

UKF обеспечивает меньшую ошибку определения угловых координат, но требует больше времени на вычисления. В режиме маневрирования каждый из фильтров имеет свои достоинства и недостатки, а в режиме свободного парения преимущество имеет модифицированный сигма-точечный фильтр Калмана.

Таблица 1 – Время вычисления и ошибка угла ориентации

	Время вычисления, мс	Ошибка, град.
EKF	3,15	0,859
Модифицированный UKF	17,27	0,032

Список использованных источников

1. Biswas S.K., Southwell B. Dempster A.G., Performance analysis of Fast Unscented Kalman Filters for Attitude Determination / IFAC-PapersOnLine, 2018, том. 51, выпуск 1, с. 697-701.

2. Зеленский В.А., Капалин М.В. Сигма-точечный фильтр Калмана в задачах навигации беспилотных летательных аппаратов / Сборник трудов ВНТК «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций», Самара: ООО «Артель», 2022. – С. 74 – 76.

Зеленский Владимир Анатольевич, д.т.н., профессор каф. КТЭСиУ, zelenskiy.va@ssau.ru  
Овакимян Давид Николович, директор Центра беспилотных систем, dd55@bk.ru  
Кириллов Владимир Сергеевич, магистрант гр. 6131-110403D, vskirilov2015@yandex.ru  
Капалин Максим Вадимович, аспирант каф. КТЭСиУ, vaz-3@yandex.ru

УДК 621.396

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА БОРТОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

П.П. Бем, Д.В. Матвеев

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Бортовые радиоэлектронные устройства (БРЭУ) являются важной частью оборудования, используемого на борту авиационных, космических и морских транспортных средств. Качество и надежность этих устройств играют ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности транспорта. Поэтому прогнозирование показателей качества БРЭУ является критически важной задачей для инженеров и специалистов в этой области.

Прогнозирование показателей качества БРЭУ может быть достигнуто с помощью использования различных методов и технологий. Одним из наиболее распространенных методов является математическое моделирование. В этом случае инженеры и специалисты строят математические модели устройств, используя данные о производственных

процессах, конструктивных особенностях, технических характеристиках и других параметрах. Затем эти модели используются для прогнозирования различных показателей качества, таких как надежность, долговечность, энергопотребление и другие.

Еще одним методом прогнозирования показателей качества является статистический анализ данных. В этом случае специалисты используют данные, полученные в результате экспериментов и испытаний устройств, для вычисления вероятности возникновения различных событий и проблем. Затем эти вероятности используются для прогнозирования будущих показателей качества устройств.

Еще одним методом прогнозирования показателей качества является использование искусственного интеллекта. С помощью машинного обучения и нейронных сетей, специалисты могут обрабатывать большие объемы данных и выделять тенденции и закономерности, которые помогают прогнозировать будущие показатели качества.

Независимо от метода, выбранного для прогнозирования показателей качества БРЭУ, существуют определенные шаги, которые следует выполнить, чтобы получить точные и достоверные результаты.

Первый шаг в прогнозировании показателей качества бортовых радиоэлектронных устройств - это сбор данных. Для этого могут быть использованы различные методы, включая экспериментальное тестирование устройств, исторические данные, анализ симуляционных моделей.

Следующим шагом является выбор наиболее подходящего метода прогнозирования на основе доступных данных. Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения, и выбор метода будет зависеть от доступных данных, цели прогнозирования и предпочтений инженеров и специалистов.

После выбора метода следует построение модели или анализ данных. Этот шаг включает построение математических моделей, использование статистических алгоритмов, обработку данных с помощью искусственного интеллекта и прочее. Важно убедиться, что выбранная модель или алгоритм точно отражают реальные процессы и данные.

Следующим шагом является тестирование модели или алгоритма. Это включает проверку точности и надежности прогнозов на основе тестовых данных, которые не были использованы при создании модели. Если результаты тестирования не удовлетворяют требованиям, модель или алгоритм должны быть доработаны и перепроверены.

После успешного тестирования модели или алгоритма, последний шаг - это применение прогнозов для принятия решений и определения дальнейших действий. Прогнозы могут использоваться для определения потенциальных проблем с устройствами и улучшения их конструкции и производственных процессов, что в конечном итоге повышает качество и надежность бортовых радиоэлектронных устройств.

В целом, прогнозирование показателей качества БРЭУ является важным процессом, который требует тщательной подготовки, использования соответствующих методов и анализа большого количества данных. Это позволяет инженерам и специалистам создавать более надежные и безопасные устройства, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности и экономии средств.

Список использованных источников

1. Быков А.П., Пиганов М.Н. Прогнозирование показателей качества бортовых радиоэлектронных устройств // Труды МАИ. 2021. № 116.

Бем Павел Петрович, аспирант каф. КТЭСиУ, bem@testelektro.ru.

Матвеев Дмитрий Викторович, магистрант гр. 6131-110403D, matveev\_d.v.1993@mail.ru

УДК 535-15

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТИОТРАЖАЮЩИХ СТРУКТУР НА НЕПЛОСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ**

С.С. Ермаков

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: антиотражающие структуры, инфракрасная оптика, теория эффективных сред.

Практические задачи уменьшения массогабаритных характеристик оптических устройств, например, для датчиков систем ориентации космических аппаратов [1], упрощения юстировки и снижения энергетических потерь оптических систем [2,3] определяют новые требования к разрабатываемым оптическим элементам.

Для снижения потерь энергии на френелевское отражение необходима разработка оптических элементов с антиотражающими покрытиями или антиотражающими структурами на неплоских поверхностях. При работе с плоскими поверхностями низкие значения оптических потерь обеспечивают субволновые антиотражающие структуры [4], одним из преимуществ которых перед интерференционными покрытиями является устойчивость к температурному расширению [5], что позволяет использовать такие структуры для просветления оптических элементов, применяемых в лазерных технологических установках [6]. С учетом необходимости просветления оптических элементов сложной формы актуальна разработка методов расчета и реализации антиотражающих структур на неплоских оптических поверхностях.

Для расчета антиотражающих структур инфракрасного диапазона на неплоских оптических поверхностях целесообразно использовать методы теории эффективных сред [7], при этом необходимо отдельно