

Раздел 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ, АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ, УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 621.396.96

DOI: 10.34046/aumsuomt99/19

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕНТРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ НА ПРИМЕРЕ ПОРТА НОВОРОССИЙСК

И.И. Бузенков, кандидат технических наук, доцент

А.А. Тюфанова, кандидат технических наук, доцент

В статье проведен анализ установленного радиопередающего оборудования системы управления движением судов (на примере порта Новороссийск). Сделан расчет электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, расположенных на одном объекте. Сделан вывод о том, что при одновременной работе 14, 11 и основного 9 каналов на входах приемников работающих радиостанций возникает помеха, мешающая нормальной работе операторов СУДС. Ситуация повторяется для случая одновременной работы 16, 11 и резервного 68 каналов, а также работы только 16 и основного 9 каналов, уменьшение мощности передатчиков УКВ радиостанций с максимальной величины (25 Вт) до минимальной (1 Вт) данную помеху не устраняет. Т.о., одновременная работа нескольких передатчиков УКВ на площадке Центр СУДС невозможна.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, радиопередающее оборудование, антенна, система управления движением судов, компьютерное моделирование.

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY ANALYSIS RADIO TRANSMISSION EQUIPMENT OF THE CENTER OF VESSEL TRAFFIC SERVICE ON THE EXAMPLE OF A PORT NOVOROSIYSK

I.I. Buzenkov, A.A. Tyufanova

The article analyzes the installed radio transmitting equipment of the vessel traffic service (for example, the port of Novorossiysk). The calculation of the electromagnetic compatibility of radio-electronic devices located at one object has been made. It is concluded that with the simultaneous operation of 14, 11 and the main 9 channels, interference occurs at the inputs of receivers of operating radio stations, which interferes with the normal operation of VTS operators. The situation repeats for the case of simultaneous operation of 16, 11 and backup 68 channels, as well as the operation of only 16 and the main 9 channels, reducing the power of VHF radio stations from the maximum value (25 W) to the minimum value (1 W) does not eliminate this interference ... Thus, the simultaneous operation of several VHF transmitters at the VTS Center site is impossible.

Key words: electromagnetic compatibility, radio transmitting equipment, antenna, vessel traffic control system, computer simulation.

В соответствии с [1] п.95 система управления движением судов (СУДС) должна иметь возможность связи с судами на одном или нескольких рабочих каналах, не используемых другими береговыми службами, на одном или нескольких резервных каналах и на канале 16. Центр СУДС Новороссийска осуществляет работу на 16, 11 и 9 каналах как основных, 14 или 68 каналах как резервных УКВ связи. Для 16 и 11 каналов используются отдельные УКВ радиостанции; для 9, 14 и 68 каналов – зарезервированные УКВ радиостанции (основная и резервная). Кроме того, в СУДС должно

быть резервирование приемопередатчиков базовых станций и других устройств, обеспечивающих радиосвязь с судами в пределах зоны действия СУДС на рабочих каналах и на канале 16 при отказе или аварийном отключении приемопередатчиков [1]. Для автоматической идентификационной системы (АИС) организованы два комплекта оборудования основной и резервный.

АИС в СУДС Новороссийск зарезервирована и организована на радиотехническом посту (РТП) Геленджик, информация с которого передается в центр по радиорелейной линии связи. В

качестве вспомогательного средства АИС – установлен дополнительный приемник.

При расчете электромагнитной совместимости радиосредств учитывается наличие на площадке Центр СУДС Новороссийск оборудования УКВ радиосвязи стороннего оператора – станций Icom IC-M604A ФГБУ «Администрация морских портов (АМП) Черного моря», которые работают не круглосуточно, кратковременно передавая служебные сообщения на 9 и 14 каналах. Приемопередающие антенны УКВ связи станций IC-M604A размещаются на антенно-мачтовом сооружении (АМС) №3. В Центре СУДС Новороссийск установлены четыре радиостанции, работающих поочередно (по мере необходимости) на одной из пяти частот каналов морской подвижной связи, предназначенных для телефонии: 16к (156.8 МГц), 11к (156.55 МГц), 9к (156.45 МГц), 14к (156.7 МГц) и 68к (156.425 МГц); каждая из радиостанций 16к и 11к со своей антенной, резервированные радиостанции 9к, 14к и 68к – с общей приемной и передающей антеннами. Мощность передатчиков радиостанций 25 Вт. Также в Центре СУДС Новороссийск размещается вспомогательный комплект приемного оборудования АИС 87к (161.975 МГц) и 88к (162.025 МГц), со своей антенной.

Взаимное влияние 9 и 14 каналов УКВ станций ФГБУ «АМП Черного моря» на 9 и 14 каналы УКВ станций СУДС (ФГУП «Росморпорт») не рассматривается, поскольку сеансы радиосвязи разнесены по времени и одновременной работы радиостанций УКВ ФГБУ «АМП Черного моря» и ФГУП «Росморпорт» не предусматривается.

Антенна радиостанции 16к размещена с помощью конструктивных элементов на АМС в верхней его части, антенна радиостанции 11к размещена с помощью конструктивных элементов на АМС ниже. Антенны радиостанций 16к и 11к размещены вместе с антенной приемника АИС. Передающая антенна 9к, 14к, 68к размещена с помощью конструктивных элементов на другом АМС в верхней его части, приемная антенна 9к, 14к, 68к размещена с помощью конструктивных элементов ниже. Высота металлоконструкций башни для размещения антенн 7 м. Структурная схема антенно-фидерных устройств (АФУ) оборудования УКВ связи приведена на рис. 1. При расчетах учитывается наличие на АМС №1 и №2 приемопередающих антенн диапазона 12,9ГГц и 7,3ГГц. Данные антенны имеют большой частотный разнос относительно средств УКВ радиосвязи и

мощности менее 1 Вт, и, следовательно, не оказывают влияния на работу приемников и передатчиков УКВ радиосвязи (рис. 1).

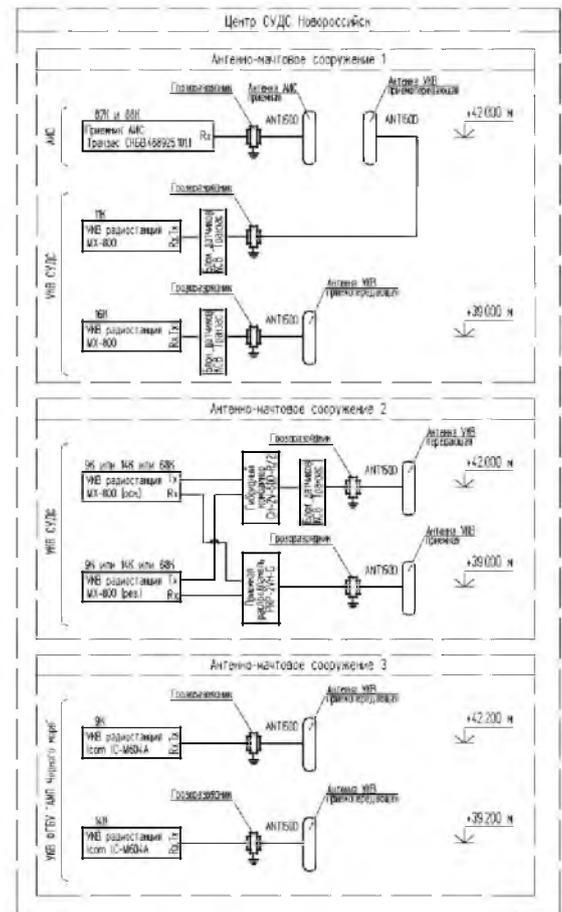


Рисунок 1 – Структурная схема УКВ СУДС и АИС

Характеристики радиосредств в локальной группировке приведены в табл. 1 – 6. Диаграммы направленности антенн представлены на рис. 2 и 3.

Условные обозначения:

АФТ – антенно-фидерный тракт;

$P_{прм}$ – реальная чувствительность приемника, дБ · Вт;

A_{σ} – защитное отношение к помехе, дБ;

$f_{пч}$ – первая промежуточная частота, МГц;

$D_{пк}$ – динамический диапазон (избирательность приемника) по побочным каналам приема, дБ;

$D_{бл}$ – динамический диапазон (избирательность приемника) по блокированию, дБ;

$D_{им}$ – динамический диапазон (избирательность приемника) по интермодуляции, дБ;

B/H – вид настройки гетеродина;

Z – параметр, зависящий от типа технического средства радиосвязи (ТС РС), дБ [15].

Таблица 1 – Основные характеристики антенн, входящих в состав объекта

Наименование оборудования СУДС	Тип антенны	Азимут	Угол места	H, м	X, м	Y, м	H _з , м
Антенна СУДС 11 канал	ANT150D	134°	0°	42	0	0	20
Антенна СУДС 16 канал	ANT150D	134°	0°	39	0	0	20
Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit	ANT150D	134°	0°	42	9	-16,75	20
Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receiver	ANT150D	134°	0°	39	9	-16,75	20
Антенна АИС receiver	ANT150D	180°	0°	42	0	0	20
Антенна IC-M604A 9k	D1 VHF	60°	0°	42,2	9	7,25	20
Антенна IC-M604A 14k	D1 VHF	60°	0°	39,2	9	7,25	20

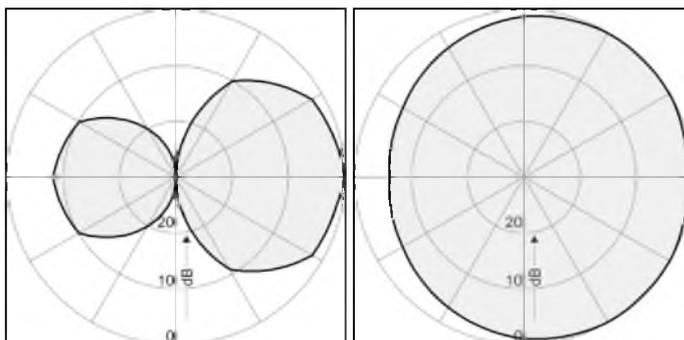


Рисунок 2 – Диаграммы направленности антенны ANT150D в горизонтальной и вертикальной плоскости

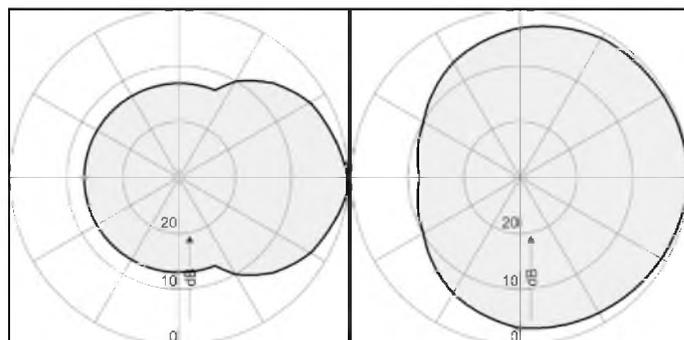


Рисунок 3 – Диаграммы направленности антенны D1 VHF в горизонтальной и вертикальной плоскости

Таблица 2 – Основные характеристики передатчиков, входящих в состав объекта

Наименование антенны	Передатчики				
	Тип оборудования	Частота, МГц	Мощность, Вт	Потери в АФТ, дБ	Тип внешнего фильтра
Антенна СУДС 11 канал	MX800	156,55	25	1,3	–
Антенна СУДС 16 канал	MX800	156,8	1	1,3	–
Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit	MX800	156,45	1	1,3	–
	MX800	156,7	1	1,3	–
	MX800	156,425	1	1,3	–
Антенна IC-M604A 9k	IC-M604A	156,45	1	2,6	–
Антенна IC-M604A 14k	IC-M604A –	156,7	1	2,6	–

Таблица 3 – Основные характеристики приемников, входящих в состав объекта

Наименование антенны	Приемники				
	Тип оборудования	Частота, МГц	Мощность, Вт	Потери в АФТ, дБ	Тип внешнего фильтра
Антенна СУДС 11 канал	MX800 11к	156,55	25	1,3	–
Антенна СУДС 16 канал	MX800 16к	156,8	1	1,3	–
Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receiver	MX800 9 к	156,45	1	1,3	–
	MX800 14к	156,7	1	1,3	–
	MX800 68к	156,425	1	1,3	–

Наименование антенны	Приемники				
	Тип оборудования	Частота, МГц	Мощность, Вт	Потери в АФТ, дБ	Тип внешнего фильтра
Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit	–				
Антенна АИС receiver	УКВ АИС, Приемник «Транзас» СКБВ. 468925.101.1	161.975	1	1,3	–
Антенна IC-M604A 9k	IC-M604A	156,45	1	2,6	–
Антенна IC-M604A 14k	IC-M604A	156,7	1	2,6	–

Таблица 4 – ТТД передатчиков РЭС, входящих в состав объекта

Тип оборудования	Класс излучения	A_e , дБ	Спектр сигнала передатчика					
			1		2		3	
			L , дБ	Δf , кГц	L , дБ	Δf , кГц	L , дБ	Δf , кГц
MX800	16K0F3EJN	-75	-3	12	-30	15	-60	28
IC-M604A	16KOG2B	-70	-3	12	-30	15	-60	28

Таблица 5 – ТТД приемников РЭС, входящих в состав объекта

Тип оборудования	Класс излучения	$P_{ПРМ}$, дБм	A_0 , дБ	$F_{ПЧ}$, МГц	$D_{ПК}$, дБ	$D_{бл}$, дБ	$D_{ИМ}$, дБ	B/H	Z , дБ
Приемник «Транзас» СКБВ 468925.101.1	12K5G2B	-134	15	20	80	100	74	В	0

Таблица 6 – ТТД приемников РЭС, входящих в состав объекта

Тип оборудования	АЧХ УВЧ						АЧХ УПЧ					
	1		2		3		1		2		3	
	L , дБ	Δf , кГц	L , дБ	Δf , кГц	L , дБ	Δf , кГц	L , дБ	Δf , кГц	L , дБ	Δf , кГц	L , дБ	Δf , кГц
Приемник «Транзас» СКБВ 468925.101.1	-3	6000	-30	20000	-60	35000	-3	9	-30	12	-60	15

Амлитудно-частотные характеристики (АЧХ) фильтров приемников представлены на рис. 4 – 7, спектр сигнала передатчика MX800 – рис. 8.

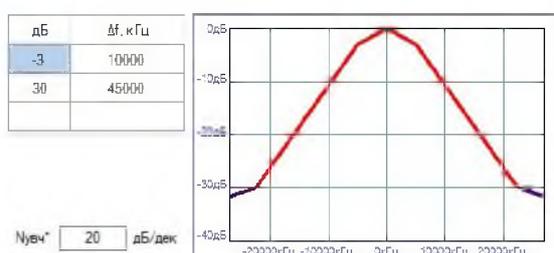


Рисунок 4 – АЧХ фильтра предварительной селекции приемника (УВЧ) MX800



Рисунок 5 – АЧХ фильтра приемника (усилителя промежуточной частоты (УПЧ)) «Транзас» СКБВ 468925.101.1



Рисунок 6 – АЧХ фильтра УПЧ приемника МХ800

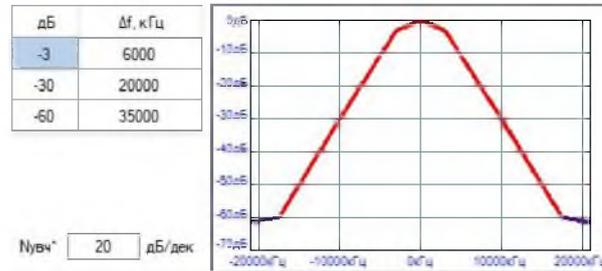


Рисунок 7 – АЧХ фильтра предварительной селекции приемника (УВЧ) «Транзас» СКБВ 468925.101.1

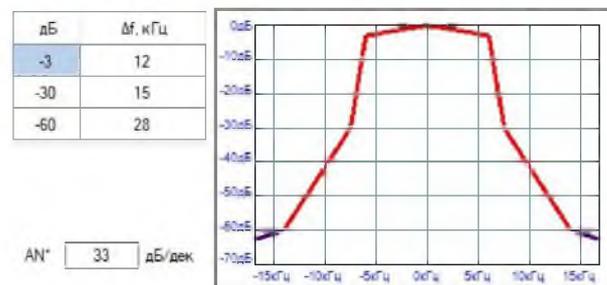


Рисунок 8 – Спектр сигнала передатчика МХ800

Анализ электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств (ЭМС РЭС), расположенных на одном объекте, состоит из:

- частотного анализа;
- расчета мощности, воздействующей на радиоприемный тракт (РПМ) радиопомехи, приведенной к его входу;
- расчета допустимой мощности непреднамеренной радиопомехи на входе РПМ;
- расчета частот и уровней интермодуляционных излучений радиопередающий тракт (РПД);
- расчета внеполосных характеристик антенн;
- расчета развязок между близко расположенными антеннами [2].

Расчет допустимой мощности радиопомех на входе РПМ. Допустимую мощность радиопомехи $P_{i\text{доп}}$ на входе i -го РПМ от j -го РПД при детерминированной оценке качества функционирования радиоэлектронного средства (РЭС) вычисляют по формуле:

$$P_{i\text{доп}} = P_{i\text{с}} - A, \quad (1)$$

где $P_{i\text{с}}$ – средняя мощность полезного сигнала на входе РПМ i -го РЭС, дБ·Вт; A – требуемое защитное отношение, равное отношению средних

значений мощностей сигнала и помехи для конкретного сочетания видов сигнала и помехи, дБ.

Предположим, что значение $P_{i\text{с}}$ равно реальной чувствительности РПМ.

Допустимые значения мощности радиопомехи на входе РПМ при учете явлений блокирования и перекрестных искажений определяются как:

$$P_{i\text{доп}}^{(бл)} = P_{i\text{доп}}^{(III)} + D_i, \quad (2)$$

где $P_{i\text{доп}}^{(бл)}$, $P_{i\text{доп}}^{(III)}$ – допустимые мощности непреднамеренных радиопомех на входе i -го РПМ от j -го РПД, вызывающие приемлемые эффекты блокирования и перекрестных искажений соответственно, дБВт; $P_{i\text{мин}}$ – чувствительность РПМ i -го РЭС, дБВт; D_i – динамический диапазон РПМ i -го РЭС по блокированию и перекрестным искажениям, дБ; значения D_i для различных РЭС находятся в пределах 60...80 дБ [1].

$$P_{i\text{доп}} = -165, P_{i\text{бл}} = -49.$$

Расчет частот и уровней интермодуляционных излучений РПД. Из побочных радиоизлучений, возникающих при одновременной работе РЭС, расположенных на

одном объекте, наибольшую опасность представляют интермодуляционные излучения, которые образуются в случаях, когда между одновременно работающими РПД имеется такая сильная связь, что они влияют друг на друга. Величина связи определяется тем, что РПД объекта работают или на антенны, размещенные в непосредственной близости друг от друга, или на одну широкополосную антенну. Нелинейными элементами при этом являются выходные каскады РПД, работающие на достаточно близких частотах.

Частоты интермодуляционных излучений РПД объекта можно определить по формуле:

$$f_{\text{int}} = \pm mf_1 \pm nf_2 \pm \dots \quad (3)$$

где f_1, f_2, \dots, f_x – частоты РПД объекта; m, n, p, \dots – положительные целые числа.

Расчет частот интермодуляционных излучений 3-го порядка всех РПД объекта (их количество обозначим через X) выполняется в следующем порядке:

- выписываются в возрастающем порядке частоты всех радиопередатчиков объекта и создается таким образом «Перечень частот № 1»:
 $f_1, f_2, \dots, f_{x-1}, f_x$;

- создаются две копии этого перечня: «Перечень № 2» и «Перечень №3»;

- для учета помех интермодуляции до 3-го порядка включительно считывают первое значение частоты f_1 из «Перечня № 1», затем считывают первое значение частоты из «Перечня № 2» и из их суммы последовательно вычитают значения частот от f_1 до f_x из «Перечня частот № 3». Значения частоты интермодуляционной помехи 3-го порядка вида $f = f_1 + f_2 - f_3$ и образующие ее частоты f_1, f_2 и f_3 заносят в итоговую таблицу № 1, а в случае попадания ее в полосу частот основного и побочных каналов приема любого из всех радиоприемников объекта (их количество обозначим через Y) – итоговые табл. 7 – 11. В итоговые табл. 7 – 11 заносят также номера каналов приема помех и номера радиоприемников, подвергающихся воздействию интермодуляционных помех;

- изложенная операция выполняется последовательно для других частот из «Перечня № 2», а

затем повторяется для следующей частоты из «Перечня № 1» до его исчерпания. При этом из «Перечня № 2» считываются частоты, большие или равные считанному значению частоты из «Перечня № 1», а каждое значение частоты, считываемое из «Перечня частот № 3» должно быть больше или меньше считанного значения частоты из «Перечня № 1 или № 2». При равенстве частот из «Перечней № 1 и № 2» определяются помехи вида $2f_1 - f_3$, а при неравенстве – вида $f_1 + f_2 - f_3$ [3].

Результат расчета уровней интермодуляционных излучений передающих устройств, представлен на рис. 9.

Таблица 7 – Расчет для 9,11,16 каналов

Комбинация частот РПД	$f_1+f_2-f_3$	$f_1+f_3-f_2$	$f_2+f_3-f_1$
Значения комбинационных частот РПД	156.2	156.7	156.9
Излучаемые комбинационные частоты попадающие в полосу пропускания РПД	4	14	18

Таблица 8 – Расчет для 11,16,68 каналов

Комбинация частот РПД	$f_1+f_2-f_3$	$f_1+f_3-f_2$	$f_2+f_3-f_1$
Значения комбинационных частот РПД	156.175	156.675	156.925
Излучаемые комбинационные частоты попадающие в полосу пропускания РПД	63	73	78

Таблица 9 – Расчет для 11, 16, 9, 14, 68, 87, 88 каналов

Комбинация частот РПД	$f_1+f_2-f_3$	$f_1+f_2-f_4$	$f_2+f_3-f_4$	$f_2+f_4-f_3$	$f_3+f_1-f_4$	$f_3+f_4-f_2$
Значения комбинационных частот РПД	156.375	156.35	156.4	156.45	156.35	156.45
Излучаемые комбинационные частоты попадающие в полосу пропускания РПД	67	7	8	9	7	9

Таблица 10 – Расчет для 11, 16, 9, 14, 68, 87, 88 каналов

Комбинация частот РПД	$f_1+f_5-f_7$	$f_1+f_6-f_7$	$f_1+f_7-f_6$	$f_2+f_5-f_7$	$f_2+f_6-f_7$	$f_2+f_7-f_6$
Значения комбинационных частот РПД	155.125	156.275	156.475	155.175	156.325	156.525
Излучаемые комбинационные частоты попадающие в полосу пропускания РПД	–	65	69	–	66	66

Таблица 11 – Расчет для 11, 16, 9, 14, 68, 87, 88 каналов

Комбинация частот РПД	$f_3+f_5-f_7$	$f_3+f_6-f_7$	$f_3+f_7-f_6$	$f_4+f_5-f_7$	$f_4+f_6-f_7$	$f_4+f_7-f_6$
Значения комбинационных частот РПД	155.175	156.325	156.525	155.2	156.35	156.55
Излучаемые комбинационные частоты попадающие в полосу пропускания РПД	–	66	66	–	7	11

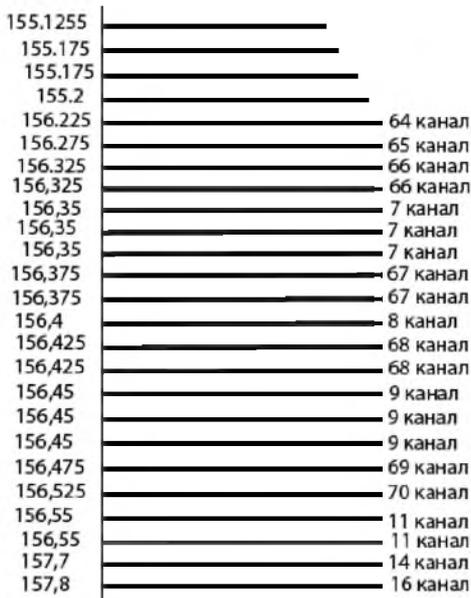


Рисунок 9 – Излучение интермодуляционных помех 3-порядка

Расчет и оценка параметров радиопомех, действующих по основному и соседним каналам приема. Из ТС РС, принадлежащих локальной группировке, формируют пары, включающие один приемник и один передатчик. Число пар в локальной группировке $N = n \cdot m$ [4].

Для каждой из этих пар выполняют расчет в следующем порядке:

- определяем допустимый уровень радиопомехи на входе ПРМ $P_{доп.оск}$, дБ · Вт по формуле

$$P_{доп.оск} = P_{ПРМ} - A_0 - Z, \quad (4)$$

где Z , дБ – коэффициент, зависящий от типа ТС РС.

- рассчитываем мощность радиопомехи на входе ПРМ, $P_{пом.вх}$, дБ · Вт:

$$P_{пом.вх} = P_T - \eta_T + G_T - \eta_R + G_R - L_0, \quad (5)$$

где G_T – коэффициент усиления антенны ПРД в направлении на антенну ПРМ на частоте

$f_{ПРД}$, дБи; G_R – коэффициент усиления антенны ПРМ в направлении на антенну ПРД на частоте $f_{ПРД}$, дБи; L_0 – ослабление радиопомехи при распространении между точками фазовых центров антенн ПРД и ПРМ, дБ, рассчитывают по формуле:

$$L_0 = -27,55 + 20 \cdot \lg f_{ПРД} + 20 \cdot \lg R, \quad (6)$$

где R – расстояние между точками фазовых центров антенн ПРД и ПРМ, м,

$$R = \sqrt{(x-x)^2 + (y-y)^2 + (h-h)^2}. \quad (7)$$

- вычислим приведенную мощность радиопомехи на входе ПРМ, $P_{пом.оск}$, дБ · Вт (с учетом ослабления помехи за счет частотного разнеса Δf и несовпадения полосы пропускания ПРМ с полосой частот радиоизлучения ПРД):

$$P_{пом.оск} = P_{пом.вх} + \Phi(\Delta f), \quad (8)$$

где $\Phi(\Delta f)$ – коэффициент ослабления радиопомехи, дБ определяют по формуле

$$\Phi(\Delta f) = \frac{-10 \lg(10) \cdot \left[\int_{-\infty}^{\infty} P(f) \cdot (H \cdot (f + \Delta f)) df \right]}{\int_{-\infty}^{\infty} P(f) df}, \quad (9)$$

где $P(f)$ – спектральная плотность мощности радиопомехи (Вт/Гц); $H(f)$ – амплитудно-частотная характеристика ПЧ приемника.

Помеху от ПРД считают недопустимой, а ПРМ – пораженной помехой по основному и соседним каналам приема, при выполнении условия

$$P_{пом.оск} > P_{доп.оск}. \quad (10)$$

Мощность интермодуляционных излучений зависит от мощности РПД, принимающих участие в образовании помех, от величины связи между их выходными каскадами, типа активного прибора в выходных каскадах и от частотного разнеса РПД.

Для расчета мощности интермодуляционных излучений нечетных порядков на выходе РПД воспользуемся формулой [5]:

$$P_{инт} = C_{инт} + k \cdot P_{пом.вх} \quad (11)$$

Данные полученных расчетов заносим в табл. 12.

Таблица 12 – Результаты расчета мощности интермодуляционных излучений нечетных порядков на выходе РПД

Канал	L_0	$P_{пом.вх}$	$P_{инт}$	$P_{вх.оск}$	$P_{изб}$
11 канал	-3.657	-3.255	-23.255	-120,55	22,445
14 канал	41.926	-19.438	-39.438	-136,738	12,2
9 канал	41.913	-19.425	-39.425	-136,725	12,275

Выполненные расчеты электромагнитной совместимости радиосредств показали, что при одномоментной работе 14, 11 и основного 9 каналов на входах приемников работающих радиостанций возникает помеха, мешающая нормальной работе операторов СУДС (рис. 10).

Аналогичная ситуация повторяется и для случая одновременной работы 16, 11 и резервного 68 каналов, а также работы только 16 и основного 9 каналов. Уменьшение мощности передатчиков УКВ радиостанций с максимальной величины (25 Вт) до минимальной (1 Вт) данную помеху не устраняет.

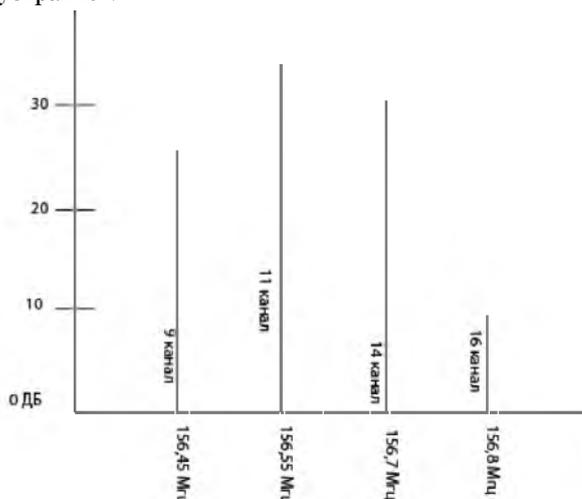


Рисунок 10 – Интермодуляционные помехи РПДУ

Наиболее могут быть поражены по соседнему каналу ПРМ 87к (АИС) при работе РПД 16к (ближайшего по частоте) и РПД 11к (ближайшего по расположению антенны). В случае с РПД 16к следует отметить, что чувствительность, АЧХ приемника АИС и требования к отношению сигнал/шум (С/Ш) существенно отличаются от ПРМ телефонии, а значительный частотный разнос 5175 кГц и более должен не позволить этим системам значительно влиять друг на друга.

В случае с РПД 11к, на входе ПРМ 87к (АИС) будет возникать помеха, мешающая нормальной работе приемника в течение всего времени передачи сообщения на 11 канала УКВ. Следует отметить, что наличие данной временной по-

мехи не будет нарушать работу существующей системы АИС, так как приемник АИС на площадке Центр СУДС является дополнительным средством связи, основной и резервный сигнал АИС поступают по радиорелейным линиям связи от РТП Геленджик.

Компьютерное моделирование электромагнитной совместимости радиопередающего оборудования Центра системы управления движением судов. Моделирование электромагнитной совместимости проектируемых радиосредств в заданной локальной группировке выполнен в соответствии с ГОСТ Р 55898-2013 «Технические средства радиосвязи. Взаимные помехи в локальной группировке. Методы расчета» [4].

Производится моделирование параметров всех видов возможных радиопомех для локальной группировки:

- действующих по основному и соседним каналам приема;
- создающих блокирование;
- создающих интермодуляцию;
- действующих по побочным каналам приема;
- создаваемых радиоизлучениями на гармониках.

В расчетах предполагается, что все рассматриваемые радиосредства УКВ СУДС поочередно (не одновременно) работают одновременно с приемником АИС (критический случай).

Расчет электромагнитной совместимости проектируемых радиосредств произведен с использованием сертифицированного ПО – программы расчета электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств «EMC Planner» [6].

Исходные данные необходимые для моделирования параметров радиопомех

Состав локальной группировки:

- n -число РПД ($i = 1, 2, \dots, n$);
- m -число ПРМ ($j = 1, 2, \dots, m$).

Приведем характеристики передатчиков локальной группировки.

Для каждого РПД:

- $f_{прд}$ – рабочая частота передачи, МГц;
- P_T – максимальная мощность излучения, дБ · Вт;

- $V_{T-3}, V_{T-30}, V_{T-X}$ – ширина полосы частот излучения, МГц, на уровнях – 3, –30 и X, дБ;
- A_T – относительный уровень побочного радиоизлучения, дБ;
- η_T – потери в фидере на передачу, дБ;
- G_{0T} – коэффициент усиления антенны, дБи;
- диаграмма направленности (ДН) в горизонтальной плоскости (от 0 до 360 град) и ДН в вертикальной плоскости (от -90 до +90град);
- x, y, h – координаты антенны ПРД в прямоугольной системе координат относительно выбранного центра, м.

Приведем характеристики приемников локальной группировки.

Для каждого ПРМ:

- $f_{ПРМ}$ – частота настройки ПРМ, МГц;
- $f_{ГЕТ}$ – частота гетеродина, МГц;
- $f_{ПЧ}$ – промежуточная частота, МГц;
- $P_{ПРМ}$ – реальная чувствительность приемника, дБ · Вт;
- A_0 – защитное отношение, дБ;
- $V_{УВЧ3}, V_{УВЧ30}, V_{УВЧX}$ – ширина полосы пропускания УВЧ, МГц, на уровнях –3, –30 и X, дБ;
- $D_{БЛ}$ – динамический диапазон по блокированию, дБ;
- $D_{ИМ}$ – динамический диапазон по интермодуляции, дБ;
- $D_{ПЧ}$ – динамический диапазон по побочному каналу приема, дБ;
- η_R – потери в фидере на прием, дБ;
- G_{OR} – коэффициент усиления антенны, дБи;
- ДН антенны в горизонтальной плоскости (от 0 до 360 град) и ДН в вертикальной плоскости (от -90 до +90 град);
- x, y, h – координаты антенны ПРМ в прямоугольной системе координат относительно выбранного центра, м.

Результаты моделирования расчет ЭМС РПДУ центра СУДС Новороссийск представлены на рис. 11-13 и в табл. 13-38.

Условные обозначения:

- $P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт – допустимый уровень радиопомехи на входе приемника
- Δf , МГц – отстройка по частоте;
- R , м – расстояние между точками фазовых центров антенн ПРД и ПРМ;
- L_0 , дБ – ослабление в свободном пространстве между точками фазовых центров антенн ПРД и ПРМ;
- G_T , дБи – коэффициент усиления передающей антенны в направлении на приемную (на частоте передатчика);
- G_r , дБи – коэффициент усиления приемной антенны в направлении на передающую (на частоте передатчика);
- $P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт – мощность радиопомехи на входе приемника;
- H_1 , дБ – ослабление фильтра предварительной селекции (УВЧ) на частоте передатчика;
- $P_{\text{помбл1}}$, дБ · Вт – мощность радиопомехи на входе фильтра предварительной селекции без учета внешнего фильтра;
- $P_{\text{изббл1}}$, дБ – уровень превышения помехи над допустимым уровнем на входе фильтра предварительной селекции без учета внешнего фильтра;
- H_2 , дБ – ослабление внешнего фильтра в приемном тракте на частоте передатчика;
- $P_{\text{помбл2}}$, дБ · Вт – мощность радиопомехи на входе фильтра предварительной селекции с учетом внешнего фильтра;
- $P_{\text{изббл2}}$, дБ – уровень превышения помехи над допустимым уровнем на входе фильтра предварительной селекции с учетом внешнего фильтра.

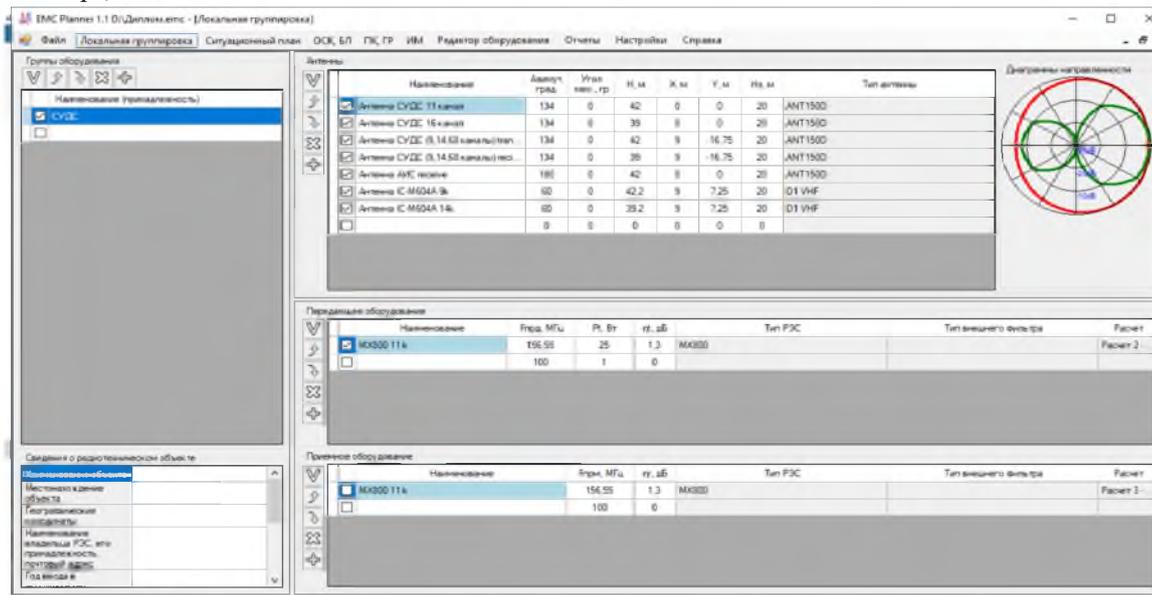


Рисунок 11 – Локальная группировка оборудования в программе EMCPlaner 1.1



Рисунок 12 – Ситуационный план



Рисунок 13 – Ситуационный план

Таблица 13 – Помехи ОСК приемнику УКВ АИС 161,975 МГц (Антенна АИС receiver, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Delta f, \text{ МГц}$	$R, \text{ м}$	$L_0, \text{ дБ}$	$G_t, \text{ дБи}$	$G_r, \text{ дБи}$	$P_{\text{помвх, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Phi_{\text{оск1, дБ}}$	$P_{\text{пом оск1, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб оск1, дБ}}$	$\Phi_{\text{оск2, дБ}}$	$P_{\text{пом оск2, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб оск2, дБ}}$
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-149	5,425	0	0	0	0	11,4	117,1	-105,7	43,3	-	-	-
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-149	5,175	3	25,9	22,3	-4,3	-55,1	116,7	-171,8	-22,8	-	-	-
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-149	5,525	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	117,3	-152,4	-3,4	-	-	-
МХ800 14 к 156,7 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-149	5,275	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	116,9	-152	-3	-	-	-
МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-149	5,55	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	117,3	-152,4	-3,4	-	-	-
ИС-М604А 9к 156,45 МГц (Антенна ИС-М604А 9к, СУДС)	-149	5,525	11,6	37,6	-3,6	31,3	-76,4	117,3	-193,7	-44,7	-	-	-

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{помоск1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{избоск1}}$, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{помоск2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{избоск2}}$, дБ
IC-M604A 14к 156,7 МГц (Антенна IC-M604A 14к, СУДС)	-149	5,275	11,9	37,9	-3,6	3,3	-42,1	116,9	-159	-10	-	-	-

Таблица 14 – Помехи БЛ приемнику УКВ АИС 161,975 МГц (Антенна АИС receiver, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{помбл1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изббл1}}$, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{помбл2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изббл2}}$, дБ
MX800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-149	5,425	0	0	0	0	11,4	-12,4	-1	33	-	-	-
MX800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-149	5,175	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	-11,4	-66,5	-32,5	-	-	-
MX800 9 к 156,45 МГц (АнтеннаСУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-149	5,525	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	-12,7	-47,8	-13,8	-	-	-
MX800 14 к 156,7 МГц (АнтеннаСУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-149	5,275	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	-11,8	-46,9	-12,9	-	-	-
MX800 68 к 156,425 МГц (АнтеннаСУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-149	5,55	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	-12,8	-47,9	-13,9	-	-	-
IC-M604A 9к 156,45 МГц (Антенна IC-M604A 9к, СУДС)	-149	5,525	11,6	37,6	-3,6	-31,3	-76,4	-12,7	-89,1	-55,1	-	-	-
IC-M604A 14к 156,7 МГц (Антенна IC-M604A 14к, СУДС)	-149	5,275	11,9	37,9	-3,6	3,3	-42,1	-11,8	-53,9	-19,9	-	-	-

Таблица 15 – Помехи ОСК приемнику MX800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{помоск1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{избоск1}}$, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{помоск2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{избоск2}}$, дБ
MX800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	-0,25	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	84,3	-139,4	7,6	-	-	-
MX800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,1	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	76,1	-111,7	35,3	-	-	-

Таблица 16 – Помехи БЛ приемнику MX800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{помбл1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изббл1}}$, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{помбл2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изббл2}}$, дБ
MX800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	-0,25	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	-0,2	-55,3	-18,3	-	-	-
MX800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,1	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	-0,1	-35,7	1,3	-	-	-

Таблица 17 – Помехи ОСК приемнику МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допок}}$, дБ·Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ·Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом оск1}}$, дБВт	$P_{\text{изб оск1}}$, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом оск2}}$, дБВт	$P_{\text{изб оск2}}$, дБ
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,1	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	76,1	-111,7	35,3	-	-	-
МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,125	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	78,1	-113,7	33,3	-	-	-

Таблица 18 – Помехи БЛ приемнику МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допок}}$, дБ·Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ·Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом бл1}}$, дБ·Вт	$P_{\text{изб бл1}}$, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом бл2}}$, дБ·Вт	$P_{\text{изб бл2}}$, дБ
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,1	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	-0,1	-35,7	1,3	-	-	-
МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,125	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	-0,1	-35,7	1,3	-	-	-

Таблица 19 – Помехи ОСК приемнику МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receive, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допок}}$, дБ·Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ·Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом оск1}}$, дБ·Вт	$P_{\text{изб оск1}}$, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом оск2}}$, дБВт	$P_{\text{изб оск2}}$, дБ
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	-0,1	19,2	42	3,8	30,5	-57,3	76,1	133,4	13,6	-	-	-
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	0,35	19	41,9	4,2	4,7	-35,6	87,3	122,9	24,1	-	-	-

Таблица 20 – Помехи БЛ приемнику МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receiver, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допок}}$, дБ·Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ·Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом бл1}}$, дБ·Вт	$P_{\text{изб бл1}}$, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом бл2}}$, дБ·Вт	$P_{\text{изб бл2}}$, дБ
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	-0,1	19,2	42	3,8	-30,5	-57,3	-0,1	-57,4	-20,4	-	-	-
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	-0,35	19	41,9	4,2	4,7	-35,6	-0,2	-35,8	1,2	-	-	-

Таблица 21 – Помехи ОСК приемнику МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receiver, СУДС)

Передачик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом оск1}}$, дБВТ	$P_{\text{изб оск1}}$, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом оск2}}$, дБВТ	$P_{\text{изб оск2}}$, дБ
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	-0,1	19,2	42	3,8	-30,5	-57,3	76,1	-133,4	13,6	-	-	-
МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,025	3	25,9	-4,3	-22,3	-55,1	61,9	-117	30	-	-	-

Таблица 22 – Помехи БЛ приемнику МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receiver, СУДС)

Передачик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом бл1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб бл1}}$, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом бл2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб бл2}}$, дБ
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	-0,1	19,2	42	3,8	-30,5	-57,3	-0,1	-57,4	-20,4	-	-	-
МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,025	3	25,9	-4,3	-22,3	-55,1	0	-55,1	-18,1	-	-	-

Таблица 23 – Помехи ОСК приемнику МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передачик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом оск1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб оск1}}$, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом оск2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб оск2}}$, дБ
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	-0,25	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	84,3	-139,4	7,6	-	-	-
МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,125	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	78,1	-113,7	33,3	-	-	-

Таблица 24 – Помехи БЛ приемнику МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передачик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом бл1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб бл1}}$, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом бл2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб бл2}}$, дБ
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	-0,25	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	-0,2	-55,3	-18,3	-	-	-
МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,125	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	-0,1	-35,7	1,3	-	-	-

Таблица 25 – Помехи ОСК приемнику МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передачик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом оск1}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб оск1}}$, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом оск2}}$, дБ · Вт	$P_{\text{изб оск2}}$, дБ
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	-0,25	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	84,3	-139,4	7,6	-	-	-

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск1, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск2, дБ
МХ800 14 к 156,7 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	-0,15	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	79,8	115,4	31,6	-	-	-

Таблица 26 – Помехи БЛ приемнику МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл1, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл2, дБ
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-147	-0,25	3	25,9	-	-4,3	-55,1	-0,2	-55,3	-18,3	-	-	-
МХ800 14 к 156,7 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 ка- налы) transmit, СУДС)	-147	-0,15	19	41,9	4,7	4,2	-35,6	-0,1	-35,7	1,3	-	-	-

Таблица 27 – Помехи ОСК приемнику МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск1, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск2, дБ
МХ800 9 к 156,45 МГц (Ан- тенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,35	19,2	42	3,8	-30,5	-71,3	87,3	-158,6	-11,6	-	-	-

Таблица 28 – Помехи БЛ приемнику МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл1, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл2, дБ
МХ800 9 к 156,45 МГц (Ан- тенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,35	19,2	42	3,8	-30,5	-71,3	0,2	71,5	-34,5	-	-	-

Таблица 29 – Помехи ОСК приемнику МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск1, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск2, дБ
МХ800 14 к 156,7 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 ка- налы) transmit, СУДС)	-147	0,1	19,2	42	3,8	-30,5	-71,3	76,1	-147,4	-0,4	-	-	-

Таблица 30 – Помехи БЛ приемнику МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)

Передатчик	$P_{\text{допоск}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл1, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл2, дБ
МХ800 14 к 156,7 МГц (Антен- наСУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,1	19,2	42	3,8	-30,5	-71,3	-0,1	-71,4	-34,4	-	-	-

Таблица 31 – Помехи ОСК приемнику МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receive, СУДС)

Передагчик	$P_{\text{допок, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Delta f, \text{МГц}$	$R, \text{м}$	$L_0, \text{дБ}$	$G_t, \text{дБи}$	$G_r, \text{дБи}$	$P_{\text{помвх, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Phi_{\text{оск1, дБ}}$	$P_{\text{пом оск1, дБВТ}}$	$P_{\text{изб оск1, дБ}}$	$\Phi_{\text{оск2, дБ}}$	$P_{\text{пом оск2, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб оск2, дБ}}$
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	0,125	19,2	42	3,8	-30,5	-57,3	78,1	-135,4	11,6	-	-	-
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,025	3	25,9	-4,3	-22,3	-55,1	61,9	-117	30	-	-	-

Таблица 32 – Помехи БЛ приемнику МХ800 68 к 156,425 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) receive, СУДС)

Передагчик	$P_{\text{допок, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Delta f, \text{МГц}$	$R, \text{м}$	$L_0, \text{дБ}$	$G_t, \text{дБи}$	$G_r, \text{дБи}$	$P_{\text{помвх, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$H_1, \text{дБ}$	$P_{\text{пом бл1, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб бл1, дБ}}$	$H_2, \text{дБ}$	$P_{\text{пом бл2, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб бл2, дБ}}$
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	0,125	19,2	42	3,8	-30,5	-57,3	-0,1	-57,4	-20,4	-	-	-
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,025	3	25,9	-4,3	-22,3	-55,1	0	-55,1	-18,1	-	-	-

Таблица 33 – Помехи ОСК приемнику МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)

Передагчик	$P_{\text{допок, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Delta f, \text{МГц}$	$R, \text{м}$	$L_0, \text{дБ}$	$G_t, \text{дБи}$	$G_r, \text{дБи}$	$P_{\text{помвх, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Phi_{\text{оск1, дБ}}$	$P_{\text{пом оск1, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб оск1, дБ}}$	$\Phi_{\text{оск2, дБ}}$	$P_{\text{пом оск2, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб оск2, дБ}}$
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	0,25	3	25,9	-4,3	-22,3	-41,1	84,3	-125,4	21,6	-	-	-
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,35	19,2	42	3,8	-30,5	-71,3	87,3	-158,6	-11,6	-	-	-

Таблица 34 – Помехи БЛ приемнику МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)

Передагчик	$P_{\text{допок, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Delta f, \text{МГц}$	$R, \text{м}$	$L_0, \text{дБ}$	$G_t, \text{дБи}$	$G_r, \text{дБи}$	$P_{\text{помвх, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$H_1, \text{дБ}$	$P_{\text{пом бл1, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб бл1, дБ}}$	$H_2, \text{дБ}$	$P_{\text{пом бл2, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб бл2, дБ}}$
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-147	0,25	3	25,9	-4,3	-22,3	-41,1	-0,2	-41,3	-4,3	-	-	-
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-147	0,35	19,2	42	3,8	-30,5	-71,3	-0,2	-71,5	-34,5	-	-	-

Таблица 35 – Помехи ОСК приемнику УКВ АИС 161,975 МГц (Антенна АИС receiver, СУДС)

Передагчик	$P_{\text{допок, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Delta f, \text{МГц}$	$R, \text{м}$	$L_0, \text{дБ}$	$G_t, \text{дБи}$	$G_r, \text{дБи}$	$P_{\text{помвх, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$\Phi_{\text{оск1, дБ}}$	$P_{\text{пом оск1, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб оск1, дБ}}$	$\Phi_{\text{оск2, дБ}}$	$P_{\text{пом оск2, дБ} \cdot \text{Вт}}$	$P_{\text{изб оск2, дБ}}$
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 каналы) transmit, СУДС)	-149	5,525	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	117,3	-152,4	-3,4	-	-	-

Передаччик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск1, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск2, дБ
каналы transmit, СУДС)													

Таблица 36 – Помехи БЛ приемнику УКВ АИС 161,975 МГц (Антенна АИС receiver, СУДС)

Передаччик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл1, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл2, дБ
МХ800 9 к 156,45 МГц (Антенна СУДС (9,14,68 ка- налы) transmit, СУДС)	-149	5,525	19	41,9	4,7	4,7	-35,1	-12,7	-47,8	-13,8	-	-	-

Таблица 37 – Помехи ОСК приемнику УКВ АИС 161,975 МГц (Антенна АИС receiver, СУДС)

Передаччик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	$\Phi_{\text{оск1}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск1, дБ	$\Phi_{\text{оск2}}$, дБ	$P_{\text{пом}}$ оск2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ оск2, дБ
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 ка- нал, СУДС)	-149	5,425	0	0	0	0	11,4	117,1	-105,7	43,3	-	-	-
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-149	5,175	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	116,7	-171,8	-22,8	-	-	-

Таблица 38 – Помехи БЛ к приемнику УКВ АИС 161,975 МГц (Антенна АИС receiver, СУДС)

Передаччик	$P_{\text{допок}}$, дБ · Вт	Δf , МГц	R , м	L_0 , дБ	G_t , дБи	G_r , дБи	$P_{\text{помвх}}$, дБ · Вт	H_1 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл1, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл1, дБ	H_2 , дБ	$P_{\text{пом}}$ бл2, дБ · Вт	$P_{\text{изб}}$ бл2, дБ
МХ800 11 к 156,55 МГц (Антенна СУДС 11 канал, СУДС)	-149	5,425	0	0	0	0	11,4	-12,4	-1	33	-	-	-
МХ800 16 к 156,8 МГц (Антенна СУДС 16 канал, СУДС)	-149	5,175	3	25,9	-22,3	-4,3	-55,1	-11,4	-66,5	-32,5	-	-	-

Анализ моделирования электромагнитной совместимости центра СУДС порта Новоросийск показал, что при одновременной работе 14, 11 и основного 9 каналов на входах приемников работающих радиостанций возникает помеха, мешающая нормальной работе операторов СУДС. Ситуация повторяется для случая одновременной работы 16, 11 и резервного 68 каналов, а также работы только 16 и основного 9 каналов, уменьшение мощности передатчиков УКВ радиостанций с максимальной величины (25 Вт) до минимальной

(1 Вт) данную помеху не устраняет. Т.о., одновременная работа нескольких передатчиков УКВ на площадке Центр СУДС невозможна. Связь УКВ в ближней зоне (непосредственно порт Новоросийск) должна быть организована таким образом, чтобы один оператор СУДС одновременно работал только на одном из пяти разрешенных каналов (на 16, на 11, на основном 9, или резервных 14 или 68).

Литература

1. Приказ Министерства транспорта РФ от 23 июля 2015г. № 226 "Об утверждении Требований к радиолокационным системам управления движением судов, объектам инфраструктуры морского порта, необходимым для функционирования Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, объектам и средствам автоматической информационной системы, службе контроля судоходства и управления судоходством".
2. Сорокин, А.С. Расчет характеристик ЭМС систем радиосвязи, работающих в общих полосах частот/ А.С. Сорокин, Г.И. Сорокин. – М.: Изд-во «МТУСИ», 2007. – 43 с.
3. ГОСТ 30 372–95. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.
4. Маринич, В.И. Береговые системы управления движением судов/ А.Н. Маринич, В.И. Санников, Ю.М. Устинов и др. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2007.
5. ГОСТ Р 55 898-2013. Технические средства радиосвязи. Взаимные радиопомехи в локальной группировке.
6. Руководство пользователя «Программное обеспечение для расчета взаимных радиопомех в локальной группировке EMC Planner 1.1_170328». Центр телекоммуникационных технологий. Новосибирск, 2017.
7. Studenikin D.E., Khekert E.V., Modina M.A. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english)//Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 1-1 (39).– С. 205-208.

References

1. Prikaz Ministerstva transporta RF ot 23 iyulya 2015g. № 226 "Ob utverzhenii Trebovaniy k radiolokatsionnym sistemam upravleniya dvizheniyem sudov, ob"yektam infrastruktury morskogo porta, neobkhodimym dlya funktsionirovaniya Global'noy morskoy sistemy svyazi pri bedstvii i dlya obespecheniya bezopasnosti, ob"yektam i sredstvam avtomaticheskoy informatsionnoy sistemy, sluzhbe kontrolya sudokhodstva i upravleniya sudokhodstvom".
2. Sorokin, A.S. Raschet kharakteristik EMS sistem radiosvyazi, rabotayushchikh v obshchikh polosakh chastot/ A.S. Sorokin, G.I. Sorokin. – M.: Izd-vo «MTUSI», 2007. – 43 s.
3. GOST 30 372–95. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Terminy i opredeleniya.
4. Marinich, V.I. Beregovyye sistemy upravleniya dvizheniyem sudov/ A.N. Marinich, V.I. Sannikov, YU.M. Ustinov i dr. Petropavlovsk-Kamchatskiy: KamchatGTU, 2007.
5. GOST R 55 898-2013. Tekhnicheskiye sredstva radiosvyazi. Vzaimnyye radiopomekhi v lokal'noy gruppirovke.
6. Rukovodstvo pol'zovatelya «Programmno obespecheniye dlya rascheta vzaimnykh radio-pomekh v lokal'noy gruppirovke EMC Planner 1.1_170328». Tsentr telekommunikatsionnykh tekhnologiy. Novosibirsk, 2017.
7. Studenikin D.E., Khekert E.V., Modina M.A. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english)//Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 1-1 (39). С. 205-208.

УДК 656.01

DOI: 10.34046/aumsuomt99/20

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

М.И. Макарова, студент

Е.А. Черепкова, кандидат технических наук, доцент

Рассматривается вопрос анализа существующих технологических решений в области цифровизации мировой транспортной отрасли. Приведен отечественный опыт цифровой сферы транспорта. Авторами предложена методика развития цифровизации в России.

Ключевые слова: цифровизация, ИТС, цифровые решения, тренды цифровизации, методика развития, технологии, блок-схема

DIGITALIZATION OF THE TRANSPORT COMPLEX OF THE RUSSIAN FEDERATION

M.I. Makarova, E. A. Cherepkova

We are considering the analysis of existing technological solutions in the field of digitalization of the transport industry around the world. The domestic experience of the digital sphere of transport is presented. A methodology for the development of digitalization in Russia is proposed.

Keywords: digitalization, ITS, digital solutions, digitalization trends, development methodology, technologies, block diagram.