

Pomiary *in situ* postronnych zaburzeń radioelektrycznych w hali lokomotywowni Intercity Warszawa Olszynka Grochowska

Mieczysław LASKOWSKI¹, Artur DŁUŻNIEWSKI², Łukasz JOHN³

Streszczenie

W artykule opisano problematykę oceny stanu środowiska elektromagnetycznego na terenie kolejowym. Jako przykład oceny przedstawiono badania wykonane na terenie hali lokomotywowni Intercity Warszawa Olszynka Grochowska. Ocenę stanu środowiska elektromagnetycznego przeprowadzono w odniesieniu do obecnie obowiązujących poziomów dopuszczalnych zaburzeń radioelektrycznych, zawartych w dokumentach normatywnych. Opisano metodę pomiarów mającą na celu ocenę stanu środowiska elektromagnetycznego *in situ*. Podstawą oceny emisji zaburzeń postronnych (tła) jest wartość natężenia pola elektromagnetycznego zaburzeń radioelektrycznych wokół ruchomych obiektów kolejowych znajdujących się na miejscu pomiarowym. Analiza pomiarów wykazała brak zaburzeń postronnych, stanowiących zagrożenie dla prawidłowej pracy urządzeń elektronicznych i elektronicznych.

Słowa kluczowe: kompatybilność elektromagnetyczna, postronne zaburzenia radioelektryczne, tabor kolejowy, niepewność pomiaru.

1. Wstęp

Kolejowe obiekty ruchome, takie jak lokomotywy elektryczne, elektryczne zespoły trakcyjne, wagony pasażerskie oraz obiekty stałe: nastawnie, kontenery, szafy aparaturowe i lokomotywownie, z punktu widzenia instalowanych nowoczesnych urządzeń elektronicznych stanowią specyficzne środowisko elektromagnetyczne. Urządzenia pracujące w tym środowisku, nie powinny wzajemnie na siebie wpływać, dotyczy to w szczególności urządzeń elektrycznych zasilanych napięciem 3 kV DC. Nie powinny również wprowadzać nadmiernych zaburzeń

¹ Doktor inżynier; Instytut Kolejnictwa; e-mail: mlaskowski@ikolej.pl; przygotowanie stanowiska pomiarowego.

² Magister inżynier; Instytut Kolejnictwa; e-mail: adluzniewski@iokolej.pl; przeprowadzenie pomiarów.

³ Magister inżynier; Instytut Kolejnictwa; e-mail: ljohn@ikolej.pl; treść artykułu oraz fotografie.

elektromagnetycznych emitowanych na zewnątrz, ponieważ mogą mieć wpływ na warunki panujące, np. w lokomotywni. We wzajemnym współlistnieniu urządzeń w elektromagnetycznym środowisku, urządzenia elektroniczne nie mogą wytwarzać zaburzeń elektromagnetycznych o poziomach wyższych niż dopuszczalne poziomy określone w normach, ale jednocześnie muszą mieć określoną odporność na różnorodne zaburzenia elektromagnetyczne. Ta cecha jest określana mianem kompatybilności elektromagnetycznej. Przez zaburzenia elektromagnetyczne, określane mianem zaburzeń radioelektrycznych, rozumiemy wszelkie zaburzenia w całym widmie częstotliwości, a w tym wypadku przedmiotem rozważań będzie zakres częstotliwości od 9 kHz do 1 GHz.

Badania nad oszacowaniem poziomu emisji promieniowanej zaburzeń postronnych w środowisku elektromagnetycznym prowadzono w hali Intercity na Olszynie Grochowskiej, gdzie znajduje się duża ilość sprzętu elektronicznego. Hala lokomotywni jest przeznaczona do diagnostyki lokomotyw elektrycznych typu EU07, EP08, EP09. W hali znajdują się cztery pary torów, z czego trzy tory są wyposażone w trakcję elektryczną. W pobliżu jednego z torów jest usytuowana platforma do badania i wymiany pantografowych odbieraków prądów.

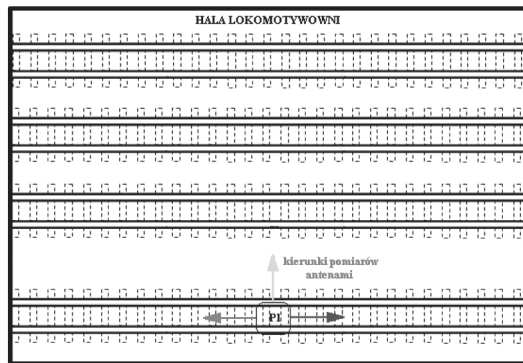
2. Metodyka pomiarów

Miernictwo zaburzeń radioelektrycznych należy do specyficznej dziedziny, ponieważ na wynik pomiaru wpływa wiele czynników takich, jak: parametry aparatury (wartość szczytowa, quasi-szczytowa szerokość pasma pomiarowego miernika), rodzaj anten pomiarowych, wysokość ich umieszczenia nad ziemią i odległość od badanego obiektu. Pomiary emisji zaburzeń elektromagnetycznych najczęściej wykonuje się w dziedzinie częstotliwości z wykorzystaniem do tego celu odbornika pomiarowego EMI [8]. Pomiary niepożądanych emisji na terenie lokomotywni mają złożony charakter, ponieważ odległość pomiarowa nie jest zgodna z zaleceniami normy z powodu elementów odbijających fale elektromagnetyczne. Zgromadzony w hali sprzęt metalowy, lokomotywy oraz ściany (rys. 1) powodują, że nie można spełnić warunku bezodbiciowości poligonu pomiarowego. Warunek ten jest podstawowym wymaganiem normy. Czynniki te będą miały wpływ na wynik pomiaru trudny do oszacowania. Pomimo przedstawionych odstępstw, zdecydowano się na przeprowadzenie badań zgodnie z zaleceniami zawartymi w przedstawionych normach [3, 4].

Na rysunku 2 pokazano uproszczony schemat hali wraz z oznaczonym punktem pomiarowym P1, w którym przeprowadzono badania poziomu tła w hali lokomotywni. Punkt pomiarowy nie znajdował się w strefie oddziaływania sieci trakcyjnej. Pomiary przeprowadzono za pomocą odpowiednich anten pomiarowych w trzech prostopadłych do siebie kierunkach.



Rys. 1. Widok ogólny hali lokomotywowni Olszynka Grochowska [fot. Ł. John]



Rys. 2. Schemat hali lokomotywowni wraz z punktem pomiarowym P1 [fot. Ł. John]

Pomiary miały tylko orientacyjny charakter i były przeprowadzone w rzeczywistych warunkach środowiskowych panujących w hali, uwzględniających przyjęte wcześniej założenia. Dotyczyły one rzeczywistego oddziaływania systemu kolejowego w zakresie emisji zaburzeń promieniowanych na pojazdy, urządzenia i systemy znajdujące się w hali lokomotywowni. Cechą charakterystyczną tego środowiska jest występowanie ruchomych źródeł emisji zaburzeń promieniowanych, oddziałujących w niejednorodny sposób, ponieważ pojazdy trakcyjne poruszały się w hali w różnych trybach pracy (rozruch, hamowanie, postój, jazda z minimalną stałą prędkością).

2.1. Pomiar emisji zaburzeń postronnych w hali lokomotywowni

Pomiary przeprowadzono za pomocą analizatora widma typu Anritsu MS 2601B z załączonym detektorem wartości szczytowej AV, zgodnie z wymaganiami normy [3] w paśmie częstotliwości 9 kHz–1 GHz, z podziałem na cztery podzakresy

przedstawione w tablicy 1. Analizator widma spełniał wymagania normy [5] dotyczącej aparatury pomiarowej.

Tablica 1

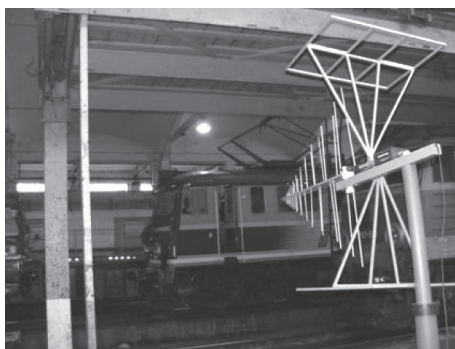
Zakresy częstotliwości i szerokość pasma przyjęte do pomiarów

Pasma częstotliwości	Rodzaj pomiaru	Szerokość pasma
9 kHz–150 kHz 150 kHz–30 MHz	Pomiar składowej magnetycznej H natężenia pola zaburzeń przy zastosowaniu anteny pętlowej	200 Hz 9 kHz
30 MHz–300MHz 300 MHz–1GHz	Pomiar pionowej składowej elektrycznej E natężenia pola przy zastosowaniu anteny bikonicznie-logarytmicznej	120 kHz

Pomiary prowadzono naprzemiennie, za pomocą dwóch anten (rysunek 3 i 4), pokrywających wymagane przez normę [3] pasmo częstotliwości w zakresie 9 kHz–1 GHz (tablica 2).



Rys. 3. Aktywna antena pętlowa typu EMCO 6502 podczas pomiarów w hali lokomotywowni [fot. Ł. John]



Rys. 4. Aktywna antena bikonicznie-logarytmiczna typu EMCO 3141 podczas pomiarów w hali lokomotywowni [fot. Ł. John]

Tablica 2

Ustawienia anten pomiarowych

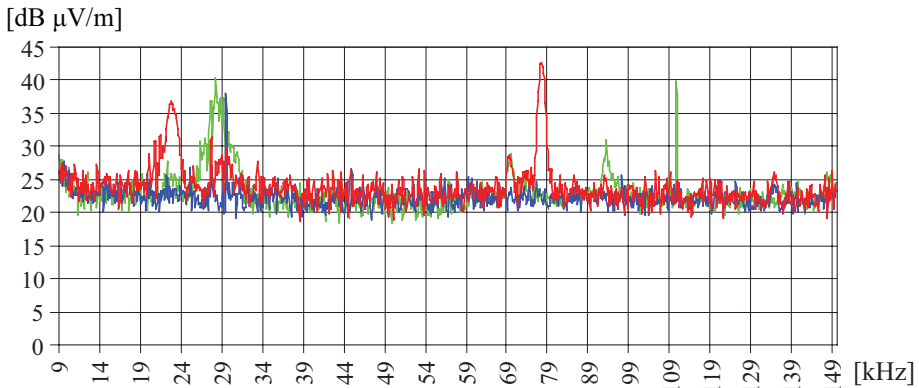
Typ anteny	Pasma częstotliwości	Wysokość zawieszenia anteny	Polaryzacja anteny
EMCO 6502	9 kHz–30 MHz	1,5 m	pionowa
EMCO 3141	30 MHz–300 MHz	3 m	pionowa
	300 MHz–1 GHz	3 m	pionowa

Antena do pomiaru składowej magnetycznej natężenia pola zaburzeń radioelektrycznych była umieszczona na wysokości 1,5 m od płaszczyzny główki szyny, natomiast antenę do pomiaru składowej elektrycznej umieszczono na wysokości 3 m.

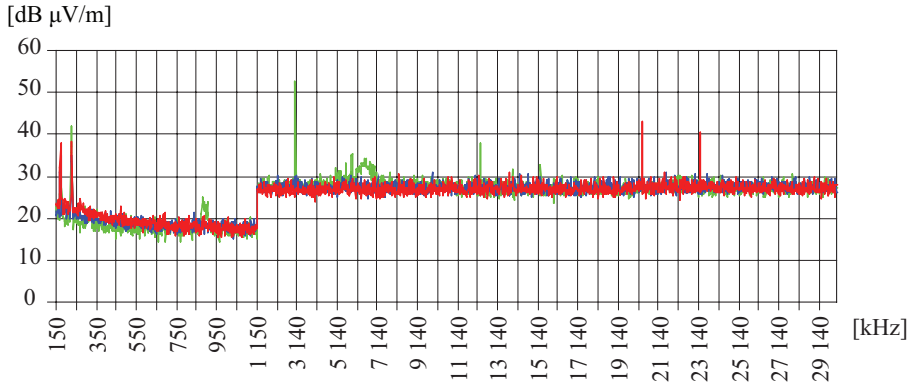
Podczas badań w paśmie częstotliwości 9 kHz–30 MHz, płaszczyznę anteny ramowej usytuowano w kierunku prostopadłym do osi torów, natomiast w paśmie częstotliwości 30 MHz–1 GHz pomiary przeprowadzono dla pionowej polaryzacji anteny bikoniczno-logarytmicznej.

3. Wyniki pomiarów

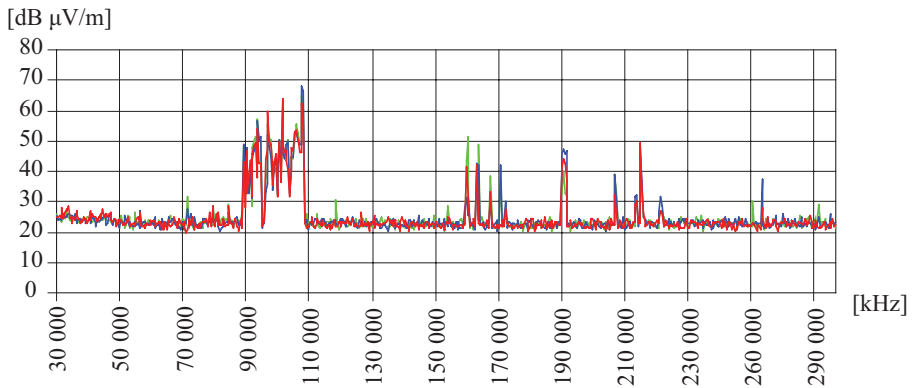
Na rysunkach 5–9 zamieszczono wyniki z pomiarów emisji zaburzeń postronnych w hali lokomotywowni Olszynka Grochowska dla 4 podzakresów pomiarowych. Na rysunkach 5 i 6 zielonym kolorem oznaczono przebieg charakterystyki natężenia pola w funkcji częstotliwości (dla podzakresu 9 kHz–150 kHz oraz 150kHz–30MHz) dla normatywnego ustawienia anten względem osi toru. Kolorem niebieskim oznaczono analogiczny przebieg przy prostopadłym ustawieniu anteny ramowej do osi toru, czerwonym kolorem oznaczono wyniki pomiarów dla anteny ramowej, obróconej w stosunku do poprzedniego ustawienia o 180 stopni.



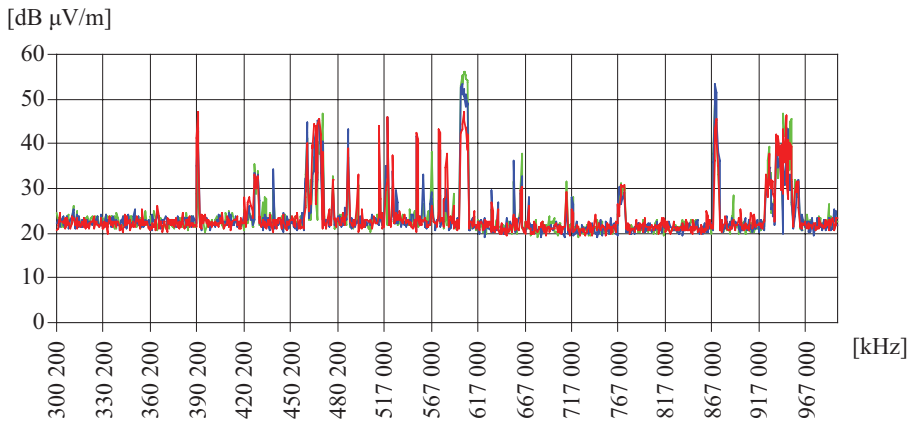
Rys. 5. Pomiar zaburzeń postronnych w paśmie częstotliwości 9kHz–150kHz



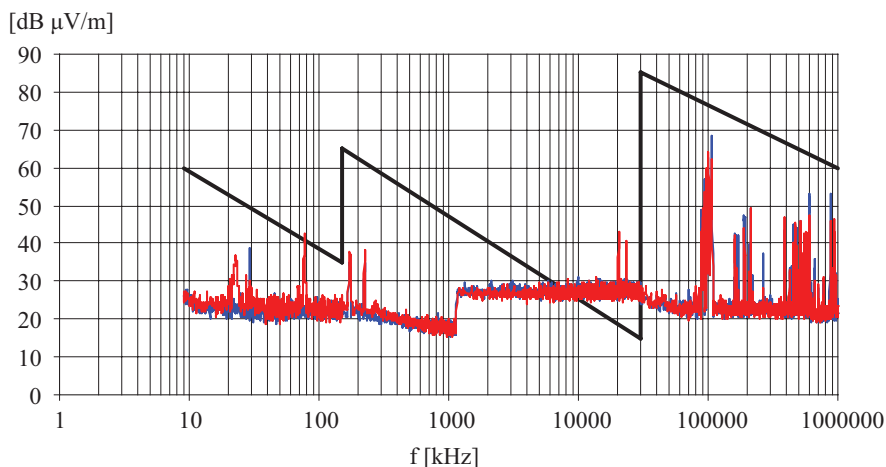
Rys. 6. Pomiar zaburzeń postronnych w paśmie częstotliwości 150 kHz–30 MHz



Rys. 7. Pomiar zaburzeń postronnych w paśmie częstotliwości 30 MHz–300 MHz



Rys. 8. Pomiar zaburzeń postronnych w paśmie częstotliwości 300 MHz–1 GHz



Rys. 9. Pomiar zaburzeń postronnych w paśmie częstotliwości 9 kHz–1 GHz

Na rysunkach 7 i 8 kolorem zielonym przedstawiono wyniki z pomiarów składowej elektrycznej natężenia pola w funkcji częstotliwości dla normalnego ustawienia anteny bikoniczno-logarytmicznej (ustawienie prostopadłe do osi toru). Pomiar z zastosowaną anteną bikoniczno-logarytmiczną wykonano dla podpasma częstotliwości 30 MHz – 1 GHz. Kolorem niebieskim oznaczono przebieg charakterystyki przy ustawieniu równoległym anteny do osi toru (w stronę prawych drzwi). Natomiast kolorem czerwonym oznaczono wyniki pomiarów dla anteny obróconej o 180 stopni w stosunku do poprzedniego ustawienia.

Uzyskane wyniki pomiarów poddano analizie uwzględniającej parametry zastosowanego toru pomiarowego, tj. wartości współczynników anten pomiarowych i tłumienności kabla w funkcji częstotliwości. Otrzymany w ten sposób poziom zaburzeń radioelektrycznych w danym paśmie pomiarowym porównano z wartościami dopuszczalnymi zaburzeń radioelektrycznych określonych w normie [3] dla danego podzakresu pomiarowego.

4. Analiza wyników

Pomiar emisji zaburzeń postronnych jest zawsze obarczony błędem pomiarowym wynikającym ze specyfiki zastosowanej metody pomiaru oraz wymaganej przez akredytowane laboratorium wzorcujące dokładności wzorcowania aparatury pomiarowej, jak również samego toru pomiarowego [2]. Prawidłowa ocena uzyskanych wyników wymusza oszacowanie niepewności pomiaru [1].

Najistotniejszym elementem zgodności lub niezgodności zmierzonych poziomów zaburzeń radioelektrycznych z dopuszczalnymi poziomami zaburzeń zawartymi w normie [4], jest przede wszystkim uwzględnienie niepewności przyjętej metody pomiarowej. Niepewność aparatury pomiarowej wykorzystywanej do badań zaburzeń radioelektrycznych powinno się również oceniać, uwzględniając wszystkie wymienione wielkości w normie [6].

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki pomiarów w paśmie częstotliwości 9 kHz–150 kHz. Z załączonej charakterystyki wynika, że na częstotliwości 24, 29, 79 oraz 109 kHz występują pojedyncze wzrosty (30 dB) poziomu zaburzeń radioelektrycznych o niezlokalizowanym źródle. W stosunku do wymagań normatywnych, w mierzonym paśmie częstotliwości można zauważyć pojedyncze przekroczenie o niewielkiej wartości. Średni poziom emisji zaburzeń mieści się w przedziale od 18 do 28 dB.

Wyniki pomiarów zaburzeń radioelektrycznych dla podpasma częstotliwości 150 kHz–30 MHz zamieszczono na rysunku 6. Porównując uzyskane wyniki z wymaganiami normatywnymi zamieszczonymi na rysunku 9, stwierdza się, że w paśmie od 9 kHz do 30 MHz występuje niewielkie przekroczenie wartości dopuszczalnych. W zakresie wyników pomiarów dla częstotliwości 30 MHz–300 MHz i 300 MHz–1 GHz (tj. dla zakresu częstotliwości w paśmie VHF i UKF) pokazanych na rysunkach 7 i 8 zauważa się występowanie wzrostów poziomów zaburzeń radioelektrycznych pochodzących od nadajników służb radiokomunikacyjnych. W wymienionych pasmach częstotliwości zalecane poziomy emisji dopuszczalnej są znacznie wyższe niż w pozostałych zakresach mierzonego widma, w związku z tym nie występują przekroczenia wartości dopuszczalnych.

5. Podsumowanie

Celem opisanych pomiarów na terenie lokomotywni było oszacowanie poziomu emisji promieniowanej zaburzeń postronnych w środowisku elektromagnetycznym w hali InterCity na Olszynie Grochowskiej w Warszawie, w której znajdują się lokomotywy poddawane okresowym przeglądom.

Uzyskane, zastosowaną metodą (jako jedną możliwą), wyniki charakteryzują się znaczną niepewnością pomiaru. Stwierdzono nieznaczne przekroczenia na częstotliwości 79 kHz oraz w paśmie 8 MHz–300 MHz. Zaobserwowane niewielkie przekroczenia poziomu niepożądanego emisji nie powinny mieć wpływu na pracę postronnych urządzeń elektronicznych zainstalowanych na terenie lokomotywni Olszyna Grochowska.

Bibliografia

1. Arendarski J.: *Niepewność pomiarów – materiały dydaktyczne do użytku wewnętrznego*, Instytut Metrologii i Systemów Pomiarowych, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999.
2. Piotrowski J., Kostyro K.: *Wzorcowanie aparatury pomiarowej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2012.
3. PN-EN 50121-1:2008: *Zastosowania kolejowe – Kompatybilność elektromagnetyczna – Część 1: Postanowienia ogólne*.
4. PN-EN 50121-2:2010: *Zastosowania kolejowe – Kompatybilność elektromagnetyczna – Część 2: Oddziaływanie systemu kolejowego na otoczenie*.
5. PN-EN 55016-1-1:2010: *Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia – Część 1-1: Aparatura do pomiaru zaburzeń radioelektrycznych i do badań odporności – Aparatura pomiarowa*.
6. PN-EN 55016-4-2:2011: *Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiarów zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia radioelektryczne – Część 4-2: Niepewność, statystyka i modelowanie poziomów dopuszczalnych. Niepewność w pomiarach EMC*.
7. PN-T-01030:1996: *Kompatybilność elektromagnetyczna – Terminologia*.
8. Sroka J.: *Niepewność pomiarowa w badaniach EMC – Pomiary emisyjności radioelektrycznej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2009.
9. Więckowski W.T.: *Pomiary emisyjności urządzeń elektrycznych i elektronicznych*, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1997.
10. Więckowski W.T.: *Badania EMC urządzeń elektrycznych i elektronicznych*, Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001.

In situ measurements of radio disturbance in outsiders hall Intercity depot Warsaw Olszynka Grochowska

Summary

The paper presents problems of evaluation of the electromagnetic environment in railway. As an example, the assessment presents a study made on the site locomotive hall Intercity depot Olszynka Grochowska Warsaw. The evaluation of the electromagnetic environment has been carried out in relation to the current acceptable levels contained in the normative documents. Describes a method of measurement to assess the electromagnetic environment in situ. Basis for evaluation emissions of outsiders disorders (background) is the value of the field strength of radio disturbance characteristics of moving objects around the rail located on-site measurement. The analysis of the measurements showed no outsiders disorders which causes the area in which the test was conducted there are no outsiders threat from electromagnetic disturbances of dangerous normal functioning of electronic devices and electronic equipment.

Keywords: electromagnetic compability, radio frequency spurious disturbances, railway rolling stock, measurement uncertainty

Измерения in situ второстепенных радиопомех в локомотивном депо интерсити Варшава Ольшинка Гроховска

Резюме

В статье представлена проблематика оценки состояния электромагнитной среды в железнодорожном районе. Как пример оценки представлены испытания, проведённые в локомотивном депо Интерсити Варшава Ольшинка гроховска. Оценка состояния электромагнитной среды проведена относительно к допускаемым в настоящее время уровням, определённым в нормативных документах. Описан метод местных измерений, проводимых с целью оценки состояния электромагнитной среды In situ. Основой для оценки эмиссии посторонних помех (фона) является значение напряжённости электромагнитного поля радиопомех вокруг мобильных железнодорожных объектов, находящихся на месте измерения. Проведённый анализ измерений доказал, что в районе, в котором проводились измерения, не обнаружены посторонние помехи, которые оказывали бы отрицательное влияние на правильную работу электронных и электрических устройств.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, второстепенные радиопомехи, железнодорожный подвижной состав, недостоверность измерения