

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

*На правах рукописи*

УДК 621.396:621.391.827

ЛОБКО  
Владимир Николаевич

**КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ  
СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ПРИЕМА,  
ОБРАБОТКИ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание степени  
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 Технология приборостроения

Научный руководитель  
канд.техн.наук, доцент  
Павлюковец Сергей Анатольевич

Минск 2016

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

**Павлюковец Сергей Анатольевич,**  
кандидат технических наук, доцент, зав. каф. химии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

**Шульдова Светлана Георгиевна,**  
кандидат технических наук, заведующая кафедрой информационных технологий учреждения образования «Минский инновационный университет»

Защита диссертации состоится «20» января 2016 года в 11<sup>40</sup> часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П.Бровки, 6, ауд. 415 – 1 корпус, тел.: 293-20-30, e-mail: [kafpiks@bsuir.by](mailto:kafpiks@bsuir.by).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

## **ВВЕДЕНИЕ**

С развитием технического прогресса электромагнитная обстановка окружающего пространства постоянно усложняется, возникают провалы, выбросы электромагнитной энергии, импульсные и радиочастотные помехи, которые оказывают влияние на электронные устройства, а также биологические объекты. Загрязнение окружающей среды электромагнитными волнами происходит в геометрической прогрессии. Влияние ЭМП на аппаратуру бывает разнообразным – от непредсказуемых временных ухудшений характеристик канала передачи информации, сбоев цифровой техники и искажения изображения на экранах мониторов до физического повреждения и даже возгорания аппаратуры и ее кабелей. Иногда при анализе той или иной неисправности оказывается очень сложно обнаружить, что реальным ее источником являются проблемы ЭМС. Проникновение электротехнических, компьютерных и телекоммуникационных систем в различные сферы деятельности человека и постоянное расширение спектра эксплуатируемых РЭС приводит к необходимости обеспечения нормального совместного функционирования данных средств, а именно к обеспечению ЭМС.

В связи с этим происходит ужесточение требований к стойкости РЭС на воздействие различных ЭМИ, а также к минимизации ЭМИ от разрабатываемых радиоэлектронных средств в окружающую среду.

Данные факты, а также необходимость разработки методик, математических моделей и алгоритмов оптимального проектирования конструкций электронных устройств с учетом требований электромагнитной совместимости способствовали выбору темы данной диссертации.

При проектировании электронных средств выделяют несколько видов мер обеспечения ЭМС – организационно-технические, системотехнические, схемотехнические и конструкторско-технологические. В данной работе будут рассматриваться в основном конструкторско-технологические и схемотехнические меры обеспечения ЭМС, т.к. на внутриаппаратурном и внутрисистемном уровне обеспечения ЭМС ключевое применение находят именно эти меры.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Международное сообщество пришло к пониманию необходимости ужесточить требования ЭМС и распространить регулирование в этой области на технические средства всех видов и назначений, подверженных воздействию электромагнитных помех и являющиеся их источниками.

Необходимость этих изменений была вызвана тем, что во все отрасли экономики и разные сферы жизни общества возрастающими темпами стали внедряться микроэлектроника, оборудование информационных технологий и средства радиосвязи, обладающие повышенной восприимчивостью к элек-

тромагнитным помехам. Этот процесс обусловлен развитием научно-технического прогресса, причем нет оснований полагать, что в обозримом будущем такое положение дел может измениться.

Обеспечение электромагнитной совместимости, т.е. достижение такого состояния, когда электротехнические, электронные и радиоэлектронные аппараты, системы и установки будут пригодны к выполнению функций по назначению при воздействии помех, создаваемых электротехническими изделиями и вызываемых природными явлениями, стало необходимым условием научно-технического прогресса, а следовательно, и устойчивого развития экономики, общества и государства.

Все эти факторы позволяют сделать вывод, что исследование вопроса комплексного обеспечения электромагнитной совместимости и помехозащищенности электронных устройств являются довольно актуальными на данный момент.

Актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разработки методик, математических моделей и алгоритмов оптимального проектирования конструкций радиоэлектронных средств с учетом требований электромагнитной совместимости.

### **Степень разработанности проблемы**

Теоретические и практические вопросы обеспечения электромагнитной совместимости ранее были рассмотрены в работах Л.Н. Кечиева, В.А. Иванова, Л.Я. Ильницкого, М.И. Фузика, Г. Отта, И.С. Гурвича, В.И. Кравченко, М.В. Максимова, В.А. Кузнецова, В.А. Иванова и других авторов.

Изучение вопросов конструирования радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и электромагнитных экранов представлено в работах А.Д. Князева, Дж. Барнса, Г. Кадена, Н.Б. Полонского, М.Л. Волина, А.П. Ненашева, Д. Уайта, Т. Уильямса, Н.В. Балюка и Г.И. Трошина.

Основной акцент в вопросах по обеспечению электромагнитной совместимости электронных устройств делается на отдельный определенный метод, который лишь частично решает поставленную задачу. Также одним из недостатков исследований, представленных в научной литературе, посвященной вопросу обеспечения электромагнитной совместимости, является неполное рассмотрение конструктивных особенностей электронных устройств приема, обработки и передачи информации. Появляется необходимость исследования проблем обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств.

### **Цель и задачи исследования**

Целью диссертации является разработка методики и алгоритмов оптимального проектирования конструкций электронных устройств приема, обработки и передачи информации с учетом требований электромагнитной совместимости.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

- определить основные источники возникновения электромагнитных помех и уровень их воздействий на работоспособность электронных устройств приема, обработки и передачи информации.

- провести анализ основных направлений по обеспечению электромагнитной совместимости электронных устройств приема, обработки и передачи информации на основе моделирования и оптимизации конструктивного исполнения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов.

- разработать методику, математические модели и алгоритмы оптимального проектирования конструкций электронных устройств приема, обработки и передачи информации для обеспечения электромагнитной совместимости.

**Объектом** исследования является электронное устройство приема, передачи и обработки информации.

**Предметом** является методика, математические модели и алгоритмы оптимального проектирования конструкций электронных устройств приема, обработки и передачи информации.

**Область исследования.** Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 80 04 Технология приборостроения.

### **Теоретическая и методологическая основа исследования**

В основу диссертации легли результаты научных исследований отечественных и зарубежных ученых в области конструирования экранов и экранирующих корпусов электронных устройств.

Для получения теоретических результатов был проведен анализ предыдущих исследований на тему диссертации, результаты которых были обобщены и представлены в текстовом и графическом виде.

**Информационная база** исследования сформирована из сведений научных изданий, ресурсов Интернет, научно-исследовательских работ, описания результатов НИР, а также материалов научных статей, конференций и семинаров.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в:

- получение математических моделей, позволяющих оценить эффективность экранирования проектируемого электромагнитного экрана;

- разработка методики оптимального проектирования конструкций РЭС с учетом требований электромагнитной совместимости и алгоритма определения целесообразности применения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- структурная схема интегрирования методов сквозного обеспечения ЭМС в ключевые этапы разработки РЭС, где рассмотрен полный

цикл проектирования изделия и на каждом этапе цикла представлены операции, на которые следует обратить внимание при реализации требований ЭМС;

– комплекс математических моделей РЭС (обобщенная математическая модель эффективности экранирования с учетом отверстий и неоднородностей экранов, математическая модель эффективности экранирования материала, математические модели для сплошного экрана, математическая модель результирующей эффективности экранирования), достаточный для решения задач проектирования электромагнитных экранов и корпусов;

– методика и алгоритм оптимального проектирования конструкций РЭС, которые позволяют осуществить выбор оптимального конструктивного исполнения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов с учетом требований ЭМС.

**Теоретическая значимость** диссертации заключается в том, что в ней определены основные источники возникновения электромагнитных помех и уровень их воздействий на работоспособность РЭС, проведен анализ основных направлений по обеспечению электромагнитной совместимости устройств приема, обработки и передачи информации на основе моделирования и оптимизации конструктивного исполнения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов.

**Практическая значимость** диссертации состоит в том, что проведенные исследования могут быть использованы в качестве данных для дальнейшего изучения вопросов электромагнитной совместимости для создания на их основе помехозащищенных и исправно функционирующих электронных устройств приема, обработки и передачи информации, находящихся в сложных электромагнитных условиях.

#### **Апробация и внедрение результатов исследования**

Результаты исследования представлены на 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов по направлению: Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств. 13–17 апреля 2015г., БГУИР, г. Минск.

#### **Публикации**

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в шести опубликованных работах общим объемом 9 листов.

**Структура и объем работы.** Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 105 страниц. Работа содержит 1 таблицу, 44 рисунка. Библиографический список включает 63 наименования.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств, дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

**В общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

**В первой главе** рассмотрены основные виды, источники и рецепторы возникновения электромагнитных помех, проведен их анализ.

Источники и рецепторы возникновения электромагнитных помех классифицированы на естественные и искусственные помехи, приведены их структурные схемы. Классификация учитывает связь помехи с ее источником.

Выявлено, что деление помех на индуктивные и кондуктивные является, строго говоря, условным, так как в реальности протекает единый электромагнитный процесс, затрагивающий проводящую и непроводящую среду. В ходе распространения многие помехи могут превращаться из индуктивных в кондуктивные и наоборот. Так, переменное электромагнитное поле способно создавать наводки в кабелях, которые далее распространяются как классические кондуктивные помехи. С другой стороны, токи в кабелях и цепях заземления сами создают электромагнитные поля, т.е. индуктивные помехи.

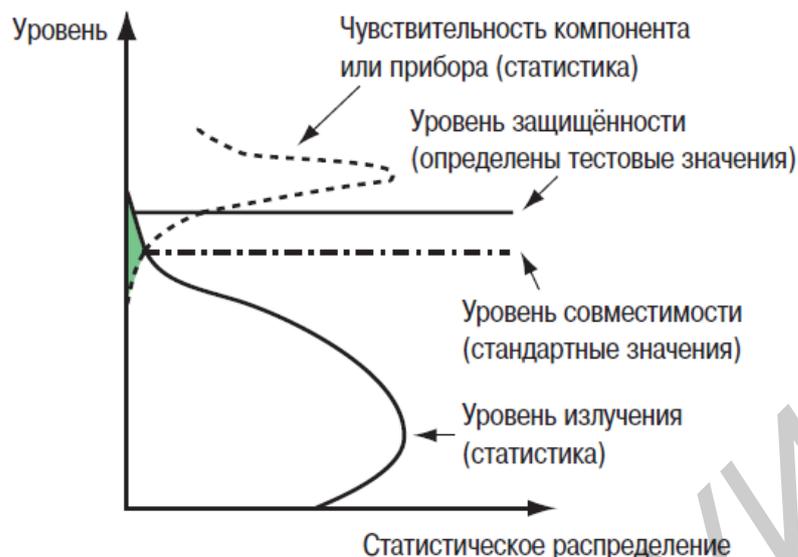
Проанализировано и описано влияние ЭМП на аппаратуру (чувствительность). Рассмотрена классификация воздействия ЭМП по признаку степени серьезности последствий:

- критерий А – воздействие ЭМП никак не отражается на функциональных характеристиках аппаратуры;
- критерий В – допускается временное ухудшение функциональных характеристик аппаратуры в момент воздействия помехи;
- критерий С – аналогичен В, но, в отличие от него, допускает вмешательство персонала для восстановления работоспособности аппаратуры;
- критерий D – физическое повреждение аппаратуры под действием помехи.

Проанализированы и выделены основные сценарии воздействия ЭМП на аппаратуру:

- искажение сигналов во внешних информационных цепях;
- искажение сигналов в антенных цепях;
- попадание помех на входы питания аппаратуры;
- протекание токов помех по металлическим корпусам аппаратуры и экранам кабелей;
- непосредственное воздействие внешних полей на внутренние цепи аппаратуры.

Рассмотрены и описаны основные параметры электромагнитной совместимости, а именно: совместимость уровней, возбуждение, чувствительность, уровень помех, предел помех и уровень защищенности. На рисунке 1 [45, с.14] показано графическое представление вышеуказанных параметров.



**Рисунок 1 – График функций при различных ЭМС условиях**

Детально описаны основные методы измерения излучаемых помех интегральными схемами любого типа в диапазоне 150 кГц...1ГГц (метод ТЕМ-камеры, сканирование поверхности, прямое соединение 1 Ом/150 Ом, метод клетки Фарадея, метод магнитного зонда). Раскрыты достоинства и недостатки каждого метода.

Показано современное состояние и проведен детальный обзор исследуемой проблемы электромагнитной совместимости. Дается обоснование актуальности темы исследования.

**Вторая глава** посвящена исследованию основных направлений обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств приема, обработки и передачи информации на стадии проектирования.

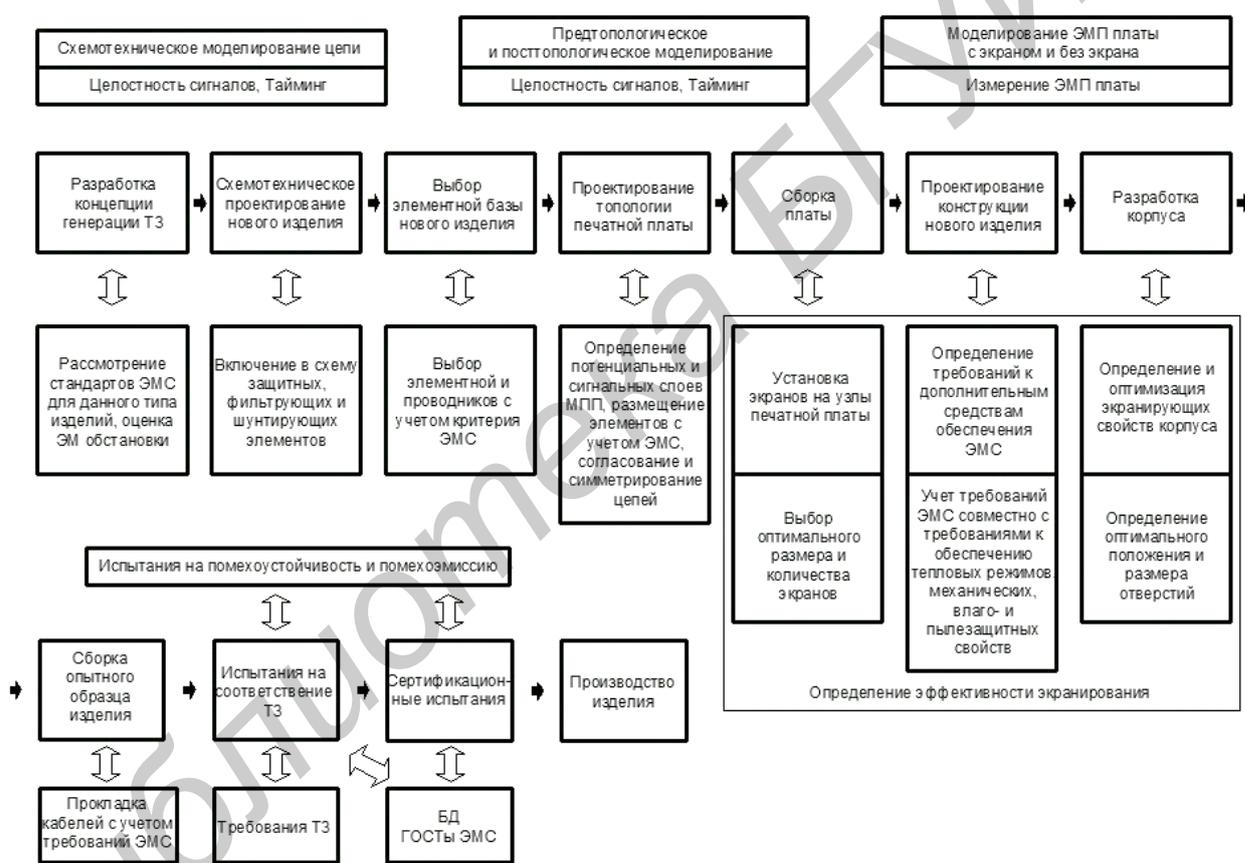
Классифицированы основные задачи при проектировании электронных устройств с учетом обеспечения электромагнитной совместимости:

- поиск источников и выявление причин возникновения электромагнитных помех (ЭМП);
- испытания и прогнозирование восприимчивости радиоэлектронных средств к ЭМП;
- поиск и предложение эффективных мер защиты радиоэлектронных средств от ЭМП;
- определение и разработка методов прогнозирования ЭМС;
- учет механических, тепловых и других воздействий при выборе конструктивного исполнения РЭС.

Описаны и предложены методы обеспечения ЭМС. Особое внимание уделено основным подходам для аналитического анализа ЭМО. Даны определения и детально рассмотрены организационно-технические, системотехнические, схмотехнические и конструкторско-технологические виды мер обеспечения ЭМС. В диссертации рассматривались в основном конструкторско-технологические и схмотехнические меры обеспечения ЭМС, так как на

внутриаппаратурном и внутрисистемном уровне обеспечения ЭМС ключевое применение находят именно эти меры.

На каждом из этапов проектирования имеется определенный набор мер и методов обеспечения электромагнитной совместимости. В ходе проделанной работы была сформирована структурная схема интегрирования методов сквозного обеспечения ЭМС в ключевые этапы разработки электронных средств (рисунок 2), где рассмотрен полный цикл проектирования изделия, и на каждом этапе цикла представлены операции, на которые следует обратить внимание при реализации требований электромагнитной совместимости. Из данной структуры можно сделать вывод, что электромагнитная совместимость должна учитываться на каждом этапе разработки и изготовления радиоэлектронных средств, а также на этапе эксплуатации.



**Рисунок 2 – Структурная схема интегрирования методов сквозного обеспечения ЭМС в ключевые этапы разработки РЭС**

В ходе выполнения работы определено, что выбор метода обеспечения электромагнитной совместимости должен осуществляться путем технико-экономического анализа, сделан вывод, что если произвести моделирование электромагнитной совместимости РЭС еще на этапе проектирования с помощью автоматизированных средств, то многих ошибок и последующих затрат на их устранение удастся избежать, а следовательно – уменьшить время на разработку изделия и его отладку. Таким образом, изделие будет иметь меньшую стоимость, а следовательно – большую конкурентоспособность.

Рассмотрены ключевые шаги моделирования и математическое обеспечение, проведен анализ основных методик моделирования. Даны рекомендации по целесообразному использованию программных комплексов и модулей в зависимости от этапа проектирования. Отмечены достоинства и недостатки рассмотренных методик моделирования, представленных на рынке автоматизированных средств моделирования ЭМ полей.

В третьей главе на основе рассмотренных неоднородностей экрана сформирован состав комплекса математических моделей, достаточный для решения задач проектирования электромагнитных экранов и корпусов РЭС, служащих электромагнитными экранами с учетом различного конструктивного исполнения, материала и разных типов неоднородностей экрана.

Представлен и предложен алгоритм определения целесообразности применения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов (рисунок 3), который впоследствии был включен в методику обеспечения ЭМС.

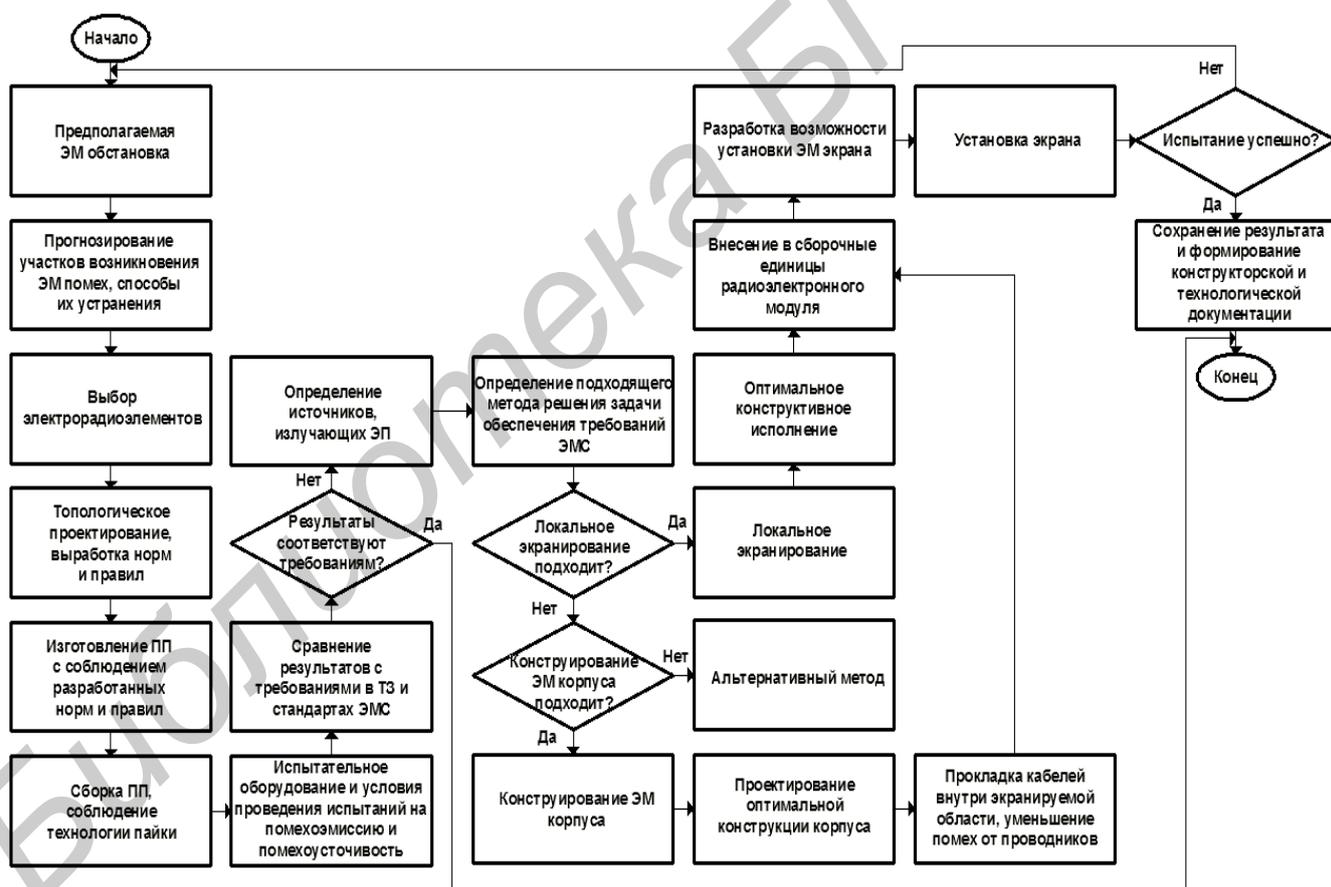


Рисунок 3 – Алгоритм определения целесообразности применения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов

Рассмотрено проектирование электромагнитных экранов с учетом резонансных явлений, выявлена погрешность эффективности экранирования.

Предложены следующие математические модели:

- обобщенная математическая модель эффективности экранирования с учетом отверстий и неоднородностей экранов;
- математическая модель эффективности экранирования материала;
- математические модели для сплошного экрана;
- математическая модель результирующей эффективности экранирования.

На основе существующих алгоритмов и математических моделей сформирована методика обеспечения ЭМС (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Структурная схема методики оптимального проектирования конструкций радиоэлектронных средств с учетом требований электромагнитной совместимости**

Методика позволяет осуществить выбор оптимального конструктивно-исполнения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов с учетом требований электромагнитной совместимости с учетом снижающих эффективность экранирования факторов, удовлетворяющих и другим требованиям технического задания.

В **приложении А** приведен акт внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс.

В **приложении Б** представлена подготовленная презентация на тему диссертационной работы.

В **приложении В** представлены ксерокопии собственных публикаций.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Магистерская диссертация посвящена рассмотрению вопросов обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств приема, обработки и передачи информации на этапе проектирования. Наибольшее внимание уделено оценке эффективности экранирования с учетом неоднородностей в конструкции экранов и экранирующих корпусов.

В ходе выполнения магистерской диссертации были получены следующие результаты:

1. Сформирована структурная схема интегрирования методов сквозного обеспечения ЭМС в ключевые этапы разработки электронных средств, где рассмотрен полный цикл проектирования изделия, и на каждом этапе цикла представлены операции, на которые следует обратить внимание при реализации требований электромагнитной совместимости. Из данной структуры можно сделать вывод, что электромагнитная совместимость должна учитываться на каждом этапе разработки и изготовления радиоэлектронных средств, а также на этапе эксплуатации.

2. Сформирован состав комплекса математических моделей, достаточный для решения задач проектирования электромагнитных экранов и корпусов РЭС, служащих электромагнитными экранами с учетом различного конструктивного исполнения, материала и разных типов неоднородностей экрана.

3. Представлен и предложен алгоритм определения целесообразности применения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов, который впоследствии был включен в методику обеспечения ЭМС.

4. На основе существующих алгоритмов и математических моделей сформирована методика обеспечения ЭМС. Методика позволяет осуществить выбор оптимального конструктивного исполнения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов с учетом требований электромагнитной совместимости с учетом снижающих эффективность экранирования факторов, удовлетворяющих и другим требованиям технического задания.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1–А] Система синхронизации электронных устройств радиоволновым бесконтактным методом / Д. И. Викторов, В. Н. Лобко, А. Г. Плешивцев // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, Респ. Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. / БГУИР. – Минск, 2015. – С. 167–168.

[2–А] Влияние условий распространения радиоволн на эффективность выполнения первостепенной задачи радионавигационных приборов / А. Г. Плешивцев, В. Н. Лобко // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, Респ. Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. / БГУИР. – Минск, 2015. – С. 251.

[3–А] Анализ этапов проектирования электронных устройств и их особенностей с учетом требований электромагнитной совместимости / В. Н. Лобко, А. Г. Плешивцев // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, Респ. Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. / БГУИР. – Минск, 2015. – С. 224–225.

[4–А] Основные задачи и методы при проектировании электронных устройств с учетом обеспечения электромагнитной совместимости / В. Н. Лобко, А. Г. Плешивцев // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, Респ. Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. / БГУИР. – Минск, 2015. – С. 226–227.

[5–А] Моделирование электромагнитной совместимости РЛС, расположенных в непосредственной близости / А. Г. Плешивцев, В. Н. Лобко // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, Респ. Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. / БГУИР. – Минск, 2015. – С. 252.

[6–А] SPRAY-технология получения полупроводниковых электромагнитных экранов для обеспечения электромагнитной совместимости блоков и элементов радиоэлектронной аппаратуры / В. С. Пладунова, В. Н. Лобко, А. Г. Плешивцев, Д. И. Викторов // Компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 51-й науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, Респ. Беларусь, 13–17 апреля 2015 г. / БГУИР. – Минск, 2015. – С. 303.

## РЭЗІЮМЭ

Лабко Ўладзімір Мікалаевіч

### Комплекснае забеспячэнне электрамагнітнай сумяшчальнасці электронных прылад прыёму, апрацоўкі і перадачы інфармацыі

**Ключавыя словы:** электрамагнітная сумяшчальнасць, электронныя прылады.

**Мэта работы:** распрацоўка метадыкі і алгарытмаў аптымальнага праектавання канструкцый электронных прылад прыёму, апрацоўкі і перадачы інфармацыі з улікам патрабаванняў электрамагнітнай сумяшчальнасці.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** атрыманы матэматычныя мадэлі, якія дазваляюць ацаніць эфектыўнасць экранавання праектаванага электрамагнітнага экрана. Распрацавана метадыка аптымальнага праектавання канструкцый РЭС з улікам патрабаванняў электрамагнітнай сумяшчальнасці. Прапанаваны алгарытм вызначэння мэтазгоднасці прымянення электрамагнітных экранаў і экраніруючай карпусоў.

**Ступень выкарыстання:** вынікі ўкаранёны ў навучальны працэс.

**Вобласць ужывання:** радыёэлектронная прамысловасць, радыётэхнічныя сістэмы.

## РЕЗЮМЕ

Лобко Владимир Николаевич

### **Комплексное обеспечение электромагнитной совместимости электронных устройств приема, обработки и передачи информации**

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, электронные устройства.

**Цель работы:** разработка методики и алгоритмов оптимального проектирования конструкций электронных устройств приема, обработки и передачи информации с учетом требований электромагнитной совместимости.

**Полученные результаты и их новизна:** получены математические модели, позволяющие оценить эффективность экранирования проектируемого электромагнитного экрана. Разработана методика оптимального проектирования конструкций РЭС с учетом требований электромагнитной совместимости. Предложен алгоритм определения целесообразности применения электромагнитных экранов и экранирующих корпусов.

**Степень использования:** результаты внедрены в учебный процесс.

**Область применения:** радиоэлектронная промышленность, радиотехнические системы.

## SUMMARY

**Lobko Vladimir Nikolaevich**

### **Integrated Software electromagnetic compatibility of electronic devices for receiving, processing and transmitting information**

**Keywords:** electromagnetic compatibility, electronic devices.

**The object of study:** development of methods and algorithms for the optimal structural design of electronic devices for receiving, processing and transmission of information to meet the requirements of electromagnetic compatibility.

**The results and novelty:** the mathematical models to evaluate the effectiveness of electromagnetic shielding of the projected screen. The technique of optimal design constructions RES to meet the requirements of electromagnetic compatibility. An algorithm for determining the appropriateness of the use of electromagnetic shielding and shielding enclosures.

**Degree of use:** results are implemented at studying process.

**Sphere of application:** radio electronic industry, radio technical systems.