

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

Факультет «Інформаційно – керуючі системи та технології»

Кафедра «Транспортний зв'язок»

Пояснювальна записка

до дипломної роботи магістра

на тему:

**ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ РУХОМОГО
РАДІОЗВ'ЯЗКУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

МРА 02.24.214.04.ПЗ

Виконав:

студент групи 214-КМТ-Д23
спеціальності

273 «Залізничний транспорт»
освітньої програми «Комп'ютерні
мережеві технології» (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної
доброчесності)



Віталій КЛЄЦКОВ

Керівник:

доцент кафедри, канд. техн. наук



Андрій ЄЛІЗАРЕНКО

Рецензент:

доцент кафедри, канд. техн. наук

Андрій ПРИЛИПКО

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. Технологічний радіозв'язок, як відповідальна система спеціального призначення, повинен забезпечити високу надійність каналів зв'язку в будь – яких умовах функціонування. Це вимагає впровадження сучасних цифрових радіотехнологій та удосконалення їх технічної експлуатації. Тому тема випускної роботи є актуальною.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РАДІОЗВ'ЯЗОК, РУХОМИЙ РАДІОЗВ'ЯЗОК, ДАЛЬНІСТЬ ЗВ'ЯЗКУ, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ РАДІОЗАСОБІВ, МОНІТОРИНГ РАДІОМЕРЕЖ.

Мета роботи – обґрунтування сучасної радіотехнології залізничного технологічного радіозв'язку

Об'єкт досліджень – сучасні системи радіозв'язку з рухомими об'єктами.

Структура та обсяг роботи становить: 70 сторінок друкованого тексту. Робота містить вступ, 3 розділи, висновки та список використаних джерел.

Розділи кваліфікаційної роботи:

В першому розділі роботи проведено аналіз функціональних можливостей та техніко-експлуатаційних показників найбільш поширених сучасних систем рухомого радіозв'язку: радіозасобів стандарту DMR; систем стільникового радіозв'язку GSM-R та широкосмугових систем радіозв'язку стандарту LTE-R.

В другому розділі розроблені технічні пропозиції з організації стільникової мережі технологічного радіозв'язку на ділянці залізниці. Виконані розрахунки зон обслуговування радіомереж в перспективних смугах радіочастот 900 МГц та 1800 МГц.

У третьому розділі роботи розглянуто склад обладнання та технічні характеристики вимірювального комплексу для вимірювання, діагностики, моніторингу мереж стільникового технологічного радіозв'язку.

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

Рекомендації щодо використання та результати впровадження. Розроблені технічні пропозиції зі створення комп'ютерного вимірювального комплексу, який би дозволяв здійснювати вимір і реєстрацію більш широкого кола параметрів вимірюваних сигналів в автоматичному режимі. Це дозволить підвищити достовірність результатів оцінок і прогнозування стану обладнання радіомереж при одночасному зменшенні трудовитрат і часу контролю. Комплекс обладнання «вагона-лабораторії» повинен бути розрахованим на здійснення моніторингу як існуючих так і перспективних систем радіозв'язку.

ABSTRACT

Relevance of the work. Technological radio communication, as a responsible special-purpose system, must ensure high reliability of communication channels in any operating conditions. This requires the introduction of modern digital radio technologies and the improvement of their technical operation. Therefore, the topic of the graduation work is relevant.

Keywords: TECHNOLOGICAL RADIO COMMUNICATION, MOBILE RADIO COMMUNICATION, COMMUNICATION RANGE, TECHNICAL OPERATION OF RADIO DEVICES, RADIO NETWORK MONITORING.

The object of research is modern radio communication systems with moving objects. The object of research is modern radio communication systems with mobile objects.

The structure and scope of the work is: 70 pages of printed text. The work contains an introduction, 3 sections, conclusions and a list of sources used.

Sections of the qualification work.

The first section of the work analyzes the functional capabilities and technical and operational indicators of the most common modern mobile radio communication systems: DMR standard radio equipment; GSM-R cellular radio communication systems and LTE-R broadband radio communication systems.

In the second section, technical proposals for the organization of a cellular network of technological radio communication on a railway section are developed. Calculations of radio network service areas in the promising radio frequency bands of 900 MHz and 1800 MHz are made.

In the third section of the work, the composition of the equipment and technical characteristics of the measuring complex for measuring, diagnosing, and monitoring cellular technological radio communication networks are considered.

Research methods. Methods of radio wave propagation theory; theories of probability and random processes; methods of reliability theory.



Recommendations for use and implementation results. Technical proposals for the creation of a computer measuring complex are developed, which would allow measuring and registering a wider range of parameters of measured signals in automatic mode. This will increase the reliability of the results of assessments and forecasting the condition of radio network equipment while simultaneously reducing labor costs and control time. The equipment complex of the "laboratory wagon" should be designed to monitor both existing and promising radio communication systems.



ЗМІСТ

ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ РУХОМОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ.....	9
1.1. Класифікація систем рухомого радіозв'язку.....	9
1.2. Транкінгові мережі рухомого радіозв'язку.....	12
1.3. Стільникові системи рухомого радіозв'язку GSM-R.....	26
1.4. Широкопasmові системи рухомого радіозв'язку LTE-R.....	35
1.5. Перспективні системи технологічного радіозв'язку FRMCS.....	38
2. ЧАСТОТНО-ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖ РУХОМОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ.....	41
2.1. Фактори, які впливають на показники надійності функціонування радіомереж.....	41
2.2. Модель УКХ радіоканалу в системах радіозв'язку з рухомими об'єктами.....	43
2.3. Розрахунок зон обслуговування.....	47
2.4. Організація мереж радіозв'язку на ділянці залізниці.....	52
3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ РАДІОМЕРЕЖ.....	54
3.1. Технологічний процес обслуговування мереж рухомого радіозв'язку....	54
3.2. Удосконалення технічної експлуатації радіомереж.....	58
3.3. Комплекс моніторингу мереж технологічного радіозв'язку	62
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
Додаток А.....	70

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Регламент радіозв'язку. Збірник робочих матеріалів з міжнародного регулювання, планування і використання радіочастотного спектру. – // International Telecommunication Union, 2004. – URL: <https://www.itu.int/>.
2. Слободянюк П.В. Довідник з радіомоніторингу / П.В. Слободянюк, В.Г. Благодарний, В.С. Ступак – Ніжин.: Тов «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2008. – 588 с.
3. 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.
4. Правила технічної експлуатації залізниць України. Міністерство транспорту України. ЦРБ 0004.. Київ, 2007.
5. Транкінгові мережі залізничного радіозв'язку: навчальний посібник / О. В. Єлізаренко, А. О. Єлізаренко, В. П. Поляков, К. А. Трубочанінова: Харків, УкрДАЗТ – 2007. 114с.
6. Радіотехнічні системи залізничного транспорту: навчальний посібник / С. В. Панченко, С.І. Приходько, А. О. Єлізаренко, Н. А. Корольова. –Харків: УкрДУЗТ – 2024. 145с.
7. Трубочанінова К.А., Жученко О.С., Лисечко В.П. Бездротові телекомунікаційні технології: Навч. посібник.- Харків: УкрДУЗТ, 2022. – 86с.
8. Єлізаренко А. О. Перспективні напрямки розвитку мереж технологічного радіозв'язку на залізничному транспорті. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 53 с.
9. Єлізаренко А.О. Особливості впровадження радіозасобів стандарту DMR на мережах технологічного радіозв'язку залізниць / А. О. Єлізаренко, І. О. Єлізаренко // Матеріали 27 Міжнародної науково-

практичної конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті». Харків, 2014, С. 43.

10. 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.

11. GSM-R. Procurement & Implementation Guide / International Union of Railways-Paris, 2009. – 246 с.

12. ITU-R IMT-Advanced 4G standards to usher new era of mobile broadband communications // International Telecommunication Union, 2010. – URL: <http://www.itu.int/net/hressoffice/press>.

13. Єлизаренко А.О. Забезпечення необхідної надійності функціонування каналів залізничного технологічного радіозв'язку / А.О. Єлизаренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016, №1, С.41-47.

14. 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.

15. Gorobets N.N. Analysis of power characteristics of mobile radio communication chanelns / N.N. Gorobets, A.A. Yelizarenko Telecommunications and Radio Engineering.v77.i4.pages 283-295, 2018.

16. Реєстр радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв, що можуть застосовуватися на території України в смугах радіочастот загального користування. – URL: <https://nkrzi.gov.ua/index.php?r=site/index&pg=59&id=4182&language=uk>.

17. Правила організації та розрахунку мереж поїзного радіозв'язку ЦШ-0058, Державна адміністрація залізничного транспорту України Укрзалізниця. Київ, 2009. 123 с.

18. Правила експлуатації поїзного радіозв'язку: затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 24.09.2007 р №452-Ц, Київ – 45 с.