



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)  
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)

**«ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ»**

основной профессиональной образовательной программы специалитета  
по специальности

**25.05.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО  
РАДИООБОРУДОВАНИЯ**

Специализации программы

**«ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ РАДИООБОРУДОВАНИЯ  
ПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА»**

**«ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ  
НА ТРАНСПОРТЕ И ИХ ИНФОРМАЦИОННАЯ ЗАЩИТА»**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

Морской  
Кафедра судовых радиотехнических систем

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ОПК-6: Способен применять технические средства и технологии для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере профессиональной деятельности;</p> <p>ПК-2: Способен осуществлять эксплуатацию подсистем и оборудования радиосвязи на судовых станциях связи.</p>	<p>ОПК-6.2: Строит свою профессиональную деятельность с учетом принципов нормирования электромагнитных полей на основе национальных стандартов и международных рекомендаций;</p> <p>ОПК-6.3: Применяет комплекс организационных и технических мероприятий по защите окружающей среды и человека от воздействия электромагнитных полей;</p> <p>ПК-2.2: Эксплуатация подсистем</p>	<p>Электромагнитная совместимость</p>	<p><u>Знать:</u> - положения международных, национальных и отраслевых нормативных документов в области электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств и электромагнитной экологии;</p> <p>- методы защиты окружающей среды и человека от воздействия электромагнитных помех;</p> <p>- сущность проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) технических средств и её особенности для радиоэлектронных средств (РЭС), характеристики и параметры ЭМС средств радиосвязи, особенности электромагнитной обстановки (ЭМО) на морских судах, методы анализа ЭМО и воздействия электромагнитных помех на РЭС радиосвязи и радионавигации, способы обеспечения ЭМС РЭС.</p> <p><u>Уметь:</u> - применять положения нормативных документов в области ЭМС технических средств и электро-</p>

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
	и оборудования радиосвязи ГМССБ для недопущения помех.		<p>магнитной экологии в своей профессиональной деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять в профессиональной деятельности организационные и технические мероприятия по защите окружающей среды, включая технические средства, и человека от воздействия электромагнитных помех;</li> <li>- выполнять анализ ЭМС в заданной группировке средств радиосвязи, включая аппаратуру ГМССБ, использовать в профессиональной деятельности нормативные документы в области ЭМС технических средств.</li> </ul> <p><u>Владеть:</u> - методами анализа воздействия электромагнитных полей на работу технических средств, в особенности радиоэлектронных, а также способами защиты технических средств от мешающего воздействия электромагнитных помех;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организационными и техническими методами защиты окружающей среды, включая технические средства, и человека от воздействия электромагнитных помех;</li> <li>- навыками использования организационных и технических методов обеспечения</li> </ul>

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Дисциплина</b>	<b>Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции</b>
			ЭМС РЭС, включая аппаратуру ГМССБ, технологии в области ЭМС технических средств, методами анализа воздействия электромагнитных помех на работу РЭС.

## **2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам;
- задание по расчётно-графической работе.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме дифференцированного зачета, относятся:

- задания по контрольной работе;
- контрольные вопросы по дисциплине.

## **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания и вопросы

3.1.1. Содержание оценочных средств

Тестовые задания и вопросы предназначены для оценки в рамках текущего контроля успеваемости знаний, приобретенных курсантами (студентами) на лекционных занятиях, и для измерения соответствующих индикаторов достижения компетенции. Они также могут быть использованы курсантами очной и студентами заочной формы обучения в ходе самостоятельной работы.

Тестовые задания по дисциплине в виде трёх вариантов представлены в **Приложении №1**.

3.1.2 Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Выполнение тестового задания состоит в выборе правильных ответов из предлагаемых пяти вариантов. Оценка по результатам тестирования зависит от уровня освоения курсантом (студентом) дисциплины и оценивается по следующему проценту правильных ответов:

от 0 до 59% - «неудовлетворительно»;

от 60 до 74% - «удовлетворительно»;

от 75 до 84% - «хорошо»;

от 85 до 100% - «отлично»;

Положительная оценка выставляется курсанту (студенту) при получении от 60 до 100% верных ответов.

3.2. Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

3.2.1. Содержание оценочных средств

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «Исследование коммутационной (контактной) помехи»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «Оценка электромагнитной совместимости радиоприёмного устройства»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «Исследование радиоприёмного устройства с быстродействующим устройством защиты от мощных помех»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 «Оценка эффективности компенсации помехи на входе радиоприёмного устройства с помощью компенсатора помех»

Содержание лабораторных работ и вопросы к ним приведены в **Приложении 2**.

3.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Шкала оценивания результатов защит лабораторных работ основана на четырёхбалльной системе.

Оценка **«отлично»** выставляется, если отчет оформлен в соответствии с установленными требованиями, обучающийся показал глубокие знания и понимание программного материала по теме лабораторной работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если отчет оформлен с некоторыми нарушениями требований, обучающийся твердо знает программный материал по теме лабораторной работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если отчет оформлен с нарушениями требований, обучающийся имеет знания только основного материала по поставленным кон-

трольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме лабораторной работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если отчет оформлен с грубыми нарушениями требований или не представлен вовсе, обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

### 3.3. Задание на расчётно-графическую работу (очная форма обучения).

#### 3.3.1. Содержание оценочных средств

Типовые задания приведены в **Приложении 3**.

#### 3.3.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Результаты, полученные обучающимся при выполнении расчётно-графической работы (РГР), оформляются в виде пояснительной записки в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 и представляются на проверку преподавателю. При отсутствии существенных замечаний к содержательной части РГР допускается к защите. При наличии существенных замечаний к содержательной части РГР возвращается на доработку. Защита РГР производится в индивидуальном порядке. Обучающемуся предлагается ответить на ряд вопросов (не менее 5), представленных в перечне вопросов к защите РГР.

Шкала оценивания результатов выполнения расчётно - графической работы основана на четырехбалльной системе.

Оценка **«отлично»** выставляется, если обучающийся свободно увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями, легко ориентируется в написанном им тексте, работа оформлена технически грамотно.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если обучающийся может обосновать применённые способы решения задач, но может допускать мелкие ошибки, свободно понимает, как их можно исправить, работа оформлена в основном технически грамотно.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если обучающийся увязывает принятые им способы решения поставленных задач с теоретическими положениями посредством наводящих вопросов, иногда с затруднениями понимает, как можно исправить мелкие ошибки, имеются погрешности в оформлении работы.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если выясняется, что обучающийся выполнил РГР формально, без понимания принципов решения поставленных задач, не ориентируется в написанном им тексте, при защите не понимает, как исправить допущенные ошибки.

Результаты измерений индикатора считаются положительными при положительной оценке за выполнение расчётно-графической работы.

## 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме дифференцированного зачета.

К дифференцированному зачету допускаются курсанты (студенты):

- положительно аттестованные по результатам текущего контроля;
- прошедшие все предусмотренные учебным планом виды занятий;
- получившие положительную оценку по результатам тестирования;
- получившие положительные оценки по лабораторным работам;
- получившие положительную оценку по расчётно-графической работе (для очной формы обучения);
- получившие положительную оценку по контрольной работе (для заочной формы обучения).

4.2 Задания по контрольной работе (заочная форма обучения).

### 4.2.1. Содержание оценочных средств

Контрольная работа состоит из двух задач, охватывающих все разделы изучаемой дисциплины. В **Приложении 4** приведены условия задач, включающие в себя текстовую, а при необходимости и иллюстративную часть, с числовыми значениями исходных величин и перечнем величин, для которых необходимо найти либо числовые значения величин, либо их аналитическое описание.

4.2.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Шкала оценивания результатов выполнения контрольной работы основана на двухбалльной системе.

Оценка «**зачтено**» выставляется в случае, если задачи решены верно и в полном объёме, обучающийся обладает необходимым уровнем знаний.

Оценка «**незачтено**» выставляется в случае, если задачи решены неверно, или не в полном объёме, обучающийся не обладает необходимым уровнем знаний.

4.3. Контрольные вопросы по дисциплине для дифференцированного зачета.

1. В чём заключается сущность проблемы ЭМС РЭС?
2. Каковы причины обострения проблемы ЭМС РЭС?
3. Сформулируйте основные направления и задачи, возникающие при решении проблемы ЭМС РЭС.
4. Как связана проблема ЭМС РЭС с проблемами помехоустойчивости и помехозащитности?
5. Приведите возможные варианты иерархических структур проблемы ЭМС РЭС.
6. В чём заключаются особенности проблемы ЭМС судового РЭО?
7. Каковы основные пути и методы решения проблемы ЭМС РЭС?

8. Какие международные и государственные (национальные) органы осуществляют регулирование в области ЭМС РЭС?

9. Назовите нормативные документы, соответствующие разным уровням регулирования в области ЭМС РЭС.

10. Охарактеризуйте состав и размещение РЭО рыбопромыслового судна. В соответствии с какими нормативными документами он определяется? Как состав РЭО зависит от назначения судна, района плавания? Определите число возможных источников радиопомех из состава судового РЭО.

11. Дайте определение понятий: ЭМО; внешняя ЭМО; внутренняя ЭМО. Как эти понятия используются применительно к судовым условиям?

12. Классифицируйте источники непреднамеренных электромагнитных помех (НЭМП) на судах. Приведите примеры их влияния на качество радиоприёма.

13. По каким путям распространяются НЭМП на судах? Какие из них являются наиболее опасными с точки зрения ЭМС РЭС?

14. Классифицируйте индустриальные радиопомехи, возникающие на судне. Приведите данные, характеризующие уровни напряженности поля индустриальных радиопомех на судах. Каковы допустимые уровни индустриальных радиопомех?

15. Классифицируйте НЭМП, создаваемые судовым РЭО. Назовите все виды нежелательных излучений радиопередающих устройств и дайте физическое толкование причин их появления.

16. Охарактеризуйте уровни НЭМП, создаваемых судовыми связными радиопередатчиками разных типов. Как эти уровни зависят от уровня мощности, рабочей частоты радиопередатчика, от расстояния до передающей антенны?

17. Оцените уровень НЭМП, создаваемых судовой РЛС типа «Наяда-5» (мощность в импульсе 15 кВт) на частотах 12 и 16 МГц в полосе приёма 6 кГц, если длительность зондирующего импульса РЛС равна 0,07 мкс.

18. Поясните физику процесса появления контактных радиопомех. Изобразите схему замещения контактного вторичного излучателя. Постройте спектрограммы вторичного излучения для случаев гармонического и бигармонического первичного излучений, линейного параметрического, нелинейного и нелинейно-параметрического контактов. Как зависит ширина спектра контактной радиопомехи от скорости движения судна?

19. В чем заключается сущность электродинамического, энергетического (спектрального) и вероятностного подходов к описанию ЭМО?

20. Приведите пример статистической модели ЭМО. Для решения каких задач ЭМС РЭС целесообразно использовать такую модель?

21. Качественно опишите характер влияния НЭМП на качество работы судовых средств радиосвязи и радионавигации.

22. Какие показатели качества используются для оценки работы средств радиосвязи и навигации? Как они зависят от отношения сигнал/помеха на входе детектора радиоприёмника?

23. Изобразите пороговую характеристику РЭС и определите подпороговую, пороговую и надпороговую области.

24. Дайте определение «защитного отношения». Приведите примеры значений «защитного отношения» для систем радиосвязи с различными классами излучения.



25. Какие показатели ЭМС могут быть использованы для отдельного РЭС?
26. Приведите примеры энергетических и частотных критериев ЭМС РЭС.
27. Запишите возможные варианты системных критериев для группировки РЭС.
28. Изобразите структурные или функциональные электрические схемы экспериментальных установок для оценки ЭМС РЭС, соответствующие использованию разных показателей и критериев ЭМС РЭС. Дайте пояснения к соответствующим методикам измерений.
29. Изобразите качественно спектр основного излучения РПУ с учётом внеполосных излучений. Дайте определение необходимой, занимаемой и контрольной ширины полосы излучения. Какое излучение называется совершенным?
30. Используя кусочно-линейную модель спектра основного излучения, запишите общее аналитическое выражение для спектральной плотности мощности основного и внеполосных излучений, если заданы  $B_n$ ,  $B_k$ ,  $B_{40}$ ,  $B_{50}$ ,  $B_{60}$ .
31. Определите численные значения коэффициентов в этих уравнениях для классов излучения АЗЕ, JЗЕ, F1В.
32. Используя значение коэффициента  $k=1$ , запишите аналитические выражения для 2-й и 3-й гармоник, соответствующих классам излучений АЗЕ и F1В.
33. Изобразите спектрограммы интермодуляционных излучений двух совместно и одновременно работающих РПУ с частотами 100 и 110 МГц. Укажите частоты наиболее интенсивных по уровню интермодуляционных излучений каждого РПУ. Дайте соответствующее пояснение.
34. От каких факторов зависит уровень интермодуляционных излучений РПУ? Какие способы уменьшения его Вы можете предложить?
35. Изобразите структурную схему измерений побочных излучений РПУ. Поясните методику измерений.
36. Изобразите структурные схемы измерений ширины полосы радиочастот и внеполосных излучений РПУ. Поясните методику измерений.
37. Изобразите качественно характеристику относительной односигнальной частотной избирательности (ХООЧИ) РПрУ прямого усиления и супергетеродинного типа. Чем они отличаются?
38. Какими параметрами характеризуются основной, соседние и побочные каналы приёма? Как эти параметры определяются?
39. Что представляет собой линейная модель РПрУ? Как можно описать частотные свойства РПрУ по основному и соседним каналам?
40. Определите необходимый порядок полинома Баттерворта для аналитического описания основного и соседних каналов ХООЧИ, если относительная избирательность РПрУ по соседнему каналу  $D_{ск}=70$  дБ при расстройке  $\Delta f=12$  кГц, а полоса пропускания на уровне 3 дБ  $B_3=6$  кГц.
41. Определите частоты побочных каналов приёма судового радиоприёмного устройства «Сибирь», настроенного на частоту 12832 кГц, если его 1-ая промежуточная частота равна 42218,9 кГц.
42. Как можно описать ХООЧИ по побочному каналу приёма?

43. Поясните физические процессы, происходящие в РПрУ при возникновении эффектов блокирования, интермодуляции и перекрёстной модуляции. Какими параметрами характеризуются эти эффекты?

44. Что представляет собой нелинейная модель РПрУ? Как в ней можно учитывать эффекты блокирования, интермодуляции и перекрёстной модуляции?

45. Как измеряются характеристики и параметры ЭМС судовых РПрУ?

46. Что представляет собой модель системы взаимосвязанных антенных устройств? Системами каких параметров она может быть описана?

47. Запишите уравнения связи между токами и напряжениями для двух взаимосвязанных антенн с использованием матрицы  $[Z]$ . Какой смысл имеют элементы матрицы  $[Z]$ ? В чём заключаются условия взаимности, симметрии?

48. Сделайте вывод выражений, определяющих рабочие функции системы двух взаимосвязанных антенн (коэффициент связи, входное сопротивление или проводимость и т.п.), через элементы матрицы  $[Z]$  или  $[Y]$ .

49. Запишите условия, определяющие ближнюю, промежуточную и дальнюю зоны для системы из двух взаимосвязанных антенн. Чем обусловлено такое условное разделение? Что оно даёт?

50. Как определяются элементы матрицы  $[Z]$  системы из двух взаимосвязанных антенн методом наведённых ЭДС? В чём заключаются достоинства и недостатки метода?

51. Приведите качественно вид зависимостей  $R_{21}$ ,  $X_{21}$  от  $d/\lambda$  для двух одинаковых и разных вибраторных антенн при отсутствии и наличии соосного смещения. Какие выводы вы можете сделать из этих зависимостей?

52. Рассчитайте и сравните значения коэффициентов связи между двумя несимметричными вибраторными антеннами длиной 6 и 10 м, расположенных на палубе на расстояниях 3; 6 и 10 м.

53. Как определяется матрица  $[Z]$  двух взаимосвязанных проволочных антенн матричным методом моментов (Харрингтона)? В чём заключаются достоинства и недостатки этого метода?

54. Как определяются элементы матрицы  $[Z]$  для системы двух взаимосвязанных антенн для дальней зоны с использованием рабочих характеристик и параметров антенн?

55. Как непосредственно определяется коэффициент связи между антеннами с использованием рабочих характеристик и параметров антенн с учетом их взаимного расположения, поляризационных свойств и потерь на пути распространения электромагнитных волн?

56. Как экспериментально в судовых условиях можно произвести оценку коэффициента связи между антеннами, элементов матрицы  $[Z]$ ?

57. Сформулируйте возможные варианты постановки задачи анализа ЭМС РЭС применительно к дуэльной ситуации, к группировке РЭС, к общей ЭМС.

58. Какие существуют математические модели и методы анализа ЭМС РЭС?

59. Поясните возможные алгоритмы анализа ЭМС РЭС в дуэльной ситуации. Приведите выражения для расчёта средней мощности помех в ПРМ по Д. Уайту и на основе спектрального подхода.

60. В чём заключается сущность энергетической (амплитудной) и частотной оценки помех по Д. Уайту и при спектральном подходе?

61. Покажите, как можно оценить эффект блокирования в дуэльной ситуации.
62. Изобразите блок-схему алгоритма анализа ЭМС в группировке РЭС с использованием отборочной модели ЭМС дифференциального вклада.
63. В чём заключается сущность модели ЭМС интегрального вклада? Когда её целесообразно использовать?
64. Как при анализе ЭМС в группировке РЭС можно учесть эффекты блокирования, интермодуляции и перекрестной модуляции?
65. В чём заключается сущность статистической теории ЭМС РЭС? Какие статистические модели ЭМО и ПРМ используются при анализе ЭМС?
66. Сделайте классификацию методов обеспечения ЭМС РЭС. Приведите конкретные примеры методов из каждой группы.
67. В чём заключаются особенности задач обеспечения ЭМС РЭС на разных иерархических уровнях и стадиях жизненного цикла РЭС?
68. Назовите все известные Вам организационные методы обеспечения ЭМС РЭС и поясните их сущность. Как эти методы используются для обеспечения ЭМС судового РЭО?
69. Поясните принципы рационального использования частотного ресурса. Укажите на особенности распределения частот для морской радиосвязи.
70. Изобразите графически алгоритм выбора рабочих частот в группировке РЭС, оптимальный с точки зрения ЭМС РЭС. Поясните принцип его работы.
71. Каковы принципы размещения судовых антенн с учётом требований ЭМС РЭС?
72. В чём заключаются особенности организационно-технических методов обеспечения ЭМС РЭС? Какими параметрами РЭС можно управлять?
73. Как влияет выбор параметров радиосигналов РЭС на их ЭМС?
74. Поясните общие принципы организации управления параметрами РЭС.
75. Поясните общие принципы нормирования в области ЭМС РЭС. Приведите примеры международных, национальных и отраслевых нормативных документов в области ЭМС РЭС.
76. Классифицируйте технические методы обеспечения ЭМС РЭС. Укажите основные признаки, по которым сделана эта классификация.
77. Поясните сущность таких методов обеспечения внутриаппаратурной ЭМС, как заземление, фильтрация, экранирование и симметрирование.
78. Какие способы уменьшения взаимосвязи между проводниками и кабелями Вам известны? В чём заключается их сущность?
79. Какие существуют технические методы обеспечения внутрисистемной и межсистемной ЭМС РЭС? Что их объединяет и различает?
80. Какие способы построения РПУ с малым уровнем нежелательных излучений Вам известны? Приведите примеры соответствующих структурных схем РПУ.
81. Что представляют собой радиопередающие комплексы? Как в этих комплексах обеспечивается пространственная избирательность излучения РПУ?
82. В чём заключается сущность адаптивной компенсации помех? Приведите примеры структурных схем адаптивных компенсаторов помех (АКП) и поясните принципы их работы.
83. Изобразите структурную схему адаптивной антенной решетки (ААР) и поясните принцип её работы. За счёт чего на выходе ААР увеличивается отношение сигнал/помеха.
84. Каковы возможные алгоритмы управления ААР и АКП?

85. Каким образом можно обеспечить использование одной антенны для одновременного приёма и передачи сигналов? Как при этом обеспечивается развязка между РПУ и РПрУ?

86. Какие способы защиты РПУ от разрушающего воздействия мощных радиопомех Вам известны? Какие устройства применяют для защиты судовых РПрУ?

87. В чём заключается сущность метода бланкирования? Приведите структурную схему РПрУ, в которой реализован этот метод, и поясните принцип её работы.

88. Изобразите структурные схемы РПрУ с компенсацией радиопомех в тракте радио-приёмника и сделайте соответствующие пояснения.

89. Каковы способы увеличения динамических диапазонов РПрУ по блокированию, интермодуляции и перекрёстной модуляции?

90. Каким образом можно ухудшить восприимчивость РПрУ по побочным каналам приёма?

4.2. Методические материалы, определяющие процедуры использования оценочных средств

Представленные зачётные вопросы компонуются по два вопроса из разных тем учебной программы. На усмотрение преподавателя ответы могут быть в устной или письменной форме.

Шкала промежуточной аттестации основана на четырёхбалльной системе.

Оценка **«отлично»** выставляется, если обучающийся показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если обучающийся твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если обучающийся имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике.

## 5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Электромагнитная совместимость» основной профессиональной образовательной программы по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», специализаций «Техническая эксплуатация и ремонт радиооборудования промышленного флота» и «Информационно-телекоммуникационные системы на транспорте и их информационная защита».

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры судовых радиотехнических систем 22.04.2022 (протокол № 8).

Заведующий кафедрой  Е.В. Волхонская

## Приложение 1

### ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ»

#### Вариант 1

**Вопрос №1.** Под ЭМС технических средств (ТС) понимается: способность ТС ...

- А) не создавать электромагнитных помех (ЭМП);
- Б) не реагировать на воздействие ЭМП;
- В) функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать ЭМП другим ТС;
- Г) функционировать совместно и одновременно с другими ТС, имеющими электромагнитные свойства;
- Д) функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на него непреднамеренной ЭМП.

**Вопрос №2.** Источники электромагнитных помех - это...

- А) естественные или искусственные объекты или явления, способные создавать электромагнитные излучения;
- Б) технические средства, использующие электромагнитные явления;
- В) объекты или явления, которые создают электромагнитные поля;
- Г) технические средства (ТС), способные своими электромагнитными излучениями ухудшать качество функционирования других ТС;
- Д) объекты и явления, которые своими электромагнитными излучениями нарушают функционирование ТС.

**Вопрос №3.** Под кондуктивной электромагнитной помехой (ЭМП) понимается: ...

- А) излучаемая техническим средством;
- Б) распространяющаяся по проводам, соединительным кабелям, по сети электропитания;
- В) обусловленная влиянием верхнепалубных конструкций судна;
- Г) распространяющаяся внутри технического средства;
- Д) возникшая на ходовом мостке судна.

**Вопрос №4.** При коммутации источника постоянного напряжения, огибающая амплитудного спектра соответствующей индустриальной ЭМП убывает с ростом частоты со скоростью... дБ/дек

- А) –10 ;
- Б) –20 ;
- В) –30 ;
- Г) –35 ;
- Д) –40 .

**Вопрос №5.** При одновременной работе двух радиопередающих устройств с частотами  $f_1$  и  $f_2$ , где  $f_2 > f_1$ , наибольший уровень мощности будут иметь интермодуляционные излучения с частотами...

- А)  $2f_1 - f_2$ ;
- Б)  $2f_1 + f_2$ ;
- В)  $2f_2 + f_1$ ;
- Г)  $2f_2 - f_1$ ;
- Д)  $3f_1 - 2f_2$

**Вопрос №6.** Качество радиотелефонной линии связи оценивается по следующим показателям...

- А) понимание передаваемой речи;
- Б) показатель артикуляции;
- В) разборчивость звуков;
- Г) разборчивость слов;
- Д) коэффициент ошибок.

**Вопрос №7.** Допустимое значение вероятности ошибочного приёма радиосигналов цифрового избирательного вызова в ГМССБ составляет величину...

- А)  $10^{-2}$ ;
- Б)  $10^{-3}$ ;
- В)  $10^{-4}$ ;
- Г)  $10^{-5}$ ;
- Д)  $10^{-6}$

**Вопрос №8.** Необходимая ширина полосы излучения для радиосигнала с классом излучения J3E при передаче речи в диапазоне звуковых частот 0.35...2.7 кГц составляет величину...кГц

- А) 3,1;
- Б) 3,05;
- В) 2,7;
- Г) 2,5;
- Д) 2,35.

**Вопрос №9.** При моделировании внеполосного излучения РПУ при известной его ширине на уровнях -30; -40; -50; и -60 дБ относительно уровня основного излучения используется... аппроксимация

- А) логарифмическая;
- Б) экспоненциальная;
- В) параболическая;
- Г) кусочно-линейная;
- Д) гиперболическая.

**Вопрос №10.** Частота побочного канала приёма  $f_{\text{ПК}}$  радиоприёмника супергетеродинного типа определяется из уравнения ..., где  $P_1, P_2$ - целые числа  $(0, \pm 1; \pm 2...)$ .

А)  $P_1 f_{\text{ПК}} + P_2 f_{\text{Г2}} = f_{\text{ПЧ2}}$  ;

Б)  $P_1 f_{\text{ПК}} + P_2 f_{\text{Г1}} = f_{\text{ПЧ1}}$  ;

В)  $P_1 f_{\text{ПК}} + P_2 f_{\text{Г2}} = f_{\text{ПЧ2}}$  ;

Г)  $P_1 f_{\text{ПК}} + P_2 f_{\text{Г2}} = f_{\text{ПЧ1}}$  ;

Д)  $P_1 f_{\text{ПК}} + P_2 f_{\text{Г2}} = f_{\text{Г1}}$ .

**Вопрос №11.** «Линейную» модель радиоприёмника супергетеродинного типа можно представить в виде:

А) линейных моделей преселектора и усилителя радиочастоты;

Б) линейного преобразователя частоты и полосового фильтра;

В) набора полосовых фильтров, соответствующих основному и побочным каналам приёма;

Г) полосового фильтра, соответствующего основному и соседним каналам приёма;

Д) набора полосовых фильтров, соответствующих побочным каналам приёма.

**Вопрос №12.** При воздействии радиопомех при приёме полезного сигнала могут возникать следующие нелинейные эффекты...

А) блокирование; Б) бланкирование;

В) интермодуляция; Г) перекрёстная модуляция;

Д) демодуляция.

**Вопрос №13.** Условие для дальней зоны апертурной антенны имеет следующий вид ( $d$ - расстояние от антенны;  $L$ - максимальный линейный размер антенны;  $\lambda$ -длина радиоволны)...

А)  $d \geq 2L/\lambda$ ;

Б)  $d \geq 4L/\lambda$ ;

В)  $d \geq L/\lambda$ ;

Г)  $d \geq L^2/\lambda$ ;

Д)  $d \geq 2L^2/\lambda$ , где

**Вопрос №14.** При анализе взаимодействия антенн в ближней или промежуточной зонах методом наведённых ЭДС предполагается следующий закон распределения тока вдоль вибраторов...

А) косинусоидальный;

Б) синусоидальный;

В) равномерный;

Г) линейный;

Д) экспоненциальный.



**Вопрос №15.** Д. Уайт предложил использовать для анализа ЭМС РЭС алгоритм анализа, содержащий... этапов.

- А)2;
- Б)3;
- В)4;
- Г)5;
- Д)6.

**Вопрос №16** Частотная оценка помех по Д. Уайту предполагает...

- А) оценку уровня электромагнитных помех (ЭМП) на входе приёмника с учётом рабочих частот передатчика и приёмника;
- Б) анализ спектральной плотности средней мощности ЭМП на входе приёмника с учётом частотных характеристик излучений передатчика и избирательности приёмника;
- В) расчёт уровня ЭМП по основному каналу приёма с учётом соседних и побочных каналов при известной, частотной характеристике избирательности приёмника;
- Г) корректировку значения уровня помехи, полученной в результате амплитудной оценки помех, с учётом рабочих частот передатчика и приёмника, а также их частотных характеристик;
- Д) оценку уровня ЭМП на входе приёмника с учётом спектральных характеристик излучений передатчика.

**Вопрос №17** Для обеспечения ЭМС РЭС используются следующие способы...

- А) организационный;
- Б) контрольный;
- В) нормирования;
- Г) технический;
- Д) эксплуатационный.

## Вариант 2

**Вопрос №1.** Электромагнитная помеха (ЭМП) - это ...

- А) электромагнитное явление, которое может мешать работе технического средства (ТС);
- Б) электромагнитное излучение, которое ухудшает работу ТС;
- В) помеха электромагнитной природы, вызывающая ухудшение работы ТС;
- Г) помеха, обусловленная воздействием электромагнитного поля ТС;
- Д) любое электромагнитное явление, которое может ухудшать качество функционирования ТС.

**Вопрос №2.** Под рецепторами электромагнитных помех (ЭМП) понимают...

- А) технические средства, которые подвергаются воздействию ЭМП;
- Б) естественные объекты природы и искусственные объекты, созданные человеком, которые подвержены вредному воздействию ЭМП;
- В) объекты, на которые воздействуют ЭМП;
- Г) электронные устройства, на которые оказывают мешающее влияние ЭМП;

Д) аппаратура, использующая электромагнитные явления.

**Вопрос №3.** Электромагнитная обстановка на морском судне называется внутренней, если она ...

- А) оценивается во внутреннем помещении судна;
- Б) обусловлена источниками ЭМП, находящихся во внутренних помещениях судна;
- В) обусловлена электромагнитными излучениями источников, находящихся на судне;
- Г) оценивается на ходовом мостке судна;
- Д) оценивается в машинном отделении судна.

**Вопрос №4** Нежелательными излучениями радиопередающих устройств (РПУ) называют электромагнитные излучения, ...

- А) которые не используются для функционирования РПУ;
- Б) обусловленные шумами элементов РПУ;
- В) обусловленные нелинейными эффектами в РПУ;
- Г) находящиеся за частотной полосой, занимаемой основным излучением РПУ;
- Д) которые не желательны при работе РПУ.

**Вопрос №5** При расположении источника контактной помехи на судне... её уровень будет небольшим.

- А) вблизи передающей антенны;
- Б) вблизи приёмной антенны;
- В) в середине между передающей и приёмной антеннами;
- Г) на стреле грузового крана;
- Д) на ноке шлюпбалки.

**Вопрос №6.** Первому классу качества принимаемой речи (понимание речи без малейшего напряжения внимания) соответствует допустимое значение разборчивости звуков...%

- А) > 95;
- Б) > 90;
- В) > 85;
- Г) > 80;
- Д) > 75.

**Вопрос №7** «Пороговая характеристика» РЭС представляет собой зависимость...

- А) предельного значения качественного показателя РЭС от отношения сигнал/помеха;
- Б) качественного показателя РЭС от отношения сигнал/помеха;
- В) качественного показателя РЭС от уровня мощности помехи;
- Г) качественного показателя РЭС от уровня аддитивной смеси сигнала и помехи;
- Д) качественного показателя РЭС от уровня сигнала.

**Вопрос №8** Внеполосные излучения радиопередающего устройства (РПУ) обусловлены...

- А) нелинейным режимом работы каскадов усиления мощности РПУ;
- Б) нелинейными искажениями при усилении радиосигнала в РПУ;

- В) нелинейными искажениями при формировании радиосигнала;
- Г) собственными шумами РПУ;
- Д) нелинейностью характеристик активных элементов каскадов РПУ;

**Вопрос №9** Комбинационные излучения РПУ ПВ/КВ обусловлены...

- А) воздействием излучений других РПУ;
- Б) нелинейными искажениями при формировании радиосигналов;
- В) побочными колебаниями в синтезаторе частоты;
- Г) преобразованием частоты в тракте переноса возбудителя интерполяционного типа;
- Д) нелинейными режимами работы активных элементов в тракте усиления мощности.

**Вопрос №10.** Побочные каналы приёма радиоприёмника супергетеродинного типа обусловлены...

- А) недостаточной избирательностью преселектора;
- Б) наличием гетеродинов;
- В) недостаточной избирательностью полосового фильтра после 1-го смесителя;
- Г) наличием 2-го преобразования частоты;
- Д) наличием 1-го преобразования частоты.

**Вопрос №11.** Аппроксимировать основной канал приёма с учётом соседних каналов нормированной характеристики односигнальной избирательности радиопередатчика возможно по Баттерворту с использованием выражения (где  $\Omega = 2\Delta f / B_3$  нормированная частота;  $B_3$ - ширина полосы основного канала приёма на уровне 3дБ)...

- А)  $\bar{S}(\Delta f) = 10 \lg(1 + \Omega^{2n})$ ;
- Б)  $\bar{S}(\Delta f) = 10 \lg(1 + \Omega^n)$ ;
- В)  $\bar{S}(\Delta f) = \lg(1 + \Omega^{2n})$ ;
- Г)  $\bar{S}(\Delta f) = 1 / \lg(1 + \Omega^n)$ ;
- Д)  $\bar{S}(\Delta f) = 1 / 10 \lg(1 + \Omega^{2n})$ .

**Вопрос №12.** Нелинейная модель радиоприёмного устройства (РПрУ) в задачах анализа ЭМС РЭС представляет собой ) каскадное соединение ...

- А) безынерционного нелинейного устройства и линейно модели РПрУ;
- Б) линейной модели РПрУ и безынерционного нелинейного устройства;
- В) модели входной цепи (преселектора), безынерционного нелинейного устройства и линейно модели РПрУ;
- Г) модели входной цепи и безынерционного нелинейного устройства.
- Д) модели входной цепи, линейной модели РПрУ и нелинейного безынерционного устройства.

**Вопрос №13.** При анализе взаимосвязи между антеннами в комплексе РЭС используют метод декомпозиции, заключающийся в...

- А) разделении совокупности антенн на отдельные группы;

- Б) выделении из совокупности антенн наиболее близко расположенных друг к другу антенн;
- В) выделении групп антенн, работающих на близких частотах;
- Г) выделении пар антенн с близкими значениями параметров;
- Д) попарном анализе взаимосвязи двух антенн.

**Вопрос №14.** В соответствии с методом наведённых ЭДС учитывают взаимосвязь между двумя антеннами следующие элементы матрицы сопротивлений холостого хода  $[Z]$ ...

- А) входное сопротивление  $Z_{11}$  1-ой антенны;
- Б) входное сопротивление  $Z_{22}$  2-ой антенны;
- В) передаточное сопротивление  $Z_{12}$  от 2-ой антенны к 1-ой;
- Г) передаточное сопротивление  $Z_{21}$  от 1-ой антенны ко 2-ой;
- Д) детерминант матрицы  $[Z]$ .

**Вопрос №15.** Сущность амплитудной оценки электромагнитных помех (ЭМП), предложенной Д. Уайтом, заключается в ...

- А) расчёте средней мощности ЭМП от передатчика на входе приёмника с учётом их частотных характеристик;
- Б) расчёте средней мощности ЭМП от передатчика на входе приёмника по основному и побочному каналам приёма с учётом потерь на распространения радиоволны и без учёта их частотных характеристик;
- В) оценке амплитуд ЭМП на входе приёмника по основному и побочным каналам приёма;
- Г) отборе для дальнейшего анализа ЭМП на входе приёмника с уровнем средней мощности выше допустимой;
- Д) выявлении каналов проникновения ЭМП в приёмник с уровнем средней мощности выше допустимой.

**Вопрос №16.** Сущность метода анализа ЭМС РЭС, разработанного на кафедре СРТС БГАРФ, заключается в ...

- А) использовании ограниченных по уровню спектральной плотности мощности излучений передатчика и нормированной односигнальной частотной характеристики избирательности (НОЧХИ) приёмника, а также в расчёте средней мощности помехи, приведённой ко входу приёмника спектральным методом;
- Б) использовании частотных характеристик излучений передатчика и НОЧХИ приёмника, а также спектрального метода анализа для определения средней мощности помехи;
- В) использовании спектрального метода анализа взаимосвязи между передатчиком и приёмником с учётом взаимодействия между их антеннами;
- Г) оценке средней мощности помех спектральным методом с учётом частотных свойств излучений передатчика и НОЧХИ приёмника;
- Д) использовании при анализе линейной и нелинейной модели радиоприёмника.

**Вопрос №17.** Организационные способы обеспечения ЭМС РЭС предполагают рациональное использование временного, частотного и пространственного ресурсов путём...

- А) составление расписаний работы РЭС с учётом их ЭМС;
- Б) оптимального выбора рабочих частот, классов излучений, уровня мощности;
- В) организации своевременного технического обслуживания РЭС;
- Г) рационального размещения РЭС в пространстве;
- Д) нормирования характеристик и параметров РЭС.

### Вариант 3

**Вопрос №1.** Под электромагнитной обстановкой (ЭМО) понимается: совокупность ...

- А) электромагнитных полей в заданной точке пространства;
- Б) электромагнитных явлений, существующих в данном месте;
- В) электромагнитных излучений в заданной точке или районе;
- Г) электрических и магнитных составляющих электромагнитного поля в данный момент в заданной точке пространства;
- Д) электромагнитных полей в заданной точке пространства.

**Вопрос №2.** Наиболее существенной причиной актуальности проблемы ЭМС радиоэлектронных средств (РЭС) является...

- А) необходимость более рационального использования радиочастотного ресурса;
- Б) увеличение излучаемой мощности некоторых РЭС;
- В) необходимость расположения РЭС в ограниченном пространстве;
- Г) увеличение числа одновременно работающих РЭС;
- Д) микроминиатюризация радиоаппаратуры.

**Вопрос №3** При включении и выключении через 10 мкс источника постоянного напряжения, ширина спектра соответствующей индустриальной электромагнитной помехи составит...МГц

- А) 0.1;
- Б) 1...2;
- В) 0.3...0.4;
- Г) 0.5...0.6;
- Д) 0.6...0.7.

**Вопрос №4.** Согласно нормативным требованиям допускается максимальный уровень средней мощности любого побочного излучения судового РПУ, работающего на частотах до 30 МГц, равным... мВт

- А) 20;
- Б) 100;
- В) 40;
- Г) 80;
- Д) 50;

**Вопрос №5.** Ширина основного лепестка огибающей амплитудного спектра излучения зондирующих радиоимпульсов РЛС длительностью  $\tau$  с прямоугольной формой огибающей равна...

А)  $5/\tau$ ;

Б)  $4/\tau$ ;

В)  $3/\tau$ ;

Г)  $2/\tau$ ;

Д)  $1/\tau$ ;

**Вопрос №6** Качество работы радиотелеграфной линии связи при наличии помех оценивается следующими показателями...

А) частота ошибок;

Б) разборчивость теста;

В) коэффициент ошибок;

Г) соответствие переданному тексту;

Д) вероятность ошибочного приёма.

**Вопрос №7** «Защитное отношение» представляет собой...

А) допустимое отношение сигнал/помеха на входе детектора приёмника;

Б) предельное значение отношения сигнал/помеха в тракте ПЧ;

В) пороговой уровень радиопомехи с известным классом излучения;

Г) максимально допустимое отношение сигнал/помеха на выходе приёмника;

Д) допустимое отношение сигнал/помеха на входе приёмника.

**Вопрос №8.** Контрольная полоса частот внеполосного излучения РПУ оценивается на уровне ... дБ от максимума спектральной плотности средней мощности основного излучения РПУ.

А) -20;

Б) -30;

В) -35;

Г) -40;

Д) -45.

**Вопрос №9** С ростом номера гармоники её относительный уровень... и ширина амплитудного спектра...

А) уменьшается; уменьшается;

Б) увеличивается; увеличивается;

В) увеличивается; уменьшается;

Г) уменьшается; увеличивается;

Д) уменьшается; не изменяется.

**Вопрос №10.** Уравнения, описывающие в общем виде частотный план радиоприёмного устройства супергетеродинного типа с двумя преобразованиями частоты при верхней настройке 1-го гетеродина и нижней настройке 2-го гетеродина, имеют следующий вид...

А)  $f_{\text{ПЧ1}} = f_R - f_{\text{Г1}}; f_{\text{ПЧ2}} = f_{\text{Г2}} - f_{\text{ПЧ1}}$ ;

Б)  $f_{\text{ПЧ1}} = f_{\text{Г1}} - f_R; f_{\text{ПЧ2}} = f_{\text{Г2}} - f_{\text{ПЧ1}}$ ;

- В)  $f_{\text{ПЧ1}} = f_R - f_{\Gamma1}; f_{\text{ПЧ2}} = f_{\text{ПЧ1}} - f_{\Gamma2};$   
Г)  $f_{\text{ПЧ1}} = f_{\Gamma1} - f_R; f_{\text{ПЧ2}} = f_{\text{ПЧ1}} - f_{\Gamma2};$   
Д)  $f_{\text{ПЧ1}} = f_{\Gamma1} - f_R; f_{\text{ПЧ2}} = f_{\text{ПЧ1}} - f_{\Gamma2}.$

**Вопрос №11.** Порядок фильтра Баттерворта, который аппроксимирует основной канал приёма с учётом соседних каналов нормированной односигнальной характеристики избирательности радиоприёмника, может быть определён при известной избирательности по соседнему каналу  $D_{\text{ск}}$ , соответствующей расстройке  $\Delta f_0$ , используя выражение где  $B_3$ - ширина полосы основного канала приёма на уровне 3 дБ.)...

- А)  $n = D_{\text{ск}} / 10 \lg(2\Delta f_0 / B_3);$   
Б)  $n = 10 \lg D_{\text{ск}} / (2\Delta f_0 / B_3);$   
В)  $n = D_{\text{ск}} / 20 \lg(2\Delta f_0 / B_3);$   
Г)  $n = 10 \lg \left[ D_{\text{ск}} / (2\Delta f_0 / B_3) \right];$   
Д)  $n = 20 \left[ \lg D_{\text{ск}} / (2\Delta f_0 / B_3) \right].$

**Вопрос №12.** При описании нелинейных свойств безынерционного нелинейного устройства в нелинейной модели радиоприёмника при анализе ЭМС РЭС используют следующий вид аппроксимации...

- А) полиномиальную;  
Б) кусочно-линейную;  
В) параболическую;  
Г) кусочно- параболическую;  
Д) экспоненциальную.

**Вопрос №13.** Элементы матрицы сопротивлений холостого хода  $Z_{12}$  и  $Z_{21}$  системы двух взаимодействующих антенн характеризуют...

- А) входное сопротивление 1-ой антенны с учётом влияния 2-ой антенны;  
Б) сопротивление связи между 1-ой и 2-ой антеннами и наоборот;  
В) входное сопротивление 2-ой антенны с учётом влияния 1-ой антенны;  
Г) передаточное сопротивление от 2-ой антенны к 1-ой и наоборот;  
Д) передаточное сопротивление от 1-ой антенны ко 2-ой и наоборот.

**Вопрос №14.** Сущность матричного метода моментов (Харрингтона), используемого для анализа взаимосвязи между проволочными антеннами заключается в разбиении антенн на  $N$  отрезков, в пределах которых распределение тока считается ...

- А) синусоидальным, и определении матрицы  $[Z]$  образовавшегося  $2N$ -полюсника;
- Б) постоянным, и определении матрицы  $[Z]$  образовавшегося  $2N$ -полюсника;
- В) линейным, и определении матрицы  $[Z]$  образовавшегося  $2N$ -полюсника;
- Г) постоянным, и определении матрицы  $[Y]$  образовавшегося  $2N$ -полюсника;
- Д) синусоидальным, и определении матрицы  $[Y]$  образовавшегося  $2N$ -полюсника;

**Вопрос №15.** Основная цель задачи анализа ЭМС РЭС заключается в определении...

- А) взаимосвязи между РЭС;
- Б) уровней электромагнитных помех (ЭМП) отдельным РЭС;
- В) совместимости или несовместимости РЭС;
- Г) параметров РЭС, при которых обеспечивается их ЭМС;
- Д) источников ЭМП, существенно влияющих на ЭМС РЭС.

**Вопрос №16.** Анализ ЭМС РЭС по методу, разработанному на кафедре СРТС БГАРФ предполагает использование следующих показателей ЭМС...

- А) средняя мощность помехи, приведённой ко входу приёмника;
- Б) средняя мощность помехи на выходе приёмника;
- В) коэффициент интермодуляции;
- Г) коэффициент перекрёстной модуляции;
- Д) коэффициент блокирования.

**Вопрос №17.** Технические методы обеспечения ЭМС РЭС предполагают...

- А) применение устройств защиты радиоприёмных устройств (РПрУ) от мешающего действия электромагнитных помех (ЭМП);
- Б) использования дополнительных технических средств без изменения самих РЭС;
- В) применение адаптивных компенсаторов ЭМП на входе РПрУ;
- Г) использование дополнительных помехоподавляющих фильтров;
- Д) применение адаптивных антенных решёток.



## Приложение 2

### Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «Исследование коммутационной (контактной) помехи»

##### 1) Задание на самоподготовку

- Повторить по конспекту лекций и рекомендованной литературе тему «Электромагнитная обстановка на морских судах».
- Изучить инструкции по безопасности при проведении лабораторной работы.
- Изучить инструкцию по эксплуатации Р-250М2, Г4-102, СК4-59, В3-38А, С1-107.
- Ознакомиться с принципом построения и работы имитатора помех.
- Изобразить амплитудные спектры коммутационной помехи, обусловленной прерыванием цепи постоянного напряжения  $U_m=10В$ , при длительности прерывания  $\tau=1;2;4мс$ .
- Ответить на контрольные вопросы.

##### 2) Лабораторное задание

• Для заданной преподавателем частоты высокочастотного колебания генератора  $f_0$  произвести настройку приемника ПРМ так, чтобы  $f_R=f_0$ . При замкнутых контактах реле установить уровень генератора и ручки усиления ПРМ таким образом, чтобы на выходе ПРМ напряжение было близко к номинальному.

• Для трех значений длительности коммутационной помехи при выбранной частоте следования импульсов имитатора снять зависимость напряжения на выходе ПРМ в зависимости от расстройки ПРМ относительно частоты  $f_0$ .

• Для тех же значений длительности коммутационной помехи и частоты следования импульсов имитатора, что и в п.1.5.2., зарисовать с экрана анализатора спектра амплитудные спектры помехи, измерив с помощью встроенного частотомера частоты минимумов огибающей спектра.

• Сравнить результаты, полученные в п.1.5.2. и 1.5.3. и оценить их адекватность по положению минимумов и характеру частотной зависимости.

• Для одного из значений длительности импульса зарисовать осциллограммы напряжения на выходе имитатора коммутационной помехи и на выходе ПРМ при его настройке на частоту  $f_0$  и при заданной преподавателем расстройке. По осциллограмме контактной помехи на выходе имитатора оценить влияние помехоподавляющих элементов, подключенных параллельно контактам реле.

##### 3) Контрольные вопросы

• Дайте определение коммутационной помехи. Приведите примеры устройств, которые создают такие помехи. В чем заключаются особенности коммутационных помех по сравнению с другими ЭМП?

- Изобразите качественно вид временной диаграммы и спектрограммы коммутационной помехи, возникающей при коммутации постоянного напряжения (тока). Как зависит характер амплитудного спектра от длительности и частоты коммутации.
- Изобразите качественно вид временной диаграммы и спектрограммы коммутационной помехи, возникающей при коммутации высокочастотного гармонического напряжения (тока). Как зависит характер амплитудного спектра от длительности и частоты коммутации?
- В чем заключается физика явления “дребезга” контактов реле в цепи коммутации? От чего зависит ширина спектра коммутационной помехи? Каковы способы борьбы с явлением “дребезга” контактов?
- Как проявляется действие коммутационной помехи на ПРМ с полосой пропускания  $\Delta f_{п}$ ? Какова форма коммутационной помехи в тракте радиочастоты ПРМ, на выходе ПРМ?
- Какие ЭМП принято называть контактными? Что может выступать на судне в качестве источника контактной помехи? Какова физика процессов, вызывающих появление контактных помех?
- Нарисуйте качественно амплитудные спектры контактной помехи при облучении контакта гармоническим электрическим полем с частотой  $f_0$  для случаев, когда сопротивление контакта является линейно-параметрическим, нелинейным и нелинейно-параметрическим. От каких факторов зависят амплитуды составляющих спектров?
- Чем определяется ширина спектра контактной помехи относительно частоты  $nf_0$ ?
- Какие контактные помехи принято называть интермодуляционными? Изобразите качественно амплитудный спектр контактной помехи при воздействии на нелинейно-параметрический контакт двух электромагнитных полей с частотами  $f_{01}$  и  $f_{02} > f_{01}$ .
- Каковы основные способы борьбы с контактными помехами?
- При каких условиях судовой ПРМ может быть использован в качестве анализатора спектра радиопомехи и электромагнитной обстановки на судне?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «Оценка электромагнитной совместимости радиоприемного устройства»**

### 1) Задание на самоподготовку

- Повторить по конспекту лекций и рекомендованной литературе тему “Показатели и критерии ЭМС РЭС”.
- Изучить инструкцию по безопасности при проведении лабораторной работы.
- Изучить инструкции по эксплуатации ПРМ “Бригантина” и измерительных приборов Г4-158, Г4-165, С6-8, В3-38А, С1-107.
- Изучить методики экспериментальной оценки ЭМС РЭС в соответствии с ОСТ-5.8383-81 и А.С. №1387858.
- Рассчитать коэффициент гармоник испытательного сигнала на выходе ПРМ, если за счет нелинейности ПРМ он имеет “меандровую” форму.
- Ответить на контрольные вопросы.

### 2) Лабораторное задание

• Для заданных преподавателем рабочей частоты ПРМ  $f_R$ , девиации частоты и уровня напряжения генератора, имитирующего помеху, произвести оценку ЭМС ПРМ по методике ОСТ 5.8383-81 для разных значений расстройки частоты  $\Delta f = f_{\text{г п}} - f_R$  генератора помехи от рабочей частоты ПРМ. Построить зависимость  $\Delta U, \%$  как функцию от  $\Delta f$ , определить “полосу забития” ПРМ, т.е. минимальное  $\Delta f_{\text{мин}}$ , при котором ЭМС ПРМ еще обеспечивается.

• Произвести оценку ЭМС ПРМ по методике Грошева Г.А., Кологривова А.Г. при тех же параметрах помехи и рабочей частоты ПРМ, что и в п.2.5.1. Построить зависимость  $K_{\text{бл}}$  и  $\Delta K_{\text{г}}, \%$ , как функцию от  $\Delta f$  и определить “полосу забития” ПРМ.

• Для случая  $f_{\text{г п}} = f_R (\Delta f = 0)$  путем выбора уровня напряжения генератора помехи определить “защитные отношения” на входе ПРМ, при которых на выходе ПРМ  $\Delta K_{\text{г}1} = 5 \%$  и  $\Delta K_{\text{г}2} = 10 \%$ .

• При заданной преподавателем величине  $\Delta f$  снять зависимость  $K_{\text{бл}}$  и  $\Delta K_{\text{г}}$  от уровня напряжения генератора помехи.

• Произвести сравнительный анализ результатов оценки ЭМС по п.2.5.1. и п.2.5.2. и сделать соответствующие выводы.

### 3) Контрольные вопросы

• Что понимается под показателями и критериями ЭМС РЭС?

• Какие показатели и критерии используются в методиках в соответствии с ОСТ 5.8383-81 и А.С.№1387858?

• Что такое “защитное отношение” и как оно определяется? Какое значение “защитного отношения” рекомендуется в [3] для случая воздействия частотно-модулированной помехи (класс излучения F3E) на ПРМ амплитудно-модулированных сигналов (класс излучения A3E)?

• 2.7.4. Каким образом производится оценка ЭМС РЭС в соответствии с методикой ОСТ- 5.8383-81 и А.С.№1387858?

• Как необходимо устанавливать режим работы и усиление ПРМ при испытаниях по этим методикам? В чем заключается различие?

• Как оценивается по результатам оценок ЭМС РЭС “полоса забития” ПРМ? Сравните значения этого параметра, полученные по разным методикам.

• Дайте пояснения, чем определяется характер снятых экспериментальных зависимостей.

• Используя результаты измерений, укажите в чем заключаются достоинства и недостатки обеих методик?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «Исследование радиоприёмного устройства с быстродействующим устройством защиты от мощных помех»**

### 1) Задание на самоподготовку

• Повторить по материалам дисциплины «Радиоприёмные устройства» определение основных параметров радиоприёмного устройства (чувствительность, избирательность и т.п.).

- Изучить по ГОСТ 25792-85 /13/ методику измерения чувствительности и избирательности ПРМ по интермодуляции.

- Изучить особенности схем и работы известных устройств защиты и быстродействующего устройства защиты(БУЗ), используемого в лабораторной установке.

- Оценить зависимость времени быстрого действия БУЗ от  $U_{ПС}$  и  $U_{ДОП}$  при  $\tau_k = 1\text{мкс}$ ,  $U_{МАКС} = 300\text{В}$ .

- Изучить инструкцию по эксплуатации радиоприёмного устройства типа «Сибирь».

- Ответить на контрольные вопросы.

## 2)Лабораторное задание

- На заданных преподавателем поддиапазонах ПРМ оценить изменение чувствительности радиоприёмного устройства при использовании устройства защиты. По результатам оценки чувствительности ПРМ определить среднее затухание сигнала, вносимое БУЗ.

- На тех же поддиапазонах ПРМ оценить изменение избирательности по интермодуляции при использовании БУЗ.

## 3)Контрольные вопросы:

- Каковы причины, вызывающие применение устройств защиты на входе ПРМ?

- К каким явлениям во входной цепи ПРМ приводит мощное электромагнитное воздействие на приёмную антенну?

- Какие виды устройств защиты Вы знаете? Приведите конкретные примеры таких устройств, поясните принципы их работы.

- В чём заключаются недостатки известных устройств защиты? Что привело к необходимости разработки БУЗ?

- Как зависит время срабатывания БУЗ от  $U_{МАКС}$ ,  $U_{ПС}$ ,  $U_{ДОП}$ , от расстройкimeжду частотой воздействия и рабочей частотой ПРМ?

- Поясните назначение элементов и принципы работы БУЗ, схема которого приведена на рис.3.5.

- В чём заключается сущность методики измерения чувствительности ПРМ в соответствии с ГОСТ 25792-85?

- Как оценивается избирательность ПРМ по интермодуляции в соответствии с ГОСТ 25792-85? На частотах каких интермодуляционных составляющих она измеряется?

- Чем объяснить ухудшение чувствительности и избирательности ПРМ по интермодуляции при использовании БУЗ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 «Оценка эффективности компенсации помехи на входе радиоприёмного устройства с помощью компенсатора помех.»

### 1)Задание на самоподготовку

- Изучить принципы построения и работы компенсаторов помех и их основных элементов.
- Определить требования к точности установки амплитуды и фазы компенсационного колебания для достижения заданной степени компенсации помехи в 20, 30, 40 и 50 дБ. Построить графики соответствующих зависимостей.
- Определите с какой точностью необходимо уравнивать ГВЗ в каналах КП, чтобы обеспечить полосы компенсации на уровне  $\bar{p} = 30$  дБ в 6, 20 и 150 кГц?
- Изучить лабораторную установку, ознакомиться с техническими описаниями измерительных приборов и радиоприемного устройства типа «Шторм».
- Ответить на контрольные вопросы.

## 2) Лабораторное задание

- Определить рабочие частоты  $f_R$  радиовещательных радиостанций, работающих в диапазоне частот от 4 до 26 МГц, соответствующем диапазону рабочих частот КП.
- На частотах  $f_R$ , согласованных с преподавателем, настроить КП, и снять зависимость степени компенсации помехи от расстройки частоты  $\Delta f = f_{II} - f_R$ , где  $f_{II}$  - частота генератора помехи.
- На одной из выбранных частот  $f_R$ , настроив КП, оценить влияние выбора затухания аттенюатора на допустимую степень компенсации помехи.
- При выбранной частоте генератора помехи ( $f_{II} \approx f_R$ ) оценить на слух качество приема радиосигнала радиовещательной станции на выбранной частоте  $f_R$  без КП и с настроенным КП.

## 3) Контрольные вопросы

- Изобразите структурную схему двухканального КП и поясните назначение ее элементов и принципы работы.
- Изобразите возможные варианты построения многоканального КП, который может подавлять N помех.
- В чем заключаются условия компенсации помехи для случая квазигармонической (узкополосной) и широкополосной помехи?
- Как зависит достижимая степень компенсации гармонической помехи от точности установки амплитуды и фазы в БАФО? Какая требуется точность для достижения  $\bar{p} = 40$  дБ?
- От каких факторов зависит ширина полосы компенсации? Какими способами можно уравнивать ГВЗ в каналах КП?
- Каковы возможные способы построения БАФО? Поясните принципы построения и работы вариантов БАФО.
- Как определяется коэффициент передачи по напряжению квадратурного БАФО? Каким образом можно изменять модуль и фазу коэффициента передачи?
- Поясните принципы построения и работы ЗУА на основе мостового устройства.
- Используя схему (рис. 4.9), поясните принцип построения и работы КП, используемого в лабораторной установке.

•Каковы способы использования КП совместно с ПРМ? Как можно обеспечить наличие помехи на опорном входе КП?

## Приложение 3

### Формулировки типовых задач расчетно-графической работы для очной формы обучения

#### Задания:

1) Выполнить анализ ЭМС в группировке РЭС радиосвязи, состоящей из двух радиопередающих (РПУ) и двух радиоприёмных устройств (РПрУ) заданного типа при заданных рабочих частотах и классах излучения радиосигналов, заданных типах и расположении антенных устройств;

2) Определить наиболее опасные каналы проникновения непреднамеренных электромагнитных помех в радиоприёмных устройствах;

3) Предложить способы обеспечения ЭМС РЭС применительно к анализируемой группировке РЭС.

#### Контрольные вопросы:

1) Каким образом осуществляется математическое моделирование основного и внеполосного излучений РПУ при заданном классе излучения?

2) Запишите выражение для относительной спектральной плотности мощности основного и внеполосных излучений РПУ для класса излучения J3E.

3) Как определяется максимальное значение спектральной плотности мощности основного излучения РПУ?

4) В чём заключается особенность моделирования излучений РПУ на гармониках и субгармониках?

5) Что представляет собой частотная модель излучения (ЧМИ) РПУ? Как определяются её параметры?

6) Как осуществляется аппроксимация характеристики относительной частотной избирательности (ХОЧИ) РПрУ по основному и соседним каналам приёма?

7) Каким образом определяются средние частоты побочных каналов приёма РПрУ супергетеродинного типа?

8) В чём заключаются особенности аппроксимации ХОЧИ и побочным каналам приёма РПрУ супергетеродинного типа?

9) Что представляет собой частотная модель приёма (ЧМП) РПУ? Как определяются её параметры?

10) Как осуществляется частотная отбраковка помех при использовании ЧМИ РПУ и ЧМП РПрУ? Какие каналы проникновения помех при этом наиболее опасны?

11) Каким способом определяются коэффициенты связи между антеннами РЭС на средних частотах каналов проникновения помех?

12) Как учитываются потери в радиочастотных кабелях, соединяющих РЭС с антеннами, на коэффициенты связи между РЭС?

13) Как осуществляется энергетическая оценка помех в каждом канале проникновения помех в РПрУ?

14) По каким критериям может осуществляться оценка ЭМС РЭС?

- 15) Как учитывается эффект блокирования РПрУ при анализе ЭМС?
- 16) Что представляет собой нелинейная модель РПрУ? Как определяются её параметры?
- 17) Как определяется коэффициент блокирования при использовании нелинейной модели РПрУ?
- 18) Каким образом определяются наиболее опасные каналы проникновения помех и источники помех?
- 19) Какие способы можно предложить для обеспечения ЭМС в заданной группировке РЭС?



## Приложение 4

### Формулировки типовых задач контрольной работы для заочной формы обучения

#### Задача №1.

Судовой радиопередатчик (ПРД) заданного типа, работающий на заданной частоте  $f_t$  с заданным классом излучения, создаёт помеху для судового радиоприёмника (ПРМ), настроенного на заданную частоту  $f_r$  в заданном режиме приёма. ПРД и ПРМ подключены к судовым антеннам штыревого типа с заданной высотой  $h_1$  и  $h_2$ . Расстояние между антеннами известно. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 2. Исходные данные к задаче №1

Последняя цифра зачётки	Данные ПРД			Расстояние между антеннами, R м.	Высота передающей антенны $h_1$ , м	Предпоследняя цифра шифра	Данные ПРМ			Высота приёмной антенны, $h_2$ , м
	Тип	Класс излучения	$f_t$ , МГц				Тип	Режим приёма	$f_r$ , МГц	
0	1	A1A	0.410	8	6	0	1	J3E	12.480	6
1	2	J3E	4.625	10	10	1	2	F1B	16.490	10
2	3	H3E	6.210	12	11	2	3	A1A	6.340	6
3	4	F1B	8.230	9	6	3	4	H2A	12.650	10
4	2	R3E	6.480	7	10	4	5	F1B	4.480	6
5	3	J3E	8.320	6	11	5	1	F1B	8.720	10
6	4	G1B	4.550	5	8	6	2	R3E	1.830	6
7	1	H2A	0.512	11	9	7	3	J3E	6.230	10
8	2	F1B	8.560	4	10	8	4	G1B	8.470	6
9	3	G1B	4.340	13	11	9	5	J3E	16.810	10

Примечание:

Типы ПРД: 1-«Муссон» («Муссон-2»); 2-«Бриг» («Бриг-2»); 3-«Корвет» («Корвет-2»); 4-«Барк» («Барк2»).

Типы ПРМ: 1-«Шторм»; 2-«Сибирь»; 3- «Циклоида»; 4-«Бурун»; 5-«Бригантина».

Требуется оценить среднюю мощность помехи, создаваемой ПРД на выходе тракта ПР ПРМ, и ЭМС судовых ПРД и ПРМ по критерию ЭМС

$$\bar{P}_n \leq \bar{P}_0 + k_{\text{э}},$$

где  $\bar{P}_n$  - средняя мощность помехи на выходе тракта ПР ПРМ, приведённая ко входу ПРМ, дБВт;

$\bar{P}_0$  - средняя мощность сигнала на выходе ПРМ, соответствующего чувствительности ПРМ, дБВт;

$k_{\text{э}}$  - коэффициент запаса, дБ (обычно принимается 0/10 дБ).

В случае если ЭМС не обеспечивается, выявить причины несовместимости.

Рекомендации:

1)Рекомендуется расчёты производить в относительной (децибельной) форме.

2)При расчёте коэффициента связи между антеннами считать, что антенны расположены над палубой вертикально в одной плоскости. Влияние надстроек, верхнепалубных устройств, рангоута и такелажа можно пренебречь.

3)При оценке средней мощности помехи в тракте ПР ПРМ рекомендуется использовать кусочно-линейную аппроксимацию спектра излучения ПРД с учётом нежелательных излучений.

4)При моделировании ПРМ необходимо учитывать побочные каналы приёма. Рекомендуется в этом случае использовать аппроксимацию по Баттерворту характеристики частотной избирательности ПРМ по основному и соседнему каналам, а также по побочным каналам приёма.

## **Задача №2.**

На судовой радиоприёмник (ПРМ) заданного типа, настроенный на заданную частоту  $f_0$  в заданном режиме приёма, воздействует радиопомехи от двух судовых радиопередатчиков (ПРД), работающих на известных частотах  $f_{11}$  и  $f_{12}$ . Уровни помех  $U_{n1}$  и  $U_{n2}$ , создаваемых на входе ПРМ этими ПРД, известны. Данные о ПРМ и ПРД берутся из таблицы 1. Остальные данные к задаче приведены в таблице 2.

Требуется:

1)Рассчитать коэффициент блокирования ПРМ и оценить обеспечивается ли ЭМС ПРМ по блокированию.

2)Сделать частотную оценку наличия интермодуляционных помех в тракте ПР ПРМ. В случае попадания интермодуляционных помех в основной или побочные каналы приёма ПРМ рассчитать среднюю мощность интермодуляционных помех в тракте ПР ПРМ. По критерию (1) при  $k_{\text{э}}=0$  дБ (см. Задачу №1) оценить обеспечение ЭМС ПРМ по интермодуляции.

3)Рассчитать коэффициент блокирования ПРМ и оценить обеспечивается ли ЭМС ПРМ по блокированию.

4)Сделать частотную оценку наличия интермодуляционных помех в тракте ПР ПРМ. В случае попадания интермодуляционных помех в основной или побочные каналы приёма

ПРМ рассчитать среднюю мощность интермодуляционных помех в тракте ПР ПРМ. По критерию (1) при  $k\alpha=0$  дБ (см. Задачу №1) оценить обеспечение ЭМС ПРМ по интермодуляции.

Таблица 3. Исходные данные к задаче №2

Последняя цифра шрифта	Напряжение помех от ПРД1, $U_{n1}$ , В	Предпоследняя цифра шрифта	Напряжение помехи от ПРД2, $U_{n2}$ , В
0	2	0	5
1	10	1	3
2	3	2	6
3	12	3	2
4	5	4	8
5	14	5	4
6	7	6	10
7	15	7	1
8	4	8	9
9	13	9	11

Примечания:

1. Тип и данные ПРМ выбирается из таблицы 1 по предпоследней цифре шифра.
2. Тип и данные ПРД1 выбираются из таблицы 1 по последней цифре шифра.
3. Тип и данные ПРД2 выбираются из таблицы 1 по цифре на единицу больше последней цифры шифра.

Рекомендации:

1. Следует считать допустимое значение коэффициента блокирования  $K_{блдоп}=0,3$ , что соответствует уменьшению уровня полезного сигнала на выходе ПРМ на 3 дБ.

2. При оценке эффектов блокирования и интермодуляции необходимо использовать нелинейную модель ПРМ, в которой нелинейные свойства ПРМ описываются усечённым нормированным полиномом вида  $U_{вых} = U_{ex} + a_3(U_{ex})^2$ ; где  $U_{вых}$  - напряжение на выходе безынерционного нелинейного устройства ( на входе линейной модели ПРМ);  $U_{ex}$  - напряжение на выходе модели входной цепи ПРМ;  $a_3$  - нормированный коэффициент,  $1/B^2$ .

Для нахождения значения  $a_3$  рекомендуется воспользоваться такими параметрами ПРМ, как допустимый уровень блокирующей помехи или динамический диапазон по блокированию.

3. Избирательные свойства входной цепи ПРМ по частоте рекомендуется оценивать с использованием аппроксимации по Баттерворту, определяя её параметры по восприимчивости (избирательности) ПРМ по зеркальному каналу и на промежуточной частоте.

4. При частотной оценке интермодуляционных помех рекомендуется воспользоваться частотными параметрами каналов приёма ПРМ, соответствующих линейной модели, которая была использована в задаче №1.