О.А. Дакі, В.М. Іваненко, В.М. Федунів, О.В. Бажак

Державний університет інфраструктури та технологій, Київ

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ТА ОПОВІЩЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ НА МОРІ

Аналіз небезпек та ризиків, пов'язаних із впливом ненавмисних електромагнітних перешкод на функціонування систем зв'язку й оповіщення в системі управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті потребує детального та точного аналізу ряду факторів та визначення найбільш вразливих каналів прийому та найбільш небезпечних джерел радіоперешкод на рівні окремих випромінювань радіопередавачів. З метою удосконалення методів та моделей оцінювання електромагнітної сумісності систем зв'язку та оповіщення у надзвичайних ситуаціях на морі в статті розроблено підхід до оцінки електромагнітної сумісності, заснований на частотно-обмежених моделях характеристик радіоелектронних засобів. Розроблено алгоритми оцінки електромагнітної сумісності, оцінювання електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів в системі управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті здійснене завдяки аналізу послідовності трьох етапів - етапу частотної оцінки перешкод, етапу детальної оцінки перешкод та етапу комплексної оцінки перешкод.

Ключові слова: водний транспорт, електромагнітна сумісність, електромагнітна обстановка, надзвичайні ситуації на морі, система управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті.

Вступ

Постановка проблеми. Системи зв'язку та оповіщення, які функціонують в системі управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті (СУБС МРТ) представляють собою організаційно-технічну основу управління морськими об'єктами, включаючи організацію руху суден у прибережних водах та оперативне управління суднами на підходах до портів, обмін й передачу повідомлень про лихо, а також взаємодію з рятувальними службами в надзвичайних ситуаціях.

В умовах обмеженого частотного ресурсу та постійного збільшення кількості одночасно функціонуючих радіоелектронних засобів (РЕЗ) на морських судах та на березі різні РЕЗ можуть створювати перешкоджаючий електромагнітний вплив один на одного та призводити до збоїв виконання функцій зв'язку й оповіщення у надзвичайних ситуаціях. Таким чином, виникає завдання безперешкодної роботи РЕЗ в умовах складної радіоелектронної обстановки, рішення якого складається з двох взаємопов'язаних компонентів: оцінювання та забезпечення електромагнітної сумісності, оскільки інформаційною основою для розробки заходів щодо забезпечення електромагнітної сумісності є результати її оцінки.

Підвищення вимог до функціональної безпеки систем зв'язку та оповіщення, які забезпечують безпеку судноплавства, по відношенню до ненавмисних електромагнітних перешкод (НЕМП) призво-

дить до необхідності удосконалення існуючих моделей прогнозування умов електромагнітної сумісності. Рішення завдання оцінювання електромагнітної сумісності базується на використанні множини моделей, які відображають фізичні процеси функціонування та взаємного впливу РЕЗ. Підвищення рівня електромагнітної сумісності систем зв'язку та оповіщення СУБС МРТ у надзвичайних ситуаціях можливо на основі більш детального врахування факторів, які обумовлюють формування електромагнітної обстановки у точці прийому, наближеної до фактичної електромагнітної обстановки та оцінки її впливу на функціонування РЕЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз дозволив стверджувати, що питання електромагнітної сумісності достатньо складне та за умови постійного розвитку радіоелектронних засобів не має єдиного рішення. Отже в літературних джерелах [1–11], які використані для написання статті розглянуті тільки деякі особливості оцінювання електромагнітної сумісності систем зв'язку та оповіщення.

Метою статті є удосконалення методів та моделей оцінювання електромагнітної сумісності систем зв'язку та оповіщення у надзвичайних ситуаціях на морі.

Виклад основного матеріалу

Функціональна безпека представляє собою відсутність недопустимого ризику заподіяння шкоди, пов'язаного із порушенням функціонування техніч-

ного засобу, включаючи можливе передбачуване неправильне використання, і є частиною повної безпеки у відношенні впливу різних факторів навколишнього середовища – кліматичних, механічних, електромагнітних. Вплив НЕМП може викликати порушення вимог електромагнітної сумісності та призвести до збоїв виконання функцій радіозв'язку на морі, особливо в прибережній зоні. Таким чином, виникає ризик заподіяння шкоди, пов'язаний із порушенням функціональної безпеки, обумовленої порушенням умов електромагнітної сумісності. На етапах частотно-територіального планування, установки (монтажу), а також експлуатації РЕЗ СУБС МРТ необхідно аналізувати небезпеки та наслідки ризиків, пов'язаних із впливом НЕМП, приймаючи до уваги ряд факторів.

Діапазон ультракоротких хвиль (УКХ) є одним з найбільш розповсюджених ділянок радіочастотного спектра. У даному діапазоні функціонують РЕЗ аналогового та цифрового звукового й телевізійного мовлення, РЕЗ систем охоронної сигналізації, створюються нові та розширюються існуючі мережі технологічного призначення, а також виділені мережі зв'язку. У зв'язку з цим динамічно змінюються кількісні характеристики по відношенню до систем зв'язку й оповіщення СУБС МРТ.

Архітектура радіоприймальних пристроїв систем зв'язку СУБС МРТ, як правило, є супергетеродинною. Поряд з перевагами такого підходу одним з недоліків є наявність побічних каналів прийому. Побічні канали прийому істотно розширюють діапазон частот ($0,1f_R \leq f_{II} \leq 10f_R$, f_R – частота прийому) потенційних джерел НЕМП, що можуть проникати на вихід тракту проміжної частоти та знижувати якість функціонування РЕЗ.

РЕЗ СУБС МРТ використовуються в різних системах забезпечення безпеки мореплавання: система

управління рухом суден; глобальна морська система зв'язку для забезпечення безпеки; система суднових повідомлень; автоматизована ідентифікаційна система в зонах морських портів, морського узбережжя, у гирлових ділянках рік та на внутрішніх водних шляхах.

Необхідно враховувати, що РЕЗ різних систем безпеки найчастіше розташовуються на тих самих антенно-щоголових пристроях, або інших об'єктах зв'язку, які можуть стати причиною виникнення значних НЕМП з боку РЕЗ тієї або іншої системи зв'язку. Тут же необхідно враховувати, що в нижній частині УКХ діапазону (30...300 МГц) значну частину порушень електромагнітної сумісності при впливі НЕМП складають інтермодуляційні перешкоди. Індустріальні радіоперешкоди (ІРП) – перешкоди, які утворюються електричними або електронними пристроями. До ІРП не відносяться випромінювання, які створюються височастотними трактами передавачів. Технічні засоби, які застосовуються у промислових зонах, у виробничих зонах, підприємства на виділених територіях, а також обладнання та апаратура, встановлені на берегових об'єктах зі станціями СУБС МРТ, є джерелами ІРП.

Таким чином, радіоелектронний засіб функціонує в умовах реальної електромагнітної обстановки та здійснює власний внесок у формування електромагнітної обстановки для інших РЕЗ.

Для систем радіозв'язку електромагнітна обстановка визначається сукупністю випромінювань РЕЗ, випромінювань природних та штучних джерел, що не належать РЕЗ, у місцях розташування антен цих систем радіозв'язку.

Формування електромагнітної обстановки не-нависними випромінюваннями джерел різного походження в місці розташування антени РЕЗ наведено на рис. 1.

Рис. 1. Джерела формування електромагнітної обстановки
Джерело: розроблено авторами.

Для забезпечення функціональної безпеки РЕЗ СУБС МРТ необхідно визначити можливі потенційні джерела НЕМП з урахуванням фактичних характеристик, складу та функціонального призначення РЕЗ берегової станції. На рис. 2 наведена схема етапів забезпечення функціональної безпеки РЕЗ берегових станцій по відношенню до НЕМП.

Електромагнітна сумісність РЕЗ при впливі не-нависмих електромагнітних перешкод забезпечується, якщо зберігається необхідна якість функціонування в межах визначеної, гарантуємої зони обслуговування.

Електромагнітна сумісність забезпечується, якщо $Q \geq Q_{\text{дон}}$ (рис. 3).

Рис. 2. Схема етапів забезпечення функціональної безпеки радіоелектронних засобів
Джерело: розроблено авторами.

На рис. 3 позначено: $P_1 = P_c / (P_n + P_{ш})$, де P_c – потужність сигналу; P_n – потужність перешкоди; $P_{ш}$ – потужність шуму.

Рис. 3. Якість функціонування радіоелектронних засобів
Джерело: розроблено авторами.

Якість функціонування залежить від відношення P_1 на вході приймача. При впливі на РЕЗ берегової станції НЕМП зменшується відношення на вході приймача, як наслідок, зменшується зона обслуговування берегової станції. При цьому необхідно враховувати збільшення потужності перешкод на вході приймача від основного, випромінювання або побічних випромінювань передавачів, які проникають через основний або побічні канали прийому.

Необхідно також враховувати вплив випромінювань, що не відповідають частотам основного та побічного каналів прийому, на вхідну частину приймача (підсилювач радіочастоти, змішувач). У даному випадку можливий прояв нелінійних ефектів блокування та інтермодуляції. Ефект блокування

виявляється в зменшенні відношення P_1 . Результатом ефекту інтермодуляції є збільшення потужності продуктів інтермодуляції до сукупного сигналу перешкод на виході, що також впливає на зменшення

відношення P_1 .

В основі рішення завдання оцінювання електромагнітної сумісності лежить схема, наведена на рис. 4.

Рис. 4. Схема методу оцінювання електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів
Джерело: розроблено авторами.

Для рішення завдання аналізу електромагнітної сумісності можна виділити детермінований та статистичний підходи. При використанні статистичних моделей та підходів до оцінювання електромагнітної сумісності задаються статистичні розподіли частоти, потужності випромінювань, координат місця розташування, характеристики спрямованості антен. По заданих статистичних розподілах параметрів РЕЗ визначається статистична електромагнітна обстановка та формується оцінка впливу даної електромагнітної обстановки на функціонування систем та засобів зв'язку. Статистичний підхід дозволяє визначити імовірність виконання заданих критеріїв електромагнітної сумісності РЕЗ.

Застосування статистичного підходу виправдано для великих сукупностей РЕЗ, розосереджених на значній території, а також для сукупності РЕЗ зі складними процесами взаємодії. Наприклад, мережі мобільного зв'язку, функціонування якої описується випадковою кількістю, місцем розташування та часом працюючих мобільних станцій, процесами управління потужністю передачі мобільних станцій, випадковими процесами поширення радіохвиль в умовах міської забудови.

Недоліком статистичного підходу є відсутність можливості проведення детальної оцінки електромагнітної сумісності, визначення механізмів виник-

нення перешкод, визначення найбільш небезпечних випромінювань та найбільш уразливих каналів прийому, визначення ступеня небезпеки різних видів перешкод з урахуванням фактичних характеристик РЕЗ. У цьому сенсі альтернативним є детермінований підхід до оцінки електромагнітної сумісності.

При детермінованому підході величини, які відображаються моделлю характеристик випромінювань передавача, моделлю антенно-фідерного пристрою (АФП), моделлю середовища поширення радіохвиль, моделлю характеристик вибіркості по каналах прийому, а також процеси взаємодії РЕЗ є детермінованими.

У ході оцінки електромагнітної сумісності (рис. 4), здійснюється перебір пар “передавач” – “приймач” та аналіз дуельних ситуацій у кожній парі, $i = 1 \dots M$, $j = 1 \dots N$. Уперше такий підхід був запропонований Д. Уайтом [7], а в наступних роботах інших авторів [10–11] одержав назву моделі диференціального внеску (МДВ). Парна оцінка дозволяє оцінити вплив окремого передавача та із сукупності передавачів вибрати ті з них, які створюють перешкоди для приймачів або викликають ефект блокування в приймачі. Недоліком парної оцінки є неможливість оцінити взаємодію випромінювань різних передавачів у приймачах.

Для потужності перешкод від j -го передавача

на вході i -го приймача можна записати:

$$P_{nij} = \int_0^{\infty} W_{ij}(f) df, \quad (1)$$

де W_{ij} – спектральна потужність сигналу j -го передавача на вході i -го приймача, що визначається за формулою:

$$W_{ij}(f) = 10 \frac{W_j(f) + L_{CBji}(f) - S_i(f)}{10}, \quad (2)$$

де W_j – спектральна потужність потужності сигналу j -го передавача, дБ(Вт/Гц);

L_{CBji} – параметр зв'язку між j -м передавачем

та i -м приймачем, дБ;

S_i – характеристика частотної вибірконості i -го приймача, дБ.

Параметр зв'язку для дальньої зони визначається наступним чином:

$$L_{CBji}(f) = G_j(\varphi_{ji}, \Theta_{ji}, f) + G_i(\varphi_{ij}, \Theta_{ij}, f) - k_{nl} - k_{\varphi j}(f) - k_{\varphi i}(f) - L(R_{ij}, f), \quad (3)$$

де $G_j(\varphi_{ji}, \Theta_{ji}, f)$ та $G_i(\varphi_{ij}, \Theta_{ij}, f)$ – коефіцієнти підсилення діаграм спрямованості антен j -го передавача та i -го приймача по відношенню один до одного;

$(\varphi_{ji}, \varphi_{ij}, \Theta_{ji}, \Theta_{ij})$ – азимут та кути місця діаграм спрямованості антен j -го передавача та i -го приймача один до одного, дБ;

k_{nl} – коефіцієнт поляризаційних втрат, дБ;

$k_{\varphi j}(f)$ та $k_{\varphi i}(f)$ – коефіцієнти втрат у фідерах j -го передавача та i -го приймача відповідно, дБ;

$L(R_{ij}, f)$ – втрати на трасі розповсюдження радіохвиль між антенами j -го передавача та i -го приймача, дБ.

Для рішення (1) використовуються частотно-обмежені моделі характеристики спектральної щільності потужності випромінювань та характеристики частотної вибірконості приймача. У відповідності до даного підходу для (1) з урахуванням (2) можна записати:

$$P_{nij} = \sum_{k=1}^{k_{\max}} \int_{f_{KPPnk}}^{f_{KPPek}} \left(10 \frac{W_j(f) + L_{CBji}(f) - S_i(f)}{10} \right) df, \quad (4)$$

де $k_{\max}$ – кількість каналів проникнення перешкод (КПП);

f_{KPPnk} та f_{KPPek} – нижня та верхня гранична частоти k -го КПП.

Для оцінки ступеня блокування приймача та рівня продуктів інтермодуляції необхідно визначити

потужність перешкод на вході підсилювача радіочастоти (змішувача) з урахуванням виборчих властивостей вхідного тракту приймача.

Для цих цілей використовується частотно-обмежена модель вхідного тракту, а потужність кожної перешкоди на вході підсилювача радіочастоти визначається аналогічно (4).

Таким чином, в основі розробленого підходу до оцінювання електромагнітної сумісності РЕЗ є трьохетапний метод:

1. Етап частотної оцінки перешкод (ЧОП);
2. Етап детальної оцінки перешкод (ДОП);
3. Етап комплексної оцінки перешкод (КОП).

Спочатку здійснюється аналіз дуельних ситуацій, у ході яких виробляється оцінка потужності перешкод від кожного КПП на вході приймача та оцінка ефекту блокування від кожного КПП за нелінійними ефектами (КПП НЕ), через які перешкоди впливають на вхідну частину приймача. Для визначення наявності КПП використовується частотний критерій (ЧК). Визначення наявності КПП НЕ здійснюється за допомогою частотного критерію нелінійних ефектів (ЧК НЕ) у ході частотної оцінки перешкод за нелінійними ефектами (ЧОП НЕ). За результатами перевірки ЧК та ЧК НЕ визначаються частотні параметри КПП й частотні параметри КПП НЕ, відповідно.

Етап ДОП містить у собі просторову оцінку перешкод (ПОП) та енергетичну оцінку перешкод (ЕОП). У ході ПОП визначається коефіцієнт зв'язку між антенами передавача та приймача у залежності від напрямку дій, що утворює КПП, з урахуванням втрат на трасі поширення. Для перешкод, що утворюють КПП НЕ здійснюється аналогічна просторова оцінка перешкод за нелінійними ефектами (ПОП НЕ).

У ході ЕОП розраховується потужність перешкод, що діють на приймач через КПП з урахуванням характеристик частотної вибірконості та спектральної щільності потужності, а також з урахуванням отриманих результатів ПОП. Також визначається потужність перешкод, які діють на вхідну частину приймача через КПП НЕ з урахуванням вибірових властивостей вхідного тракту – енергетичне оцінювання перешкод за нелінійними ефектами (ЕОП НЕ). Далі розраховується коефіцієнт блокування приймача.

Для оцінювання та виявлення перешкод, які є найбільш небезпечними, використовуються наступні критерії електромагнітної сумісності: енергетичний критерій (ЕК) для виявлення найбільш небезпечних перешкод, що утворюють КПП, на рівні окремого випромінювання та для сукупності випромінювань розглянутого передавача критерій блокування (КБ) для виявлення найбільш небезпечних перешкод блокування на рівні окремих випромінювань та для

сукупності випромінювань передавача. Після перебору всіх дуельних ситуацій здійснюється етап КОП, що містить у собі: енергетичне оцінювання перешкод сукупності передавачів, які діють на приймачі через КПП, за допомогою інтегрального енергетичного критерію; інтегральної оцінки коефіцієнта блокування від сукупності передавачів; оцінювання перешкод інтермодуляції в приймачах. Для визначення частот перешкод інтермодуляції використовуються результати отримані на етапі ЧОП НЕ.

У підсумку виконується перевірка інтегрального критерію електромагнітної сумісності за результатами КОП, що дозволяє зробити остаточний висновок про виконання вимог сумісності.

Висновки

Таким чином, при аналізі небезпек та ризиків, пов'язаних із впливом НЕМП на функціонування

систем зв'язку й оповіщення СУБС МРТ, необхідно детально та точно враховувати: фактичну електромагнітну обстановку, включаючи випромінювання на гармоніках й субгармоніках, фактичні параметри та характеристики РЕЗ, рівень індустриальних радіоперешкод; механізми утворення перешкод, включаючи утворення каналів проникнення перешкод з урахуванням як лінійних, так і нелінійних побічних каналів прийому й виникнення нелінійних ефектів у радіоприймачі; визначення найбільш вразливих каналів прийому та найбільш небезпечних джерел радіоперешкод на рівні окремих випромінювань радіопередавачів.

В основі розробленого підходу до оцінювання електромагнітної сумісності РЕЗ СУБС МРТ є три послідовні етапи (етап частотної оцінки перешкод; етап детальної оцінки перешкод; етап комплексної оцінки перешкод).

Список літератури

1. Барабаш О.В. Питання узгодженості нормативної бази електромагнітної сумісності та електромагнітної безпеки засобів обчислювальної техніки / О.В. Барабаш, В.А. Глива, А.В. Лук'янчиков // III міжнародний радіоелектронний форум "Прикладная электроника. Состояние и перспективы развития". – Харьков, 22-24 октября 2008 г. – С. 159-162.
2. Виноградов Е.М. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / Е.М. Виноградов, В.И. Винокуров, И.П. Харченко. – Л.: Судостроение, 1986. – 263с.
3. Виноградов К.Е. Основные принципы анализа электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств используемые в автоматизированной системе проектирования сетей радиосвязи / К.Е. Виноградов, Н.И. Лашков // Сборник тезисов докладов научно-технической конференции "Проблемы повышения эффективности регулирования использования радиочастот и радиоэлектронных средств гражданского применения". – Ярославль, 27-30 марта 2002 г. – С. 44-54.
4. Горбенко І. Комплексне вирішення проблеми електромагнітної сумісності сучасних інформаційно-комунікаційних систем / І. Горбенко, О. Замула, Х. Лик // Радіотехніка. – 2020. – № 3(202). – С. 106-115. <https://doi.org/10.30837/rt.2020.3.202.11>.
5. Грошев Г.А. Программный комплекс оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Г.А. Грошев, А.В. Масаль // Известия Калининградского государственного университета. – 2015. – № 38. – С. 170-180.
6. Грошев Г.А. Электромагнитная совместимость в группировке радиоэлектронных средств / Г.А. Грошев. – Калининград: БГА РФ, 2001. – 80 с.
7. Уайт Д. Электромагнитная совместимость и непреднамеренные помехи / Д. Уайт. – М.: Сов. радио, 1977. – 352 с.
8. Ефанов В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем / В.И. Ефанов, А.А. Тихомиров. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 228 с.
9. Князев В.В. Оценка неопределенности результатов испытаний технических средств по параметрам ЭМС / В.В. Князев, И.П. Лесной // Системи обробки інформації. – 2007. – № 6(64). – С. 44-46.
10. Князев В.В. Електромагнітна сумісність і нормативне забезпечення відтворюваності випробувань / В.В. Князев // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2011. – № 4. – С. 27-30.
11. Масаль А.В. Создание современного программного обеспечения для расчётов электромагнитной совместимости / А.В. Масаль // Радиочастотный спектр. – 2015. – № 9. – С. 40-44.

Надійшла до редколегії 04.02.2021

Схвалена до друку 16.03.2021

Відомості про авторів:

Дакі Олена Анатоліївна

доктор технічних наук доцент
директор Дунайського інституту
водного транспорту Державного університету
інфраструктури та технологій,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3932-462X>

Information about the authors:

Olena Daki

Doctor of Technical Sciences Associate Professor
Director of Danube Institute
of Water State University
of Infrastructure and Technologies,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3932-462X>

Іваненко Віталій Миколайович

старший викладач
Державного університету
інфраструктури та технологій,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3271-5257>

Vitaliy Ivanenko

Senior Instructor
of State University
of Infrastructure and Technologies,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3271-5257>

Федунов Валерій Миколайович

асистент
Державного університету
інфраструктури та технологій,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5092-2511>

Valerii Fedunov

Assistant Lecturer
of State University
of Infrastructure and Technologies,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5092-2511>

Бажак Ольга Валеріївна

асистент
Державного університету інфраструктури
та технологій,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0598-5235>

Olga Bajak

Assistant Lecturer
of State University
of Infrastructure and Technologies,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0598-5235>

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ СИСТЕМ СВЯЗИ И ОПОВЕЩЕНИЯ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА МОРЕ**

Е.А. Даки, В.Н. Иваненко, В.Н. Федунов, О.В. Бажак

Анализ опасностей и рисков, связанных с влиянием непреднамеренных электромагнитных помех на функционирование систем связи и оповещения в системе управления безопасностью судоходства на морском и речном транспорте требует детального и точного анализа ряда факторов и определения наиболее уязвимых каналов приема и наиболее опасных источников радиопомех на уровне отдельных излучений радиопередатчиков. В статье предложен подход к оценке электромагнитной совместимости, основанный на частотно-ограниченных моделях характеристик радиоэлектронных средств. Разработаны алгоритмы оценки электромагнитной совместимости. В основе разработанного подхода к оценке электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств в системе управления безопасностью судоходства на морском и речном транспорте есть три последовательных этапа: этап частотной оценки препятствий, этап детальной оценки препятствий, этап комплексной оценки помех.

Ключевые слова: водный транспорт, электромагнитная совместимость, электромагнитная обстановка, чрезвычайные ситуации на море, система управления безопасностью судоходства на морском и речном транспорте.

**ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF COMMUNICATION AND ALERTING SYSTEMS
IN EMERGENCY SITUATIONS AT SEA**

O. Daki, V. Ivanenko, V. Fedunov, O. Bajak

Analysis of the hazards and risks associated with the influence of unintentional electromagnetic interference on the functioning of communication and warning systems in the safety management system of navigation in sea and river transport requires a detailed and accurate analysis of a number of factors and the identification of the most vulnerable reception channels and the most dangerous sources of radio interference at the level of individual radiations of radio transmitters. The article proposes an approach to the assessment of electromagnetic compatibility, based on frequency-limited models of characteristics of radio electronic means. Algorithms for evaluating electromagnetic compatibility have been developed. The developed approach to assessing the electromagnetic compatibility of radio electronic means in the safety management system of navigation in sea and river transport is based on three successive stages (stage of frequency assessment of obstacles; stage of detailed assessment of obstacles; stage of comprehensive assessment of interference).

Keywords: water transport, electromagnetic compatibility, electromagnetic situation, emergencies at sea, maritime and river transport safety management system.