

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Немыкина Андрея Александровича
«Исследование влияния аппаратурных ограничений и условий эксплуатации
на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.13 - «Радиотехника, в том числе системы и устройства
телевидения»

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность проведения исследований по теме диссертации обусловлена тем, что не идеальность характеристик и устройств радиоэлектронной аппаратуры проявляется подчас лишь в эксплуатации, в условиях помех и динамических воздействий, что приводит к неадекватной оценке качества ее функционирования, производимой на этапе испытаний.

Положение усугубляется тем, что испытания радиоэлектронного оборудования аппаратуры радиотехнических систем, производимые по стандартным методикам, часто не в полной мере учитывают характеристики внешних воздействий на аппаратуру.

Следует отметить, что аппаратурные ограничения и условия эксплуатации влияют не только на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры, но и на выбор алгоритмов обработки информации при ее проектировании и разработке.

Аппаратурные ограничения могут носить как объективный характер, например ограниченная производительность процессора, при использовании цифровых методов обработки, так и субъективный, например разделение обработки в приемной радиоэлектронной аппаратуре на первичную и вторичную, связанное преимущественно с типом используемых при обработке технических средств.

Рассмотрению перечисленных вопросов и посвящена диссертация. Кроме того, в диссертации рассматриваются пути уменьшения влияния аппаратурных ограничений и условий эксплуатации на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры. Выбранная диссертантом тема представляет интерес не только для специалистов в данной области знаний, но также и для проектных и исследовательских организаций, занимающихся проектированием и испытанием аппаратуры радиотехнических систем. Вопросы влияния указанных факторов на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры остаются актуальными для исследования, поскольку каждый из факторов заслуживает отдельного наблюдения и исследования. В связи с вышеизложенным, актуальность и

Вход. № 36/23
« 11 » 07 2023
подпись

важность выполненного диссертационного исследования, направленного на исследование влияния аппаратных ограничений и условий эксплуатации на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры, не вызывает сомнения.

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

Что касается учета влияния условий эксплуатации на выбор алгоритмов обработки сигнала при проектировании радиоэлектронной аппаратуры и оценку качества ее функционирования в процессе испытаний и, в конечном счете, на гарантируемые эксплуатационными документами точностные, динамические и надежностные характеристики радиоэлектронной аппаратуры, то хотя ряд теоретических аспектов этой проблемы, в частности модели некоторых негауссовых помех радиоприему и вопросы оптимизации приемного тракта в условиях действия этих помех и нашел освещение в литературе, однако практическое применение результатов этих работ связано со значительными трудностями.

Это объясняется тем, что, как правило, не ясно, как рассматриваемые в литературе модели помех можно адаптировать к реальным условиям эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры, поскольку характеристики помех, в частности наиболее распространенных из них - атмосферной и индустриальной, зависят от частотного диапазона и ширины входной полосы приемного устройства. Кроме того, характеристики атмосферных помех зависят от географического района, времени года и времени суток, а характеристики индустриальных помех - от степени индустриализации района и высоты точки приема сигнала. В этой связи автор рассмотрел возможность такой адаптации через легко определяемые параметры, зависимости которых от указанных факторов известны из литературы. Также разработаны достаточно простые для практической реализации способы моделирования этих помех.

Основными результатами проведенного исследования являются:

1. Доказано, что в радиотехнических системах с частотным разделением каналов, в частности, в приемной навигационной аппаратуре, при неточной настройке канального фильтра в условиях воздействия интенсивных помех возникает сдвиг оценки фазы, причем проводимая калибровка, устраняющая различие в фазовых набегах в частотных каналах, в таких условиях неэффективна вследствие возникновения асимметрии спектра помехи на выходе фильтра.

2. Показано, что в приемной навигационной аппаратуре потребителя в условиях интенсивных помех и воздействующих факторов при

низкой производительности вычислителя целесообразно применение метода наименьших квадратов, обеспечивающего точность фильтрации навигационных параметров близкую к точности, которую дает использование методов оптимальной либо квазиоптимальной линейной фильтрации, требующих больших вычислительных затрат.

3. Разработан алгоритм моделирования атмосферных и промышленных помех, имеющих квазиимпульсный характер с преобладающей импульсной составляющей в диапазонах МВ и декаметрового диапазона, в которых работает большое количество радиотехнических устройств и систем различного назначения, позволяющий описать интерференционную картину при определении требований к помехоустойчивости аппаратуры радиотехнических систем на этапах ее проектирования и испытаний.

4. Предложены рекомендации по моделированию близкой к реальной помеховой обстановки и использованию адаптивной обработки сигнала в приемной аппаратуре радиотехнических системы с автоматической установкой порога ограничения в зависимости от параметров импульсной (атмосферной или промышленной) или тональной помехи с изменяющимися характеристиками, которые позволяют уменьшить влияние аппаратурных ограничений и условий эксплуатации на качество функционирования радиотехнических систем. Проведенное численное исследование показало, что при использовании ограничителя с оптимальным порогом ограничения и входной полосе $\Delta f = 3$ кГц в условиях воздействия квазиимпульсной помехи с параметром импульсности $V_d = 15$ дБ, отношение сигнал/шум увеличивается на 23... 27 дБ.

Автором показано, что не идеальность характеристик фазоизмерителя и элементов приемного тракта на его входе, в частности несимметрия дискриминационной характеристики фазоизмерителя и неточная настройка входного фильтра, в условиях действия помех приводят к смещению оценки фазы сигнала, и получены расчетные соотношения для его определения.

При цифровых фазовых измерениях на поднесущей с использованием в качестве цифрового эквивалента фазы временного интервала между переходами огибающей смеси сигнала с помехой через средний уровень и нулевыми переходами опорного колебания имеет место смещение оценки фазы, и автором получено расчетное соотношение для его определения.

Применительно к решению задачи цифровой фильтрации навигационных параметров в навигационном измерителе с ограниченной производительностью вычислителя проведен сравнительный анализ точностных характеристик метода наименьших квадратов, алгоритма

многомерной оптимальной линейной фильтрации и алгоритма квазиоптимальной линейной фильтрации с оптимальной линейной фильтрацией в отдельных каналах измерения и последующей обработкой по методу наименьших квадратов и произведена оценка влияния на точностные характеристики динамики движения подвижного объекта при размещении на нем навигационного измерителя.

Автор разработал квазиоптимальный алгоритм обработки сигнала в условиях совместного действия квазиимпульсных помех типа атмосферной и промышленной узкополосных помех от мешающих радиотехнических средств, а также им получены расчетные соотношения, позволяющие оценить его эффективность.

Автор предложил способ имитационного моделирования квазиимпульсных помех типа атмосферной и промышленной, базирующийся на формировании реализации импульсной составляющей помехи с использованием известных из литературы вероятностных характеристик ее огибающей и заполнении интервалов между импульсами реализацией нормальной фоновой составляющей, и способ адаптации радиоприема импульсных сигналов к изменению характеристик атмосферной или тональной помех, заключающийся в автоматической установке порога ограничения в ограничителе на уровне фоновой составляющей атмосферной помехи либо на уровне амплитуды тональной помехи.

При проведении исследований автор корректно использовал известные теоретические методы исследования, прикладные методы теории вероятностей и теории случайных процессов, теорий оптимальной линейной и оптимальной нелинейной фильтрации, а также методы математического моделирования.

Научная новизна

1. Доказано, что в радиотехнических системах с частотным разделением каналов, в частности, в приемной навигационной аппаратуре, при неточной настройке канального фильтра в условиях воздействия интенсивных помех возникает сдвиг оценки фазы, причем проводимая калибровка, устраняющая различие в фазовых набегах в частотных каналах, в таких условиях неэффективна вследствие возникновения асимметрии спектра помехи на выходе фильтра.

2. Показано, что в приемной навигационной аппаратуре потребителя в условиях интенсивных помех и воздействующих факторов при низкой производительности вычислителя целесообразно применение метода наименьших квадратов, обеспечивающего точность фильтрации навигационных параметров близкую к точности, которую дает

использование методов оптимальной либо квазиоптимальной линейной фильтрации, требующих больших вычислительных затрат.

3. Разработан алгоритм моделирования атмосферных и промышленных помех, имеющих квазиимпульсный характер с преобладающей импульсной составляющей в диапазонах метрового и дециметрового диапазона, в которых работает большое количество радиотехнических устройств и систем различного назначения, позволяющий описать интерференционную картину при определении вопросов помехоустойчивости аппаратуры радиотехнических систем при ее проектировании и проведении испытаний.

4. Предложены рекомендации по моделированию близкой к реальной помеховой обстановки и использованию адаптивной обработки сигнала в радиоэлектронной аппаратуре в условиях изменяющихся характеристик атмосферной или тональной помех, которые позволяют уменьшить влияние аппаратурных ограничений и условий эксплуатации на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры.

Все вышеуказанные результаты получены автором лично.

Теоретическая значимость заключается в обосновании адекватности использования негауссовых помех и использовании математического аппарата негауссовых процессов для исследования влияния особенностей аппаратурной реализации и эксплуатационных факторов на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры.

Практическая значимость диссертации: результаты исследования могут использоваться в работе проектных и исследовательских организаций при проектировании и испытаниях радиоэлектронной аппаратуры для того, чтобы уменьшить влияние особенностей аппаратурной реализации и условий эксплуатации на качество функционирования радиоэлектронной аппаратуры, улучшить эксплуатационные характеристики аппаратуры радиотехнических систем, а также повысить достоверность суждений об оценках характеристик аппаратуры радиотехнических систем при проведении ее испытаний.

Достоверность результатов, приведенных в диссертации, подтверждается непротиворечивостью, аргументированностью и доказательностью предложенных алгоритмов и методов. Математический аппарат применяется в диссертации корректно, а результаты, полученные с помощью аналитических расчетов, теоретического анализа и полунатурного эксперимента согласованы.

Материалы научной работы опубликованы в 15 печатных работах, из них 7 статей в рецензируемых изданиях ВАК, 2 статьи в изданиях, проиндексированных в базах данных Web of Science и Scopus, 6 статей опубликовано в изданиях, проиндексированных в базе данных РИНЦ. Анализ

трудов соискателя позволяет утверждать, что основные положения, выносимые на защиту, достаточно полно опубликованы. Основные результаты по теме диссертации докладывались на международных конференциях.

Замечания по диссертационной работе

1. Отсутствует раздел «Перечень сокращений и обозначений». Часть сокращений расшифровывается значительно позже, чем их первое появление в тексте. Часть не имеет расшифровки совсем.
2. В первой и второй главах нет названия рисунков и таблиц, необходимо более полная информация названия рисунков.
3. Во второй главе при рассмотрении вопроса влияния флуктуаций параметров амплитуды и фазы сигнала на выбор алгоритмов обработки сигналов и качество оценки параметров сигнала в условиях воздействия интенсивных помех не приведены аналитические выражения для мультипликативной погрешности.
4. Научная новизна не вызывает сомнений, вместе с тем, формулировки пунктов, можно было бы представить более выразительно, обозначить значимость работы, что сделало бы формулировки не только содержательными, но и более понятны.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Немыкина А.А. является законченной научно-исследовательской работой. Соискатель в своей работе доказал необходимость учета аппаратных ограничений и условий эксплуатации для обеспечения качественного функционирования радиоэлектронной аппаратуры. Исследование, выполненное автором, имеет существенное значение для теории и практики проектирования и эксплуатации радиоэлектронных устройств и систем различного назначения.

Автореферат отражает содержание диссертации и позволяет составить целостное представление о проделанном исследовании.

Содержание диссертации показывает, что автор способен сформулировать научную проблему и поставить научную задачу самостоятельно. Автор владеет методами научных исследований и правомерно применяет соответствующий математический аппарат. Можно утверждать, что полученные Немыкиным А.А. результаты достоверны, а также имеют высокую теоретическую и практическую значимость.

Замечания по диссертационной работе не снижают ценности научно-квалификационной работы.

Положения, выносимые на защиту, достаточно полно опубликованы в рецензируемых изданиях и апробированы на научных конференциях.

Диссертационная работа Немыкина А.А. полностью отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 в актуальной редакции. Соискатель Немыкин Андрей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Официальный оппонент



Абрамов С.С.

« 6 » июля 2023 г.

Сведения об оппоненте:

Абрамов Сергей Степанович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой радиотехнических устройств и техносферной безопасности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ), 630102, г. Новосибирск, ул. Кирова 86, Веб-сайт: <https://sibsutis.ru/>

Телефон: +7-913-927-51-75

Адрес электронной почты e-mail: abramov@sibguti.ru

Подпись Абрамова С.С. заверяю:

Нагальник
Юриды гекко



Абрамов С.С.