити відповідним чином масив отриманих даних.

Для зменшення імовірної похибки при дослідженні за такого алгоритму необхідно коректно вибрати своє місце розташування, мати високоякісний трансівер [3, 4], знати специфіку роботи на КХ та мати теоретичні данні і вміти використовувати усі можливі механізми поширення радіохвиль (мати досвід), знати специфіку поведінки деяких потенційних класів кореспондентів, ігнорувати дані про досить сумнівні радіозв'язки [5...7].

Визначити загасання радіохвиль можна, провівши низку експериментів – сеансів зв'язку. Зобразимо схематично радіозв'язок між двома кореспондентами, враховуючи параметри їхньої апаратури (рис. 1).

Передавач характеризується потужністю P_1 , сила сигналу на антенних зажимах приймача – потужністю P_2 , антена передавача – коефіцієнтом підсилення G_1 , антена приймача – коефіцієнтом підсилення G_2 , середовище – коефіцієнтом ослаблення V .



Рис. 1. Схема експерименту

Отже обчислити загасання V можливо за умов знання всіх інших вищенаведених параметрів за даною структурною схемою:

$$V = P_2 - P_1 + G_1 + G_2 \quad (1)$$

Збір даних доцільно проводити під час міжнародних змагань з радіозв'язку [1, 2]. Причина тому – за досить короткий проміжок часу (1-2 доби) можна отримати велику кількість вибірок – сотні і тисячі сеансів [8].

Класифікація похибок. Слід приділити увагу похибкам, що виникають при вимірюванні, а саме, природі виникнення, та класифікувати їх.

Систематичними називають такі помилки, які викликаються факторами, діючими однаково чином при багаторазовому повторенні одних і тих же вимірювань, наприклад некоректне представлення землі в обчислювачі MININEC MMANA або, навіть некоректний замір потужності власного передавача [8...11].

Випадкові помилки (відхилення) завжди присутні в експерименті. Збільшуючи кількість вимірювань і використовуючи формули теорії помилок, можна отримати досить точну оцінку величини випадкової помилки.

Слід особливо виділити такий вид помилки, як грубий прорахунок – промах. Такі вимірювання слід відкидати, хоча при цьому бажано визначити причину даного промаху.

Обробка та аналіз сеансів радіозв'язку. Проведемо обрахунки для серії експериментів підчас змагань UBA CONTEST [9].

Отже маємо вибірку значень загасання [130, 102, 124, 122, 108, 105, 120, 126, 109 (дБ)] на радіотрасі для азимутальних кутів $270^\circ \dots 300^\circ$, яка охоплює Німеччину, Данію – відстань 1500 км.

Для цієї вибірки розрахуємо середнє значення загасання $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 116.22$ дБ,

дисперсію $\sigma^2 = S_n^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} = 105.19$ та середньоквадратичну помилку середнього

$S_x = \frac{S_n}{\sqrt{n}} = 3.42$. Обираємо рівень довірчої ймовірності $P=0.99$. Тоді за коефіцієнтом

Стьюдента $t(P, n-1)$ та модулем довірчого інтервалу маємо:

$$\Delta x = S_x \cdot t(P, \nu) = 3.4 \cdot 3.42 = 11.62$$

Знаходимо коефіцієнти Стьюдента $t(P, n-1)$ відповідно до об'єму вибірки $n-1=8$ та довірчого інтервалу P (табл. 1):

Отже, загасання при довірчій ймовірності $P=0.99$ можемо записати як $V = 116.22 \pm 11.62$ дБ

Табл. 1				
P	0.683	0.95	0.99	0.9973
$t(P, n-1)$	1.07	2.31	3.4	4.3

Обробивши аналогічним чином статистичні данні за вищенаведені змагання UBA DX Contest [9] ми отримали на основі набору статистик залежності загасання від відстані, дисперсію та довірчі інтервали [11].

На рис. 2. наведено азимутальну мапу середнього загасання радіохвиль діапазону 14 МГц для радіотрас за середніми азимутами 270° , 240° та 210° з центром в м. Києві (точка UR) для дистанцій від 1000 до 2000 км.

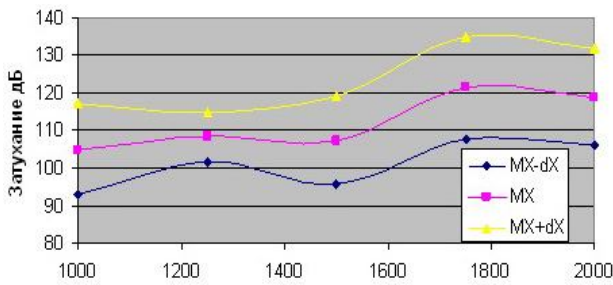


Рис. 3. Середні загасання радіохвиль за азимутом 270°

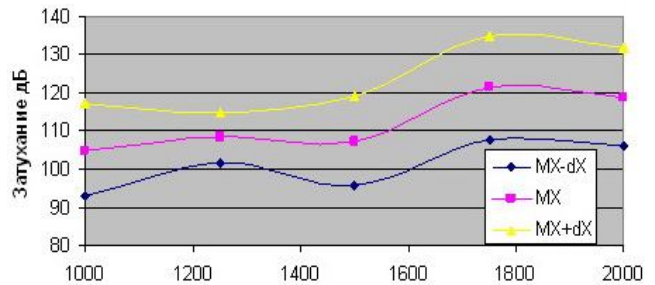


Рис. 4. Середні загасання радіохвиль за азимутом 240°

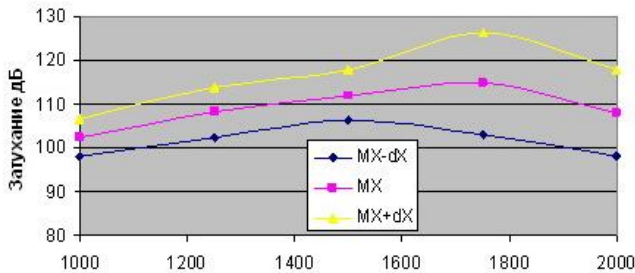


Рис. 5. Середні загасання радіохвиль за азимутом 210°

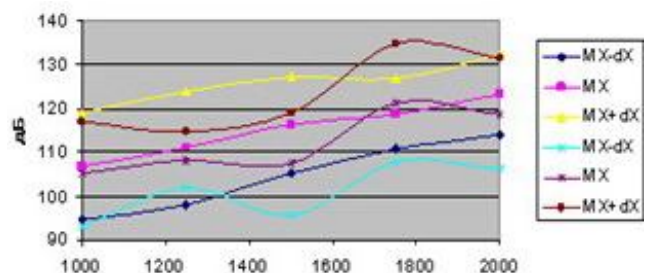


Рис. 6. Порівняння загасання суміжних радіотрас за азимутами 270° та 240°

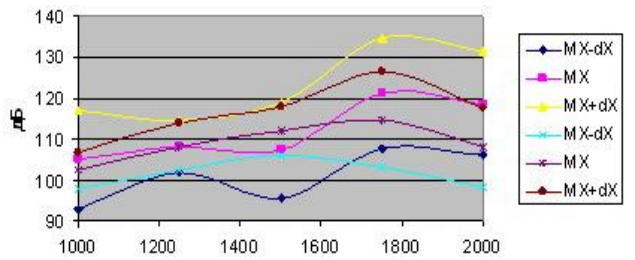


Рис. 7. Порівняння загасання суміжних радіотрас за азимутами 240° та 210°

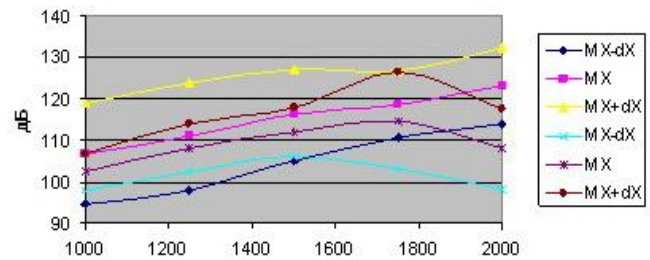


Рис. 8. Порівняння загасання суміжних радіотрас за азимутами 270° та 210°

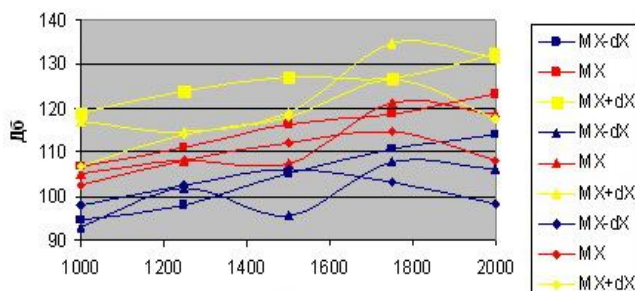


Рис. 9. Порівняння загасання суміжних радіотрас за азимутами 270° - 210°

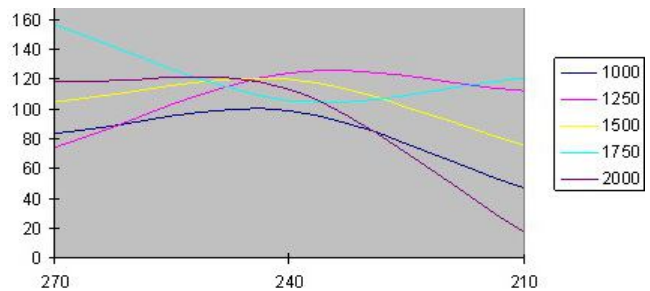


Рис. 10. Порівняння загасання суміжних радіотрас за азимутами 270° - 210°

Якщо використовувати ці величини, то вираз для загасання буде мати вигляд:

$$\bar{x}_* = \frac{1}{n_1 + n_2} (n_1 \bar{x}_1 + n_2 \bar{x}_2) = \frac{1}{19} (11 \cdot 123,4 + 8 \cdot 118,8) = 121,4 \text{ дБ.} \quad (2)$$

Числа, отримані в (1) і (2), є статистичними вагами величин загасання. Отже, більший внесок у остаточний результат вносить в даному випадку серія вимірювань з більшою статистикою, більшою кількістю вимірів [11].

У загальному випадку досить часто доводиться підсумовувати результати, отримані з різною точністю, підчас різних змагань. Якщо є N вимірів величини загасання \bar{x}_i , що мають

стандартні відхилення \bar{s}_i , то статистична вага g_i кожного вимірювання може бути визначено

як величину, зворотно до дисперсії: $g_i = \frac{1}{\sigma_i^2}$.

Тому більший внесок у зважений результат дають вимірювання, виконані з більшою точністю. Тоді середньозважене значення визначається співвідношенням (3), а оцінка дисперсії середнього зваженого виразом (4):

$$\bar{x}_* = \frac{\sum g_i \bar{x}_i}{\sum g_i}, \quad (3) \quad s_{x_*}^2 = \frac{\sum g_i (\bar{x}_i - \bar{x}_*)^2}{(N-1)\sum g_i}. \quad (4)$$

Аналогічно за все змагання отримано 37 замірів для дистанції 1500км і відповідно загасання $V = 111.89 \pm 4.55$ дБ при довірчій ймовірності $P=0.99$.

Нижче наведено залежності загасання (рис. 11) та відхилення загасання радіохвиль (рис. 12) від дистанції в межах 1000...2000 км за всі змагання. На цих рисунках загасання та їх відхилення приведені в децибелах.

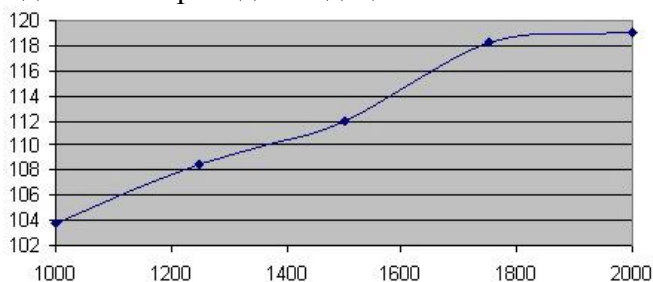


Рис. 11. Залежність загасання радіохвиль від дистанції

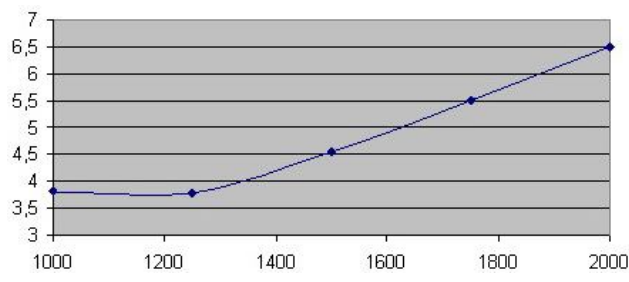


Рис. 12. Залежність відхилення загасання радіохвиль від дистанції

Таким чином, проведений аналіз та отримані оцінки свідчать про можливість суттєвого поліпшення достовірності прогнозування умов радіозв'язку гекто- та декаметрового діапазону на основі статистичної обробки даних про сеанси зв'язку аматорської служби під час різноманітних міжнародних змагань з метою отримання великої кількості вибірок за досить короткі проміжки часу. Для досягнення цієї мети постійно ведеться участь у міжнародних змаганнях з радіозв'язку автора цієї статті UT5UUV. За рахунок накладання довірчих інтервалів немає підстав вважати заміри помилковими. Запропонований підхід та розроблені процедури обробки статистичних даних ілюструють, по суті, можливість "обміну" кількості спостережень на якість (точність, достовірність) результатів обробки.

Література

1. Міжнародний радіоаматорський портал [http \[Електронний ресурс\]](http://www.qrz.com). – // www.qrz.com.
2. Російський радіоаматорський портал [Електронний ресурс]. – // <http://www.qrz.ru>.
3. Ред Э. Справочное пособие по высокочастотной схмотехнике // Ред Э. – М.: Мир, 1989. – 256 с.
4. Дроздов В. В. Любительские КВ трансиверы / В. В. Дроздов. – М.: Радио и связь, 1988. –176 с.: -(Массовая радиобиблиотека: вып. 1118).
5. Ротхаммель К. Антенны / Ротхаммель К. : пер. с нем.
6. Ресурс DL2KQ, присвячений моделювальнику MMANA [Електронний ресурс]. – // <http://www.qsl.net/dl2kq/mmana.htm>
7. Радіозв'язок. Терміни та визначення // ДСТУ 3254-95.
8. Румшисский З. Л. Математическая обработка результатов эксперимента / З. Л. Румшисский. – М.: Наука, 1971.
9. Сайт Бельгійської радіоліги UBA [Електронний ресурс]. – // <http://www.uba.be>.
10. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок / Тейлор дж. – М.: Мир, 1985.
11. Мошенський А. О. Прогнозування умов радіозв'язку на основі комп'ютерної обробки результатів спостережень / А. О. Мошенський // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2011. – №2(18). – С. 69-75.