**Отзыв**

**1 Актуальность темы**

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений. Цифровая фильтрация — вторая по частоте использования операция в цифровой обработке сигналов, после преобразования Фурье. Линейные цифровые фильтры могут быть использованы и для построения цифровых фазовых корректоров или компенсаторов частотной дисперсии, которые сопутствуют прохождениям сигналов в каналах связи. Вопросы корректировки данных искажений требуют максимально адекватного представления фазочастотной характеристики и её производных (группового времени запаздывания и частотной дисперсии) как на стадии синтеза технического решения, так и на стадии его практической реализации. В настоящий момент цифровые методы коррекции фазовых искажений в большинстве случаев используются для линеаризации фазочастотных характеристик аналоговых фильтров. В частности, антиалайзинговых ФНЧ.

Помимо предложенной соискателем модели, широко применяются КИХ-фильтры высокого порядка или же каскады узкополосных фильтров, что приводит к усложнение схемы обработки и значительным вычислительным затратам. Соискатель предложил альтернативную модель, в которой как исходные требуемые, так и текущие характеристики табулированы с заданной дискретностью их представления в частотной области и в вычислительной системе представлены двумерными массивам, что дает возможность применять для синтеза известные поисковые методы многокритериальной (векторной) оптимизации, которые являются мощным математическим инструментом. Решения, найденные такими методами, могут удовлетворять совокупности требований с высокой точностью. Низкая вычислительная сложность и простота реализации делают такие фильтры на основе цифровой фазовой цепи актуальными при разработке корректирующих систем.

**2 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов. Рассмотрим обоснованность основных положений диссертации, вынесенных на защиту.

Предложенная дискретная модель корректоров и компенсаторов дисперсии на основе цифровых фазовых фильтров достаточно обоснована. Действительно, обеспечение выполнения современных требований к противоречивым характеристикам цифрового фильтра требует новых, дискретных моделей.

Соискателем предложена методика синтеза рекурсивных фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии на дискретной сетке квантованных параметров с использованием поисковых методов нелинейного математического программирования. Обоснованность выдвинутых результатов подтверждается численным экспериментом и согласуется с реальными данными, полученными в ходе испытаний.

Представляет интерес предложенный автором алгоритм и универсальная программа расчёта отклика рекурсивного фазового фильтра, позволяет провести предварительную оценку вычислительных затрат. Действительно, во встраиваемых системах с ограниченными вычислительными ресурсами имеет существенное практическое значение возможность оценить затраты на этапе проектирования, что позволяет оптимально использовать все доступные мощности кристалла.

Синтезированные рекурсивные фазовые фильтры устойчивы, что соискатель подтвердил приведенными результатами экспериментов при реализации полученных фильтров на микроконтроллере.

Выводы и рекомендации, приведенные автором в диссертационной работе не входят в противоречие с известными результатами по теории и практики цифровой обработки сигналов.

**3 Оценка достоверности и новизны**

В качестве основных научных результатов диссертации автором выдвинуты следующие положения:

Обоснована дискретная модель корректоров и компенсаторов дисперсии на основе цифровых фазовых фильтров, которая, в отличие от известных моделей, позволяет устранить ошибки аппроксимации требуемых характеристик и ошибки квантования параметров при практической реализации устройства. Достоверность модели базируется на классических исследованиях в области цифровой обработки сигналов. Также, новизна предложенного подхода к проектированию фазовых фильтров обусловлена заменой аппроксимации на дискретное представление характеристик, что позволило соискателю применять алгоритмы многомерной оптимизации при синтезе.

Второе положение новизны, а именно предложена методика синтеза рекурсивных фазовых фильтров непосредственно на квантованном целочисленном параметрическом пространстве с использованием поисковых методов нелинейного математического программирования, позволяющих находить технические решения фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии с учётом совокупности требований к их частотным характеристикам, согласуется с работами по многомерной оптимизации. Но характерной особенностью предложенной соискателем методики являются малые потери на поиск решения, удовлетворяющего требуемым ограничениям.

Получены целочисленные решения как цифровых корректоров фазовых искажений каналов связи, так и компенсаторов линейно возрастающей и линейно падающей частотной дисперсии. Их устойчивость и работоспособность, отсутствие ошибок квантования коэффициентов при их практической реализации, а также соответствие характеристик теоретическим расчетам было подтверждено экспериментально.

Положения основываются сходимости полученных результатов математического моделирования к похожим известным решениям, полученным ранее классическими методами. Оценка производилась на базе известных положений теории колебаний в части устойчивости и положениями цифровой обработки сигналов. Достоверность подтверждается данными компьютерного моделирования и экспериментальных исследований методами радиофизических измерений на лабораторных макетах.

Основные результаты диссертации опубликованы в 5 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК. Результаты неоднократно обсуждались на различных конференциях.

**4 Общие замечания по диссертационной работе**

1. Работа ограничена рассмотрением только цифровых фильтров с действительными коэффициентами и не охватывает случаи комплексных.

2. Диссертантом недостаточно приведено примеров практического применения предложенного им подхода.

3. Недостаточно рассмотрены особенности работы предложенных в работе алгоритмов при реализации на высокоростных системах, тех же ПЛИС, хотя подобная область применения (оптоволоконные линии связи) в работе упоминается.

Эти замечания не снижают общей ценности работы.

**3 Заключение**

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены результаты, позволяющие квалифицировать их как научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для цифровой обработки сигналов, в частности для теории и практики проведения радиофизических измерений.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует критериям. Автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.