

## Заключение по содержанию диссертации

Шиккульская Ольга Михайловна

(ФИО члена диссертационного совета)

ФИО соискателя: Вытовтов Константин Анатольевич

Название диссертации: «Математическое моделирование линейных параметрических систем с произвольными кусочно-постоянными параметрами»

Научная специальность: 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Ученая степень на соискание которой представлена диссертация: доктор технических наук

Дата защиты: 15.06.2020

---

Оценка соответствия диссертации требованиям положения о присуждении ученых степеней в МФТИ (далее Положение):

### **1. Актуальность тематики диссертации:**

Для описания устройств современных систем связи и обработки информации на основе многослойных анизотропных управляемых материалов, нанопленок, метаматериалов, например, фильтров Брэгга, резонаторов СВЧ и оптического диапазона, вентилях, фазовращателей и других аналогичных устройств крайне необходимы аналитические методы расчета таких структур, которые позволили бы решать обратные задачи и проектировать СВЧ и оптические структуры в соответствии с современными требованиями. Математически они могут рассматриваться, как динамические системы с кусочно-постоянными параметрами, которые исследовались, как правило, численными и численно-аналитическими методами, а при рассмотрении конкретных задач исследования систем с кусочно-постоянными параметрами ограничивались аналитическим исследованием систем с двумя интервалами с постоянными параметрами. На сегодняшний день не существует сколько-нибудь приемлемого для практического применения аналитического метода описания динамических систем с произвольными параметрами даже в рамках линейной задачи. Таким образом, математическое моделирование линейных параметрических систем с произвольными кусочно-постоянными параметрами для проектирования современных устройств телекоммуникаций является актуальной научной проблемой.

### **2. Научная новизна выносимых на защиту результатов:**

Впервые разработана аналитическая модель линейной параметрической системы с одной степенью свободы и произвольными кусочно-постоянными параметрами. Найдена матрица фундаментальных решений линейной однородной динамической системы второго порядка с произвольными кусочно-постоянными параметрами в аналитическом виде в элементарных функциях, описывающая эволюцию данной системы и отличающаяся от предыдущих тем, что она представлена в виде конечной суммы гиперболических матриц. Параметры системы могут изменяться в любой момент времени на произвольную величину. Впервые введено новое понятие эквивалентных колебаний линейной параметрической системы второго порядка с произвольными кусочно-постоянными параметрами. Результирующее колебание впервые представлено в виде суперпозиции  $2^{(N-1)}$  эквивалентных колебаний с определенными коэффициентами вклада.

Впервые доказано, что изменение порядка чередования интервалов с постоянными параметрами системы с одной степенью свободы и произвольными кусочно-постоянными параметрами, не изменяющее длительности периода, не влияет на структуру областей неустойчивости решений.

Впервые построена аналитическая модель линейной параметрической системы с двумя степенями свободы и произвольными кусочно-постоянными параметрами. Впервые найдена матрица фундаментальных решений линейной однородной динамической системы четвертого порядка с произвольными кусочно-постоянными параметрами, описывающая эволюцию системы, в аналитическом виде в элементарных функциях. Решение найдено при условии непрерывности функций и их первых производных. Результирующее колебание линейной параметрической системы четвертого порядка с произвольными кусочно-постоянными параметрами впервые представлено в виде  $2^N$  групп колебаний по  $2^{(N-1)}$  колебаний в каждой группе. Данные колебания названы эквивалентными. Впервые аналитически доказано, что изменение порядка чередования интервалов с постоянными параметрами системы четвертого порядка с произвольными кусочно-постоянными параметрами, не изменяющее длительности периода, не влияет на структуру областей неустойчивости решений. Впервые представлены численные решения задач отражения и прохождения волн, а также нахождения запрещенных и разрешенных зон в одномерных изотропных и анизотропных фотонных кристаллах оптического и микроволнового диапазонов с произвольным числом слоев на основе разработанных моделей. Разработано новое устройство терагерцового диапазона – управляемый двухчастотный дуплексный вентиль – на основе управляемых анизотропных материалов.

Впервые построена строгая аналитическая модель линейной параметрической системы с двумя степенями свободы и произвольными кусочно-постоянными параметрами на основе блочных  $4 \times 4$ -матриц с  $2 \times 2$  блоками на главной диагонали. Матрица фундаментальных решений линейной однородной динамической системы четвертого порядка с постоянными параметрами представлена в виде блочной матрицы с  $2 \times 2$  блоками без перехода в другой базис в отличие от существующих преобразований, требующих перехода в новый базис.

### **3. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы:**

Теоретическая значимость работы определяется развитием математического аппарата моделирования линейных параметрических систем с произвольными кусочно-постоянными параметрами за счет разработки новых методов и выявления новых физических свойств параметрических систем и явлений.

Практическая значимость полученных результатов заключается в создании математического инструментария в виде математических моделей для расчета таких устройств, как фильтры Брэгга с произвольным изменением параметров в периоде, периодические волноводы, резонаторы Фабри-Перо, вентили, ключи, в том числе разработанных с применением управляемых анизотропных материалов. Практическая значимость подтверждается внедрением результатов диссертации на предприятиях связи и в учебный процесс, что подтверждается актами о внедрении.

### **4. Полнота опубликования основных результатов диссертации в рецензируемых научных изданиях в соответствии с требованиями Положения:**

Основные результаты диссертации Выговтова К.А. опубликованы в изданиях, входящих в международные базы цитирования (всего 41 SCOPUS и Web of Science). По

теме диссертации соискателем получено три патента и четыре свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**5. Вопросы и замечания (в соответствии с п.4.13 Положения соискатель отвечает на сформулированные здесь вопросы и замечания на заседании по защите диссертации)**

1. В первой главе диссертации следовало бы сократить такие разделы как, «Динамические системы с бесконечным числом степеней свободы», «Стохастические системы» и расширить раздел «Численные методы».
2. В выводах диссертации целесообразно было бы рассмотреть возможность применения предлагаемых математических моделей для расчета нелинейных устройств.
3. В работе не рассмотрены неавтономные динамические системы, поэтому неясно могут ли разработанные методы применяться для расчета и математического моделирования таких систем.
4. Работа ограничивается рассмотрением систем с двумя степенями свободы. Не рассматривается возможность применимости данного метода для такого класса систем.

**6. Общая характеристика диссертации (не включает резолютивную часть)**

Диссертация Вытовтова К.А. представляет собой законченный научный труд, результаты которого отражены в значительном количестве публикаций в высокорейтинговых журналах, апробированы на различных конференциях. Работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней кандидата наук, доктора наук в МФТИ и паспорту специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заведующая кафедрой «Пожарная безопасность  
и водопользование» Государственного автономного  
образовательного учреждения Астраханской области  
высшего образования  
«Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет»  
д.т.н., профессор

О.М. Шиккульская

25.05.2020

Подпись профессора Шиккульской О.М. заверяю

