О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Сержантова Алексея Михайловича «Резонансные полосковые структуры и частотно-селективные устройства на их основе с улучшенными характеристиками», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Актуальность темы

Тема диссертации представляет интерес, прежде всего, для специалистов-разработчиков частотно-селективных и электрически управляемых устройств диапазонов высоких (ВЧ), сверхвысоких (СВЧ) и крайне высоких (КВЧ) частот. Материалы диссертации могут быть полезными также более широкому кругу специалистов, работающих в области создания систем и устройств радиолокации, навигации, радиопротиводействия, приборостроения и связи, где для решения проблем формирования и обработки радиосигналов востребованы устройства фильтрации, выполненные на основе полосковых и микрополосковых линий передачи. Эти устройства, изготовленные по планарной технологии, обладают целым рядом достоинств, среди которых необходимо указать их миниатюрность, технологичность в производстве, низкую стоимость и высокие электрические характеристики, и поэтому находят широкое применение.

Данное научное направление радиотехники за прошедшие десятилетия своего становления и развития накопило достаточно богатый опыт в создании различных полосковых и микрополосковых устройств. К настоящему времени разработаны и широко используются различные методы анализа и расчёта частотно-избирательных устройств, делителей и сумматоров мощности, фазовращателей и многих других СВЧ устройств на базе полосковых линий. Изданы книги и справочники по расчёту, выпущено большое число научных моногра-

фий, вышло и продолжает выходить огромное число публикаций, посвящённых развитию теории и техники полосковых и микрополосковых устройств.

Мощный стимул к дальнейшему развитию этого направления в последнее время связан с широким распространением телекоммуникационных технологий, повсеместным внедрением систем и устройств радиолокации, радионавигации и связи. Данная тенденция последнего времени вызвала сильную загрузку практически всех диапазонов частот и привела к существенному ухудшению электромагнитной обстановки в окружающем нас пространстве. Данная ситуация накладывает все возрастающие требования к характеристикам полос пропускания и заграждения частотно-селективных устройств, которые необходимо использовать во вновь создаваемых радиосистемах.

В создавшихся условиях востребованными являются принципиально новые методы проектирования полосковых и микрополосковых частотно-селективных устройств, а также технические решения, заложенные в их конструкции, обладающие качественно более высокими показателями, чем ранее использовавшиеся. Кроме того, очевидно, является нерешенным на сегодня целый круг практических задач. Среди них одной из важнейших стоит задача создания миниатюрных фильтров, обладающих высокими частотно-селективными свойствами, для диапазонов дециметрового и особенно метрового диапазонов длин волн. В этих диапазонах размеры резонаторов при традиционной реализации зачастую оказываются неприемлемо большими, а их добротность – недостаточно высокой. Другая задача связана с созданием более совершенных полосковых электрически управляемых устройств СВЧ и КВЧ диапазонов, использующих новые виды материалов и принципы построения, которые позволили бы создавать миниатюрные и технологичные устройства с характеристиками лучшими, чем у известных аналогов.

Поэтому не вызывает сомнений, что поиск новых подходов и принципов построения таких устройств, обладающих улучшенными массогабаритными и электрическими характеристиками, является важной и актуальной проблемой современной радиофизики и радиотехники. Задачи реализации предложенного в диссертации А. М. Сержантова метода и его научное обоснование требуют

выполнение целого ряда сложных теоретических и экспериментальных исследований, а также разработки различных цепей частотной селекции и управления фазой сигнала с требуемыми характеристиками. Такая работа неизбежно связана с получением новых научных результатов, имеющих отношение к данному научному направлению.

В работе ставится и решается проблема разработки новых подходов к исследованию указанных объектов, совершенствованию технических параметров разработанных приборов и устройств, а также обсуждаются проблемы дальнейшего совершенствования предложенных методов анализа, поэтому диссертация актуальна и в научном отношении. Следует согласиться также с тем, что тема диссертации является действительно проблемной и соответствует докторскому уровню.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Представленная для анализа диссертационная работа состоит из введения и содержательной её части, которая состоит из шести глав, заключения и списка использованных источников.

Во введении дана общая характеристика диссертации: обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, определена научная новизна и практическая ценность полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, дается краткое содержание диссертационной работы (число страниц 7).

В первой главе дана оценка состояния современного уровня развития полосковых частотно-селективных и управляемых устройств СВЧ и определены основные трудности, стоящие на пути улучшения их массогабаритных и электрических характеристик. Показана актуальность поиска новых конструкций таких устройств и новых принципов их построения, которые позволили бы создавать миниатюрные и технологичные устройства с характеристиками лучшими, чем у известных аналогов (число страниц 60).

Во второй главе рассмотрен предложенный автором модифицированный энергетический метод расчета частотно-зависимых коэффициентов связи полосковых резонаторов (число страниц 10). В третьей главе с использованием предложенного модифицированного энергетического подхода исследованы особенности поведения частотно-зависимых коэффициентов связи микрополосковых резонаторов в различных конструкциях полосно-пропускающих фильтров (число страниц 53).

В четвертой главе рассмотрена новая концепция построения полосковых и микрополосковых резонаторов на основе многопроводниковых структур, позволяющая значительно улучшить массогабаритные и электрические характеристики частотно-селективных устройств (число страниц 54). В пятой главе рассмотрены новые подходы к улучшению характеристик частотно-селективных устройств СВЧ (число страниц 50). В шестой главе рассмотрено применение обнаруженных особенностей электромагнитного взаимодействия резонансных полосковых структур для создания СВЧ устройств различного назначения (число страниц 33).

В заключении изложены итоги выполненных исследований.

Если анализировать отдельно содержательную часть диссертации, то, по нашему мнению, соискатель грамотно выбрал, обосновал и модернизировал метод расчёта, названный, «энергетическим». Предложенные соискателем модели, теоретические расчёты и экспериментальные исследования позволили получить большое число **новых научных результатов**, разработать оригинальные устройства ВЧ, СВЧ и КВЧ диапазонов, обладающие значительно лучшими, чем у известных аналогов характеристиками. Однако по данной части диссертации имеются следующие **основные замечания**.

1. На наш взгляд название темы диссертации выбрано неудачно. Суть диссертации точнее отражало бы название «Модифицированный энергетический метод и его применение для расчёта резонансных полосковых структур и частотно-селективных устройств на их основе».

2. В конце глав диссертации отсутствует раздел «Выводы», в котором обычно формулируются в обобщённом виде полученные в главе результаты.

Исключение этого раздела вызвало для оппонента и, безусловно, для самого автора, затруднения при анализе полученных в работе результатов и формулировке цели и задач, а также при выявлении наиболее существенных научных результатов и положений диссертации, выносимых на защиту.

3. Объём главы 2, посвящённой обоснованию и разработке предлагаемого метода, составляет всего 10 страниц. Учитывая функциональную связь третьей главы (объём 53 страницы) со второй, их следовало бы объединить в одну главу с общим названием, например, «Модифицированный энергетический метод расчёта», несколько сократив её объём. При этом остальные главы также явно превышают обычную норму по объёму (50…60 страниц вместо 30…40).

Что касается анализа Введения, то при сопоставлении приведенных в нём формулировок общей характеристики работы с фактическим материалом содержательной части диссертации также имеется **ряд основных замечаний**.

1. В формулировке цели диссертации автор допустил неточность. Цель работы по смыслу обычно совпадает с фактическим названием темы диссертации. В данном случае, по-видимому, уместно цель сформулировать следующим образом: «Разработка модифицированного энергетического метода и его применение для расчёта резонансных полосковых структур и частотно-селективных устройств на их основе».

2. Число сформулированных задач должно совпадать с количеством глав диссертации. Задачи, как известно, определяют основные этапы работы на пути к достижению цели, а также содержание глав и параграфов диссертации. При выделении этих задач автору работы, как правило, проще структурировать и обосновывать основные пункты «Общей характеристики работы» во Введении, а также выводы по главам и в заключительной части диссертации. Однако в представленной работе полного согласования между сформулированными задачами и главами нет. Кроме того, очень важная для обоснования актуальности темы диссертации и формулировки задач исследований первая глава осталась «без цели».

3. Во Введении отсутствуют разделы, отражающие научную значимость и внедрение результатов работы. В разделах «Научная новизна», «Практическая

значимость» и «Положения, выносимые на защиту» по существу изложено одно и то же, используя характерные для «новизны» слова: «предложено», «обнаружено», «показано», «разработано» и т.д., хотя функциональный смысл и содержание этих разделов должны быть разными. В частности, в разделе «Положений, выносимые на защиту» вместо новых научных утверждений, изложения фактов и сути явлений в пунктах с 1 по 3 фактически сформулирована «Научная новизна», а в пунктах 5 и 6 лишь указаны основные направления решения задач, которыми занимался автор.

Анализ материалов содержательной части диссертации показал, что в ней фактически содержится большое число частных новых научных результатов и положений, которые при активном участии автора диссертации удалось систематизировать и обобщить. В результате проделанной работы с учётом сделанных выше замечаний сформулированы следующие семь основных пунктов **наиболее существенных научных результатов и положений**.

1. Существующие методы не дают удовлетворительного описания такого сложного объекта, как многосвязные частотно-селективные и управляемые устройства ВЧ, СВЧ и КВЧ диапазонов, в связи с чем дальнейшее развитие методов расчёта в интересах адекватного моделирования процессов электромагнитного взаимодействия входящих в эти устройства резонансных элементов, является актуальным и имеет существенное значение для поиска как новых конструкций таких устройств, так и новых принципов их построения, которые позволили бы создавать миниатюрные и технологичные устройства с характеристиками лучшими чем у известных аналогов.

Данное положение обосновывается и доказывается на стр. 12–72 (далее ссылки на страницы диссертации для краткости указаны в скобках в конце соответствующего пункта).

2. Модифицированный энергетический метод расчета частотно-зависимых коэффициентов связи полосковых резонаторов, состоящий в использовании при вычислении распределений по длине полосковых проводников комплексных величин токов и напряжений, найденных в квазистатическом приближении, обеспечивает в отличие от существующих ме-

тодов по крайней мере на порядок при том же времени расчёта повысить точность оценки электромагнитного взаимодействия резонаторов в широком диапазоне частот при изменении их конструктивных параметров в значительных пределах. При этом частоты нулей полного коэффициента связи, найденные согласно предложенному методу, точно совпадают с частотами полюсов затухания. Кроме того, совпадение частот нулей наблюдается при любом конструктивном выполнении полосковой структуры, в том числе и при практически любой величине зазора между полосковыми проводниками (стр. 73–83).

2.1. В структурах, состоящих из электромагнитно-связанных многопроводниковых резонаторов, нули коэффициента передачи могут быть следствием взаимной компенсации не только индуктивного и емкостного взаимодействий, но и чисто индуктивного взаимодействия полосковых проводников (стр. 73–83).

3. Зависимость относительной ширины полосы пропускания фильтров, выполненных на основе регулярных, шпильковых и четвертьволновых со скачком волнового сопротивления резонаторах, от расстояния между полосковыми резонаторами является функцией немонотонной. При этом в условиях близких по величине и противоположных по знаку коэффициентов емкостного и индуктивного взаимодействия может наблюдаться аномальное поведение зависимости полного коэффициента связи микрополосковых резонаторов, которое заключается в усилении взаимодействия резонаторов при увеличении расстояния между ними (стр. 84–137).

3.1. В фильтрах на регулярных микрополосковых резонаторах при определенных длинах области взаимодействия, соответствующих близким по величине и противоположным по знаку коэффициентам емкостного и индуктивного взаимодействия, попадающих в достаточно узкий интервал, реализуются три конструкции с одинаковой второй полосой пропускания, отличающихся только зазорами между полосковыми проводниками. Амплитудно-частотные характеристики трех конструкций фильтров, несмотря на одинаковую полосу пропускания, имеют различную крутизну склонов и различный уровень затухания в полосах заграждения. Максимальная крутизна низкочастотного склона ампли-

тудно-частотной характеристики наблюдается при минимальном зазоре между микрополосковыми резонаторами, а максимальная крутизна высокочастотного склона при среднем зазоре (стр. 84–93).

3.2. В фильтрах на встречно направленных «шпильках», благодаря синфазному действию индуктивной и емкостной связи микрополосковых резонаторов, взаимодействие резонаторов всегда монотонно уменьшается с ростом зазора между полосковыми проводниками. Однако при любой ширине зазора относительная ширина полосы пропускания в таких фильтрах значительно больше, чем у аналогичных фильтров на сонаправленных «шпильках». При этом относительная ширина полосы пропускания в фильтре остается постоянной, несмотря на увеличение длины области связи резонаторов (стр. 94–108).

3.3. В микрополосковых фильтрах на сонаправленных нерегулярных четвертьволновых резонаторах при определенных конструктивных параметрах, соответствующих близким по величине и противоположным по знаку коэффициентам емкостного и индуктивного взаимодействия, наблюдается аномальное поведение зависимости коэффициента связи микрополосковых резонаторов от величины зазора между проводниками. При этом взаимодействие резонаторов растет с увеличением расстояния между ними (стр. 109–121).

3.4. В полосах заграждения коэффициент связи резонаторов в нерегулярной микрополосковой модели одномерного электромагнитного кристалла располагаются минимумы коэффициентов связи, а в полосах пропускания – максимумы, причем коэффициент связи в первой полосе пропускания ровно в два раза больше, чем во второй. При этом значения коэффициентов связи первого резонатора со вторым и второго с третьим абсолютно совпадают лишь в средней части полос пропускания, в то время как в полосах заграждения поведение коэффициентов связи первой и второй пары резонаторов заметно различается (стр. 122–137).

4. Концептуальный подход к созданию полосковых частотно-селективных устройств, основанный на замене традиционного однопроводникового полоскового резонатора на систему электромагнитно взаимодействующих полосковых резонаторов (эквивалентный многопроводниковый резонатор),

у которых коэффициент индуктивной связи близок к максимальному значению, является основой для создания частотно-селективных устройств с качественно новыми показателями. При этом частота первой (рабочей) моды колебаний многопроводниковой структуры существенно понижается, а ее собственная добротность возрастает в корень квадратный из числа резонаторов раз по сравнению с резонансной частотой и собственной добротностью одиночного резонатора при прочих равных условиях (стр. 139–192).

5. Если в многозвенном полосно-пропускающем фильтре, образованном рядом электромагнитно связанных электродинамических резонаторов, ввести дополнительную связь между парой несоседних резонаторов, которая на практике реализуется в виде нерезонансного отрезка линии передачи, то в результате интерференции сигнала, распространяющегося через связанные резонаторы и сигнала, распространяющегося через дополнительный канал, на определенных частотах возникает их противофазное сложение, приводящее к образованию полюсов затухания в случае равенства прошедших мощностей. Эти полюсы могут располагаться практически симметрично относительно центральной частоты полосы пропускания фильтра (стр. 193–203).

5.1. В многозвенном полосно-пропускающем фильтре, содержащем восемь резонаторов, возможна организация двух разных типов дополнительных связей, приводящих к образованию двух пар полюсов затухания, положением которых можно независимо управлять (стр. 193–203).

5.2. Если первая резонансная частота цепи дополнительной связи меньше частоты первой полосы пропускания фильтра, то характер дополнительной связи должен быть изменен с емкостного на индуктивный (стр. 193–203).

6. В микрополосковом резонаторе с расщепленным проводником реализуемо почти любое соотношение резонансных частот его двух нижайших мод колебаний. При этом резонаторы с расщепленным полосковым проводником позволяет не только независимо изменять центральные частоты обеих полос пропускания фильтра в широких пределах, но и независимо варьировать их ширину (стр. 204–221).

6.1. В формировании полос пропускания каждого канала частотного ди-

плексера участвуют три резонанса, два из которых являются резонансами двух нижайших мод колебаний расщепленного резонатора, а третий является резонансом одной из двух мод колебаний Т-образного резонатора (стр. 204–221).

6.2. Благодаря наличию дополнительного проводника под центральной частью разомкнутого на концах шпилькового полоскового проводника там, где находится пучность электрического поля для второй моды, удается значительно понизить частоту второй моды полоскового резонатора, приблизив ее к частоте первой моды колебаний, и, таким образом, реализовать фильтр второго порядка на одном резонаторе (стр. 204–243).

7. Применение в электромагнитно-связанных резонаторах активных (электрически управляемых) сред на основе жидких кристаллов, тонких магнитных пленок и плёнок из высокотемпературного сверхпроводника является основой для формирования нового концептуального подхода к созданию электрически управляемых фазовращателей и линий задержки, высокочувствительных датчиков физических величин различных материалов и устройств защиты входных цепей приемных устройств от воздействия мощного радиоимпульса, обладающих улучшенными по сравнению с аналогами массогабаритными и электрическими характеристиками (стр. 244–277).

Основные научные положения разработанной в диссертации теории электромагнитно-связанных резонаторов основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин математики, электродинамики и теории электрических цепей. В своей работе диссертант грамотно пользуется математическим аппаратом теории комплексной переменной, тензорных функций, а также общепринятой математической и радиотехнической терминологией и понятиями.

На основе разработанных положений, а также теоретических и экспериментальных исследований различных моделей и способов возбуждения связанных резонаторов, анализа большого числа данных вычислений импедансных и передаточных характеристик ВЧ, СВЧ и КВЧ устройств соискателем получен комплекс **новых научных результатов**, наиболее важными среди которых, на наш взгляд, являются следующие.

1. В работе предложен и разработан новый модифицированный энергетический метод, который по сравнению с предшествующим методом обеспечивает наиболее адекватное рассмотрение более сложных, чем ранее, моделей многосвязных резонансных полосковых и микрополосковых систем, и выполнять расчёт их параметров и характеристик с меньшей погрешностью. Данные результаты изложены на страницах 73 – 83 диссертации и опубликованы в работах [1–3, 7, 11] (далее ссылки на страницы диссертации указаны в круглых скобках, а на литературу, список которой представлен в конце Автореферата и на стр. 311 диссертации, – в квадратных скобках).

2. Обнаружен эффект немонотонной зависимости относительной ширины полосы пропускания от расстояния между полосковыми резонаторами в ряде конструкций полосно-пропускающих фильтров. Предложены новые способы реализации нулей коэффициента передачи полосковых структур, которые позволяют существенно улучшить селективность фильтров за счет формирования полюсов затухания вблизи полосы пропускания. (84 – 137), [1–3].

3. Предложены новые подходы к построению различных полосковых устройств СВЧ: фильтров, диплексеров, фазовращателей, устройств защиты от мощного радиоимпульса, линий задержки, датчиков физических величин. На основе этих подходов разработаны модели предложенных устройств, произведен их анализ и расчет. Выполнены теоретические и экспериментальные исследования большого числа разработанных устройств (138 – 277), [5, 6, 8–10, 12–32], оригинальность которых защищена патентами на изобретения и полезные модели (см. список патентов [1–23]).

Опираясь на защищаемые положения и полученные результаты работы, соискатель сформулировал разработчикам **рекомендации** по расчёту и методике настройки различных полосковых устройств СВЧ, которые приведены во всех разделах диссертации, посвящённых описанию конкретных устройств (см. главы с 4 по 6). Обоснование этих рекомендаций диссертантом выполнено достаточно убедительно, аргументировано и не вызывает сомнений.

Оценка новизны и достоверности научных положений и результатов диссертации

На наш взгляд, защищаемые положения и связанные с ними результаты работы и вытекающие из них рекомендации вполне оригинальны. Для подтверждения достоверности теоретических положений и результатов вычислений согласно предложенному методу автором выполнено большое число экспериментальных исследований. Многие полученные результаты сопоставляются с результатами, которые получены и опубликованы другими авторами. Проектирование конструкций ряда фильтров осуществлялось на современном уровне, использовался параметрический синтез с применением пакета CST Microwave Studio по заданной центральной частоте и ширине полосы пропускания, а также по заданному уровню потерь на отражение в ней.

Оформление диссертации соответствует требованиям, установленным Министерством образования Российской Федерации. Автореферат диссертации полностью соответствует её содержанию и структуре. Изложение материалов диссертации последовательно и логично, термины и определения, используемые автором, являются понятными и общепринятыми в научной и технической литературе. Некорректных ссылок и заимствований в работе не обнаружено.

Дополнительные замечания по работе

1. В обзоре отсутствует сопоставительный анализ результатов диссертационных исследований других авторов по данной или близкой теме. Во введении диссертации следовало бы отразить вклад других учёных в развитие данного научного направления.

2. Практически каждый раздел диссертации начинается с анализа технического состояния дел в данном направлении, далее следует постановка задачи, актуальность и затем её решение. С одной стороны такой подход оправдан с точки зрения лучшего проникновения читателем в суть задачи, но с другой стороны – это явное излишество для диссертации. Например, глава 4, начинается

так: «Одной из самых актуальных задач, стоящих перед разработчиками современных систем связи, радиолокации, радионавигации, радиоэлектронной борьбы является уменьшение размеров частотно-селективных или фильтрующих устройств, которыми, как известно, насыщена радиоаппаратура»…и т.д.

Согласно установившимся канонам, обоснование актуальности темы диссертации, цели и задач исследований обычно выполняется в первой главе, что и сделано автором. В последующих главах и разделах следует изложение только оригинальных результатов работы. Думается, что если исключить указанные повторы, то можно было бы сократить объём диссертации примерно на 5–10 %.

3. В оглавлении диссертации несколько названий глав и разделов отличаются многословностью и повторами. Например, в главе 3, озаглавленной как «Особенности **коэффициентов связи** микрополосковых резонаторов в конструкциях полосно-пропускающих фильтров» словосочетание «**коэффициент связи**…» повторяется также во всех четырёх разделах, причём нумерация 3.3. используется дважды подряд. Кроме того, оглавление диссертации почему-то оформлено **жирным** шрифтом.

4. Графики рис. 1.32 расположены на стр. 51, а подрисуночная подпись съехала на следующую страницу.

5. В списке литературы источники [79, 208, 272, 281–283] оформлены не полностью, в них отсутствуют названия статей.

6. Обычно появление нового метода (синоним, способа) сопровождается подачей заявок на серию изобретения различных устройств. Наличие 23 патентов у автора диссертации на изобретение устройств указывает на недостающий ключевой элемент в списке публикаций – патента на способ.

Все отмеченные замечания существенно не снижают оценку качества выполненных исследований в целом и не влияют на впечатление от масштаба теоретической и прикладной ценности работы А. М. Сержантова. Кроме того, из результатов диссертации и сделанных замечаний виден большой объём перспективных работ в этом направлении.

Так, например, было бы интересным, используя предложенный подход, разработать методики расчёта частотно-селективных и иных устройств не толь-

ко с учётом реактивных связей между резонаторами, но и с учётом наличия потерь в этих связях, в том числе потерь на излучение. Наличие этих потерь в реальных элементах предполагает для более адекватного описания объекта необходимость учёта также резистивных элементов связей.

Так, в своё время Курдюмовым О.А. и Минаковой И.И. были выполнены исследования двухконтурной системы с учётом резистивной связи между резонаторами[1]. Выявленные ими положительные свойства такой системы послужили основой к широкому использованию для стабилизации частоты СВЧ генераторов дополнительных высокодобротных резонаторов, связанных с основным рабочим резонатором резистивно. В этом нам видится одно из возможных путей будущего развития данного направления исследований.

Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения ВАК

Исходя из сказанного выше, можно резюмировать, что диссертация Сержантова Алексея Михайловича представляет собой самостоятельно выполненную и завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, которая отличается своим внутренним единством структуры и содержания. В ней на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований разработаны теоретические положения, позволившие предложить и научно обосновать новый метод расчёта импедансных и передаточных характеристик частотно-селективных и управляемых устройств ВЧ, СВЧ и КВЧ диапазонов, установить основные закономерности формирования электромагнитных связей между резонансными элементами этих устройств. Предложен также ряд оригинальных технических решений, касающихся реализации частотно-селективных и управляемых устройств. В результате этого получены важные практические результаты, состоящие в создании устройств с качественно новыми функциональными возможностями и с улучшенными характеристиками, которые представляют практический интерес для широкого применения в раз-

[1] Курдюмов О.А., Минакова И.И. Стабилизация частоты автогенератора нагружающим контуром при резистивной связи // Радиотехника. 1969. Т. 24. № 6. С. 65–69.

личных системах и устройствах радиолокации, навигации, радиопротиводействия, приборостроения и связи.

Совокупность перечисленных результатов работы можно квалифицировать как **изложение научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны**.

Считаю, что обсуждаемая работа «Резонансные полосковые структуры и частотно-селективные устройства на их основе с улучшенными характеристиками» отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям (см. пункт 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней в редакции от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор, Сержантов Алексей Михайлович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии и средств связи Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования (ФГАОУ ВПО) «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» (сокращённо УрФУ), адрес: Россия, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19. Тел. 343-374-52-92, E-mail: noskov@oko-ek.ru

21.08.2015. Носков Владислав Яковлевич

Подпись официального оппонента Носкова Владислава Яковлевича заверяю:

21.08.2015