

УДК 621.396.96:681.513.6

А.Е. Сабадаш (4 курс, каф. ИСУ), Е.В. Потехина, к.т.н., доц.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВ С НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Повышение точности оценки радиальной скорости за счет измерения Доплеровского смещения несущей частоты отраженного радиолокационного (РЛ) сигнала является актуальной и важной задачей при определении составляющих вектора параметров, используемых в системах управления (СУ) летательных аппаратов (ЛА).

Основными критериями оценки эффективности существующих и разрабатываемых методов измерения Доплеровского смещения частоты являются их точность, разрешающая способность и помехоустойчивость. В работе был проведен их сравнительный анализ путем математического моделирования РЛ сигналов. На основе проведенного анализа показано, что наибольшей эффективностью обладают методы, основанные на цифровых корреляционных фильтрах (КЦФ) с квадратурной весовой обработкой (ВО) исходной выборки во временной области. Однако лучшие из них имеют ширину основного лепестка амплитудной частотной характеристики (АЧХ) по уровню 0,7 порядка 154 угловых градуса при сравнительно высоком уровне боковых лепестков.

Целью данной работы является повышение точности определения Доплеровского смещения частоты за счёт улучшения характеристик КЦФ.

Был предложен метод, в котором в структуру КЦФ, с ВО на входе в виде прямоугольного окна, введено нелинейное преобразование его выходного сигнала путём возведения отсчётов сигнала в целую степень.

Для оценки характеристик данного метода была разработана программа на языке С++ и проведен машинный эксперимент. Моделирование показало, что уровень боковых лепестков АЧХ фильтра при увеличении степени выходного сигнала резко падает и уже при значении степени, приблизительно равном одиннадцати, происходит практически полное подавление боковых лепестков. В то же время, с увеличением степени уменьшается и ширина основного лепестка АЧХ КЦФ. Однако скорость спада зависимости после значений степени, больших шестнадцати, достаточно сильно падает, и дальнейшее увеличение степени не приводит к существенному улучшению разрешающей способности. Поэтому выбор слишком большого значения степени при проектировании КЦФ может привести к неоправданным вычислительным затратам.

В ходе исследований было определено минимальное значение степени, в которую необходимо возводить выходной сигнал, при котором происходит подавление боковых лепестков до уровня меньшего -20 дБ. В этом случае можно говорить о практически полном подавлении боковых лепестков. Этому условию соответствует значение степени, равное десяти.

Кроме этих характеристик была оценена помехоустойчивость предложенного метода на основе анализа зависимости вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги от отношения сигнал/шум. Исследования показали, что предлагаемая схема КЦФ работоспособна при отношении сигнал/шум меньше единицы. Причём, начиная с уровня этого отношения 0,3, вероятность ложной тревоги становится пренебрежимо малой, а вероятность правильного обнаружения достигает значения 0,998 при отношении равном единице.

Предложенный метод нелинейной обработки выходного сигнала КЦФ позволяет в 2,5 раза повысить точность измерения Доплеровского смещения частоты по сравнению с традиционным преобразованием Фурье, сравнительно прост в реализации, обладает достаточно высокими характеристиками помехоустойчивости и может быть использован для оценки радиальной скорости в СУ ЛА.