

положение точек контролируемой поверхности при линейном и вращательном движении используются методы аналитической геометрии. Для этого вводится прямоугольная система координат, началом отсчета которой выбирается центр вращения ротора, а точнее втулки несущего винта, как показано на рисунке 2.

Таким образом, учитывая теорию краевой дифракции и положение сложнедеформированной облучаемой поверхности, была создана модель отраженного СВЧ-сигнала от модели лопасти вертолета.

#### Список использованных источников

1. Боровиков В.А., Кинбер Б.Е. Геометрическая теория дифракции. — Москва: Связь, 1978. — 248 с.

Жуков Семен Викторович, ассистент кафедры радиотехники. E-mail: svzhukov@ssau.ru.

Иванова Яна Александровна, аспирант кафедры радиотехники. E-mail: ivanova.yaa@ssau.ru

УДК 620.179.18

## **ФАЗОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЁТА**

С.В. Жуков, Д.А. Ворох

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

**Ключевые слова:** вертолёт, разность фаз, СВЧ-сигнал.

В полете под воздействием аэродинамических сил происходит изменение деформационного состояния лопастей, в результате которого поверхность лопастей совершает перемещения, представляющие суперпозицию перемещений, обусловленных вращением ротора винта и сложных изгибно-крутильных колебаний.

Для измерения амплитуды маховых колебаний и анализа деформационного состояния лопастей используется фазовый одночастотный метод для измерения расстояний. Принцип работы основан на том, что генератор масштабного сигнала формирует колебания с относительно низкой частотой по сравнению с СВЧ несущей. Масштабный сигнал при помощи управляемого аттенюатора изменяет амплитуду колебаний сигнала генератора несущей частоты, в результате формируется модулированное по амплитуде зондирующее СВЧ излучение. Посредством излучающей антенны зондирующий сигнал направляется в сторону траектории движения контролируемых лопастей, частично сигнал

отражается от лопастей несущего винта вертолѐта и принимается приемной АФС.

После выделения огибающей в детекторе сигнал поступает на измеритель разности фаз, на второй вход которого в качестве опорного подается сигнал с генератора масштабного сигнала. В измерителе сравниваются фазы опорного и принятого масштабных сигналов. Результатом сравнения является уровень напряжения пропорциональный величине разности сравниваемых фаз [1].

Анализируя принципы работы измерителя можно выделить, что помимо фазового сдвига, определяемого расстоянием до контролируемого объекта, в преобразовании присутствуют еще и сдвиг фазы, обусловленный отражающими свойствами лопасти, задержкой фазы в цепях измерителя амплитуды маховых колебаний, а также компоненты доплеровской частоты. Для вычисления задержки фазы в цепях измерителя и набега фазы за счет доплеровского преобразования был собран калибратор (рис.1), основанный на коаксиальной линии задержки.



Рисунок 1 – Калибратор измерителя разности фаз

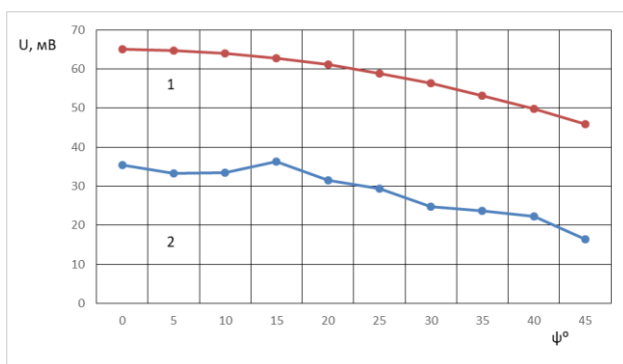


Рисунок 2 – Калибровка измерителя фазы

Результаты калибровки представлены на рисунке 2. На данном рисунке изображены расчетная (1) и полученная в результате эксперимента (2) зависимости. Из полученных данных следует, что ошибка измерения разности фаз из-за разности длины соединительных коаксиальных кабелей и других помех составляет около  $57^0$ . При учете ошибки разность между теоретической и полученной экспериментально зависимостями составляет не более 2%. Соответственно, необходимо учитывать данное значение при дальнейших измерениях.

#### Список использованных источников

1. Жуков С.В., Данилин А.И., Бояркина У.В., Воронцова С.А., Фазовый метод измерения параметров деформационного состояния лопастей несущего винта вертолета // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2017. Т.19. №6. - с. 188-192.

Жуков Семен Викторович, ассистент кафедры радиотехники. E-mail: svzhukov@ssau.ru.

Ворох Дмитрий Александрович, старший преподаватель кафедры радиотехники. E-mail: voroxda1989@yandex.ru

УДК 620.179.14; 621.3.014.4.

### **ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ РЕАЛИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СКАНИРУЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Д.А. Ворох, А.О. Елизаров, В.С. Федорова  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева», г. Самара

**Ключевые слова:** вихретоковый преобразователь, математическая модель, микротвердость, глубина проникновения поля, частотное сканирование.

На рисунке 1 приведена структурная схема процесса формирования информационных параметров на различных этапах реализации математической модели сканирующего вихретокового преобразователя микротвердости упрочненных металлических поверхностей (СВТПМ). Как видно из рисунка процесс формирования состоит из двух основных этапов. Символом “I” обозначен первый этап, на котором формируются исходные данные, необходимые для реализации математической модели СВТПМ. На “II” этапе показана реализация математической модели СВТПМ на функциональном уровне. Буквами “А-К” обозначены последовательные этапы, во время которых необходимо выполнить определенные операции