

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно – керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему:

**РОЗРОБКА ЦИФРОВИХ МЕРЕЖ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
РАДІОЗВ'ЯЗКУ НА СОРТУВАЛЬНІЙ СТАНЦІЇ**

БРА 02.25.134.03ПЗ

Виконав:

студент групи 134-ТКРТ-Д22

спеціальності

172 «Телекомунікації та

радіотехніка»

освітньої програми «Телекомунікації

та радіотехніка» (роботу виконано

самостійно, відповідно до принципів

академічної доброчесності)

Єгор КУЗІН

Керівник:

доцент кафедри, канд. техн. наук



Андрій ЄЛІЗАРЕНКО

Рецензент:

доцент кафедри автоматики та

комп'ютерного телекерування рухом

поїздів, канд. техн. наук



Андрій ПРИЛИПКО

Харків – 2025

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. Сортувальні станції важливий об'єкт інфраструктури залізничного транспорту. Вони забезпечують складні багатофункціональні задачі організації перевезень вантажів. Станційний радіозв'язок відіграє важливу роль в забезпеченні оперативного управління технологічними процесами роботи сортувальної станції. Зараз на залізницях України розпочинається етап впровадження цифрових радіозасобів в системах станційного технологічного радіозв'язку, тому тема роботи є актуальною.

Ключові слова: технологічний радіозв'язок, енергетичні характеристики каналів, системи рухомого радіозв'язку, ретрансляція сигналів.

Мета роботи – розробка технічних пропозицій з організації цифрових мереж станційного технологічного радіозв'язку на основі запровадження радіозасобів стандарту DMR.

Об'єкт досліджень – розрахунок зон обслуговування в мережах станційного радіозв'язку та заходи з підвищення дальності радіозв'язку в каналах з носивними радіостанціями.

Структура та обсяг роботи: 69 сторінок друкованого тексту. Робота містить вступ, 3 розділи, висновки та список використаних джерел.

Розділи кваліфікаційної роботи.

В першому розділі випускної роботи проведено аналіз основних технологічних процесів роботи сортувальної станції, визначені вимоги до модернізації та розроблені технічні пропозиції з організації цифрових мереж.

В другому розділі роботи проведені розрахунки зон обслуговування радіозасобів в станційних зонах. Визначені комплекти інтермодуляційно сумісних частот з метою виключення інтермодуляційних завад.

У третьому розділі розроблені пропозиції з забезпечення необхідної дальності радіозв'язку в каналах з носивними радіостанціями, для яких характерні більш складні умови поширення радіохвиль. Запропоновано використання ретрансляції сигналів для підвищення дальності радіозв'язку.

Методи дослідження. Методи теорії поширення радіохвиль; теорії ймовірностей та випадкових процесів; методи теорії надійності, теорії електромагнітної сумісності.

Рекомендації щодо використання та результати впровадження. В роботі розроблені питання проєктування комплексу мереж технологічного радіозв'язку на сортувальній станції на основі впровадження сучасних цифрових радіозасобів стандарту DMR. Розроблені пропозиції з забезпечення необхідної дальності радіозв'язку в каналах з носивними радіостанціями з використанням ретрансляції сигналів на стаціонарному пункті. Це дозволяє суттєво збільшити дальність радіозв'язку в каналах з носивними радіостанціями. Результати дослідження можуть бути використано при проєктуванні та впровадження сучасних цифрових систем технологічного радіозв'язку.

ANNOTATION

Relevance of the study. Sorting stations are an important object of railway transport infrastructure. They provide complex multifunctional tasks of organizing cargo transportation. Station radio communication plays an important role in ensuring operational management of technological processes of the sorting station. Currently, the railways of Ukraine are beginning the stage of introducing digital radio equipment in station technological radio communication systems, so the topic of the work is relevant.

Keywords: technological radio communication, energy characteristics of channels, mobile radio communication systems, signal retransmission.

The aim of the study – development of technical proposals for the organization of digital networks of station technological radio communications based on the introduction of DMR standard radio equipment.

Object of the study – calculation of service areas in station radio communication networks and measures to increase the radio communication range in channels with carrier radio stations.

Structure and volume of the work: consists of 69 pages of printed text. The work contains an introduction, 3 chapters, conclusions, and a list of sources used.

Chapters of the qualification work:

In the first section of the thesis, an analysis of the main technological processes of the sorting station operation was carried out, requirements for modernization were determined and technical proposals for the organization of digital networks were developed.

In the second section of the work, calculations of radio service areas in station areas were carried out. Sets of intermodulation-compatible frequencies were determined in order to eliminate intermodulation interference.

In the third section, proposals were developed to ensure the required radio communication range in channels with carrier radio stations, which are characterized by more complex radio wave propagation conditions. The use of signal retransmission to increase the radio communication range was proposed.

Research methods. Methods of radio wave propagation theory; probability and random process theory; methods of reliability theory, electromagnetic compatibility theory.

Recommendations for use and implementation results. The work develops issues of designing a complex of technological radio communication networks at a sorting station based on the implementation of modern digital radio equipment of the DMR standard. Proposals have been developed to ensure the required radio communication range in channels with carrier radio stations using signal retransmission at a stationary point. This allows significantly increasing the radio communication range in channels with carrier radio stations. The results of the study can be used in the design and implementation of modern digital technological radio communication systems.

ЗМІСТ

ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ.....	7
ВСТУП.....	8
1.ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ НА СОРТУВАЛЬНІЙ СТАНЦІЇ.....	9
1.1 Аналіз технологічних процесів роботи на сортувальній станції.....	9
1.2 Призначення і склад мереж станцій радіозв'язку.....	11
1.3 Схеми організації радіомереж.....	15
1.4 Частотний план залізничного технологічного радіозв'язку.....	21
1.5 Аналіз сучасних цифрових радіозасобів рухомого радіозв'язку.....	24
2. РОЗРАХУНОК ЗОН ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ РАДІОМЕРЕЖ	32
2.1 Електричні характеристики радіозасобів станційного радіозв'язку.....	32
2.2 Методика розрахунку зон обслуговування.....	34
2.3 Розрахунок зон обслуговування радіомереж.....	36
2.4 Розрахунок електромагнітної сумісності радіомереж.....	39
3 ПІДВИЩЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ДІЇ КАНАЛІВ РАДІОЗВ'ЯЗКУ З НОСИМИМИ РАДІОСТАНЦІЯМИ	45
3.1 Особливості поширення радіохвиль в каналах технологічного радіозв'язку з носимими радіостанціями.....	49
3.2 Розрахунок дальності дії в каналах з носимими радіостанціями.....	53
3.3 Організація радіоканалів з ретрансляторами сигналів.....	60
3.4 Використання спеціальних антенних систем в складі ретрансляторів сигналів.....	65
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	69
Додаток А.....	71

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила технічної експлуатації залізниць України. Міністерство транспорту України. ЦРБ 0004. – Київ, 1995.
2. Технологія та управління роботою залізничних станцій: навчальний посібник / Уклад.: Н.Б.Чернецька-Білецька, Є.В.Михайлов, С.О.Семенов. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. – 292 с
3. Єлізаренко А.О., Єлізаренко О.В. Мережі технологічного радіозв'язку на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2007
4. Транкінгові мережі залізничного радіозв'язку / О. В. Єлізаренко, А. О. Єлізаренко, В. П. Поляков, К. А. Трубочанінова. Харків УкрДАЗТ – 2007. 114с
5. Радіотехнічні системи залізничного транспорту: навчальний посібник / С. В. Панченко, С.І. Приходько, А. О. Єлізаренко, Н. А. Корольова. –Харків: УкрДУЗТ – 2024. 145с.
6. Організація роботи сортувальної станції в умовах автоматизації / Г. І. Кириченко, О. Г. Стрелко, Ю. А. Бердниченко, О. О. Макарова // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. : Транспортні системи і технології. - 2013. - Вип. 23. - С. 150-154. - URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpdetut_tsit_2013_23_27.
7. ЦШ-0049 Інструкція з експлуатації засобів маневрового та гіркового радіозв'язку, пристроїв двостороннього паркового зв'язку: затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 18.12.2006 р № 503-Ц. Київ – 43 с.
8. План використання радіочастотного ресурсу України: затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 09.06.2006 р. №815. Бюлетень Національної комісії з питань регулювання зв'язку України. Київ. №6 2006. 174 с.
9. Єлізаренко А. О. Перспективні напрямки розвитку мереж технологічного радіозв'язку на залізничному транспорті. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 53 с.

10. Гончаренко В.І. Єдина платформа для організації цифрового технологічного радіозв'язку стандарту DMR / Гончаренко В.І., Карлін В, Медведєв Я. // Українська залізниця. – 2018. №1-2. С.20-26.
11. ДСТУ 4184:2003. Радіостанції з кутовою модуляцією суходільної рухомої служби. Класифікація. Загальні технічні вимоги. Методи вимірювання. 2003– 50 с.
12. Standard ETSI 102361-1 v1.4.5. Elektromagnetik compatibility and Radio spectrum Matters. Digital Mobile Radio (DMR) Systems. Part1. DMR AIR Interfase hrotocol – France. ETSI, 2007.
13. ETSI TS 102 361-2 V2.4.1 (2017-10). Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 2: DMR voice and generic services and facilities.
14. Єлізаренко А.О. Розробка методології розрахунку дальності дії каналів рухомого радіозв'язку в умовах впливу інфраструктури залізниць / А.О. Єлізаренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2014, №2, С.61-65.
15. Rekomendation ITU-R P.1546-3. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz. 2007. – 57 с.
16. Gorobets N.N. Analysis of power characteristics of mobile radio communication chanel / N.N. Gorobets, A.A. Yelizarenko Telecommunications and Radio Engineering.v77.i4.pages 283-295, 2018.
17. Єлізаренко А.О. Особливості впровадження сучасних цифрових радіотехнологій на мережах зв'язку залізниць. / А. О. Єлізаренко, І. О. Єлізаренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2018. №1, С. 10-16.
18. Слободянюк П. В. Довідник з радіомоніторингу / П. В. Слободянюк, В. Г. Благодарний, В .С. Ступак. Ніжин: Тов «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2008. 588 с.
19. Системи рухомого зв'язку. Навчальний посібник / О. О. Семенова, А. О. Семенов, В. С. Белов. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 185 с.

20. Головін Ю.О. Основи радіозв'язку з рухомими об'єктами : навч. посіб. Київ : ІСЗЗІ НТУУ КПІ, 2016. 322 с.

21. Єлізаренко А.О. Моделі поширення радіохвиль в каналах рухомого радіозв'язку. Конспект лекцій / А.О. Єлізаренко – Харків, УкрДАЗТ, 2016. – 57с.