

ЄЛІЗАРЕНКО А. О., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)  
ЄЛІЗАРЕНКО І.О., провідний інженер ХФ УДЦР

## Регулювання користуванням радіочастотним спектром в системах залізничного технологічного радіозв'язку

*В статті розглянуті зміни в законодавстві України в зв'язку з набуттям чинності Закону України «Про електронні комунікації». Закон регулює взаємовідносини між постачальниками телекомунікаційних послуг та споживачами і стосується всіх користувачів в сфері регулювання користування радіочастотним спектром. Окремим законом регламентується діяльність Національної комісії з електронних комунікацій, яка здійснює державне регулювання та державний нагляд в сфері електронних комунікацій.*

*Технологічний радіозв'язок на залізницях України є типовим представником сухопутного рухомого радіозв'язку. Для залізничного радіозв'язку актуальність питань пов'язана з необхідністю модернізації радіомереж, які в теперішній час працюють в аналоговому режимі в метровому діапазоні радіохвиль. В зв'язку з цим важливим є запровадження сучасних радіотехнологій з освоєнням нових діапазонів радіочастот.*

*В роботі розглянуті основні напрямки модернізації систем залізничного технологічного радіозв'язку та процедури планування, виділення, розподілу та користування радіочастотним спектром у світлі нового законодавства.*

*Ключові слова: залізничний технологічний радіозв'язок, використання радіочастотного спектру, Закон України «Про електронні комунікації», відомче регулювання систем радіозв'язку.*

### Вступ

В Україні державне регулювання та управління у сфері користування радіочастотним спектром здійснюється на основі закону Закону України «Про електронні комунікації», який набув чинності з 01.01.2022 року [1]. В зв'язку з цим Закон України «Про радіочастотний ресурс України» і «Про телекомунікації» втратили чинність.

Порядок регулювання у сфері використання радіочастотним спектром (РЧС) в Україні здійснюється шляхом уведення та застосування спеціальних дозвільних процедур на базі положень Закону України «Про електронні комунікації».

Закон насамперед регулює відносини у сфері надання телекомунікаційних послуг та не поширюється на користувачів, засоби яких не мають підключення до мереж загального користування, окрім питань з регулювання користування радіочастотним ресурсом. Стосовно всіх користувачів регулюються процедури планування, виділення та розподілу радіочастотного ресурсу.

Основним регуляторним органом є Національна комісія з електронних комунікацій (НКЕК), яка здійснює державне регулювання та державний нагляд в сфері електронних комунікацій. До її складу входить Український державний центр радіочастот (УДЦР), який здійснює присвоєння радіочастот, веде реєстр радіоелектронних засобів, забезпечує процедури контролю, моніторингу та електромагнітної сумісності мереж [2, 3].

Присвоєння радіочастот для радіообладнання загальних користувачів здійснюється УДЦР на підставі відповідності Плану розподілу і користування РЧС в Україні і розрахунку електромагнітної сумісності [4,5].

Для розрахунку електромагнітної сумісності радіообладнання загальних користувачів застосовуються рекомендації ITU-R [6].

Системи залізничного технологічного радіозв'язку є типовими представниками сухопутної рухомої служби. На залізниці знаходиться в експлуатації розгалужена мережа систем технологічного радіозв'язку, яка налічує понад 40 тис. радіостанцій різного призначення [7].

Актуальність розгляду цих питань визначається змінами в законодавчому регулюванні та тим, що модернізація та розвиток систем залізничного технологічного радіозв'язку пов'язана з освоєнням нових діапазонів радіочастот та застосуванням сучасних радіотехнологій.

### Постановка проблеми

Аналіз планування, виділення, розподілу та користування радіочастотним ресурсом в системах залізничного технологічного радіозв'язку в сучасних умовах.

### Основні результати

Радіочастотний спектр надбання людства і має використовуватись всіма країнами, а в кожній країні різними категоріями користувачів. В зв'язку з цим використання РЧР підлягає міжнародному та державному регулюванню.

Питаннями регулювання використанням спектра, розвитку мереж та служб електрозв'язку, у всесвітньому масштабі займається Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) International Telecommunication Union (ITU).

Основним документом, що визначає порядок управління використанням РЧС на міжнародному рівні, є Регламент радіозв'язку МСЕ, який містить Міжнародну таблицю розподілу частот між

службами. В регламенті налічується більше чотирьох десятків служб, наприклад: фіксована, повітряна, сухопутна рухома служба та ін.[8].

Основними засадами державного регулювання в сфері радіочастотного спектра є зближення розподілу смуг радіочастот в Україні з міжнародними нормами [1].

Планування використання РЧС України здійснюється за багаторівневою схемою. Верхнім рівнем планування використання РЧС є розподіл смуг радіочастот між радіослужбами.

На першому етапі процедури регулювання використання РЧС, на підставі застосування міжнародної таблиці розподілу частот (МТРЧ) розробляється План розподілу і користування радіочастотним спектром в Україні, який затверджено постановою КМУ від 19.12. 2023 року № 1340. Національна таблиця розподілу смуг радіочастот України є складовою Плану розподілу і користування радіочастотним спектром [4]. В Плані [4] встановлено перелік радіослужб, які використовуються в Україні. Налічується 35 радіослужб. Виходячи з цільового призначення важливу роль відіграє сухопутна рухома служба.

Виділення та присвоєння номіналів радіочастот конкретним користувачам здійснюється в межах відповідної радіослужби. Умовно процедури можна розділити на дозвольні, обмежувальні та процедури технічного контролю радіовипромінювання.

На рисунку 1 приведена послідовність та зміст окремих етапів порядку регулювання користування радіочастотним спектром України.

Замовник подає заявку до УДЦР для виконання Розрахунку електромагнітної сумісності між плануємим та чинним на даний момент радіообладнанням. Відповідно до [5] в заявці приводиться характеристика радіотехнологій, діапазон використовуємих частот та потужність передавачів, тип радіообладнання, параметри антенно-фідерних трактів, географічні координати. При надходженні заявки на розрахунок ЕМС вноситься інформація до Автоматизованої інформаційної системи управління радіочастотним спектром АІ СУРС [9].

УДЦР уточнює відповідність заявлених номіналів частот і параметрів випромінювання чинному частотному плану, відповідність використовуємого радіообладнання Реєстру радіообладнання та випромінювальних пристроїв [3,10], з'ясування обмежень на використання окремих смуг радіочастот та місця розташування.

УДЦР надає Розрахунок ЕМС. В разі необхідності проводиться первинний технічний контроль або натурні випробування оцінки ЕМС на відповідність розрахунку та тестові включення.

В процесі розгляду заявки заявлений радіозасіб вважається, при позитивному рішенні, запланованим, а потім задіяним. Результати вносяться в Електронний реєстр присвоєнь радіочастот [9].

В Україні, для залізничного транспорту виділені смуги частот в метровому діапазоні 151,725 – 154,000 МГц та 155,000 – 156,000 МГц для мереж радіозв'язку АТ «Укрзалізниця».

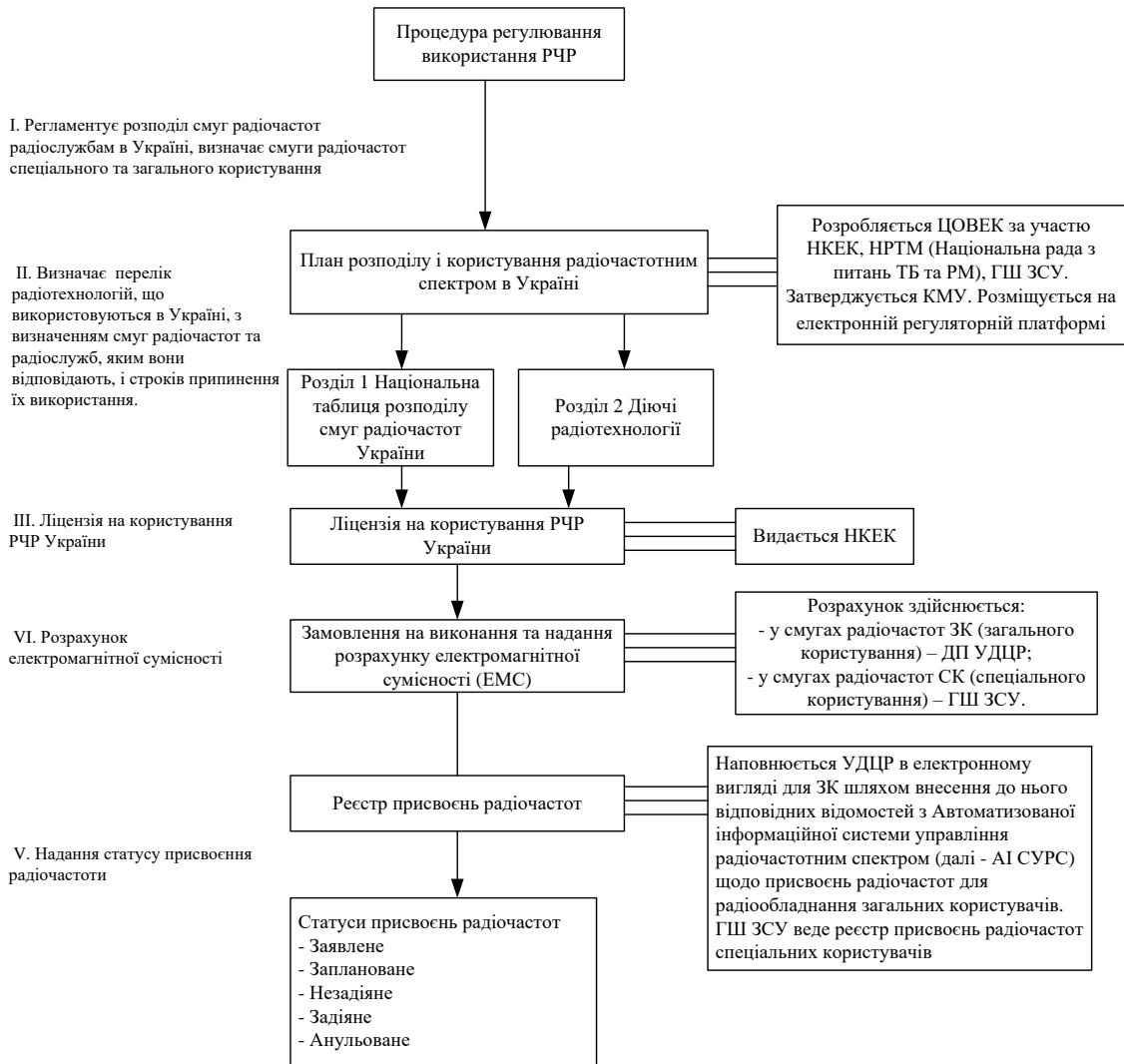


Рисунок 1 – Порядок планування та регулювання користування радіочастотним спектром України

Технологічний радіозв'язок на залізницях України є типовим представником сухопутного рухомого радіозв'язку. Для залізничного радіозв'язку актуальність питань пов'язана з необхідністю модернізації і розвитку радіомереж, які в теперішній час працюють на закріплених каналах в метровому діапазоні радіохвиль. В зв'язку з цим важливим є освоєння нових діапазонів радіочастот та запровадження сучасних радіотехнологій.

Для рухомої наземної служби в Плані виділені певні смуги частот на різних ділянках радіочастотного спектру при використанні різних радіотехнологій [4].

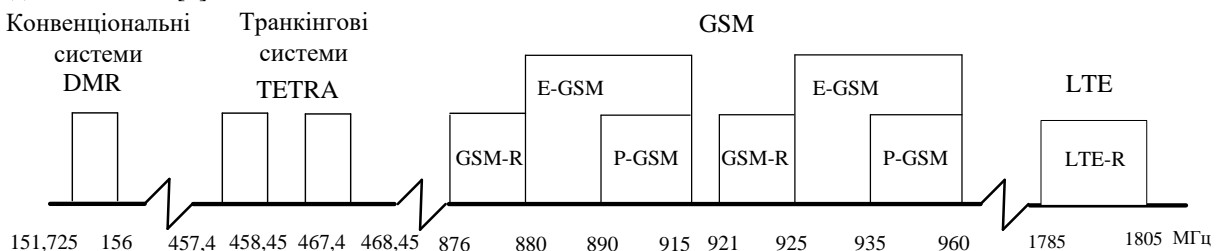


Рисунок 2 – Смуги частот рухомого радіозв'язку

Для систем LTE використовують смуги радіочастот в діапазонах 1800 МГц та 2600 МГц. Для впровадження систем LTE-R в технологічних мережах залізничного радіозв'язку доцільно виділити смугу 1785 – 1805 МГц.

Перспективними є застосування цифрових методів та систем адаптованих для умов залізничного транспорту.

Системи радіозв'язку за стандартом DMR (Digital Mobile Radio) дають можливість поетапного впровадження нових радіозасобів. Радіозасоби стандарту DMR розраховані на роботу в діапазоні метрових радіохвиль 160 МГц та дециметровому діапазоні 450 МГц. Таким чином, можлива організація мереж технологічного радіозв'язку у виділених для залізничного транспорту смугах частот [11].

Транкінгові системи передбачають об'єднання деякої кількості каналів в єдину систему, які можуть використовуватись всіма абонентами спільно за різними алгоритмами. Це дозволяє забезпечити більш ефективне використання радіочастотного ресурсу [12].

Основними особливостями стільникових систем є частотне-територіальне планування на основі малих зон обслуговування і повторного використання робочих частот. Системи GSM-R широко впроваджені на залізницях Європи.

Система GSM-R реалізується з метою впровадження EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network), це дозволяє забезпечити сумісність транс'європейської мережі залізничного радіозв'язку. GSM-R дозволяє відмовитися від кількох паралельних мереж радіозв'язку. Забезпечити високу надійність радіозв'язку на ділянках швидкісного руху. Можливість реалізації послуг на єдиній платформі. При використанні GSM-R у Європейській системі управління залізничним рухом ERTMS (European Railway Traffic Management System) підвищується пропускна спроможність ліній [13].

Відповідно до чинного частотного плану технологічного радіозв'язку залізничного транспорту, встановлюється розподіл каналів в метровому діапазоні радіохвиль для організації комплексу мереж станційного, поїзного та ремонтно-оперативного радіозв'язку [7]. В межах виділеної смуги частот 151,725 – 154,000 МГц (92 канала з частотним рознесенням 25 кГц) і 155,000 – 156,000 МГц (41 канал) розподіл здійснюється на основі відомчих нормативних документів.

На рисунку 3 приведена існуюча сітка частот радіоканалів в мережах технологічного радіозв'язку. Показані умовні номери радіоканалів (від 1 до 133 каналу) і їхня частота з кроком сітки частот 25 кГц.

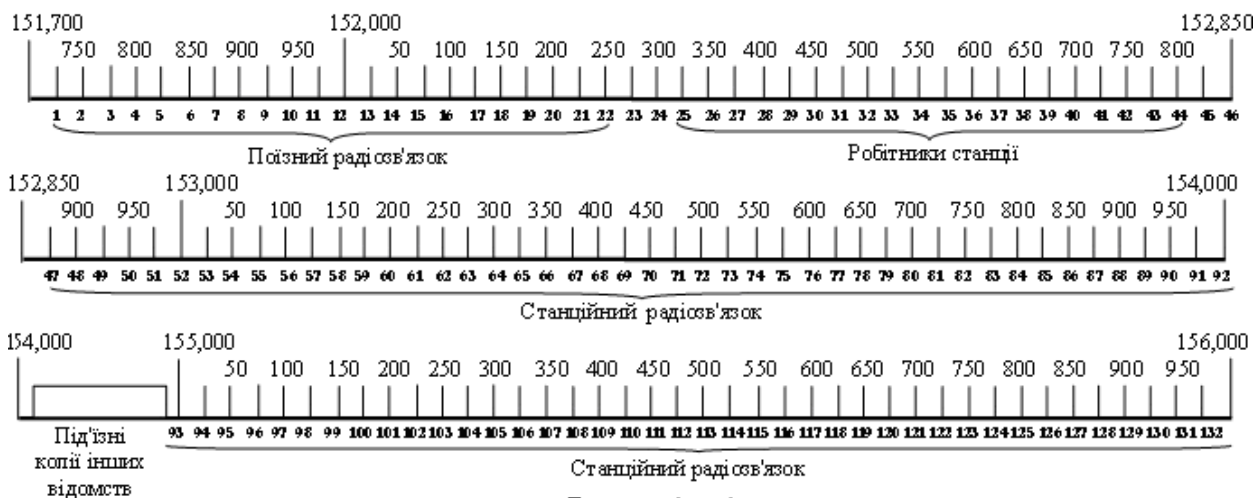


Рисунок 3 – Частотний план технологічного радіозв'язку

Існуючі аналогові мережі технологічного радіозв'язку значною мірою забезпечують виконання основних вимог Правил технічної експлуатації і будуть функціонувати певний період часу при збереженні існуючих частотних присвоєнь. В основному, чинні частотні присвоєння відповідають рекомендаціям існуючого частотного плану. Це дозволило впорядкувати використання радіочастот різними службами, виключити однакові частотні присвоєння абонентам різних категорій, на різних станціях і ділянках, та забезпечити уніфікацію використання частот для певних категорій абонентів на всіх ділянках регіональних філій АТ «Укрзалізниця».

В зв'язку з прийняттям рішення Національної комісії з регулювання зв'язку та інформатизації [14],

необхідно забезпечити перехід на використання радіозасобів з сіткою частот 12,5 кГц в мережах технологічного радіозв'язку. Це дозволить суттєво підвищення ефективність використання радіочастотного спектру.

Першочерговою задачею при впровадженні нових радіозасобів є розробка нового частотного плану технологічного радіозв'язку з кроком сітки частот 12,5 кГц. План визначає розподіл смуг частот без прив'язки до конкретних станцій та перегонів.

В дозвільних документах використовуються номінали радіочастот, але на наш погляд у відомчих документах зручніше використовувати умовні номери.

Пропонується для плану з новою сіткою частот використовувати тризначну нумерацію частот

від 201 (частота 151,725 МГц) до 464 (частота 156,000 МГц), що зручніше чим використовувати значення несівної частоти. Це дасть можливість використовувати існуючі нормативні документи з розподілу смуг частот в мережах технологічного радіозв'язку [15].

При виборі номіналів робочих частот для стаціонарних радіозасобів (базових станцій) повинні бути виключені набори частот, що викликають інтермодуляційні впливи виду  $2f_1 - f_2 = f_{роб}$ . При

Таблиця 1 – Групи інтермодуляційно сумісних частот, рекомендованих для організації мереж станційного технологічного радіозв'язку маневрового та гіркового

Призначення частот	Номер групи каналів								
	1 група			2 група			3 група		
	Частота, МГц	Номер каналу, 25кГц	Номер каналу, 12,5кГц	Частота, МГц	Номер каналу, 25кГц	Номер каналу, 12,5кГц	Частота, МГц	Номер каналу, 25кГц	Номер каналу, 12,5кГц
Мережі станційного технологічного радіозв'язку маневрового та гіркового	153,375	67	333	153,450	70	339	153,050	54	307
	153,400	68	335	153,500	72	343	153,025	53	305
	153,475	71	341	153,600	76	351	153,825	85	369
	153,625	77	353	153,650	78	355	153,875	87	373
	153,675	79	357	153,725	81	361	153,950	90	379
	153,800	84	367	153,775	83	365	154,000	92	383

Кожна група в таблиці 1 містить набір інтермодуляційно сумісних частот та відповідність номерів каналів існуючої та нової сітки частот. Це дає можливість використовувати всі чинні нормативні документи з розподілу частот.

Після обґрунтованого вибору однієї з радіотехнології, яка буде впроваджуватись на залізницях, у відповідності з чинним законодавством необхідно пройти процедури виділення та присвоєння радіочастот, які розглянуті вище.

#### Висновки

1. Розглянуті зміни в нормативно-правовому регулюванні користування радіочастотним спектром, в зв'язку з набуттям чинності нових Законів України.
2. Проведено аналіз основних дозвільних, обмежувальних та контрольних процедур в сфері користування радіочастотним спектром України.
3. Проведено аналіз впровадження сучасних систем технологічного радіозв'язку та їх частотного забезпечення.
4. Підготовлені пропозиції з розробки нового частотного плану.

#### Список використаних джерел

1. Закон України «Про електронні комунікації» від 16.12.2020 р. № 1089-IX із змінами та доповненнями. Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-20#Text>
2. Закон України «Про національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку» від 16.12.2021 р. № 1971-IX із змінами та доповненнями. Режим

високої інтенсивності використання радіоканалів і високої щільності установки радіозасобів, що особливо важливо на великих станціях і в вузлах, при частотному плануванні необхідно виключення частот, що викликають впливи виду  $f_1 + f_2 - f_3 = f_{роб}$ .

У таблиці 1 показано відповідність номерів каналів мереж маневрового і гіркового радіозв'язку з існуючою і новою нумерацією каналів.

доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1971-20#Text>

3. Слободянюк П.В. Довідник з радіомоніторингу/П.В. Слободянюк, В.Г. Благодарний, В.С. Ступак – Ніжин.: Тов «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2008. – 588 с.

4. План розподілу і користування радіочастотним спектром в Україні, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 19.12.2023 р. №1340. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1340-2023-%D0%BF#Text>

5. Порядок виконання та надання розрахунку електромагнітної сумісності для загальних користувачів, затверджений постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку від 03.08.2022 №133.

6. Recommendation 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.

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

8. Radio Regulations, editions of 2016: Volum 1: Articles. Режим доступу: [https://nkrzi.gov.ua/images/upload/307/4298/Reglament\\_R\\_MCE\\_2016.pdf](https://nkrzi.gov.ua/images/upload/307/4298/Reglament_R_MCE_2016.pdf)

9. Порядок ведення реєстру присвоєнь радіочастот загальних користувачів, затверджений постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій, радіочастотного спектра та надання послуг поштового зв'язку від 17.08.2022 №149. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1134-22#Text>

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

11. Standard ETSI 102361-1 v1.4.5. Elektromagnetik compatibility and Radio spectrum Matters. Digital Mobile Radio (DMR) Systems. Part1. DMR AIR Interfase protocol – France. ETSI, 2007. – 172 с.

12. Транкінгові мережі залізничного технологічного радіозв'язку / О. В. Єлізаренко, А. О. Єлізаренко, В. П. Поляков, К. А. Трубочанінова; Харків, УкрДАЗТ – 2007. 114с.

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

14. Рішення НКРЗІ № 411 від 19.10.2006 Про впровадження каналної сітки радіочастот 12,5 кГц для засобів зв'язку УКХ діапазону. Режим доступу до ресурсу <https://nkrzi.gov.ua/index.php?r=site/index&pg=122&id=3876&language=uk>

15. Приходько С.І. Особливості спільної роботи радіостанцій з різним частотним рознесенням каналної сітки частот / С.І. Приходько, А.О. Єлізаренко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал. – Харків:УкрДУЗТ, 2023. – №2. – С.36-42.

### **Regulation of the use of the radio frequency spectrum in railway technological radio communication systems. Yelizarenko Andriy, Yelizarenko Ihor**

The article discusses changes in the legislation of Ukraine in connection with the entry into force of the Law of Ukraine "On Electronic Communications". The law regulates relations between providers of telecommunication services and consumers and does not apply to users whose devices are not connected to public networks, except for matters of regulation of the use of radio frequency resources. A separate law regulates the activities of the National Commission for Electronic Communications (NCEC), which carries out state regulation and state supervision in the field of electronic communications. It includes the Ukrainian State Center for Radio Frequencies, which assigns radio frequencies and provides measures for electromagnetic compatibility of networks.

Technological radio communication on the railways of Ukraine refers to the land mobile radio communication service. Technological radio communication networks currently operate in the meter range of radio waves in analog mode. In this regard, it is important to introduce modern digital radio technologies of mobile radio communication with the development of new radio frequency ranges. Within the limits of the allocated frequency band, regulation of the use of the radio frequency spectrum in railway transport is based on departmental regulatory documents.

The paper examines the main directions of modernization of railway technological radio communication systems and the procedures for planning, allocation, distribution and use of the radio frequency spectrum in the light of the new legislation. Proposals for the development of a new frequency plan for duplex digital networks of the DMR standard have been prepared.

**Keywords:** railway technological radio communication, use of radio frequency spectrum, Law of Ukraine "On Electronic Communications", departmental regulation of radio communication systems

*Єлізаренко А.О., к.т.н., доцент кафедри транспортного зв'язку, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [elizarenko1@ukr.net](mailto:elizarenko1@ukr.net) <https://orcid.org/0000-0002-8567-7576>*

*Yelizarenko Andriy, Associate Professor of "Transport connection" department, Candidate of Techn. Sciences, PhD, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [elizarenko1@ukr.net](mailto:elizarenko1@ukr.net) <https://orcid.org/0000-0002-8567-7576>*

*Єлізаренко І. О., провідний інженер Харківській філії Українського державного центру радіочастот. E-mail: [elizarenko1@ukr.net](mailto:elizarenko1@ukr.net)*

*Yelizarenko Ihor, State Enterprise "Ukrainian State Centre of Radio Frequencies", Leading engineer. E-mail: [elizarenko1@ukr.net](mailto:elizarenko1@ukr.net)*