

Отчет МСЭ-R SM.2449-0
(06/2019)

**Технические характеристики и анализ
воздействия индуктивной беспроводной
передачи энергии без использования
луча для мобильных и переносных
устройств в службах радиосвязи**

Серия SM
Управление использованием спектра



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REP/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра

Примечание. – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2020 г.

© ITU 2020

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2449-0

Технические характеристики и анализ воздействия индуктивной беспроводной передачи энергии без использования луча для мобильных и переносных устройств в службах радиосвязи

(Вопрос МСЭ-R 210-3/1)

(2019)

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Введение.....	2
2 Существующие применения индуктивных мобильных и переносных зарядных устройств, работающих в диапазоне частот 100–148,5 кГц.....	2
3 Международные стандарты для применений индуктивной беспроводной передачи энергии без использования луча в диапазоне частот 100–148,5 кГц	2
4 Технические и эксплуатационные характеристики для применений индуктивной БПЭ без использования луча в диапазоне частот 100–148,5 кГц.....	3
4.1 Эксплуатационные характеристики	3
4.2 Технические характеристики	4
5 Анализ воздействия на службы радиосвязи	4
5.1 1-е исследование, касающееся АМ-радиовещания	5
5.2 2-е исследование, касающееся АМ-радиовещания	12
5.3 Исследование воздействия устройств индуктивной БПЭ без использования луча на любительскую службу.....	23
5.4 Исследование воздействия устройств индуктивной БПЭ без использования луча на радионавигационную службу	29
5.5 Исследование воздействия устройств индуктивной БПЭ без использования луча на воздушную радионавигационную службу	38
6 Заключение	43
Приложение 1 – Справочные материалы	43
Приложение 2 – Сокращения	45

1 Введение¹

Учитывая возросшую потребность в беспроводных устройствах и глобальной мобильности, для питания этих устройств были разработаны технологии беспроводной передачи энергии (БПЭ), которые сегодня доступны потребителям во всем мире. МСЭ-R провел предварительную оценку применений индуктивной БПЭ без использования луча, включая различные сценарии использования, основные технические характеристики и соответствующие регуляторные условия в нескольких странах. Эта работа была выполнена в рамках Вопросы МСЭ-R 210-3/1, ее результаты приведены в Отчете МСЭ-R SM.2303 "Беспроводная передача энергии с использованием технологий, не предусматривающих передачу с помощью радиочастотного луча", а также частично в Рекомендации МСЭ-R SM.2110.

Цель настоящего Отчета – подробно описать проводимые работы по индуктивной БПЭ без использования луча, применяемой, в частности, для мобильных и переносных устройств в диапазоне частот 100–148,5 кГц с использованием передачи энергии мощностью до 15 Вт. В связи с различиями в эксплуатационных характеристиках, диапазонах частот и доступности информации системы высокой мощности с применением БПЭ без использования луча, такие как зарядные устройства для электромобилей и бытовые электроприборы, не входят в сферу применения настоящего Отчета. Выводы, содержащиеся в настоящем Отчете, предназначены для ответа на пункт 2 раздела *решает* Вопросы МСЭ-R 210-3/1, касающегося шагов, которые должны быть сделаны для минимизации воздействия на действующие службы радиосвязи, а также для демонстрации соответствия этих устройств пункту 15.12 Регламента радиосвязи.

2 Существующие применения индуктивных мобильных и переносных зарядных устройств, работающих в диапазоне частот 100–148,5 кГц

Согласно Отчету МСЭ-R SM.2303-1 технология индуктивной БПЭ применяется для мобильных и переносных устройств, таких как смартфоны, планшеты и портативные компьютеры. После публикации этого Отчета технология индуктивной БПЭ используется для носимых устройств, таких как умные часы и фитнес-трекеры. Устройства индуктивной БПЭ без использования луча, работающие в диапазоне частот 100–148,5 кГц, в настоящее время доступны и разрешены для применения в нескольких странах.

Для индуктивной зарядки без использования луча, как правило, требуется прямой контакт между заряжаемым устройством и источником питания. Когда такой контакт установлен и зарядка началась, предполагаемая мощность излучения не должна превышать 15 Вт. При разрыве контакта зарядка прекращается, однако при этом устройство может излучать незначительную энергию, используемую только в целях его обнаружения. В разделе 4 настоящего Отчета более представлены технические и эксплуатационные характеристики для применений индуктивной БПЭ без использования луча в диапазоне частот 100–148,5 кГц.

3 Международные стандарты для применений индуктивной беспроводной передачи энергии без использования луча в диапазоне частот 100–148,5 кГц

Действующие международные стандарты для применений индуктивной БПЭ без использования луча приведены в разделе 4 Отчета МСЭ-R SM.2303-1.

Как правило, применения БПЭ могут рассматриваться в качестве промышленных, научных и медицинских (ПНМ) (см. РР, пункты 1.15 и 15.13), если отсутствует обмен данными между зарядным и заряжаемым устройствами. Однако многие администрации в рамках своих национальных регламентов по использованию спектра допускают применение БПЭ в соответствии с правилами, касающимися устройств ближнего радиуса действия, или в качестве применений, освобожденных от лицензирования, поскольку они классифицируются как источники полезного сигнала.

¹ В двух сценариях исследований, представленных в настоящем Отчете, используются потери на входе в здание. От ответственной группы в МСЭ-R была получена информация, что этот подход имеет ограниченную применимость.

4 Технические и эксплуатационные характеристики для применений индуктивной БПЭ без использования луча в диапазоне частот 100–148,5 кГц

4.1 Эксплуатационные характеристики

Системы с индуктивной БПЭ без использования луча, применяемые для зарядки мобильных и переносных устройств, используются в первую очередь внутри помещений, например в рабочих помещениях или жилых домах.

Чаще всего зарядка производится только при наличии прямого контакта между заряжаемым устройством и источником питания. Эти процессы, как правило, занимают короткие промежутки времени – до полной зарядки батареи заряжаемого устройства. При полной зарядке батареи или разрыве прямого контакта уровень излучения значительно снижается.

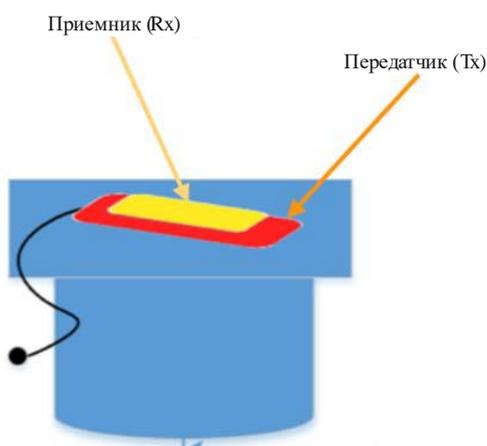
Применения, включенные в настоящий Отчет, доступны на рынке и сертифицируются в соответствии с правилами освобождения от лицензирования ФКС², поскольку они считаются источниками полезного сигнала, разрешенными для использования и продажи на территории Соединенных Штатов Америки.

4.1.1 Сценарии зарядки

Испытания проводились с использованием как одиночного зарядного устройства (далее – вариант или сценарий с единичной помехой) (рисунок 1), так и групп из пяти зарядных устройств (далее – вариант или сценарий с суммарной помехой) (рисунок 2).

РИСУНОК 1

Типовая схема развертывания одиночных устройств в домашних условиях

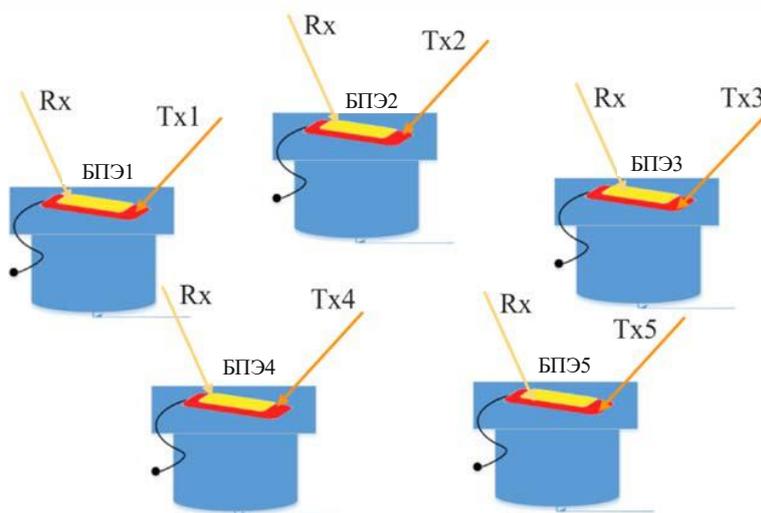


Report SM.2449-01

² Пункт 47, части 15 и 18 CFR (2017 г.).

РИСУНОК 2

Типовая схема развертывания группы устройств в условиях рабочего помещения



Report SM.2449-02

4.2 Технические характеристики

ТАБЛИЦА 1

Режим работы

Полоса пропускания	417 Гц			
Уровни мощности	Основная гармоника –15 дБмкВ/м на расстоянии 300 м			
Напряженность поля	Основная гармоника –15 дБмкВ/м на расстоянии 300 м			
Гармонические составляющие	HD3	HD5	HD7	HD9
	–24 дБмкВ/м на расстоянии 300 м	8,9 дБмкВ/м на расстоянии 30 м	6 дБмкВ/м на расстоянии 30 м	4 дБмкВ/м на расстоянии 30 м

5 Анализ воздействия на службы радиосвязи

В соответствии со Статьей 5 РР к службам радиосвязи, имеющим в настоящее время первичные распределения в диапазоне частот 100–148,5 кГц, относятся фиксированная, радионавигационная (включая воздушную), морская подвижная и морская радионавигационная службы. Кроме того, любительской службе распределена на вторичной основе полоса частот 135,7–137,8 кГц во всех трех Районах. Радиовещательная служба имеет распределения на первичной основе в Районе 1, начиная с полосы частот 148,5–255 кГц.

5.1 1-е исследование, касающееся АМ-радиовещания

Радиовещательная служба работает в следующих диапазонах частот:

- Район 1 – 148,5–283,5 кГц и 526,5–1606,5 кГц³;
- Район 2 – 525–1625 кГц (согласно пункту 5.89⁴);
- Район 3 – 526,5–1606,5 кГц³.

Испытания проводились с применениями индуктивной БПЭ без использования луча, работающими в диапазоне частот 100–148,5 кГц. При проведении испытаний использовался канал 810 кГц, соответствующий 7-й гармонике применений БПЭ. Канал 810 кГц – это ближайший канал, который удовлетворяет требованиям минимальной мощности сигнала для АМ-радиовещания в Соединенных Штатах Америки.

5.1.1 Оборудование для проведения испытаний

В этом исследовании используются данные, полученные в ходе испытаний в защищенной 3-метровой испытательной камере. Восемь серийно выпускаемых индуктивных мобильных зарядных устройств были испытаны на предмет создания помех двум серийно выпускаемым АМ-радиоприемникам. В сценарии с суммарной помехой использовались пять из восьми мобильных зарядных устройств, заряжающих оборудование одновременно.

Измерения напряженности поля проводились с использованием экранированной рамочной антенны. Как в варианте с суммарной, так и с одиночной помехой измерялось воздействие на два АМ-радиоприемника. Установка для испытания с единичной помехой показана ниже на рисунке 3.

РИСУНОК 3

Лабораторное оборудование для варианта с единичной помехой



Report SM.2449-03

³ Радиовещательная служба подчиняется Плану, установленному Женевским региональным соглашением 1975 года для полос частот 148,5–283,5 кГц (Район 1) и 526,5–1606,5 кГц (Районы 1 и 3) (Женева, 1975 г.).

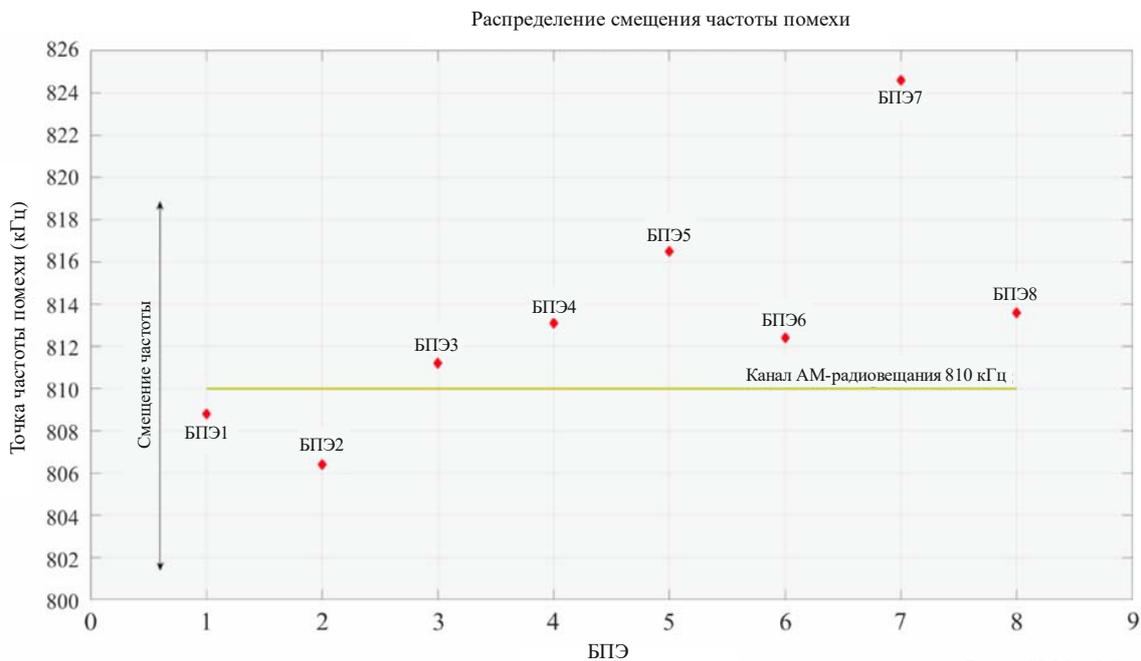
⁴ Пункт 5.89. В Районе 2 полоса 1605–1705 кГц должна использоваться станциями радиовещательной службы согласно Плану, установленному Региональной административной радиоконференцией (Рио-де-Жанейро, 1988 г.).

5.1.2 Субъективное испытание на слышимость помех (сценарии с единичной и суммарной помехами)

В настоящем разделе приведены данные и результаты субъективного испытания на слышимость помех. На рисунке 4 показано, что все 7-е гармоники беспроводных зарядных устройств находятся в диапазоне смещения частоты -4 кГц $\sim +14,6$ кГц. В сценарии с суммарной помехой беспроводные зарядные устройства расположены вокруг АМ-радиоприемника на расстояниях приблизительно 0,6 м друг от друга.

РИСУНОК 4

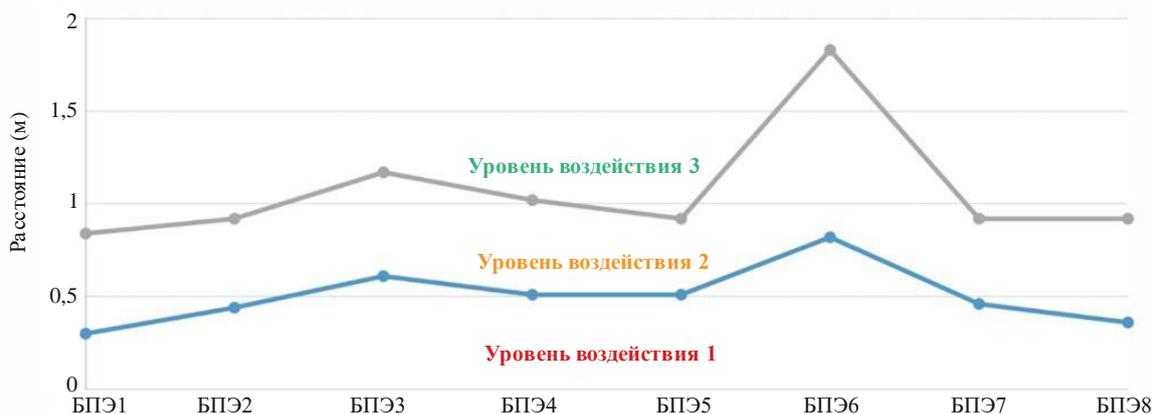
Распределение частоты 7-х гармоник от беспроводных зарядных устройств



Результаты испытаний воздействия каждого беспроводного зарядного устройства на оба радиовещательных приемника (АМ1 и АМ2) приведены на рисунках и в таблицах ниже. На рисунках используются три уровня воздействия (см. таблицу 2) для оценки уровня слышимого шума, наводимого каждым беспроводным зарядным устройством в АМ-радиоприемниках, и для построения графиков наилучших и наихудших вариантов слышимых помех. При этом воздействие уровня 1 является недопустимым, а воздействие уровня 3 – неслышимым. Уровень воздействия уменьшается с увеличением расстояния между беспроводным зарядным устройством и АМ-радиоприемником.

РИСУНОК 5

Результаты субъективных испытаний на слышимость помех в радиоприемнике АМ1

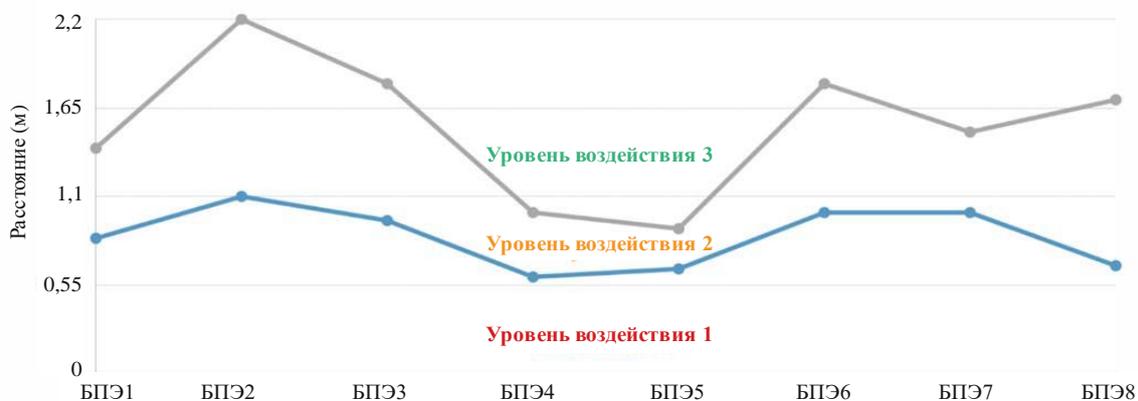


Устройство БПЭ

Report SM.2449-05

РИСУНОК 6

Результаты субъективных испытаний на слышимость помех в радиоприемнике АМ2



Устройство БПЭ

Report SM.2449-06

ТАБЛИЦА 2

Описание уровней воздействия

Уровень воздействия	Определение
1	Недопустимый шум
2	Слышимый, но допустимый шум
3	Неслышимый шум

В таблицах 3 и 4 приведены краткие результаты испытаний для варианта с единичной помехой и радиоприемниками АМ1 и АМ2. В двух крайних правых столбцах указаны расстояния, которые соответствуют рисункам 5 и 6 выше. Радиоприемник АМ1: если беспроводное зарядное устройство находится на расстоянии более 1,83 м, то слышимые помехи отсутствуют. Что касается радиоприемника АМ2, при размещении беспроводного зарядного устройства на расстоянии более 1,8 м слышимые помехи исчезают.

ТАБЛИЦА 3

Результаты субъективных испытаний на слышимость помех в радиоприемнике АМ1
для варианта с единичной помехой

Тип зарядного устройства	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 3 м	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 10 м	Уровень АМ-радиосигнала (дБмкВ/м) (канал 810 кГц)	Граница между уровнем 1 и уровнем 2 (м)	Граница между уровнем 2 и уровнем 3 (м)
БПЭ1	-22,06	-53,36	54,35	0,3	0,84
БПЭ2	-27,11	-58,41	54,35	0,44	0,92
БПЭ3	-12,65	-43,95	54,35	0,61	1,17
БПЭ4	-29,74	-61,04	54,35	0,51	1,02
БПЭ5	-16,02	-47,32	54,35	0,51	0,92
БПЭ6	-28,8	-60,1	54,35	0,82	1,83
БПЭ7	-7,04	-38,34	54,35	0,46	0,92
БПЭ8	-29,88	-61,18	54,35	0,36	0,92

ТАБЛИЦА 4

Результаты субъективных испытаний на слышимость помех в радиоприемнике АМ2
для варианта с единичной помехой

Тип зарядного устройства	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 3 м	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 10 м	Уровень АМ-радиосигнала (дБмкВ/м) (канал 810 кГц)	Граница между уровнем 1 и уровнем 2 (м)	Граница между уровнем 2 и уровнем 3 (м)
БПЭ1	-22,06	-53,36	54,16	0,84	1,4
БПЭ2	-27,11	-58,41	54,16	1,1	2,2
БПЭ3	-12,65	-43,95	54,16	0,95	1,8
БПЭ4	-29,74	-61,04	54,16	0,6	1
БПЭ5	-16,02	-47,32	54,16	0,65	0,9
БПЭ6	-28,8	-60,1	54,16	1	1,8
БПЭ7	-7,04	-38,34	54,16	1	1,5
БПЭ8	-29,88	-61,18	54,16	0,67	1,7

В таблицах 5 и 6 приведены результаты испытания с суммарной помехой. В этом испытании использовались пять беспроводных зарядных устройств, которые были расположены вокруг АМ-радиоприемника на расстоянии приблизительно 0,6 м друг от друга. Результаты испытания с суммарной помехой для радиоприемника АМ1 показывают, что размещение пяти беспроводных зарядных устройств на расстоянии более 2,2 м предотвращает появление слышимых помех. Для радиоприемника АМ2 размещение пяти зарядных устройств на расстоянии более 2,3 м предотвращает появление слышимых помех радиоприемнику.

ТАБЛИЦА 5

Результаты субъективных испытаний на слышимость помех в радиоприемнике АМ1
для варианта с суммарной помехой

Тип зарядного устройства	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 3 м	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 10 м	Уровень АМ-радиосигнала (дБмкВ/м) (канал 810 кГц)	Граница между уровнем 1 и уровнем 2 (м)	Граница между уровнем 2 и уровнем 3 (м)
БПЭ1	-12,65	-43,95	54,16	1,2	2,2
БПЭ2	-29,74	-61,04	54,16		
БПЭ3	-28,8	-60,1	54,16		
БПЭ4	-7,04	-38,34	54,16		
БПЭ5	-29,88	-61,18	54,16		

ТАБЛИЦА 6

Результаты субъективных испытаний на слышимость помех в радиоприемнике АМ2
для варианта с суммарной помехой

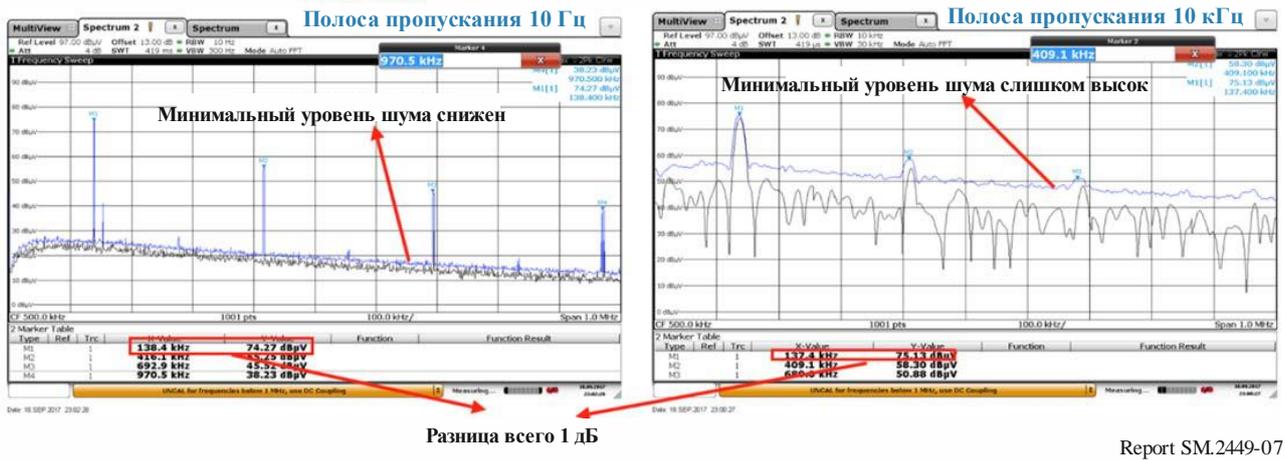
Тип зарядного устройства	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 3 м	Напряженность поля 7-й гармоники (дБмкА/м) на расстоянии 10 м	Уровень АМ-радиосигнала (дБмкВ/м) (канал 810 кГц)	Граница между уровнем 1 и уровнем 2 (м)	Граница между уровнем 2 и уровнем 3 (м)
БПЭ1	-12,65	-43,95	54,16	1,1	2,3
БПЭ2	-29,74	-61,04	54,16		
БПЭ3	-28,8	-60,1	54,16		
БПЭ4	-7,04	-38,34	54,16		
БПЭ5	-29,88	-61,18	54,16		

5.1.3 Определение уровня напряженности открытого поля для устройств БПЭ и АМ-радиоприемников

На рисунке 7 показана настройка полосы пропускания для измерений гармоник БПЭ и визуального обоснования использования полосы 10 Гц. Как показано на рисунке, разница уровней сигнала между полосами пропускания 10 Гц и 10 кГц составляет всего 1 дБ, однако значительно снижает порог шума. Кроме того, использование полосы 10 Гц в большей степени согласуется с характеристиками сигнала БПЭ. Сигнал БПЭ похож на синусоидальную волну и поэтому почти не связан с полосой пропускания. Переход к полосе 10 Гц также позволил лучше понять, что необходимо для измерений.

РИСУНОК 7

Обоснование выбора полосы пропускания



Настройка полосы пропускания АМ-радиоприемника показана на рисунке 8. Исходя из разницы в 1 дБ полоса 10 Гц также использовалась для АМ-радиоприемников.

РИСУНОК 8

Настройка полосы пропускания АМ-радиоприемника

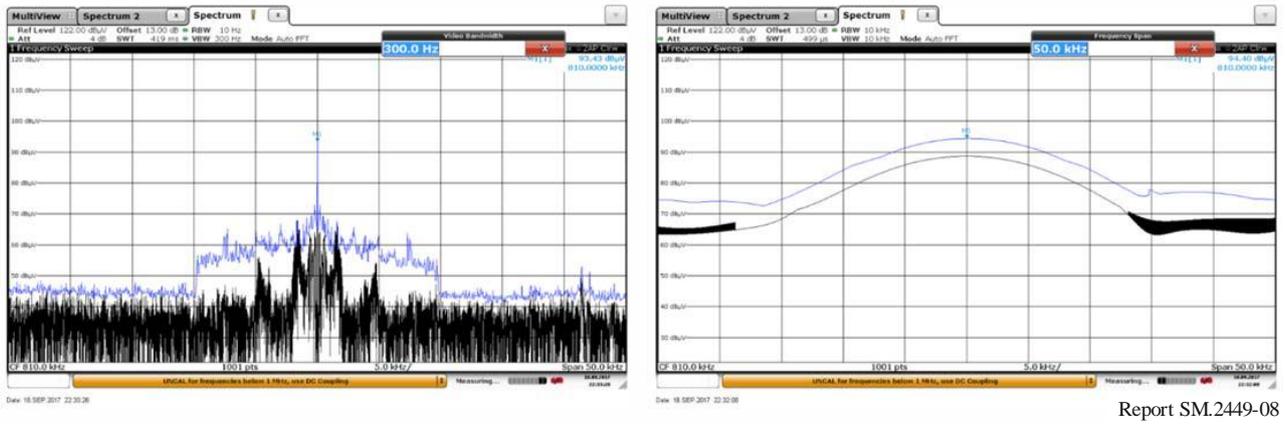
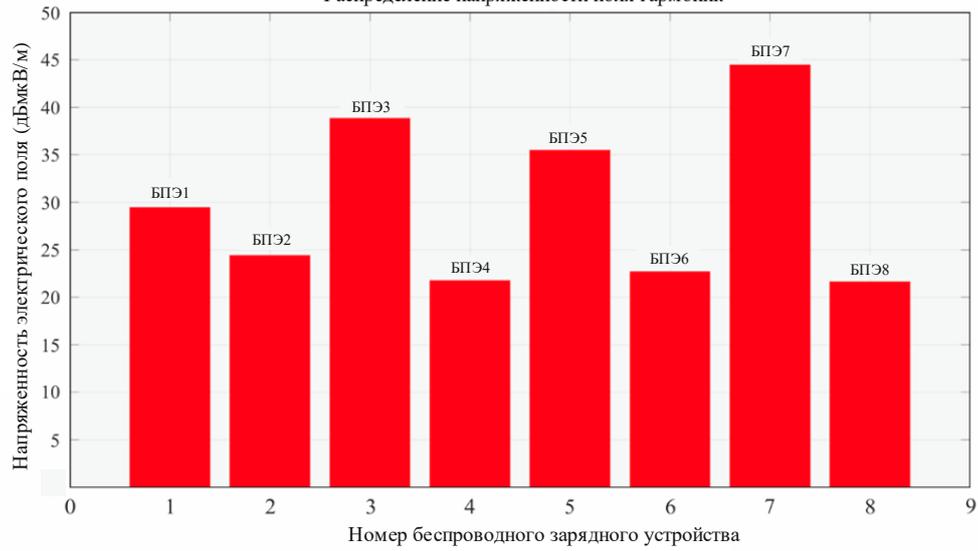


РИСУНОК 9

Измерение напряженности поля 7-й гармоники на расстоянии 3 м

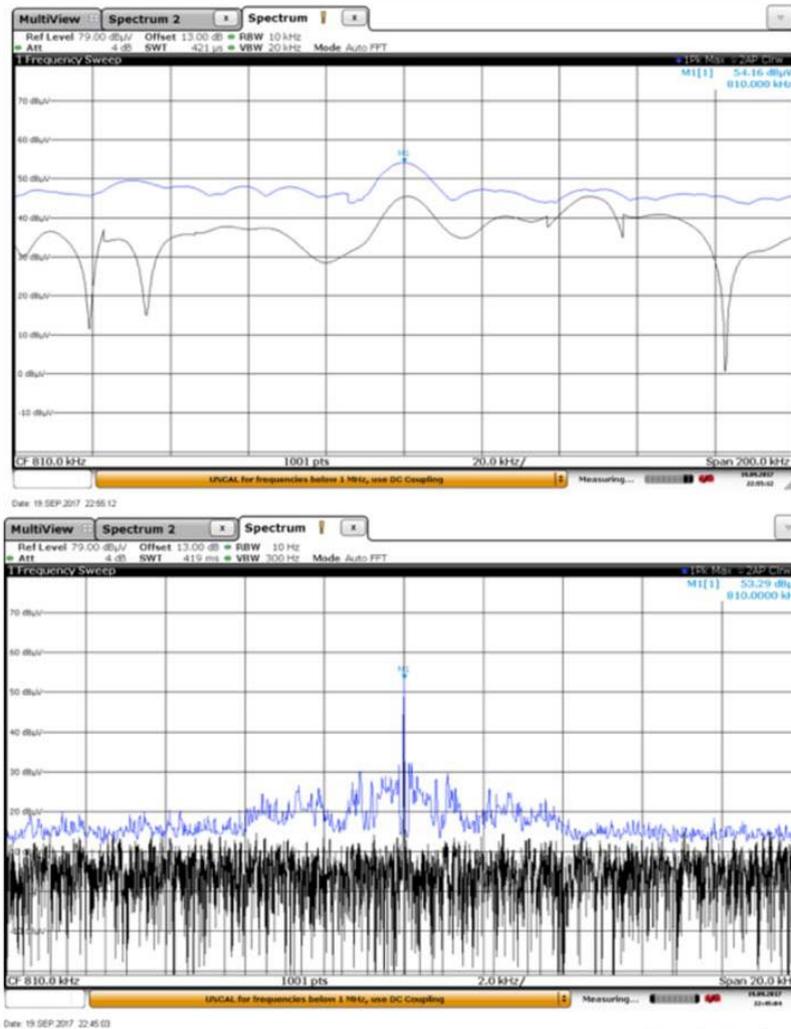
Распределение напряженности поля гармоник



Report SM.2449-09

РИСУНОК 10

Уровень АМ-радиосигнала 54,16 дБмкВ/м (0,5 мВ/м = 54 дБмкВ/м)



Report SM.2449-10

5.1.4 Краткое изложение результатов испытаний

Согласно результатам лабораторных испытаний 2,3 м – это минимальное расстояние разноса, необходимое для предотвращения создания слышимых помех радиовещательным АМ-приемникам от 7-й гармоники сигнала испытываемых устройств с индукционной зарядкой. Такое расстояние можно обеспечить в рабочих помещениях и жилых домах, где обычно используются эти мобильные устройства. Таким образом проведенное исследование показало, что в данном случае воздействием на радиовещательную службу можно пренебречь.

ТАБЛИЦА 7

Итоговые данные эксперимента

АМ-радио-приемники	Уровень АМ-радиосигнала (дБмкВ/м) (целевое значение 500 мкВ/м, 54 дБмкВ/м)	Воздействие одиночной помехи, наихудший случай, отдельные испытания для 8 беспроводных зарядных устройств	Воздействие суммарной помехи, наихудший случай, одновременные испытания 5 устройств БПЭ, расположенных на расстоянии 0,6 м друг от друга
АМ1	54,35	< 0,82 м, недопустимый шум > 1,83 м, неслышимый шум	< 1,2 м, недопустимый шум > 2,2 м, неслышимый шум
АМ2	54,16	< 1,1 м, недопустимый шум > 2,2 м, неслышимый шум	< 1,1 м, недопустимый шум > 2,3 м, неслышимый шум

5.2 2-е исследование, касающееся АМ-радиовещания

5.2.1 Общие соображения

Было проведено несколько испытаний, в основном субъективных, с использованием анонимного зарядного устройства для телефона, симулятора мобильного телефона в качестве эквивалентной нагрузки и смартфона.

С самого начала было очевидно, что повторяемость станет основной проблемой. Кроме того, было довольно сложно объяснить результаты наблюдений. Излучение зарядного устройства очень сильно зависело от точного расположения нагрузки (или телефона) на зарядном устройстве, его точного позиционирования относительно радиоприемника и его ориентации. При изменении этих параметров изменялись не только рабочая частота, но и характер помех. В общем случае выходной сигнал оказывался импульсной и, по-видимому, отфильтрованной прямоугольной волной с частотой, которая изменялась даже в тех случаях, когда нагрузка была зафиксирована неподвижно относительно зарядного устройства. Даже в тех случаях, когда в канале, на который был настроен радиоприемник, отсутствовали гармонические составляющие⁵, в диапазоне СЧ временами можно было слышать довольно выраженные переходные процессы при переключении⁶ (на частоте повторения импульсов). Помимо определенной зависимости от точного положения зарядного устройства относительно радиоприемника наблюдалась существенная зависимость воздействия от предполагаемой относительной поляризации зарядного устройства; воздействие помех удавалось в определенной мере устранять путем тщательной настройки. Притом что влияние местоположения и поляризации вероятно было ожидаемым, оно происходило не всегда, и в таких случаях его было трудно объяснить. В связи с общей изменчивостью и нестабильностью всей схемы предполагается, что проведение достоверных измерений может вызывать трудности.

⁵ Незначительные изменения в положении нагрузки относительно зарядного устройства могут приводить к переходу гармоники в соседний канал или еще далее.

⁶ Также зависит от положения нагрузки и ориентации.

Эксплуатационные характеристики зарядного устройства при зарядке телефона существенно отличались от показателей при эквивалентной нагрузке. Неясно было, в какой степени изменения параметров могут зависеть от уровня зарядки батареи телефона. Телефон оказался почти полностью заряженным.

В отсутствие телефона на зарядном устройстве, фактически находящемся в состоянии "без нагрузки", зарядное устройство периодически (довольно часто) излучает импульс – своего рода запрос готовности в адрес любого мобильного телефона, который может находиться на зарядном устройстве или рядом с ним, чтобы инициировать процесс зарядки. Даже при отсутствии заряжаемого телефона эти импульсы были четко слышны в расположенном поблизости радиоприемнике.

Субъективная оценка показала, что при комбинации нагрузки с катушкой индуктивности и искусственно генерируемого⁷ полезного входящего сигнала +18,5 дБмкА/м (эквивалентно 70 дБмкВ/м – на 10 дБ выше минимальной чувствительности приемника, указанной в Рекомендации МСЭ-R BS.703) воздействие источника помех на расстоянии разноса 2 м может соответствовать диапазону создаваемых помех от относительно неслышимых до очень сильных при изменении ориентации или точного положения зарядного устройства. Эти данные заметно расходятся с результатами, представленными в таблицах 3 и 4 настоящего Отчета, которые показывают, что для всех тестируемых зарядных устройств помехи были не слышны, когда разнесение достигало 2 м (а иногда и намного меньше), а уровень входящего (полезного) сигнала был на 16 дБ ниже.

5.2.2 Схема проведения испытаний

Испытания проводились в экранированном помещении длиной почти 4 м. Это накладывало определенные ограничения на условия испытаний; максимально возможный разнос между радиоприемником и зарядным устройством составлял 2 м, и это играло важную роль. Физическая схема испытаний изображена на рисунках 11 и 12.

РИСУНОК 11

Схема испытательной установки

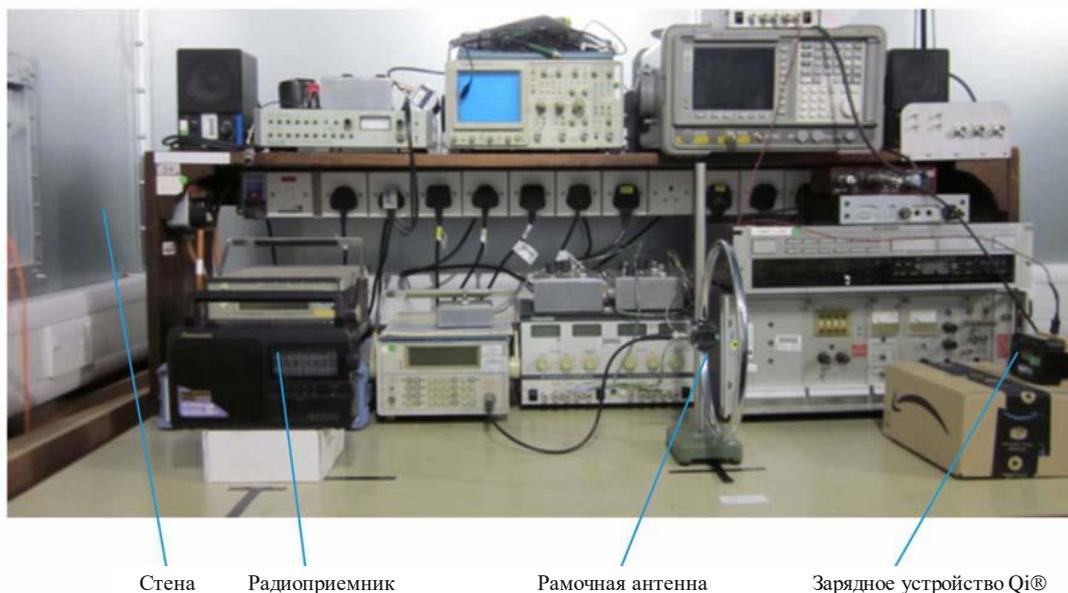


Report SM.2449-11

⁷ Испытания проводились в экранированном помещении.

РИСУНОК 12

Фотография испытательной установки



Стена

Радиоприемник

Рамочная антенна

Зарядное устройство Qi®

Report SM.2449-12

Ферритовая антенна радиоприемника и зарядное устройство были размещены на перпендикулярной оси рамочной антенны. При проведении испытаний расстояние от стены составляло для радиоприемника 0,5 м, для рамочной антенны 1,0 м, для зарядного устройства 1,2 м.

Рамочная антенна использовалась для генерирования моделируемого вещательного сигнала. Такого рода модель вещательного сигнала обладала рядом преимуществ по сравнению с эфирным сигналом.

Можно было с требуемой точностью управлять уровнем сигнала в радиоприемнике.

Кроме того, можно было управлять рабочей частотой; это позволило не только согласовывать частоту настройки приемника с частотой зарядного устройства, но также исследовать различные гармоники зарядного устройства, которые влияли на разные несущие частоты (разные каналы вещания).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Радиоприемник мог быть настроен и настраивался на частоту зарядного устройства, а не наоборот.

Для всех испытаний могли использоваться одни и те же образцы звука (речь и музыка), что позволяло устранить потенциальный источник погрешности.

Возможность управления уровнем сигнала в радиоприемнике означала также, что перемещение зарядного устройства на более близкое или более дальнее расстояние от приемника могло быть смоделировано без физического перемещения. Как уже отмечалось ранее, размеры экранированного помещения накладывали жесткие ограничения на возможное расстояние разноса. Там, где это было необходимо, учитывалось также влияние отражений от стен (см. пункт 3.6.1). С учетом обратной кубической зависимости между напряженностью поля и расстоянием повышение уровня полезного (вещательного) сигнала на 18 дБ приведет к удвоению расстояния разноса между радиоприемником и зарядным устройством. Очевидно, что радиоприемник будет работать с сигналом, уровень которого выше на 18 дБ. Поэтому для поддержания правильного отношения сигнал/шум в радиоприемник должен был быть добавлен дополнительный РЧ-шум с уровнем 18 дБ. Это легко реализуется путем добавления шума к полезному сигналу в рамочной антенне⁸. Таким образом может быть задано

⁸ На практике генерировался псевдослучайный шум, который затем добавлялся к аудиосигналу на компьютере.

любое желаемое эффективное расстояние⁹ между радиоприемником и зарядным устройством, и может быть измерено снижение воздействия помех в зависимости от расстояния разноса.

Угол наклона зарядного устройства был отрегулирован для получения максимального воздействия на радиоприемник (наихудший случай) и обеспечения максимального взаимодействия с испытательными катушками. Минимальное взаимодействие зарядного устройства с радиоприемником – при этом во многих случаях помехи были фактически не слышны – происходило тогда, когда зарядное устройство вместе с нагрузкой было отклонено от горизонтали примерно на 10° , а нагрузка находилась на удалении от радиоприемника. Геометрическая конфигурация предполагает, что минимальное взаимодействие происходит при горизонтальном положении катушки зарядного устройства, так как поле помех будет совпадать с направлением минимальной чувствительности ферритовой антенны (будет находиться под прямым углом к направлению максимальной чувствительности). На практике направление минимальной чувствительности зависело от точного расположения нагрузки на зарядном устройстве. Очевидно, что это также зависело от вертикального и бокового смещения зарядного устройства от оси ферритовой антенны. Минимальная чувствительность была четко выраженной, в то время как максимальная чувствительность была выражена менее определенно. Диаграмма направленности $\cos \theta$ в полярных координатах зарядной катушки максимальна вблизи нуля (при минимальном заряде) и имеет практически горизонтальный участок при максимальном заряде.

5.2.3 Измерение эксплуатационных характеристик приемника

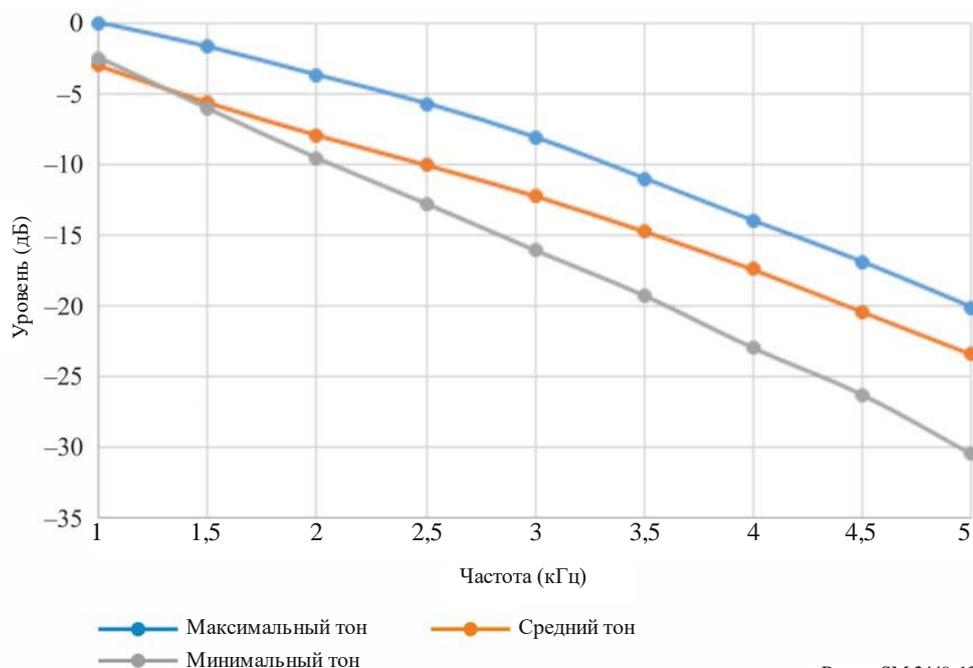
Характеристики звуковых эталонных радиовещательных АМ-приемников для целей планирования приведены в Рекомендации МСЭ-R BS.703. Соответствующие параметры:

- | | |
|---|--|
| – характеристика (частотная) звуковой модуляции | –3 дБ на частоте 2 кГц;
–24 дБ на частоте 5 кГц; |
| – отношение сигнал/шум аудиосигнала при напряженности поля 60 дБмкВ/м | 26 дБ невзвешенное эталонное значение при модуляции 30%. |

В наличии имелись два переносных радиоприемника – приемник 1 и приемник 2. Проведены измерения в целях определения степени их соответствия эталонному приемнику. Приемник 1, выпущенный в 1980-е годы, имел кнопочную настройку и деревянный корпус. Приемник 2 был более современным, недорогим, но с приемлемыми характеристиками. Результаты измерений приведены на рисунках 13 и 14. Следует отметить влияние регулировки тембра.

⁹ Вплоть до момента перегрузки входного РЧ-каскада радиоприемника сигналом завышенного уровня.

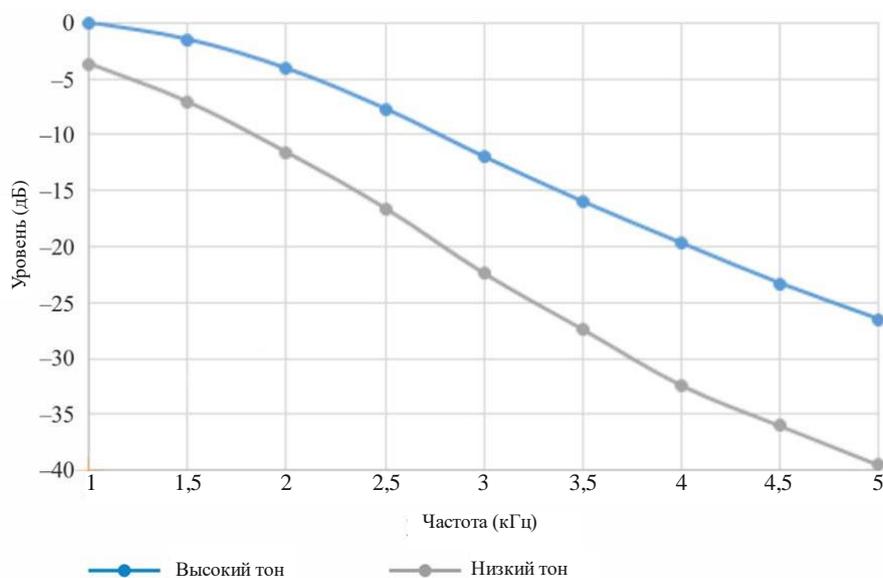
РИСУНОК 13
Характеристика модуляции приемника 1



Report SM.2449-13

Влияние регулировки тембра приемника 1 довольно нестандартно; кажется, что она больше влияет на общий уровень, чем на характеристику в области верхних частот, которая в значительной степени определяется фильтрами ПЧ. Для испытаний на воздействие помех регулировка должна быть установлена на максимум, что позволяет удерживать характеристику на частоте примерно 2 кГц. Характеристика на частоте 5 кГц имеет не столь большое значение, поскольку источник помех будет намеренно смещен примерно на 2 кГц от желаемой несущей, чтобы представить наихудший случай.

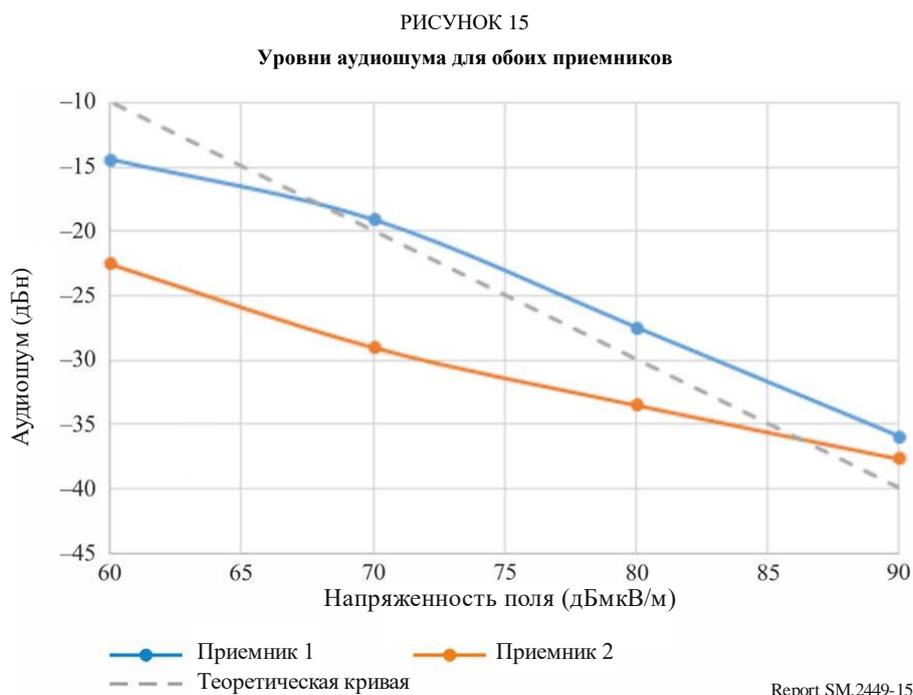
РИСУНОК 14
Характеристика модуляции приемника 2



Report SM.2449-14

Регулятор (переключатель) тембра действительно оказывает существенное влияние. Очевидно, что при любом испытании переключатель должен находиться в положении "High" – между "High" и "Low" нет промежуточного положения – при этом характеристика модуляции довольно точно совпадает с характеристикой эталонного приемника, приведенной в Рекомендации МСЭ-R BS.703.

Уровни аудиошума, измеренные в зависимости от напряженности поля, представлены на рисунке 15.



Уровни шума указаны относительно глубины АМ-модуляции 30% согласно требованиям Рекомендации МСЭ-R BS.703 (аудиошум -30 дБ соответствует отношению сигнал/шум 30 дБ). Теоретически ожидается, что отношение сигнал/шум будет увеличиваться пропорционально полезному сигналу (дБ на дБ) в соответствии с пунктирной линией. На практике "опорный" шум (в последних каскадах приемника) задает верхний предел, в то время как при низких уровнях сигнала АРУ выходит за пределы диапазона. При уровне сигнала 60 дБмкВ/м характеристики приемника 1 выглядят лучше, чем ожидалось. Однако на самом деле это не так, поскольку уровень полезного сигнала снижался вместе с уровнем шума.

Таким образом представляется, что в испытаниях предпочтительнее использовать приемник 2, поскольку он более точно соответствует эталонным параметрам, указанным в Рекомендации МСЭ-R BS.703. Для аудиосигнала отношение сигнал/шум ниже примерно на 5 дБ, но это не является существенной проблемой, поскольку при оценке влияния помех практически невозможно использовать большие расстояния. В испытаниях использовались меньшие расстояния разнота и более высокие эталонные значения напряженности поля, как указано в пункте 3.2.

Следует отметить, что несущая частота, выбранная для испытаний, равнялась стандартному значению 999 кГц. При использовании другой частоты чувствительность приемника скорее всего изменится.

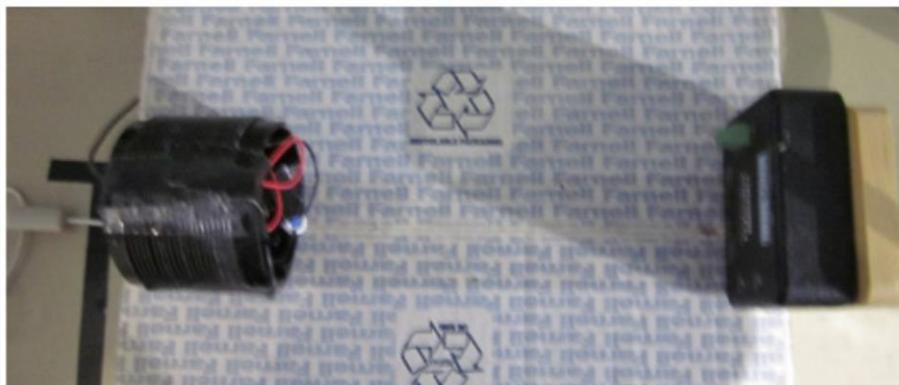
5.2.4 Уровни излучения зарядного устройства

Проведены измерения уровней излучения зарядного устройства. Результаты измерений в целом соответствуют данным, приведенным в таблицах 3–6 настоящего Отчета.

В эксперименте использовался самодельный детектор, состоящий из десяти витков проволоки, намотанной на небольшой отрезок тренажной трубки; диаметр катушки составлял 68 мм. После катушки детектора был подключен маломушмящий усилитель с номинальным усилением 30 дБ.

РИСУНОК 16

Самодельный детектор (слева) и зарядное устройство Qi® (с нагрузкой)



Report SM.2449-16

На расстоянии 1 м уровень сигнала, измеренный анализатором спектра, составлял -34 дБм. Поскольку коэффициент усиления предварительного усилителя был равен 29 дБ (измеренное значение), мощность сигнала на выходе катушки составляла -63 дБм. Значение 0 дБм эквивалентно 224 мВ, следовательно, значение -63 дБм эквивалентно $0,159$ мВ¹⁰.

Магнитное поле H , проходящее через катушку площадью A и с количеством витков N , создает ЭДС E , равную $\mu_0 H A N \omega$, где μ_0 – проницаемость свободного пространства (определяемая как $4\pi \times 10^{-7}$), а ω – угловая частота. Преобразование формулы дает:

$$H = E / \mu_0 A N \omega. \quad (1)$$

Подставляем числа: $H = 0,159 \times 10^{-3} / \{ (4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0,034^2) \times 10 \times (2\pi \times 115 \times 10^3) \}$.

Следовательно, $H = 0,0048$ А/м на расстоянии 1 м.

Это эквивалентно $73,6$ дБмкА/м (или $125,1$ дБмкВ/м для эквивалентного электрического поля в свободном пространстве). На расстоянии 300 м эта величина снижается на $60 \log 300$ дБ или на $148,6$ дБ, в результате чего получаем $-23,5$ дБмкВ/м. В разделе 5.1 приведена величина -15 дБмкВ/м. С учетом различных погрешностей измерения данную величину можно считать приемлемой.

5.2.5 Уровни излучения гармоник зарядного устройства

Относительные уровни гармоник также представляют интерес; именно гармоники будут нарушать прием радиосигналов на низких (НЧ) и средних (СЧ) частотах.

Для измерения гармоник на расстоянии 200 мм рядом с зарядным устройством была размещена четырехвитковая поисковая катушка. Геометрические параметры катушки были аналогичны параметрам катушки, используемой в предыдущих измерениях (предыдущий раздел), однако количество витков было меньше и отсутствовал усилитель. Выход катушки был подключен непосредственно к анализатору спектра – такому же, как и в предыдущем случае. Это привело к потерям в 6 дБ, так как катушка была снабжена согласующим резистором 50 Ом.

При предыдущем измерении был получен уровень основной гармоники, равный $0,034$ А/м на расстоянии 1 м. В данном измерении фактический уровень составил -45 дБм. Возьмем снова уравнение (1), полученное выше:

$$H = E / \mu_0 A N \omega.$$

Подставляем числа: $H = 1,26 \times 2 \times 10^{-3} / \{ (4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0,034^2) \times 4 \times (2\pi \times 115 \times 10^3) \}$,

¹⁰ Строго говоря, дБм – это единица мощности в системе с постоянным полным сопротивлением. В этом случае катушка фактически передает напряжение в высокий импеданс.

где выраженная в вольтах величина $1,26 \times 10^{-3}$ соответствует -45 дБм, а выделенная цифра 2 компенсирует потери в нагрузке:

$$H = 0,19 \text{ А/м.}$$

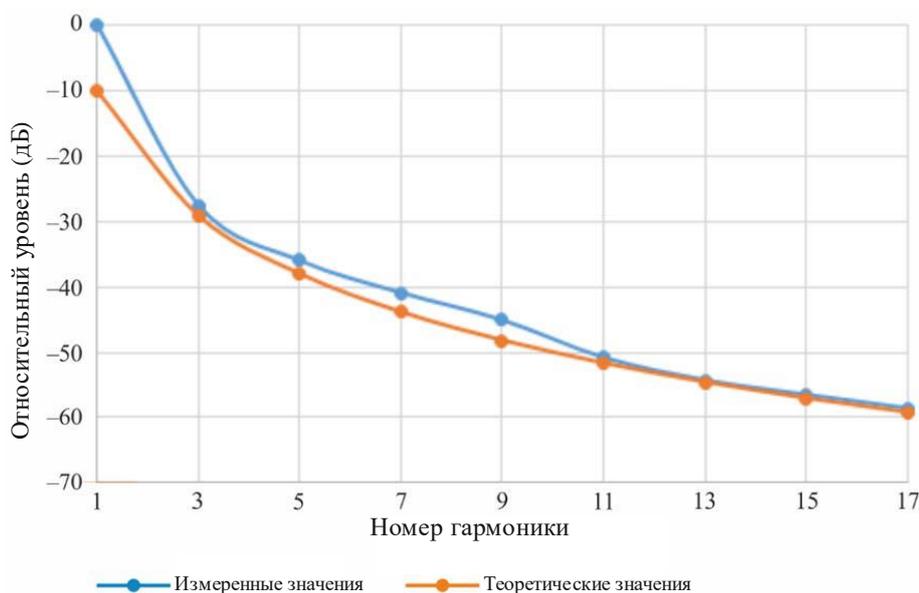
Учитывая, что измерение производилось на расстоянии 0,2 м, а не 1,0 м, обратная кубическая зависимость требует разделить полученную величину на 125 для сравнения:

$$H = 0,0015 \text{ А/м.}$$

Поле в точке, перпендикулярной диполю, вдвое меньше, чем в точке на том же расстоянии, но на одной линии с диполем. Таким образом это вполне согласуется с предыдущим результатом.

РИСУНОК 17

Относительные уровни гармоник зарядного устройства



Report SM.2449-17

График относительных уровней гармоник показан на рисунке 17. Нормализация была выполнена следующим образом:

- величина основной гармоники была задана равной 0 дБ;
- из остальных компонентов было вычтено $20 \times \log n$, где n – номер гармоники. Это сделано для компенсации характеристики катушки пропорционально частоте.

Теоретическая кривая предполагает формулу затухания в 40 дБ на декаду ($1/n^2$): 20 дБ на декаду из-за индуктивности передающей катушки (берется для управления от источника напряжения) и 20 дБ на декаду из-за уровня гармоник прямоугольной волны (принимается за форму волны, управляющую катушкой). Эта модель представляется вполне целесообразной. (Очевидно, что она не будет применима к основной гармонике, поскольку катушка будет резонировать на данной частоте.)

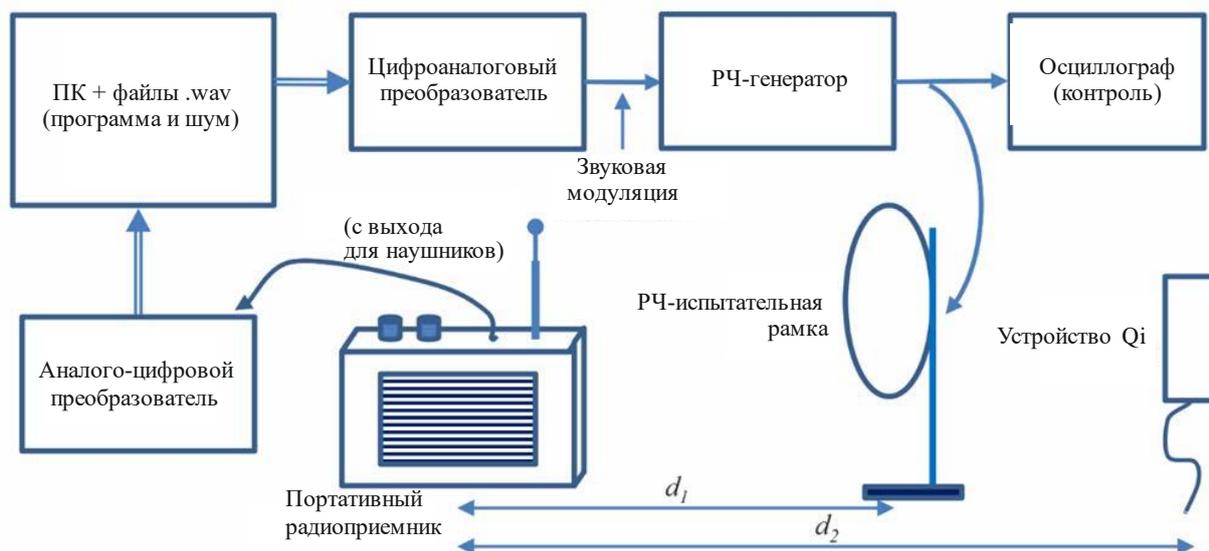
Если взять в качестве примера 7-ю гармонику, то уровень будет на 41 дБ ниже уровня основной гармоники. В предположении, что H равно 0,00482 А/м для основной гармоники, это равно 32,7 дБмкА/м, или же равно эквивалентному электрическому полю напряженностью около 84,2 дБмкВ/м на расстоянии разноса 1 м.

5.2.6 Оценка уровней помех

Воздействие помех, создаваемых комбинацией зарядное устройство – нагрузка, было измерено как объективно, так и субъективно на аудиовыходе радиоприемника при помощи схемы, изображенной на рисунке 18.

РИСУНОК 18

Испытательная установка для оценки помех, создаваемых устройством Qi®



Report SM.2449-18

Данная схема в основном не требует пояснений. Программный материал хранится на ПК в виде файлы.wav и аналогичен тому, который использовался в предыдущих испытаниях БПЭ¹¹. (Файлы были предоставлены студиями Radio 5 Би-би-си и были подвергнуты сжатию, как это было бы сделано для передачи.) Материал воспроизводился через высококачественный "эталонный" ЦАП и использовался для модуляции РЧ-генератора. Затем РЧ-генератор запускал испытательную рамочную антенну. По условиям испытаний рамочная антенна размещается на расстоянии 600 мм от испытываемого объекта (радиоприемника). В этом случае эквивалентное электрическое поле в В/м численно равно 1/10 ЭДС генератора в вольтах¹². И наконец, выходной сигнал радиоприемника вместе с помехами преобразуется в цифровую форму и сохраняется на ПК в виде файлы.wav.

Кроме того, в программный материал при помощи компьютерной программы *Audacity* был добавлен псевдослучайный шум. Это позволило задать отношение сигнал/шум для звукового сигнала на выходе приемника равным эталонному значению 26 дБ при глубине АМ-модуляции 30% независимо от фактической напряженности поля¹³. При проведении субъективных испытаний воздействия помех важным фактором, очевидно, является маскирующий эффект любого фонового шума.

В заключение выполнялась проверка работоспособности посредством калибровки системы. Уровень сигнала генератора был задан равным -3 дБм при ЭДС источника 317 мВ и номинальной напряженности поля 31,7 мВ/м (90 дБмкВ/м). В этом случае напряженность магнитного поля должна составлять 31,7/377 мА/м, или 38,5 дБмкА/м. Для измерения фактической напряженности поля вновь использовалась 4-витковая поисковая катушка. При помощи анализатора спектра было получено значение -92 дБм.

Вновь вернемся к уравнению (1), полученному выше:

$$H = E/\mu_0 A N \omega.$$

¹¹ Например, как описано в Белой книге [WHP 322](#) компании Би-би-си.

¹² Рамочная антенна на самом деле не должна генерировать электрическое поле, поэтому она экранируется, чтобы этого не происходило. Эквивалентное электрическое поле рассчитывается при помощи стандартного отношения дальней зоны $E/H = 377$ Ом.

¹³ Предполагается, что напряженность поля достаточна для превышения эталонного значения сигнал/шум звукового сигнала.

Подставляем числа: $H = (5,63 \times 2 \times 10^{-6}) / \{(4\pi \times 10^{-7}) \times (\pi \times 0,034^2) \times 4 \times (2\pi \times 999 \times 10^3)\}$,

где выраженная в вольтах величина $5,63 \times 10^{-6}$ соответствует -92 дБм, а выделенная цифра компенсирует потери в нагрузке:

$$H = 9,818 \times 10^{-5} \text{ А/м, или } 39,8 \text{ дБмкА/м.}$$

Таким образом это вполне согласуется с номинальной напряженностью поля.

5.2.6.1 Увеличение расстояния и влияние экранированного помещения

Как упоминалось ранее, повышение уровня полезного сигнала на приемнике – объекте воздействия помех может быть полезно для оценки помех, создаваемых устройством на расстояниях, превышающих имеющиеся значения в экранированном помещении. Предположим, что эталонный приемник работает при 60 дБмкВ/м, а создающее помехи зарядное устройство находится на расстоянии 2 м. Исходя из обратной кубической зависимости, при сокращении расстояния вдвое (до 1 м) уровень помех возрастает на 18 дБ. Из этого следует, что воздействие на выходной сигнал приемника будет точно таким же, как если бы уровень полезного сигнала также увеличился на 18 дБ. Существует два условия: во-первых, любой шум, создаваемый другими компонентами системы, должен поддерживаться на одном уровне (-26 дБн, эталонная глубина АМ-модуляции 30%); во-вторых, автоматическая регулировка усиления в приемнике должна поддерживать требуемый уровень выходного сигнала достаточно постоянным.

В таблице 8 приведены уровни сигнала генератора, соответствующие множителям 1–4. Предполагается, что используется рамочная антенна, а приемник – объект воздействия помех находится на расстоянии 600 мм от нее.

ТАБЛИЦА 8

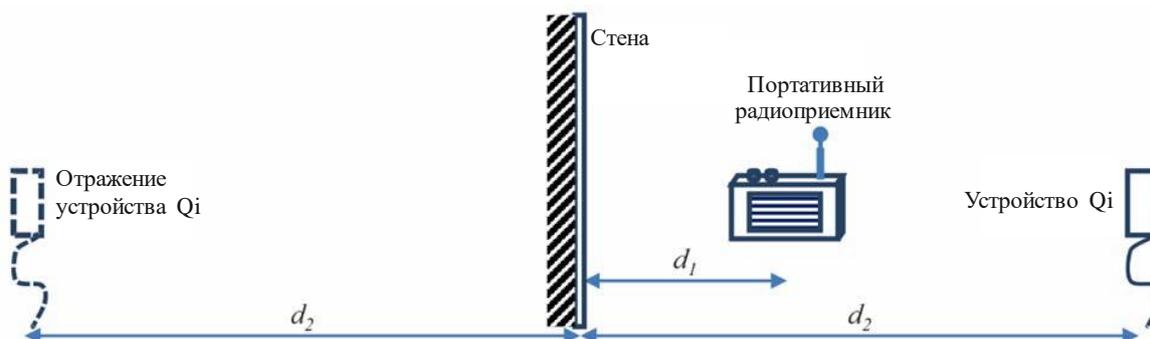
Уровни генератора для конкретных множителей

Уровень генератора (дБм)	-33	-15	-4,4	+3	Множитель 4 означает, что источник помех, находящийся на расстоянии 600 мм, оказывает такое же воздействие, как и источник на расстоянии 2,4 м
Множитель	1	2	3	4	

Расстояния, практически доступные в экранированном помещении, более ограничены, чем можно было ожидать. Причина в том, что помещение выполнено из металла, а металл является почти идеальным отражателем. Несмотря на то что длина помещения составляет почти 4 м, источник помех должен находиться в пределах 1,2 м от приемника. Схема изображена на рисунке 19.

РИСУНОК 19

Влияние отражения



Измеренные в радиоприемнике нормированные уровни напряженности поля для устройства Qi® и его отражения составляют $1/(d_2 - d_1)^3$ и $1/(d_2 + d_1)^3$, соответственно. Для получения результирующей напряженности поля отраженный сигнал необходимо вычесть из прямого сигнала¹⁴:

$$\begin{aligned} \text{результатирующая напряженность поля} &= 1/(d_2 - d_1)^3 - 1/(d_2 + d_1)^3; \\ \text{соотношение результирующей и прямой} &= \{1/(d_2 - d_1)^3 - 1/(d_2 + d_1)^3\}/1/(d_2 - d_1)^3 = \\ \text{напряженности поля} &= 1 - \{(d_2 - d_1)/(d_2 + d_1)\}^3. \end{aligned}$$

Подставляя фактические расстояния ($d_1 = 0,5$ м и $d_2 = 1,2$ м), получаем коэффициент 0,93 – погрешность 0,6 дБ. В этом случае мешающее воздействие слишком мало, чтобы оказывать серьезное влияние; оно может быть скорректировано, если немного уменьшить d_2 . Однако при увеличении d_2 погрешность быстро возрастает.

5.2.6.2 Образцы звука

Для испытаний заранее было сделано несколько записей – 30 секунд речи и 30 секунд музыки для передачи на переносной радиоприемник. Тот же материал использовался ранее для предыдущих испытаний БПЭ. Это был фрагмент клипа "Jerusalem", предоставленного студией Radio 5. Фрагмент был обработан для передачи на СЧ-радиовещательные станции Radio 5.

Сделанные к настоящему времени записи (с некоторыми комментариями) рассматриваются ниже. Во всех случаях была выбрана 7-я гармоника источника помех. Частота изменялась, но, как правило, составляла около 1 МГц.

ТАБЛИЦА 9

Записи, сделанные к настоящему времени

Идентификатор	Краткое описание	Комментарии
as_clean	Речь без искажений, за исключением системного шума с уровнем –26 дБн	Слышно фоновое шипение, которое считается допустимым
bs_wp0_12_2-4_onc	Как указано выше, плюс помехи в совмещенном канале от зарядной площадки, не имеющей товарного знака	Помехи на эффективном расстоянии 2,4 м очень сильные
cs_wp0_12_2-4_offc	Как указано выше, но с помехами вне канала	Вероятно, в большинстве случаев помехи не будут заметны
ds_wp0_12_2-4_idle	Как указано выше, но при нагрузке, снятой с зарядной площадки	Аналогично, в большинстве случаев помехи не будут заметны
em_clean	Музыка без искажений, за исключением системного шума с уровнем –26 дБн	Слышно фоновое шипение, которое считается допустимым
fm_wp0_12_2-4_onc	Как указано выше, плюс помехи в совмещенном канале от зарядной площадки, не имеющей товарного знака	Помехи на эффективном расстоянии 2,4 м очень сильные
gm_wp0_12_2-4_offc	Как указано выше, но с помехами вне канала	Вероятно, в большинстве случаев помехи не будут заметны
hm_wp0_12_2-4_idle	Как указано выше, но при нагрузке, снятой с зарядной площадки	Аналогично, в большинстве случаев помехи не будут заметны
is_wp7_s7_2-4_onc	Смартфон, генерирующий помехи в совмещенном канале при передаче речи	Результаты практически совпадают с результатами для зарядной площадки, не имеющей товарного знака
jm_wp7_s7_2-4_onc	Как указано выше, с программой "музыка"	Как указано выше

¹⁴ Ситуацию еще проще рассмотреть в части электрических зарядов. На стене, которая заземлена, напряжение должно быть равно нулю. Этого можно добиться только в том случае, если реальный и мнимый заряды равны, противоположны и находятся на одинаковом расстоянии от стены.

Получить достоверные результаты оказалось непросто, так как источник помех мог без предупреждения перейти на другой канал. Даже будучи стабильным, источник помех переключался между двумя фиксированными частотами, только на одну из которых был настроен радиоприемник. Переключение происходило примерно один раз в секунду, подавая легко опознаваемый слышимый характерный сигнал. Внеканальные помехи, как правило, были почти не слышны, однако это зависело от того, насколько они были внеканальными.

Отсутствие тонких различий в этих явлениях означает, что практически отсутствует необходимость в обычной 5-балльной шкале искажений МСЭ – помехи либо очень сильные, либо совсем не слышны.

5.3 Исследование воздействия устройств индуктивной БПЭ без использования луча на любительскую службу

5.3.1 Параметры, используемые для моделирования

На территории Соединенных Штатов требования к измерениям для радиочастотных устройств, работающих в ближней зоне, регулируются пунктом 47 части 15.31 (2) CFR. После применения требуемого ФКС коэффициента экстраполяции в 40 дБ на декаду к полю -15 дБмкВ/м при расстоянии 300 м предельное значение для устройств БПЭ без использования луча составляет 44,08 при расстоянии 10 м. Для измерения распространения радиоволн в ближнем поле использовалось моделирование.

Параметры для радиоприемников любительской службы взяты из Рекомендации МСЭ-R M.1732 и приведены в таблице 10. В настоящей Рекомендации не содержатся критерии защиты от помех для любительской связи в этом диапазоне частот. В данном исследовании предполагается использование критериев защиты помеха/шум -6 дБ.

ТАБЛИЦА 10

Параметры, принятые для радиоприемника любительской службы

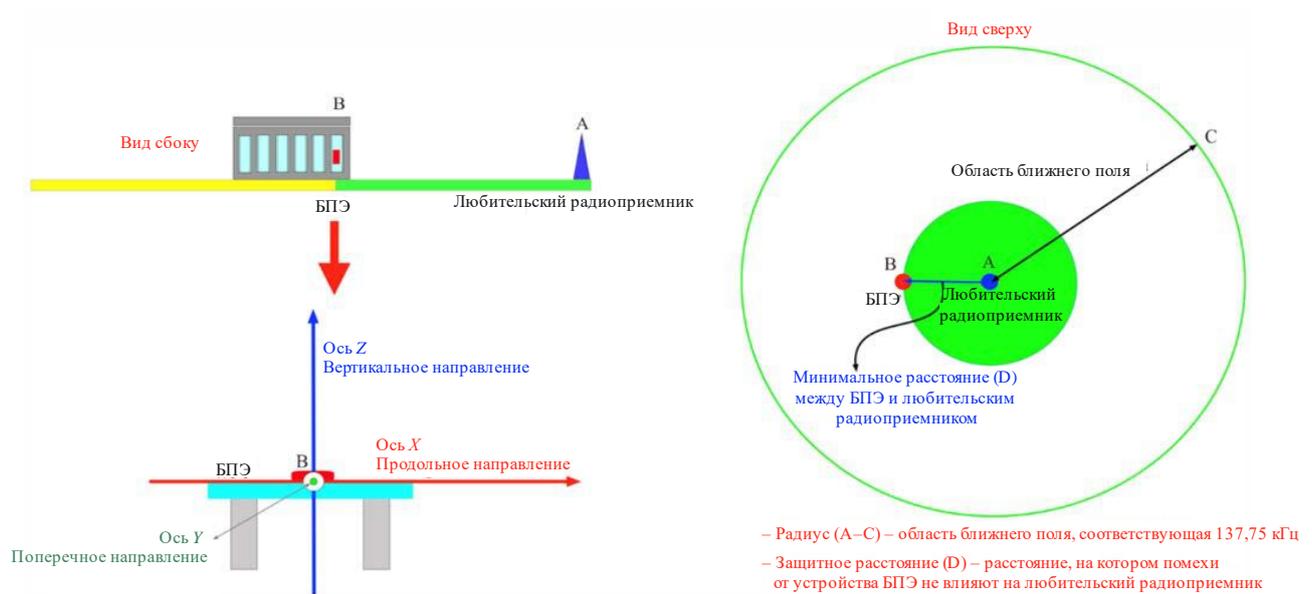
Параметры	Значение
Центральная частота (кГц)	136,75
Полоса пропускания (кГц)	0,4
Диаграмма направленности антенны	Ненаправленная антенна
Минимальный уровень шума (дБмкВ/м)	31,6
Критерии защиты (помеха/шум) (дБ)	-6
Допустимый уровень помех (дБмкВ/м)	25,6

5.3.2 Анализ и результаты моделирования

5.3.2.1 Сценарии с единичной помехой

В сценариях с единичной помехой одно устройство БПЭ размещается внутри здания, а любительский радиоприемник находится на удалении от здания на открытом воздухе. В первом моделировании учитываются потери на входе в здание, равные 3 дБ, а во втором – потери на входе в здание, равные 10 дБ, что позволяет оценивать различные строительные материалы.

РИСУНОК 20
Сценарий с единичной помехой



Report SM.2449-20

РИСУНОК 21
Распределение для сценария 1 с единичной помехой



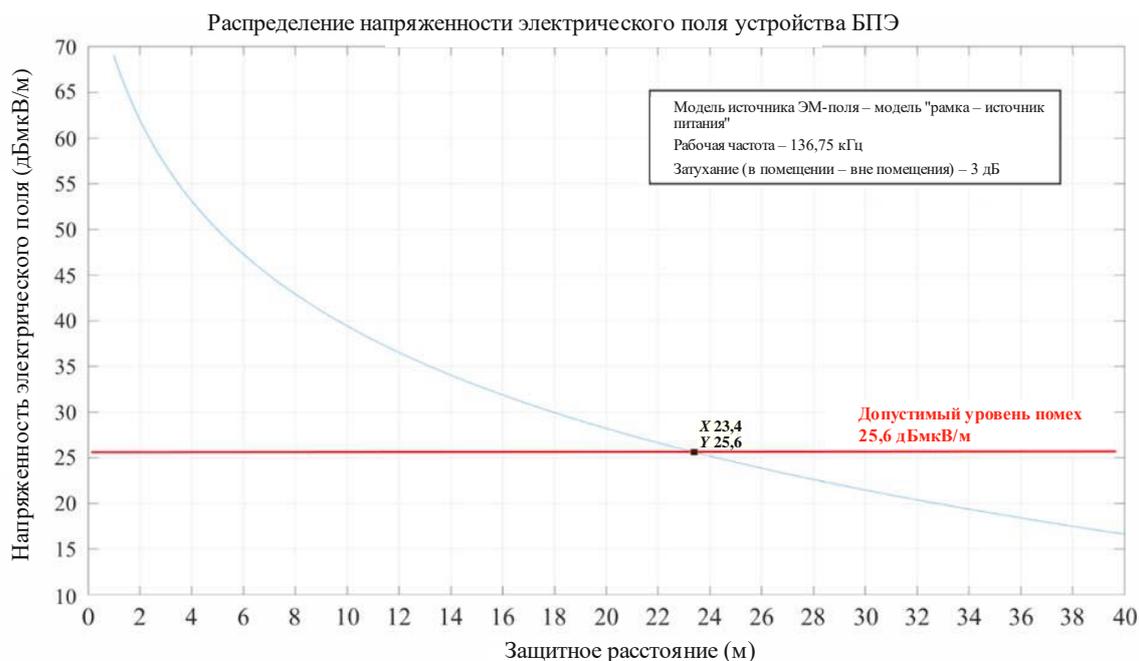
Report SM.2449-21

Выводы по сценарию 1 с единичной помехой

Результаты испытаний по сценарию 1 с единичной помехой с использованием затухания 10 дБ, имитирующего бетонную конструкцию здания, показывают, что устройство БПЭ должно быть размещено на расстоянии более 15,3 м от любительского радиоприемника.

РИСУНОК 22

Распределение для сценария 2 с единичной помехой



Report SM.2449-22

Выводы по сценарию 2 с единичной помехой

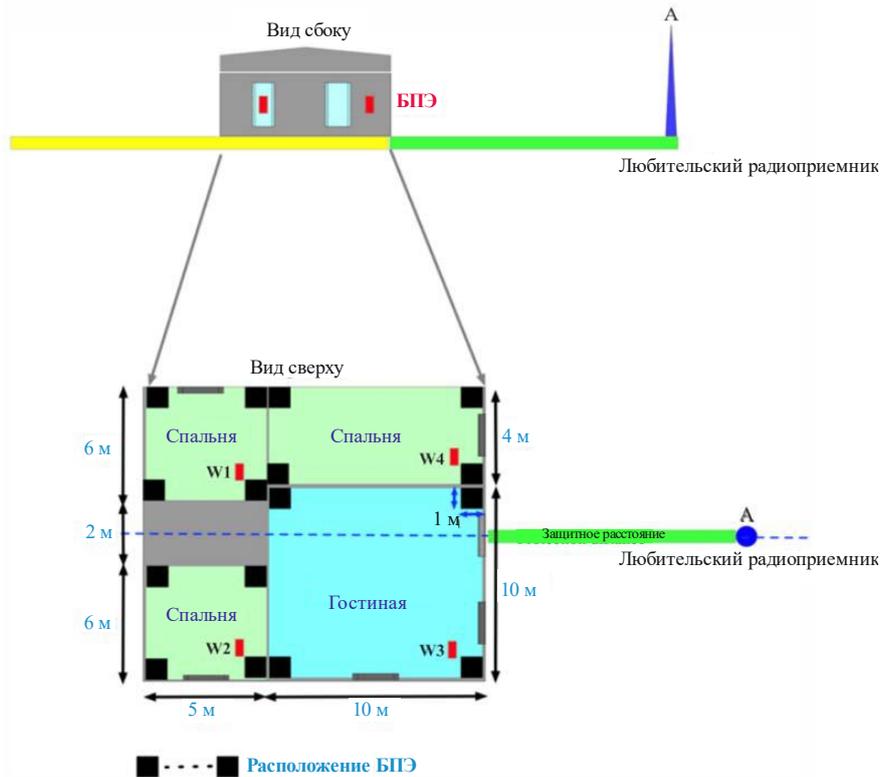
Результаты испытаний по сценарию 2 с единичной помехой с использованием затухания 3 дБ, имитирующего деревянную конструкцию здания, показывают, что устройство БПЭ должно быть размещено на расстоянии более 23,4 м от любительского радиоприемника.

5.3.2.2 Сценарии с суммарной помехой

В сценариях с суммарной помехой используются четыре устройства БПЭ, расположенные внутри здания. Каждое из устройств БПЭ размещается на расстоянии 1 м от стены, а затем они случайным образом распределяются по углам помещений. В первом сценарии учитываются потери в 10 дБ на входе в здание, имитирующие бетонные или кирпичные стены, а во втором – потери величиной 3 дБ, имитирующие деревянные конструкции.

РИСУНОК 23

Изображение модели № 1 сценария с суммарной помехой



Report SM.2449-23

Потери на входе в здание, имитирующие различные строительные материалы, были оценены для деревянных и бетонных стен в целях определения защитного расстояния. Результаты приведены в таблице 11.

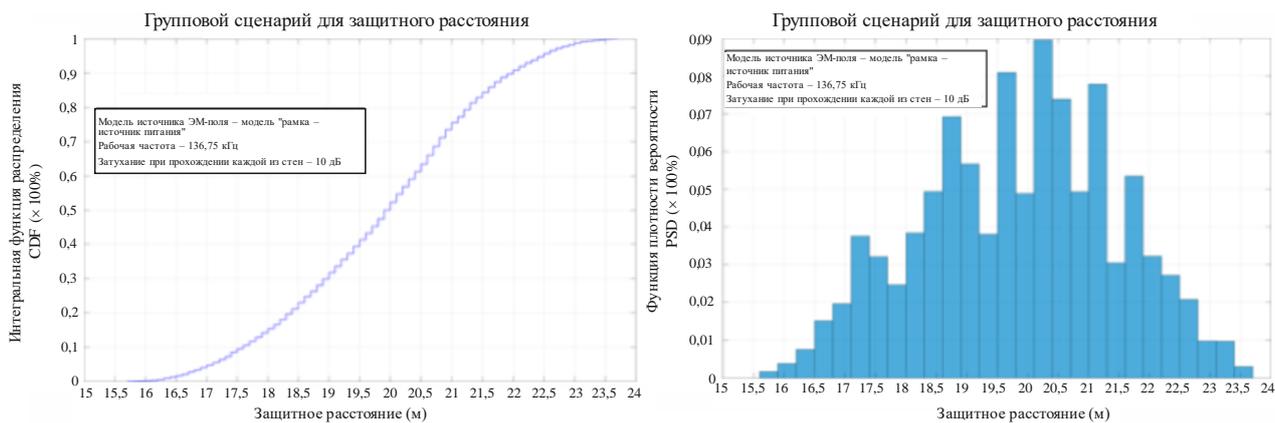
ТАБЛИЦА 11

Значения потерь на входе в здание

Параметр	Количество стен	Потери на входе в здание с деревянными стенами (дБ)	Потери на входе в здание с бетонными стенами (дБ)
БПЭ1	2	6	20
БПЭ2	2	6	20
БПЭ3	1	3	10
БПЭ4	1	3	10

РИСУНОК 24

Результаты моделирования при потерях на входе в здание, равных 10 дБ



Report SM.2449-24

РИСУНОК 25

Напряженность электрического поля БПЭ для сценария с суммарной помехой при потерях на входе в здание, равных 10 дБ



Report SM.2449-25

Выводы для моделирования 1 с суммарной помехой

Минимальное защитное расстояние составляет 15,5 м, максимальное расстояние – 23,8 м для бетонных стен и при потерях на входе в здание, равных 10 дБ. Диапазон значений получен при размещении устройства БПЭ вблизи окон. Максимальное расстояние 23,8 м применяется, если устройство БПЭ находится в непосредственной близости от окна, минимальное расстояние 15,5 м – когда устройство БПЭ находится вблизи внутренней стены.

РИСУНОК 26

Результаты моделирования при потерях на входе в здание, равных 3 дБ

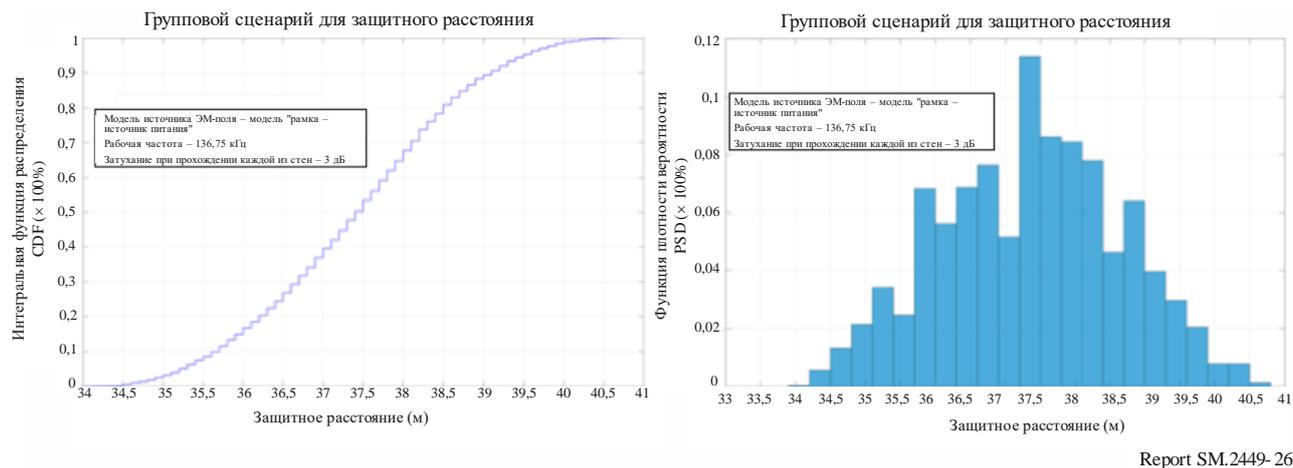


РИСУНОК 27

Напряженность электрического поля для сценария с суммарной помехой БПЭ при потерях на входе в здание, равных 3 дБ



Выводы для сценария 2 с суммарной помехой

Минимальное защитное расстояние составляет 33,8 м, максимальное расстояние – 40,8 м для деревянных стен и при потерях на входе в здание, равных 3 дБ. Диапазон значений получен при размещении устройства БПЭ вблизи окон. Максимальное расстояние 40,8 м применяется, если устройство БПЭ находится в непосредственной близости от окна, минимальное расстояние 33,8 м – когда устройство БПЭ находится вблизи внутренней стены.

5.3.3 Краткое изложение результатов

В таблице 12 обобщены результаты моделирования. На основании результатов моделирования можно сделать вывод, что мобильные зарядные устройства БПЭ без использования луча не оказывают воздействия на радиоприемники любительской службы, если эти устройства расположены на расстоянии более 40,8 м от приемника.

ТАБЛИЦА 12

Краткие результаты испытания

Сценарий	Допустимый уровень помех (дБмкВ/м)	Расстояние разноса (м)
Сценарий 1 с единичной помехой	25,6	15,3
Сценарий 2 с единичной помехой	25,6	23,4
Сценарий 1 с суммарной помехой	25,6	23,8
Сценарий с суммарной помехой 2	25,6	40,8

5.4 Исследование воздействия устройств индуктивной БПЭ без использования луча на радионавигационную службу

Приемник Logan-C рассматривается как действующий объект воздействия помех, работающий в полосе частот 90–110 кГц (± 20 кГц). Характеристики системы Logan-C приведены в Рекомендации МСЭ-R М.583, представленной РГ 5В.

Как правило, станции системы Logan-C строятся в нежилой зоне. Примеры показаны на рисунке 28. Приемник Logan-C расположен на судне.

РИСУНОК 28

Станции Logan-C в нежилой зоне



Report SM.2449-28

5.4.1 Параметры для моделирования

В таблицах 13 и 14 приведены параметры, используемые во время моделирования для источника помех и объекта воздействия помех соответственно.

На территории Соединенных Штатов требования к измерениям для радиочастотных устройств, работающих в ближней зоне, регулируются пунктом 47 части 15.31 (2) CFR. После применения требуемого ФКС коэффициента экстраполяции в 40 дБ на декаду к полю -15 дБмкВ/м при расстоянии 300 м предельное значение для устройств БПЭ составляет 44,08 дБмкВ/м при расстоянии 10 м.

Модель распространения радиоволн, используемая для ближнего и дальнего поля, приведена в Отчете МСЭ-R SM.2028.

В моделируемых сценариях помех устройство БПЭ размещалось на столе внутри здания, находящегося в 50 м от береговой линии между передатчиком и приемником, размещенным на борту судна в открытом море. Передатчик Logan-C расположен на суше в 5 км от берега.

ТАБЛИЦА 13

**Допущения в отношении параметров для источника помех БПЭ,
воздействующего на приемник Logan-C**

Параметры	Подробная информация
Тип устройства	Мобильное устройство БПЭ
Рабочая частота (кГц)	100–148,5
Излучаемая напряженность электрического поля (дБмкВ/м на расстоянии 10 м)	44,08
Тип антенны	Ненаправленная
Высота (м)	0,7
Минимальное расстояние от берега (м)	50
Потери на входе в здание (дБ)	10
Модель распространения радиоволн	Модель распространения радиоволн в ближнем поле и в свободном пространстве

ТАБЛИЦА 14

**Допущения в отношении параметров для объекта воздействия помех –
приемника Logan-C**

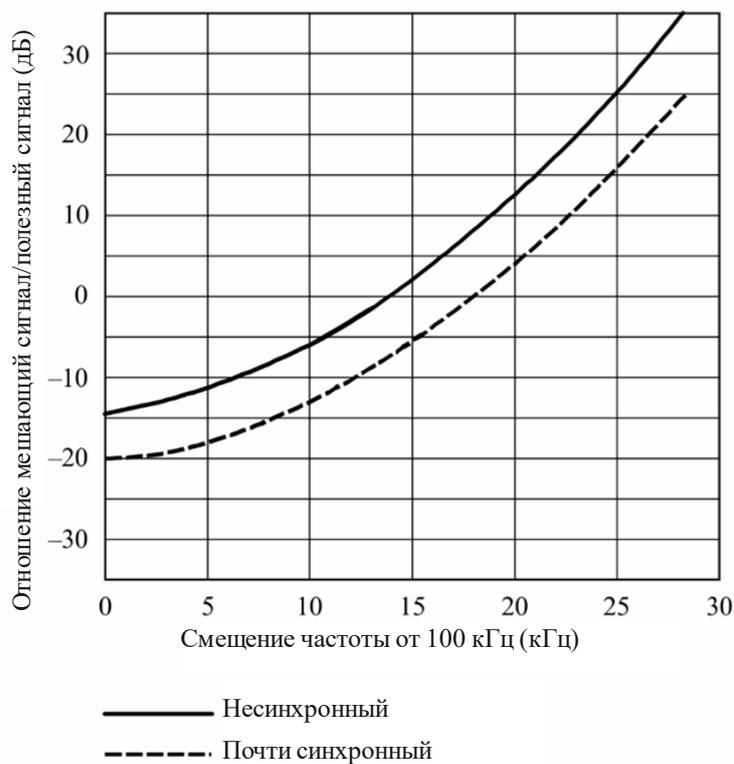
Параметры	Подробная информация
Система, испытывающая помехи	Приемник Logan-C
Рабочая частота (кГц)	100
Полоса пропускания (кГц)	20
Диаграмма направленности антенны	Стержневая антенна
Выходная мощность передатчика станции Logan-C (кВт)	40
Защищенная минимальная напряженность поля сигнала Logan-C (дБмкВ/м)	45
Критерии защиты (помеха/шум)	–20 дБ

Используемые критерии защиты показаны на рисунке 1 в Рекомендации МСЭ-R М.589. Согласно этому справочному документу критерии защиты от внутриполосных и внеполосных помех должны соответствовать кривой, изображенной на рисунке 29. Худшая кривая (почти синхронная) используется для оценки риска помех.

Предполагается, что наихудшим случаем будет значение –20 дБ от уровня почти синхронного сигнала на частоте 100 кГц (смещение 0 кГц от 100 кГц); следовательно, уровень шума 25 дБмкВ/м является приемлемым для приемника Logan-C. Кроме того предполагается, что наихудшим случаем будет значение –13 дБ от уровня почти синхронного сигнала на частоте 110 кГц; следовательно, уровень шума 32 дБмкВ/м является приемлемым для приемника Logan-C. На основе этих допущений значение 25 дБмкВ/м на частоте 100 кГц используется при проведении оценки в качестве максимально приемлемого уровня шума в приемнике Logan-C. На рисунке 29 показаны критерии защиты от помех, приведенные в Рекомендации МСЭ-R М.589, в таблице 15 приведены используемые ниже параметры помех.

РИСУНОК 29

Критерии защиты Logan-C/CWI



Report SM.2449-29

ТАБЛИЦА 15

Допущения в отношении параметров объекта воздействия помех – приемника Logan-C

Частота источника помех	Минимальная напряженность поля полезного сигнала	Критерии защиты Logan-C/CWI (почти синхр.)	Допустимый шум приемника Logan-C (дБмкВ/м)
100 кГц	45	-20	25
110 кГц	45	-13	32

ТАБЛИЦА 16

Отношение E/H используется для расчета напряженности электрического поля устройства БПЭ в ближней зоне

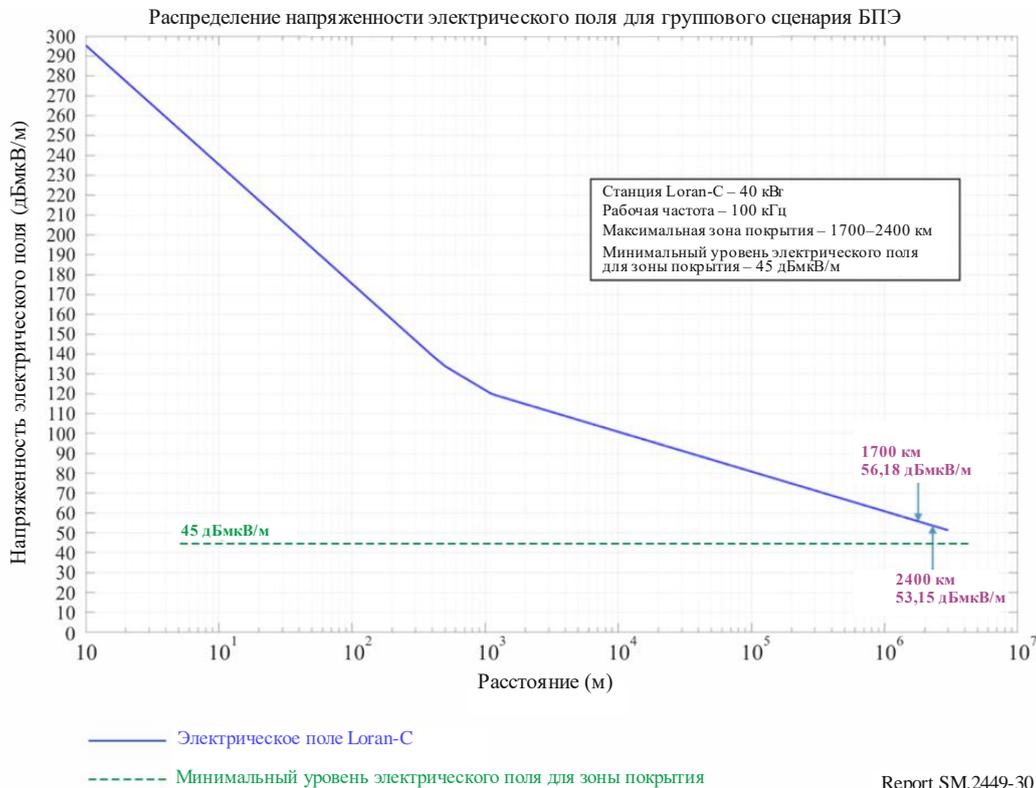
Расстояние (м)	Отношение E/H (дБ/Ом)
10	17,95
100	38,32
1000	53,26
2000	52,01
5000	51,61
10 000	51,55

Распределение уровня сигнала Loran-C

На рисунке 30 показано распределение электрического поля Loran-C по расстоянию исходя из мощности излучения 40 кВт станции Loran-C. В пределах планируемой зоны покрытия 1700–2400 км уровень сигнала Loran-C намного выше минимально требуемого уровня.

РИСУНОК 30

Типовое распределение электрического поля Loran-C



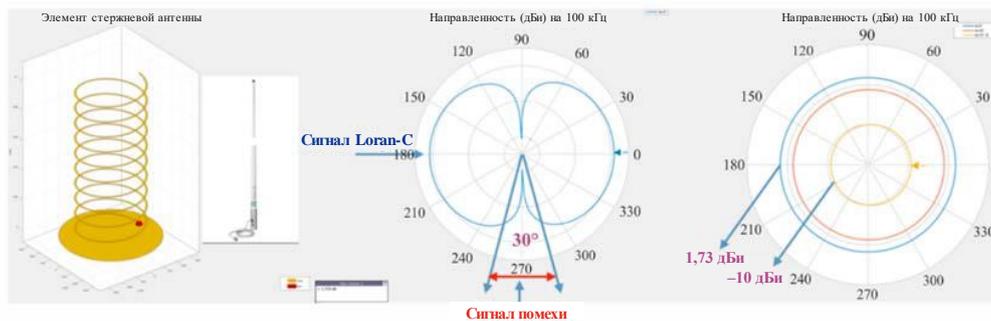
Report SM.2449-30

Модель антенны для приемника Loran-C

При проведении оценки в качестве антенны приемника Loran-C, установленной в верхней части судна, используется стержневая антенна. Согласно результатам моделирования, показанным на рисунке 31, разница между коэффициентами усиления мешающего и полезного сигналов составляет –11,73 дБ.

РИСУНОК 31

Усиление антенны приемника Loran-C



Report SM.2449-31

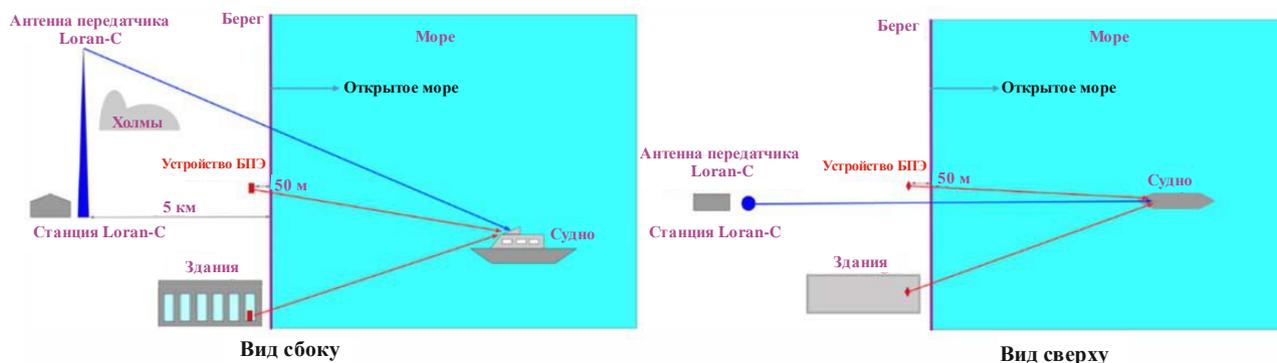
5.4.2 Сценарии и результаты моделирования

5.4.2.1 Имитационная модель № 1

В модели № 1 рассматривается устройство БПЭ в здании или вблизи здания, которое находится на расстоянии 50 м от берега. Приемник Logan-C, установленный на судне, является объектом воздействия помех.

РИСУНОК 32

Модель № 1 для исследования воздействия на приемник Logan-C



Report SM.2449-32

На рисунке 33 показаны сводные результаты для модели № 1 – сценария с единичной помехой. Когда устройство БПЭ работает на частоте 100 кГц, между защищаемым сигналом (26,21 дБмкВ/м) и напряженностью электрического поля передатчика Logan-C, которое на берегу превышает 110 дБмкВ/м, существует запас, равный 80 дБ.

ТАБЛИЦА 17

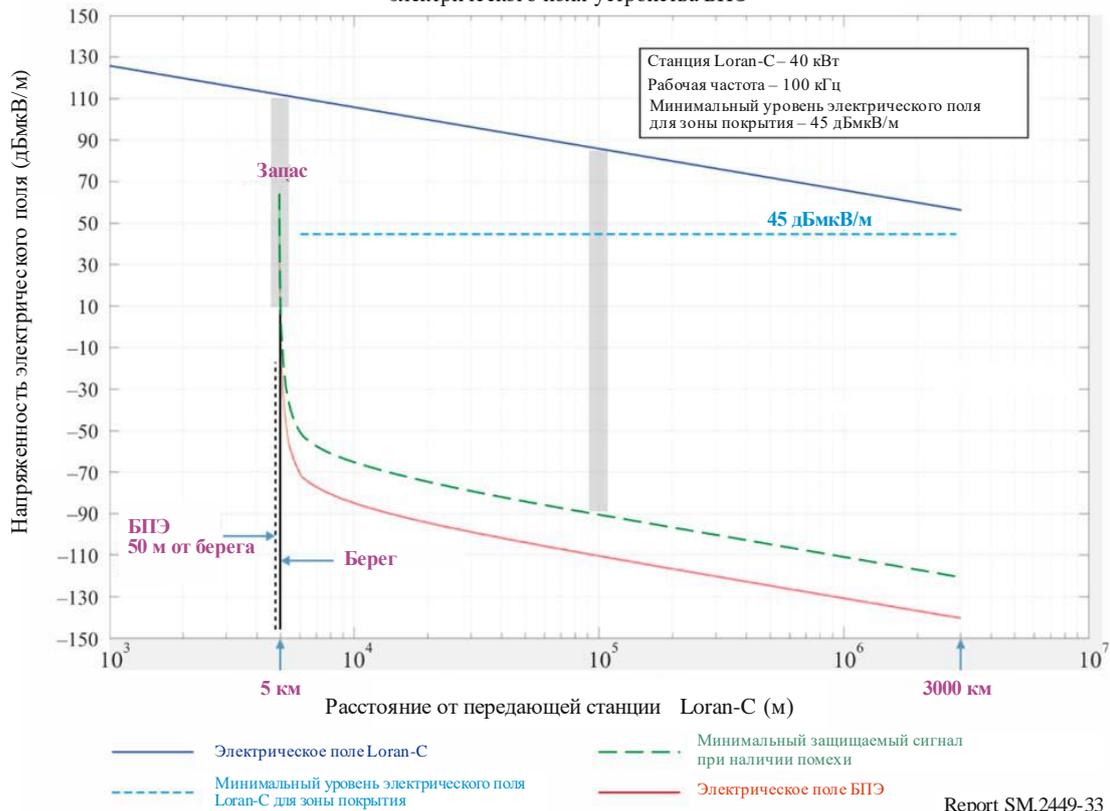
Модель № 1 для приемника Logan-C – единичная помеха

Параметры	Значение
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 300 м (дБмкВ/м)	-15
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 10 м (дБмкВ/м)	44,08
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 50 м (дБмкВ/м) (расстояние от берега)	16,12
Потери на входе в здание (дБ)	10
Защитное отношение (дБ)	20
Защищаемый уровень сигнала (дБмкВ/м), защитное расстояние 50 м	26,12
Уровень сигнала Logan-C на берегу (дБмкВ/м)	> 110
Запас (дБ)	> 80

РИСУНОК 33

Модель № 1 для приемника Logan-C – сценарий с единичной помехой

Распределение электрического поля Logan-C по сравнению с распределением электрического поля устройства БПЭ

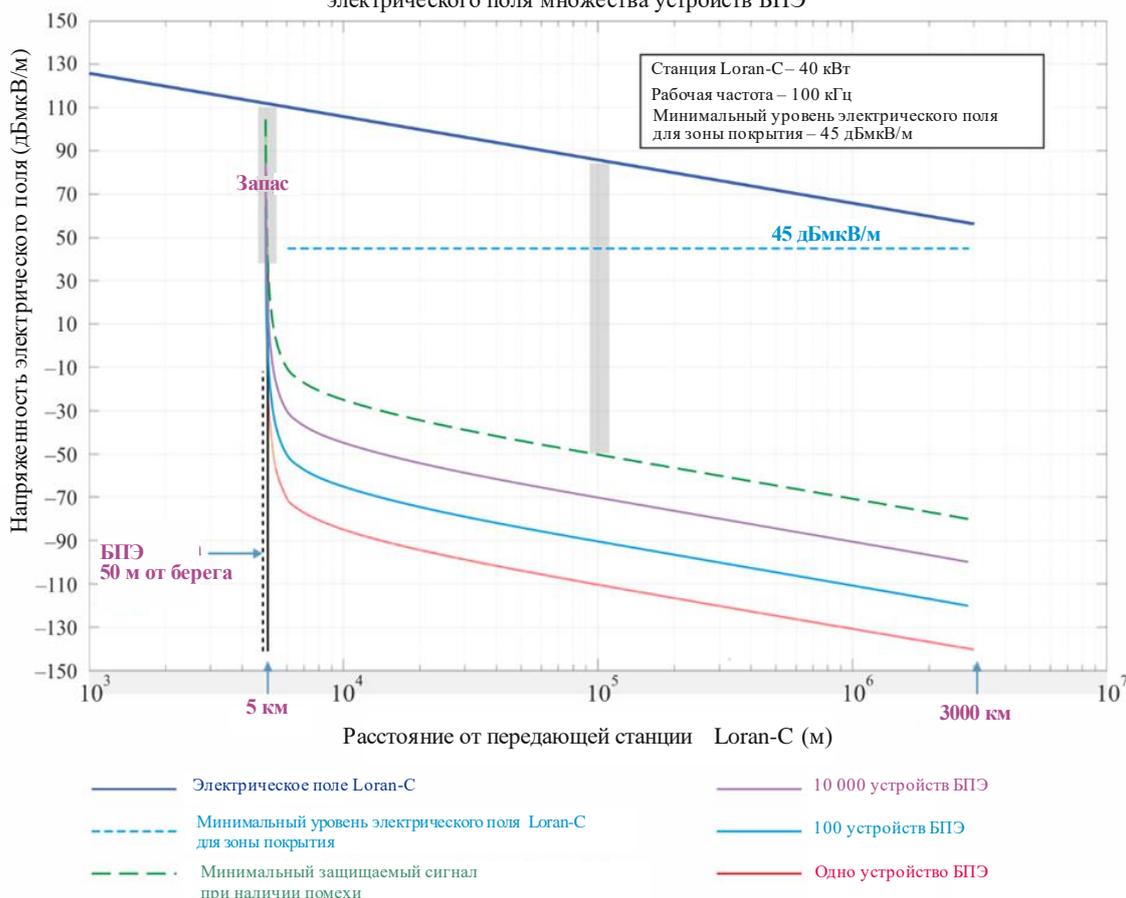


На рисунке 34 представлены сводные данные для различных сценариев с суммарной помехой. На рисунке изображены уровни сигнала электрического поля 100 и 10 000 активных устройств БПЭ, работающих одновременно. Когда 10 000 активных устройств БПЭ работают одновременно на частоте 100 кГц, между защищаемым сигналом (66 дБмкВ/м для 100 устройств и 106,12 дБмкВ/м для 10 000 устройств) и напряженностью электрического поля передатчика Logan-C, которое на берегу превышает 110 дБмкВ/м, существует запас, равный 3,88 дБ.

РИСУНОК 34

Модель № 1 для приемника Logan-C – сценарий с суммарной помехой

Распределение электрического поля Logan-C по сравнению с распределением электрического поля множества устройств БПЭ



Report SM.2449-34

5.4.2.2 Имитационная модель № 2

В модели № 2 рассматривается передатчик Logan-C, расположенный на суше в 5 км от береговой линии; мобильное устройство БПЭ, расположенное ниже палубы судна; и антенна приемника Logan-C в верхней части судна. С учетом потерь 10 дБ на входе в здание и отношения E/H , равного 17,95 дБ и указанного в таблице 16, допустимый уровень электрического поля помех на расстоянии 10 м будет равен 34,08 дБмкВ/м. Как указано в таблице 14, требуемое отношение помеха/сигнал составляет –20 дБ. В соответствии с приведенным ниже уравнением максимальный допустимый уровень сигнала помехи равен 42,35 дБмкВ/м, когда мобильное устройство БПЭ работает на расстоянии 10 м от антенны приемника Logan-C.

Уравнение максимально допустимого шума в приемнике Logan-C:

$$\text{Уровень помехи} - \text{Разность усиления} + \text{Уровень защиты} = 34,08 - 11,73 + 20 = 42,35 \text{ дБмкВ/м.}$$

Модель № 2 – сценарий с единичной помехой

В таблице 18 приведены входные параметры и результаты моделирования для модели № 2 сценария с единичной помехой. Результаты моделирования показывают, что устройство БПЭ при уровне электрического поля, равном 34,08 дБмкВ/м, следует размещать на расстоянии более 5,37 м от антенны приемника Logan-C. Это позволяет поддерживать минимальный уровень сигнала на максимальном расстоянии зоны покрытия 2400 км.

ТАБЛИЦА 18

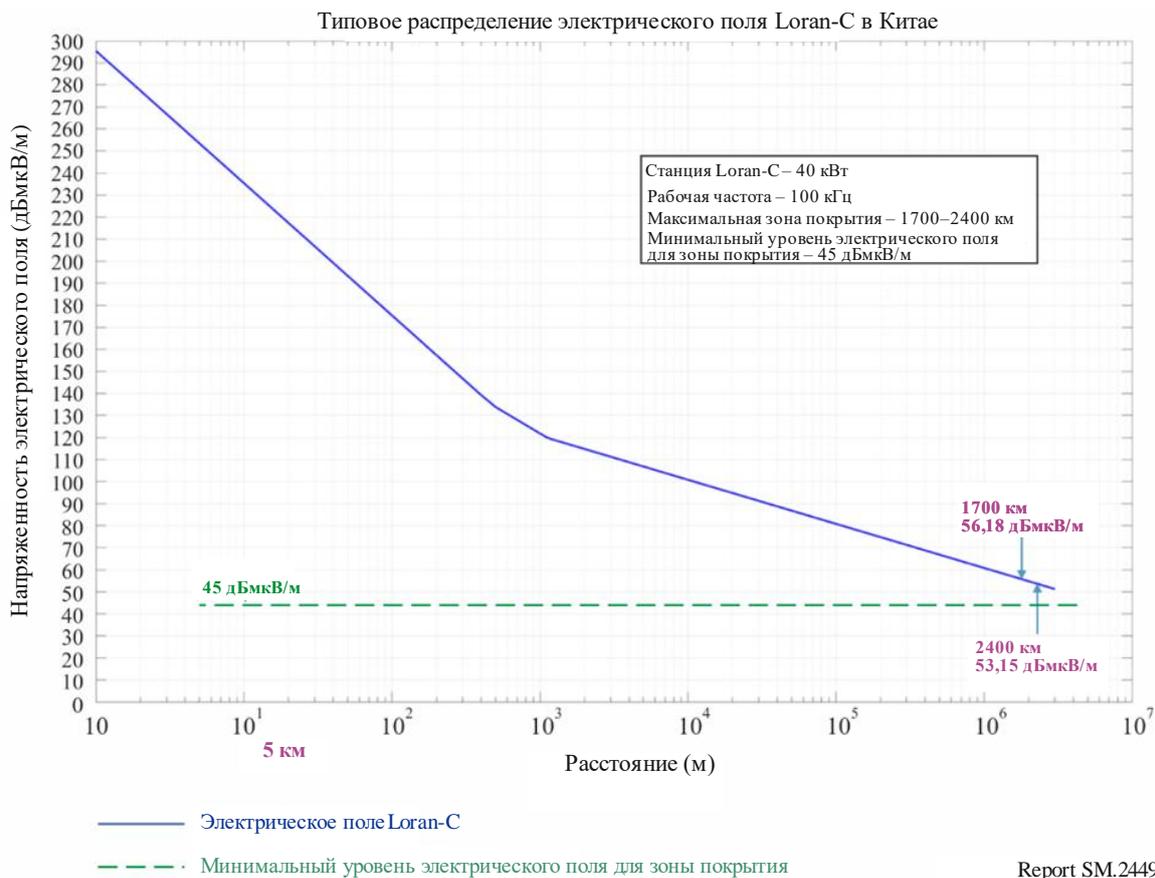
Модель № 2 для приемника Logan-C – единичная помеха

Параметры	Значение
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 300 м (дБмкВ/м)	-15
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 10 м (дБмкВ/м)	44,08
Потери на входе в здание (дБ)	10
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 10 м с учетом потерь при входе в здание (дБмкВ/м)	34,08
Разность усиления антенны для полезного сигнала и помехи БПЭ (дБ)	-11,73
Защитное отношение (дБ)	20
Защищаемый уровень сигнала для защитного расстояния 10 м (дБмкВ/м)	42,35
Покрытие для защищаемого уровня сигнала при защитном расстоянии 10 м (км)	8355
Защитное расстояние исходя из зоны покрытия 1700 км (м)	4,51
Защитное расстояние исходя из зоны покрытия 2400 км (м)	5,37

На рисунке 35 показаны сводные данные для модели № 2 – сценария с единичной помехой. На рисунке показаны результаты определения защитного расстояния, приведенные в таблице 18.

РИСУНОК 35

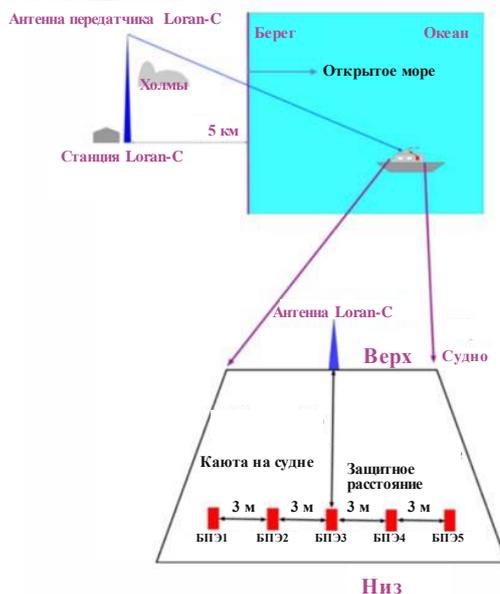
Модель № 2 для исследования влияния на приемник Logan-C – единичная помеха



Модель № 2 – сценарий с суммарной помехой

В этом сценарии предполагается, что пять мобильных устройств БПЭ работают одновременно под палубой судна при расстоянии разноса между устройствами 3 м, как показано на рисунке 36. Входные параметры для сценария с суммарной помехой приведены в таблице 19.

РИСУНОК 36
Модель № 2 для приемника Logan-C – сценарий с суммарной помехой



Report SM.2449-36

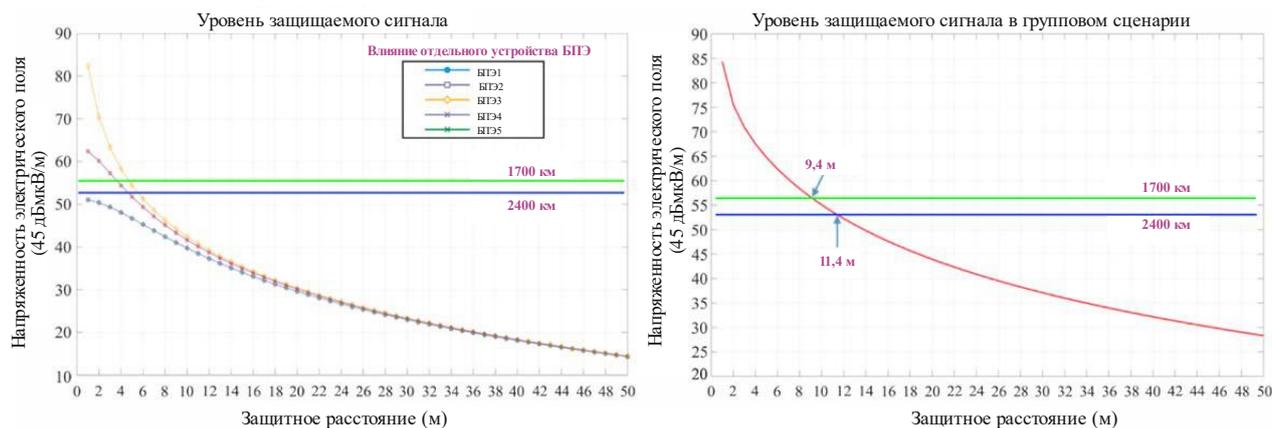
ТАБЛИЦА 19
Модель № 2 для приемника Logan-C – сценарий с суммарной помехой

Параметры	Значение
Количество активных устройств БПЭ	5
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 300 м (дБмкВ/м)	-15
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 10 м (дБмкВ/м)	44,08
Потери на входе в здание (дБ)	10
Напряженность электрического поля БПЭ на расстоянии 10 м с учетом потерь при входе в здание (дБмкВ/м)	34,08
Разность усиления антенны для полезного сигнала и помехи БПЭ (дБ)	-11,73
Защитное отношение (дБ)	20
Зона покрытия для уровня защищаемого сигнала при защитном расстоянии 10 м (км)	8 355
Уровень защищаемого сигнала на 1700 км (дБмкВ/м)	56,18
Требуемое защитное расстояние для зоны покрытия 1700 км (м)	9,4
Уровень защищаемого сигнала на 2400 км (дБмкВ/м)	53,13
Требуемое защитное расстояние для зоны покрытия 2400 км (м)	11,4

На рисунке 37 показаны сводные данные для модели № 2 – сценария с суммарной помехой. Во избежание воздействия на приемник Logan-C при максимальной зоне покрытия 2400 км ближайшие к антенне приемника Logan-C устройства БПЭ должны находиться на расстоянии 11,4 м.

РИСУНОК 37

Модель № 2 для исследования воздействия на приемник Logan-C – суммарный уровень сигнала



5.4.3 Краткое изложение результатов

В сценарии по модели № 1 приемник Logan-C не подвергается воздействию помех, если мобильные зарядные устройства БПЭ находятся на суше.

В модели № 2 с единичной помехой бортовое мобильное зарядное устройство БПЭ не создает помех приемнику Logan-C, если оно находится на расстоянии 4,51 м от антенны приемника в максимальной зоне покрытия, равной 1700 км, и 5,37 м – если желаемая максимальная зона покрытия составляет 2400 км.

В модели № 2 сценария с суммарной помехой бортовые мобильные устройства БПЭ не создают помех приемнику Logan-C, если ближайшее устройство БПЭ находится на расстоянии 9,4 м от антенны приемника в максимальной зоне покрытия, равной 1700 км, и 11,4 м – если желаемая максимальная зона покрытия составляет 2400 км.

5.5 Исследование воздействия устройств индуктивной БПЭ без использования луча на воздушную радионавигационную службу

5.5.1 Параметры для моделирования

На территории Соединенных Штатов требования к измерениям для радиочастотных устройств, работающих в ближней зоне, регулируются пунктом 47 части 15.31 (2) CFR. После применения требуемого ФКС коэффициента экстраполяции в 40 дБ на декаду к полю -15 дБмкВ/м при расстоянии 300 м предельное значение для устройств БПЭ без использования луча составляет 44,08 дБмкВ/м при расстоянии 10 м. Для анализа распространения радиоволн в ближнем поле использовалось моделирование.

Ответственная группа в МСЭ-R предоставила основные данные для анализа воздействия, как показано в таблице 20.

ТАБЛИЦА 20

Допустимый предельный уровень помех для автоматической радиопеленгации (ADF)/ненаправленного радиомаяка (NDB)

Службы	Диапазон частот (кГц)	Полоса пропускания приемника ADF/NDB (кГц)	Допустимый предельный уровень помех (дБмкВ/м)
Воздушная радионавигационная	130–535	2,7	21,9

5.5.2 Сценарии и результаты моделирования

5.5.2.1 Сценарий с единичной помехой

В сценариях с единичной помехой одно устройство БПЭ размещается внутри здания, а воздушное судно находится непосредственно над зданием.

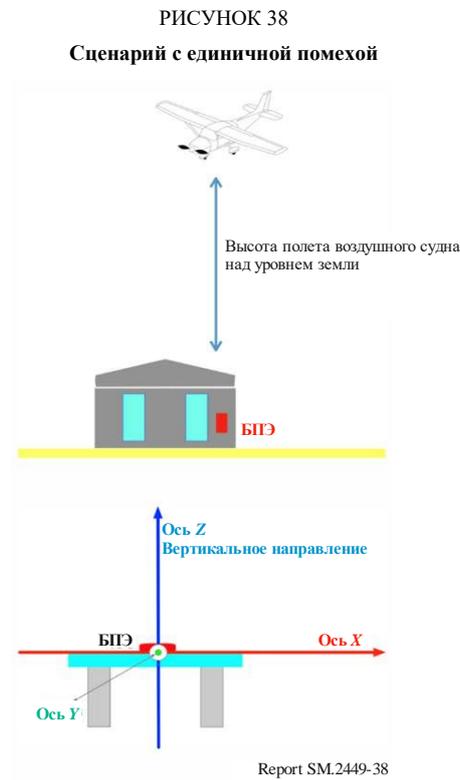


РИСУНОК 39
Зависимость электрического поля при единичной помехе от высоты над уровнем земли (м)
Напряженность электрического поля ЭМ-модели БПЭ в зависимости от расстояния

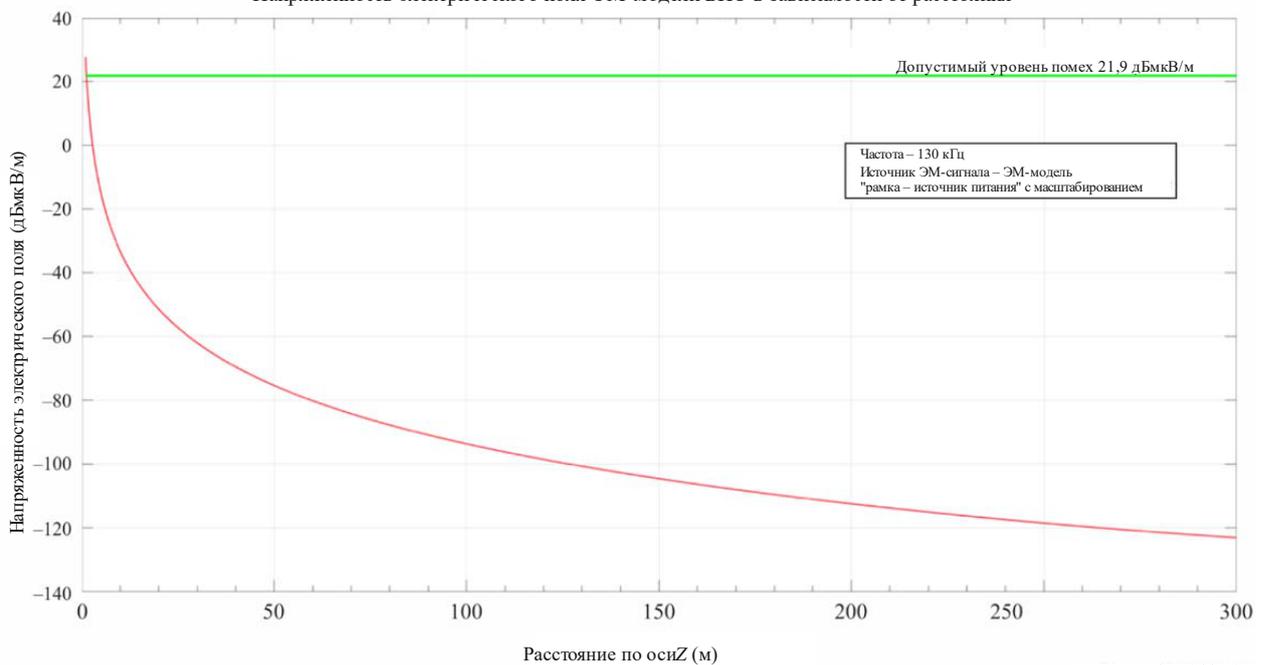
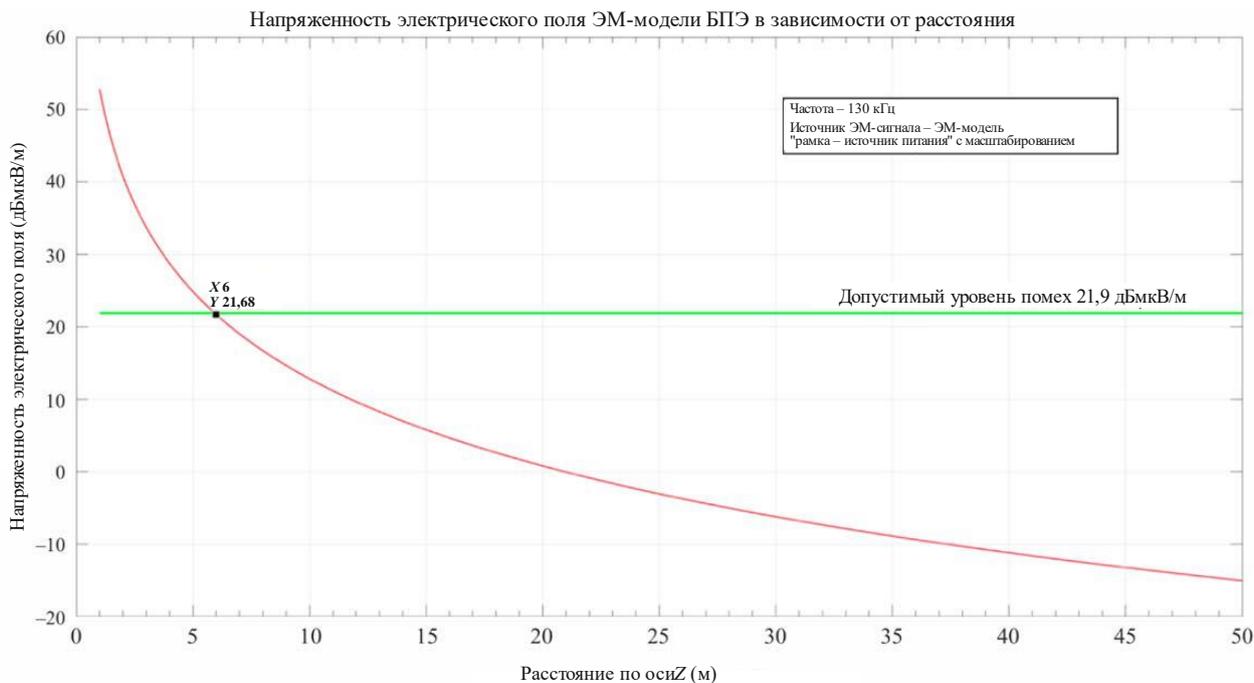


РИСУНОК 40

Зависимость электрического поля при единичной помехе от высоты над уровнем земли (м)
(увеличенный масштаб)



Report SM.2449-40

Выводы по сценарию с единичной помехой

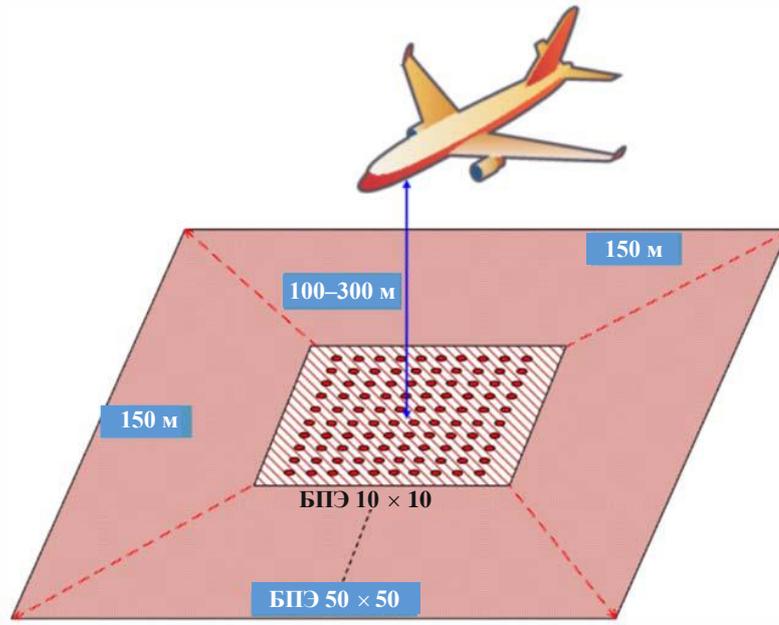
Результаты испытаний по сценарию с единичной помехой показывают, что воздействие на приемник автоматического радиопеленгатора (ADF) ниже порогового значения для расстояния менее 6 м. В расчете не учитывались потери при прохождении волн через крышу или пол, так как это дополнительно снизило бы воздействие помех от устройств БПЭ на приемник ADF.

5.5.2.2 Сценарий с суммарной помехой

В сценарии с суммарной помехой рассматривались устройства БПЭ, разнесенные на 3 м в пределах квадрата 150×150 м. Таким образом представляется массив из 50×50 устройств БПЭ. Моделируются различные уровни активности. Были смоделированы два значения высоты полета воздушного судна – 100 м и 300 м. Для справки: минимальные безопасные значения высоты полета в США составляют 500 футов (≈ 150 м) над открытой водой или малонаселенными районами и 1000 футов (≈ 300 м) над городскими районами соответственно. Приемная антенна ADF воздушного судна располагается над центром квадрата. Поля излучения объединяются по правилам сложения векторов.

РИСУНОК 41

Изображение сценария с суммарной помехой

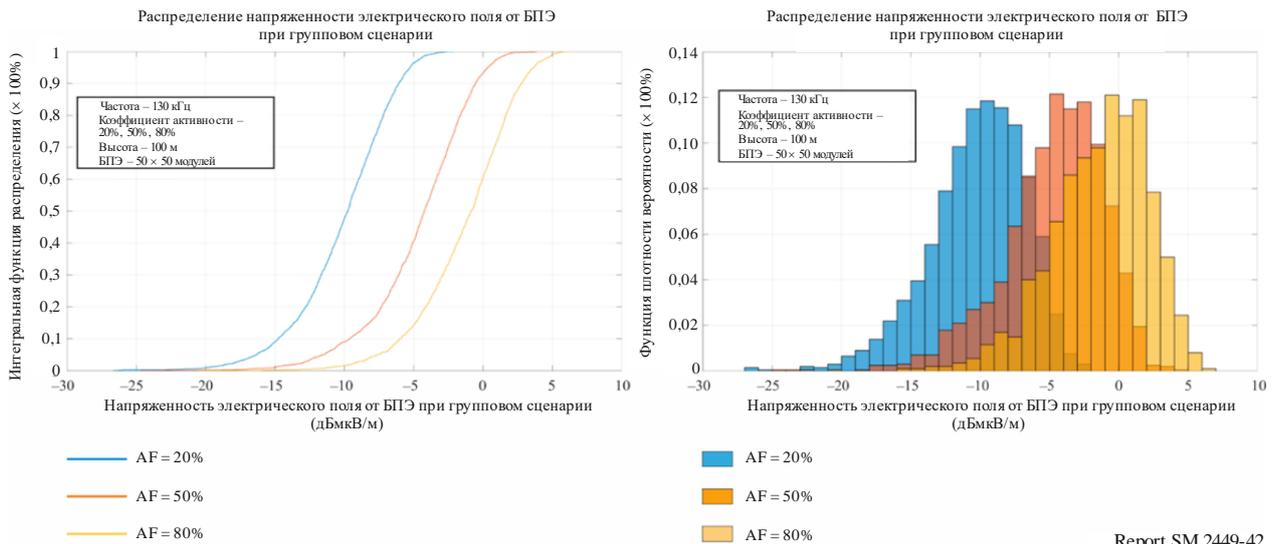


Report SM.2449-41

На рисунке 42 показаны результаты при высоте полета воздушного судна 100 м.

РИСУНОК 42

Распределение электрического поля, излучаемого БПЭ при сценарии с суммарной помехой (высота полета воздушного судна 100 м)



Report SM.2449-42

Коэффициент активности	E_{max} (дБмкВ/м)	Среднее (дБмкВ/м)	Станд.	Максимально допустимый уровень помех (дБмкВ/м)	Запас/интервал (дБ)
20%	-2,1	-10,2	3,4	21,9	24,0
50%	4,4	-4,7	3,6	21,9	17,5
80%	6,5	-1,3	3,5	21,9	15,4

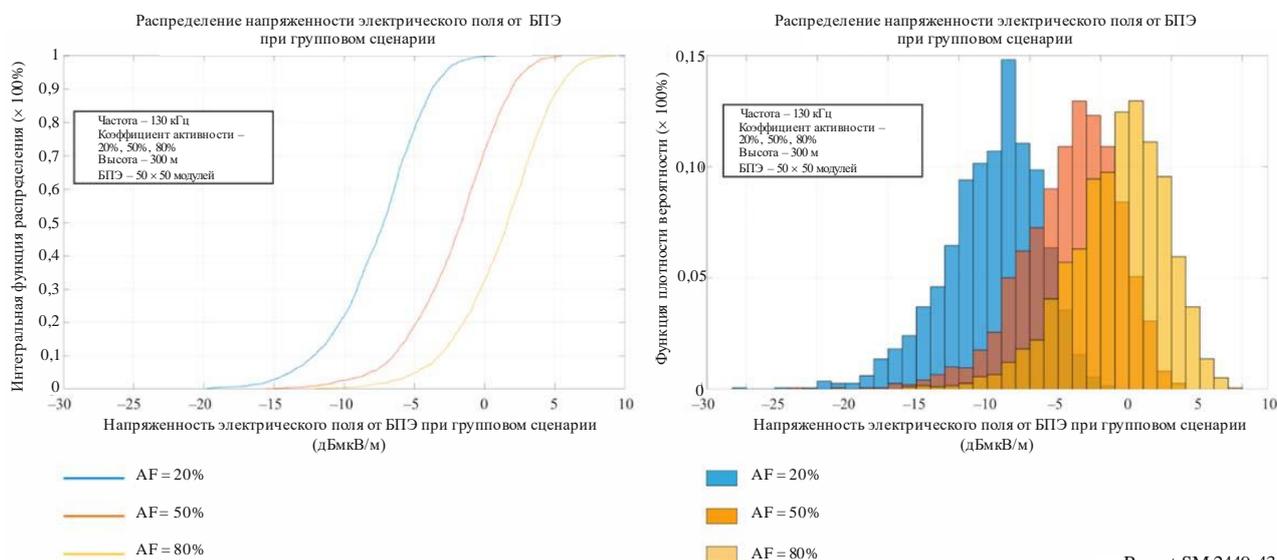
Выводы для высоты полета воздушного судна 100 м

Моделирование показало, что максимальная расчетная напряженность поля даже при коэффициенте активности 80% ниже максимально допустимого уровня помех на 15,4 дБ. В расчете не учитывались потери при прохождении волн через крышу или пол, так как это дополнительно снизило бы воздействие помех от устройств БПЭ на ADF.

На рисунке 43 показаны результаты для высоты полета воздушного судна 300 метров.

РИСУНОК 43

Распределение электрического поля от БПЭ при сценарии с суммарной помехой (высота полета воздушного судна 300 м)



Report SM.2449-43

Коэффициент активности	E_{\max} (дБмкВ/м)	Средн. (дБмкВ/м)	Станд.	Максимально допустимый уровень помех (дБмкВ/м)	Запас/интервал (дБ)
20%	-24,3	-32,7	3,4	21,9	46,2
50%	-19,5	-27,1	3,4	21,9	41,4
80%	-15,7	-23,8	3,5	21,9	37,6

Выводы для высоты полета воздушного судна 300 м

Моделирование показало, что максимальная расчетная напряженность поля даже при коэффициенте активности 80% ниже максимально допустимого уровня помех на 37,6 дБ. В расчете не учитывались потери при прохождении волн через крышу или пол, так как это дополнительно снизило бы воздействие помех от устройств БПЭ на ADF.

5.5.3 Краткое изложение результатов

Моделирование показало, что электрическое поле зарядных устройств БПЭ для мобильных и переносных устройств не влияет на прием сигналов автоматических радиопеленгаторов и ненаправленных радиомаяков. В расчете и моделировании не учитывались потери при прохождении волн через крышу или пол, так как это дополнительно снизило бы воздействие помех от устройств БПЭ на ADF.

6 Заключение

В целях анализа воздействия БПЭ для мобильных и переносных устройств на службы радиосвязи использовалось моделирование излучений и были проведены измерения. В Отчете анализируется влияние помех на АМ-радиовещание, любительскую радиосвязь и воздушную радионавигацию (ADF/NDB). Для того чтобы зарядные устройства БПЭ для мобильных и портативных устройств, работающие в диапазоне частот 100–148,5 кГц, не создавали помех приемникам служб радиосвязи, эти устройства должны быть разнесены на достаточное расстояние. Одно из исследований для АМ-радиовещания показало, что требуемое расстояние разноса составляет 2,3 м, другое исследование показало, что может потребоваться большее расстояние разноса. Для службы любительской радиосвязи это расстояние составило от 15,3 до 40,8 м в зависимости от сценария. Исследования, проведенные для воздушной радионавигационной службы (ADF/NDB) показали, что требуемые расстояния разноса намного меньше минимальных значений безопасной высоты полета (см. пункт 5.5.2.2).

Приложение 1

Справочные материалы

Документ МСЭ-R и номер	Название документа МСЭ-R
Региональное соглашение по Плану Женева, 1975 год (GE75)	
Рекомендация МСЭ-R P.368-7	Кривые распространения земной волны для частот между 10 кГц и 30 МГц
Рекомендация МСЭ-R P.372	Радиошум
Рекомендация МСЭ-R BS.468	Измерение уровня напряжения шума звуковой частоты в звуковом радиовещании
Рекомендация МСЭ-R BS.498	Ионосферная перекрестная модуляция в НЧ и СЧ радиовещательных диапазонах
Рекомендация МСЭ-R P.532	Ионосферные эффекты и эксплуатационные соображения, связанные с искусственной модификацией ионосферы и радиоканала
Рекомендация МСЭ-R BS.559	Объективное измерение защитных отношений по радиочастоте в НЧ, СЧ и ВЧ радиовещании
Рекомендация МСЭ-R BS.560	Защитные отношения по радиочастоте в НЧ, СЧ и ВЧ радиовещании
Рекомендация МСЭ-R BS.561	Определение излучений в НЧ, СЧ и ВЧ радиовещательных диапазонах
Рекомендация МСЭ-R M.589	Технические характеристики методов передачи данных и защиты от помех для радионавигационной службы в частотных диапазонах между 70 и 130 кГц
Рекомендация МСЭ-R BS.638	Термины и определения, используемые при планировании частот в звуковом радиовещании
Рекомендация МСЭ-R BS.639	Необходимая ширина полосы излучения в НЧ, СЧ и ВЧ радиовещании
Рекомендация МСЭ-R BS.703	Характеристики АМ звуковых радиовещательных эталонных приемников для целей планирования
Рекомендация МСЭ-R M.823	Технические характеристики дифференциальных передач для глобальных навигационных спутниковых систем с морских радиомаяков в полосе частот 283,5–315 кГц в Районе 1 и в полосе частот 285–325 кГц в Районах 2 и 3
Рекомендация МСЭ-R SM.1056	Ограничение излучений от промышленного, научного и медицинского (ПНМ) оборудования
Рекомендация МСЭ-R P.1147	Прогнозирование напряженности поля пространственной волны на частотах между приблизительно 150 и 1700 кГц

Документ МСЭ-R и номер	Название документа МСЭ-R
Рекомендация МСЭ-R P.1321	Факторы распространения радиоволн, влияющие на системы, использующие методы цифровой модуляции на НЧ и СЧ
Рекомендация МСЭ-R BS.1348	Требования к службе цифрового звукового радиовещания на частотах ниже 30 МГц
Рекомендация МСЭ-R BS.1386	Характеристики и диаграммы НЧ и СЧ передающих антенн
Рекомендация МСЭ-R BS.1387	Методика объективных измерений воспринимаемого качества звука
Рекомендация МСЭ-R BS.1514	Система цифрового звукового радиовещания в диапазонах радиовещания ниже 30 МГц
Рекомендация МСЭ-R M.1732-2	Характеристики систем, работающих в любительской и любительской спутниковой службах, в целях применения в исследовании по совместному использованию частот
Рекомендация МСЭ-R BS.1895	Критерии защиты систем наземного радиовещания
Рекомендация МСЭ-R SM.1896	Диапазоны частот для согласования на глобальном или региональном уровне устройств малого радиуса действия
Рекомендация МСЭ-R SM.2028	Расчет защитного расстояния между индукционными системами и службами радиосвязи, работающими на частотах ниже 30 МГц
Рекомендация МСЭ-R SM.2103	Согласование на глобальном уровне категорий устройств малого радиуса действия
Рекомендация МСЭ-R SM.2110	Диапазоны частот для работы систем беспроводной передачи энергии (БПЭ) без использования луча
Отчет МСЭ-R BS.401	Передающие антенны в НЧ, СЧ и ВЧ радиовещании
Отчет МСЭ-R BS.458	Характеристики систем в НЧ, СЧ и ВЧ радиовещании
Отчет МСЭ-R SM.2057	Исследования по вопросам воздействия устройств, использующих сверхширокополосную технологию, на службы радиосвязи
Отчет МСЭ-R SM.2153	Технические и эксплуатационные параметры и использование спектра для устройств радиосвязи малого радиуса действия
Отчет МСЭ-R SM.2154	Технологии измерения загруженности спектра устройств радиосвязи малого радиуса действия
Отчет МСЭ-R SM.2179	Измерения для устройств радиосвязи малого радиуса действия
Отчет МСЭ-R SM.2180	Воздействие промышленного, научного и медицинского (ПНМ) оборудования на службы радиосвязи
Отчет МСЭ-R SM.2210	Воздействие излучений устройств малого радиуса действия на службы радиосвязи
Отчет МСЭ-R SM.2303	Беспроводная передача энергии с использованием технологий, не предусматривающих передачу с помощью радиочастотного луча

Приложение 2

Сокращения

Term	Explanation	Термин	Название
ADC	Analogue digital converter	АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
ADF	Automatic direction finder		Автоматический радиопеленгатор
AM	Amplitude modulation	АМ	Амплитудная модуляция
BBC	British Broadcasting Corporation	Би-би-си	Британская радиовещательная корпорация
BW	Bandwidth		Полоса пропускания
FCC	Federal Communications Commission	ФКС	Федеральная комиссия по связи
NDB	Non-directional beacon		Ненаправленный радиомаяк
EV	Electric vehicle		Электромобиль
ISM	Industrial, scientific, and medical (applications)	ПНМ	Промышленные, научные и медицинские (применения)
LF	Low frequency	НЧ	Низкая частота
WPT	Wireless power transmission	БПЭ	Беспроводная передача энергии
