

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кишко Дмитрия Владимировича «Повышение точности определения навигационных параметров вертолета при посадке на корабль», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация»

### АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа Кишко Д.В. посвящена проблеме повышения точности в локальных радионавигационных системах, которая на протяжении всего времени существования радионавигационных систем была и является актуальной, так как с развитием науки и техники постоянно возрастают требования, предъявляемые к погрешности определения различных навигационных параметров. Научный и практический интерес представляет и предмет диссертационного исследования, относящийся к классу автономных локальных радионавигационных систем (ЛРНС) посадки вертолета на палубу корабля. Данные системы получили свое развитие с началом применения «псевдоспутниковых» дополнений к глобальным радионавигационным системам (ГНСС), однако впоследствии переросли в отдельный класс систем, характеризующийся собственной сигнально-кодовой конструкцией, высокой точностью определения навигационных параметров, независимой работой от ГНСС, способностью выполнять свою целевую функцию при воздействии преднамеренных помех в сложных метеоусловиях. Несмотря на перечисленные преимущества, данные системы обладают особенностями, например, характеризуются плохим геометрическим фактором, вследствие которого снижается точность оценки навигационных параметров. Оценивая тему диссертационной работы Кишко Д.В., можно резюмировать, что она является актуальной и представляет научный и практический интерес.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Содержание диссертационной работы изложено последовательно и логически верно.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи работы, предъявлена достоверность и апробация результатов исследования, перечислены новые практические и научные результаты.

В первой главе рассмотрены методы и средства посадки вертолета на палубу корабля, классифицированы основные системы, используемые в авиации для обеспечения посадки. Приводятся требования к обеспечению автоматической посадки летательных аппаратов и рассмотрены дополнительные ограничения, присутствующие в морских системах посадки.



Показано, что наиболее полно удовлетворяют всем рассмотренным требованиям корабельные локальные радионавигационные системы.

Вторая глава посвящена особенностям функционирования ЛРНС. Представлена обобщенная структура системы, рассмотрены принципы формирования и обработки радиосигналов. Приведены математические модели измерений параметров радиосигналов, рассмотрены особенности компенсации систематических смещений в измерениях. Большое внимание уделено методам синхронизации радиомаяков для обеспечения их когерентного излучения.

В третьей главе проведен анализ существующих алгоритмов определения координат и вектора скорости вертолета за счет обработки сигналов ЛРНС. Разработана модификация алгоритма многомодальной фильтрации, позволяющая повысить точность определения координат за счет совместной фильтрационной обработки измерений псевдодальности, псевдофазы и псевдодоплера с применением процедуры разрешения неоднозначности псевдофазовых измерений.

В четвертой главе решена задача параметрической оптимизации размещения навигационных модулей на корабле по критерию минимума геометрического фактора; проведен анализ различных фильтрационных алгоритмов определения координат и вектора скорости. Результаты показали, что разработанный модифицированный алгоритм многомодальной фильтрации для представленной ЛРНС на порядок эффективнее по точности по сравнению с другими алгоритмами, применяемыми в существующих РНС.

В заключении сформулированы основные результаты, достигнутые в ходе выполнения работы.

## НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

В доступных отечественных и зарубежных источниках в основном освещаются проблемы, связанные с функционированием наземных ЛРНС, и крайне мало уделено внимания морским ЛРНС. Поэтому результаты, полученные в диссертационной работе и относящиеся к исследованию морской системы, обладают научной новизной, которая заключается в следующем:

1. Предложены новые методы синхронизации, обеспечивающие когерентное излучение сигналов корабельных радионавигационных модулей ЛРНС и отличающиеся аналогов тем, что не требуют процедуры калибровки приемо-передающих трактов, и производят синхронизацию по целевому радиосигналу в процессе работы системы.
2. Разработана модификация алгоритма многомодальной фильтрации, позволившая снизить вероятность аномальной ошибки в 20 раз по сравнению с оригинальным алгоритмом, на порядок повысить точность определения навигационных параметров и обеспечить автоматическую посадку вертолета на палубу корабля.



3. Разработана имитационная модель, позволившая провести анализ алгоритмов вторичной обработки, оценить влияния смещения фазовых центров антенн корабельных модулей на погрешность определения навигационных параметров.

Практическая значимость достигнутых результатов состоит в следующем:

1. Все рассмотренные принципы функционирования ЛРНС могут быть применены не только для морских систем, но и будут полезны для обеспечения захода и посадки летательных аппаратов на различные аэродромы и неподготовленные площадки.
2. Методы синхронизации, разработанные в диссертационной работе, найдут применение для обеспечения когерентного излучения радиосигналов многопозиционных радиолокационных станций, для сличения шкал времени распределенных систем.
3. Представленная модификация алгоритма многомодальной фильтрации может быть применена для обработки измерений в многошкальных фазовых дальномерах, когерентно-импульсных радиолокационных станциях.
4. Работа может стать основной частью эскизного и технического проекта корабельной или мобильной развертываемой ЛРНС.

### ДОСТОВЕРНОСТЬ И АППРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность полученных результатов обуславливается использованием адекватного статистического и математического аппарата, представленной методикой проведения математического моделирования. Полученные результаты согласуются с результатами, представленными в общедоступной литературе.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на Всероссийских и региональных конференциях, опубликованы в 8 печатных работах, среди которых 4 в изданиях, входящих в перечень рецензируемых и рекомендуемых ВАК для публикаций, 3 в сборниках докладов конференций, и 1 патент на изобретение.

### ЗАМЕЧАНИЯ

По диссертационной работе Кишко Д.В. можно сделать следующие замечания:

1. Не рассмотрен вклад ошибки синхронизации навигационных модулей корабельного сегмента в общую погрешность определения навигационных параметров вертолета.
2. Дисперсия шумовой ошибки измерений параметров радиосигналов справедлива для оценок методом максимального правдоподобия (без

- фильтрации), тогда как можно использовать фильтрационные алгоритмы, дающие значительно меньшую погрешность.
3. При расчете точности синхронизации не учтены неравномерности фазовых диаграмм направленностей, которые существенно превосходят погрешности ФАП.
  4. При расчете требуемого темпа коррекции шкал времени радиомаяков была допущена ошибка в переходе от формулы (2.46) к формуле (2.47): изменение фазы несущего колебания не может быть численно равно изменению фазы ОГ, так как у этих сигналов разные частоты. Уход шкалы времени передатчика за интервал коррекции не может зависеть от несущей частоты радиосигнала и определяется исключительно относительной нестабильностью ОГ. Однако, при расчетах взято завышенное значение нестабильности частоты ОГ  $10^{-6}$ , тогда как её типовое значение для термокомпенсированных кварцевых генераторов составляет  $10^{-10}$  за 0,01...0,1 с (предполагается что речь идет о девиации Аллана). В совокупности эти неточности дали на порядок заниженную оценку требуемого интервала коррекции, но никак не повлияли на остальные оценки.
  5. Опечатки в диссертационной работе в некоторых случаях затрудняют понимание материала. Так, например, в заключении параграфа 1.3 отмечается «...требуемое качество приема при воздействии организованных помех в ЛРНС обеспечивается при отношении сигнал/шум на 40-50 дБ меньше по сравнению с отношением сигнал/шум при приеме сигналов ГНСС.», когда грамотнее было бы оперировать мощностью помехи, а не отношением сигнал/шум.

Указанные недостатки не принципиальны и не уменьшают значимость и достоверности проведенных исследований.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По своей актуальности, практической и теоретической значимости, научной новизне и объему выполненных исследований, а также по содержанию и оформлению диссертационная работа Кишко Дмитрия Владимировича полностью удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Работа полностью соответствует специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация». Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее содержание.



Диссертационную работу «Повышение точности определения навигационных параметров вертолета при посадке на корабль», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук оцениваю, в целом, положительно. Считаю, что её автор, Кишко Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация»

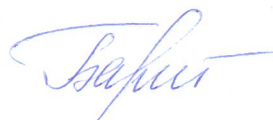
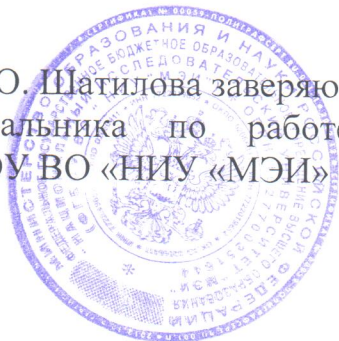
Официальный оппонент:  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры РТС ФГБОУ  
ВО «НИУ «МЭИ»,  
111250, Россия, г. Москва,  
Красноказарменная улица,  
дом 14  
тел.: +7 495 362-76-95  
e-mail: nowhere\_land@mail.ru



Шатилов Александр Юрьевич  
«25» марта 2016 г

Подпись к.т.н. А.Ю. Шатилова заверяю  
Заместитель начальника по работе с  
персоналом ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

25.03.2016



Е.Ю. Баранова