

## ОТЗЫВ

официального оппонента Горбачева Анатолия Петровича на диссертационную работу Плиско Вячеслава Владимировича «*Излучение мощных сверхширокополосных импульсов решетками комбинированных антенн*», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 - «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

### **Актуальность темы исследования**

Современные тенденции в проектировании антенных систем сверхвысоких частот (СВЧ) актуализируют также требования к показателям разрабатываемых устройств для излучения мощных сверхширокополосных (СШП) импульсов. Такие антенны востребованы при изучении воздействия сильных электромагнитных полей на различные объекты и среды, в том числе биологические. Сюда же относятся исследования по электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств в сложной помеховой обстановке при наличии преднамеренных помех. Другой перспективной областью применения мощного СШП-излучения является радиолокация с высокой разрешающей способностью, обусловленной короткой длительностью мощных импульсов. При этом ведутся интенсивные поиски новых подходов и конструктивно-компоновочных схем таких антенн с целью повышения эффективности излучения и лучшей адаптации к сложным посадочным местам на объектах установки без привлечения дополнительных настроек и регулировок, снижающих производственную и эксплуатационную технологичность.

Целесообразно отметить, что за истекшие десятилетия пути создания мощного сверхширокополосного излучения проработаны в имеющейся научно-технической литературе в «понятийном» плане, то есть, ясно, что нужно сделать в принципе. Но одновременно это же означает, что соответствующие подходы, методы и процедуры формирования СШП-излучения существенно зависят от иерархии разрабатываемой системы, конструкторско-компоновочных и технологических решений этапов разработки/модернизации её подсистем, выбора элементной базы, носителя/объекта установки и ряда других обстоятельств, превращая проблему создания сверхширокополосного излучения в многофакторную. Успешное преодоление такой проблемы, пусть даже частичное,



представляет собой комплекс трудоёмких и насыщенных новизной научных и технических задач, решение которых во многих случаях опирается на неформализуемые процедуры, носящие зачастую эвристический характер и в значительной мере зависящие от накопленного опыта работы. Неудачный выбор того или иного подхода вряд ли может быть компенсирован на последующих этапах создания/модернизации систем СШП-излучения. В то же время системный, научно обоснованный выбор направления на очередном этапе в сочетании с развитыми методами аппроксимации, оптимизации, полноволнового трёхмерного электродинамического моделирования и технологической реализации заключает в себе большие потенциальные возможности. Выявление и использование этих возможностей на основе опережающего поиска структур, закономерностей и принципов является достойной приложения усилий новой научной и технической задачей. Представляется, что многое из перечисленного выше, нашло своё место в данной диссертационной работе, квалифицируя её как актуальную и заслуживающую поддержки.

### **Структура и содержание работы.**

Диссертационная работа включает в себя введение, четыре раздела, заключение, список литературы, насчитывающий 112 наименований, и приложение, изложенные на 135 страницах, включая 166 рисунков и 12 таблиц.

**Целью работы** является исследования и разработка излучателей мощных сверхширокополосных импульсов на базе многоэлементных систем из комбинированных антенн (КА), обеспечивающих возрастание энергетической эффективности, расширение полосы частот излучаемых сигналов, а также повышение производственной и эксплуатационной технологичности, включая вопросы обеспечения электрической прочности мощных элементов и узлов СВЧ изделий с газовым заполнением под избыточным давлением.

По материалам диссертационной работы опубликованы 23 научных работы, включая 15 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты работы докладывались и обсуждались на 17 российских и международных конференциях.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследования, отмечены теоретическая и практическая значимость работы, приведены сведения о внедрении



результатов диссертации, охарактеризована научная новизна, описаны методы исследования, сформулированы выносимые на защиту положения, приведены сведения об апробации работы и структуре диссертации.

**Первый раздел** носит ретроспективный обзорно-аналитический характер. Рассматриваются известные источники мощных СШП-импульсов. Проводится обзор публикаций, в которых мощное СВЧ излучение формируется путем интерференции полей электромагнитных импульсов в свободном пространстве. В конце раздела формулируются задачи исследования

**Во втором разделе** рассмотрены методы и устройства для измерения характеристик сверхширокополосных антенн и параметров их излучения. Обоснованы теоретические подходы, создающие предпосылки для улучшения согласования и расширения полосы пропускания в области верхних частот комбинированных антенн. Предложены конструкция и исследованы характеристики комбинированной антенны на основе ТЕМ-рупора. Охарактеризованы параметры конкретных антенн, оптимизированных для излучения биполярных импульсов напряжения длительностью 3, 2, 1, 0,5 и 0,2 наносекунды. Представлены характеристики источников мощного сверхширокополосного излучения с одиночными комбинированными антеннами.

**В третьем разделе** численно исследовано влияние амплитудного распределения по апертуре антенного полотна на уровень бокового излучения. Приведены результаты исследований по оптимизации структуры решеток. Представлены характеристики решеток комбинированных антенн и источников мощного сверхширокополосного излучения на их основе. Рассмотрены особенности антенно-фидерных систем для их последующего встраивания в источники мощного СШП-излучения. Показана возможность управления диаграммой направленности антенны за счет изменения временных задержек в каналах возбуждителя элементов системы сверхширокополосных излучателей.

**Четвёртый раздел** посвящён численному моделированию процессов интерференции электромагнитных полей импульсов с различной шириной спектра в свободном пространстве. Приведены результаты экспериментальных исследований по формированию сверхширокополосного излучения в свободном пространстве мощными и маломощными источниками.

**В заключении** изложены основные результаты, полученные в ходе выполнения научного исследования. Выводы по разделам и самой, хорошо



структурированной, диссертационной работе обоснованы, чётко сформулированы и подтверждены результатами электродинамического моделирования и экспериментами, а оформление материалов соответствует требованиям, предъявляемым к квалификационным работам. Автореферат в полной мере отражает структуру и содержание диссертационной работы.

### **Обоснованность, новизна и достоверность научных положений и выводов**

В диссертационной работе В.В. Плиско получен ряд новых результатов и научно обоснованных решений, весьма интересными из которых, на мой взгляд, являются следующие.

- Показано, что при возбуждении антенной системы биполярными импульсами напряжения, равномерное распределение амплитуд напряжения по элементам системы обеспечивает низкий уровень бокового излучения и высокую эффективность по полю.
- Исследованы системы/решетки с ортогональными поляризациями образующих их элементов. Показано, что диагональное расположение ортогональных элементов позволяет получать импульсы СШП излучения с ортогональными поляризациями и максимумами диаграмм направленности, лежащими на оси, перпендикулярной плоскости полотна решетки.
- Предложен подход к формированию импульсов излучения с расширенной полосой частот их спектра на основе плоских решеток комбинированных антенн, возбуждаемых биполярными импульсами различной длительности.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается хорошим согласованием результатов моделирования с экспериментальными данными.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретически показано и подтверждено численным моделированием, что комбинация электрических и магнитных диполей позволяет сдвинуть нижнюю границу полосы согласования антенны в сторону низких частот. Предложенные антенные решетки на основе комбинированных антенн используются в мощных источниках для излучения СШП электромагнитных импульсов с мегавольтным эффективным потенциалом.



## **Общая оценка диссертационной работы**

Представленная работа вполне квалифицируется как имеющая чёткую иерархию и структурную целостность, характеризующимися полнотой представления теоретических и экспериментальных результатов, отвечая тем самым критериям завершённости в научном и техническом плане.

Вместе с тем, по диссертационной работе имеется ряд замечаний.

Так, в работе приведены диаграммы направленности излучения по квадрату пиковой напряжённости поля СШП – импульсов. При этом отсутствует анализ диаграмм направленности на частотах в пределах полосы пропускания комбинированных антенн. Это ограничивает возможности анализа применимости таких антенных систем для излучения узкополосных радиоимпульсов.

Иногда возникает ощущение неодинаковости глубины проработки исследуемых вопросов. Так, выбор оптимальных параметров излучателей (раздел 2) проведён весьма убедительно. А вот особенности выбора оптимальных параметров распределительных систем с газовым заполнением (раздел 3) охарактеризованы местами тезисно, хотя можно было бы более подробно.

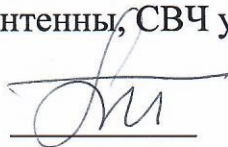
В работе не уделено достаточно внимания обсуждению совокупности физических принципов, ведущих к уменьшению коэффициента стоячей волны напряжения (КСВН) отдельного элемента полотна решетки по сравнению с КСВН одиночной антенны (Рисунок 3.18).

Отмеченные замечания не снижают научную значимость и не оказывают существенного влияния на основные результаты и ярко выраженную практическую направленность работы, а также не умаляют мою убеждённость в её поддержке.

### **Общее заключение**

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Излучение мощных сверхширокополосных импульсов решётками комбинированных антенн» соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения» о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, №842 (ред. от 28.08.2017, №1024), так как является законченной

самостоятельной научно-исследовательской работой, содержащей решение задачи создания компактных антенных систем для излучения мощных импульсных сигналов, а её автор Плиско Вячеслав Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.



Горбачев А.П.

### Сведения

Горбачев Анатолий Петрович, доктор технических наук по специальности 05.12.21 (номенклатура 1999 года), доцент по кафедре «Конструирование и технология радиоэлектронных средств», и.о. профессора по кафедре «Радиоприёмные и радиопередающие устройства» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

630073, Новосибирск, проспект Карла Маркса, дом 20, корпус 4.

Телефон: +7 (383) 346-15-46.

E-mail: [gorbachev@corp.nstu.ru](mailto:gorbachev@corp.nstu.ru)

Подпись профессора А. П. Горбачева заверяю.

Начальник отдела кадров НГТУ

Пустовалова Ольга Константиновна



«15» апреля 2022 года.