

УДК: 658.5.011

DOI: 10.30987/conferencearticle_5c19e601666ff2.86215355

А.А. Майоров, И.Ф. Мингазов, Э.Х. Галиев
(г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛОВ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ ДОЗВУКОВОГО САМОЛЕТА

Представлена обработка экспериментальных данных с помощью программы Mathcad.

This article presents the processing of experimental data using the Mathcad program.

Ключевые слова: ионно-меточный датчик, коэффициент линейной корреляции, вычисления.

Keywords: ion-label sensor, linear correlation coefficient, calculations.

Совершенствование летно-технических характеристик самолетов и вертолетов, развитие и расширение области применения малоразмерных и беспилотных ЛА обуславливает необходимость пополнения арсенала средств измерения воздушно-скоростных параметров ЛА. При этом в зависимости от объекта применения они должны удовлетворять определенной совокупности требований по функциональным, метрологическим, эксплуатационным, конструктивно-компоновочным и другим характеристикам, которые не представляется возможным реализовать при использовании традиционных методов измерения, что определяет актуальность исследования и разработки новых принципов преобразования воздушно-скоростных параметров ЛА.[1]

В ходе экспериментальных исследований ионно-меточного датчика аэродинамических углов типа ДАУ-М и штатного флюгерного датчика типа ДАУ-72 были получены данные (табл. 1), которые необходимо обработать и получить оценку степени связи сигналов ДАУ-М с ДАУ-72. Для этого необходимо найти числовое значение коэффициента линейной корреляции, который покажет степень связи сигналов. Применение программы Mathcad упростит работу с расчетами, так как его достаточно удобно использовать для вычислений и инженерных расчетов.

Таблица 1. Итоги экспериментальных исследований

№	Время полета, с	ДАУ-72, град. (Y)	ДАУ-М, град. (X)
1	690	7,9	9,3
2	691	7,0	9,0
3	692	6,9	8,5
4	693	6,1	8,0
5	694	5,8	7,5

Окончание табл.1

№	Время полета, с	ДАУ-72, град. (У)	ДАУ-М, град. (Х)
6	695	5,0	6,9
7	696	5,7	7,2
8	697	6,3	7,7
9	698	6,0	7,5
10	699	7,0	8,2
11	700	6,5	7,8
12	701	6	7,3
13	702	5,5	6,8
14	703	8	8,5
15	704	8	8,5
16	705	8,2	8,7
17	706	8,4	8,9
18	707	8,5	9
19	708	8,7	9,2
20	709	8,9	9,3

В табл. 1 приведены реализации сигналов, записанных при полете в режиме равномерного ускорения.

По значениям сигналов, приведенных в таблице, построен график изменения сигналов во времени (рис.1.).

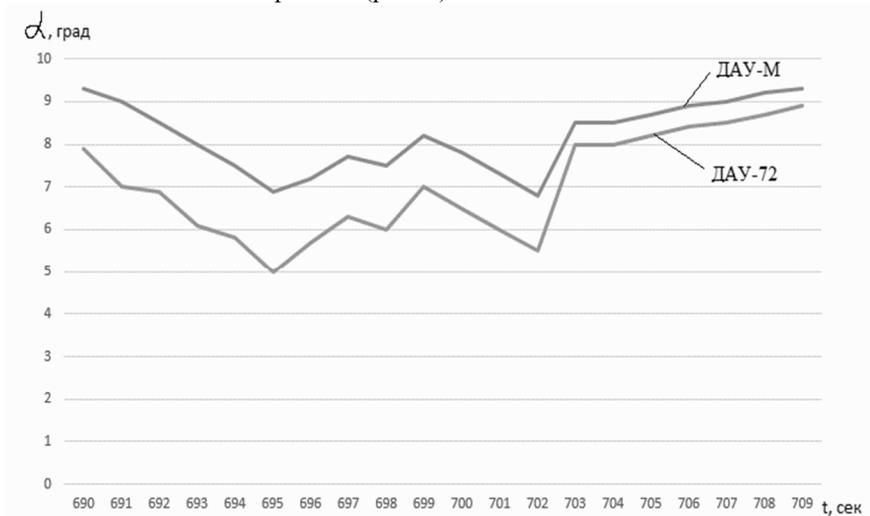


Рис. 1. График изменения сигналов во времени.

Из графика (рис.2) видно, что сигналы ДАУ-М, ДАУ-72 имеют одинаковый характер.

С целью получения количественных оценок степени связи сигналов ДАУ-М с ДАУ-72 проведена статистическая обработка их числовых значений. Найдем числовое значение коэффициента линейной корреляции, прописав все необходимые формулы на рабочем листе программы.

$$r = \sigma_{xy} / \sigma_x \sigma_y,$$

где $\sigma_{xy} = N^{-1} \sum (x_i - x_{cp})(y_i - y_{cp})$ – смешанный второй момент;

$$\sigma_x^2 = N^{-1} \sum (x_i - x_{cp})^2$$
 – стандартное отклонение массива x ;

$$\sigma_y^2 = N^{-1} \sum (y_i - y_{cp})^2$$
 – стандартное отклонение массива y ;

$$x_{cp} = N^{-1} \sum x_i$$
 – среднее значение x ;

$$y_{cp} = N^{-1} \sum y_i$$
 – среднее значение y .

Найдем неизвестные величины и коэффициент линейной корреляции

$$\sigma_{xy} = 17,304 / 20 = 0,86;$$

$$\sigma_x^2 = 27,89 / 20 = 1,394;$$

$$\sigma_y^2 = 12,59 / 20 = 0,63;$$

$$r = 0,86 / (1,18 * 0,79) = 0,92.$$

Коэффициент линейной корреляции сигналов ДАУ-М и ДАУ-72 равен $r=0,92$. Это свидетельствует о высокой степени связи характеров сигналов.

Используя значения сигналов датчиков методом наименьших квадратов, найдем коэффициенты уравнения, связывающего эти сигналы. И тут снова нам помогает программа Mathcad.

$$y = A + Bx,$$

где y – сигнал меточного ДАУ, x – сигнал флюгерного ДАУ.

$$A = \{ (\sum x_i^2)(\sum y_i) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i) \} / \Delta;$$

$$B = \{ N(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i) \} / \Delta,$$

где $\Delta = N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2$ (суммирование \sum производится от $i=1$ до N).

Методом наименьших квадратов определены коэффициенты уравнения линейной регрессии $\alpha_M = 0,62\alpha_\phi + 3,83^\circ$, где α_M – значение сигнала меточного датчика ДАУ-М; α_ϕ – значение сигнала флюгерного датчика ДАУ-72.

Осталось построить график зависимости сигнала Y от X , используя при этом полученное уравнение и реальное положение экспериментальных точек. (рис.2.)

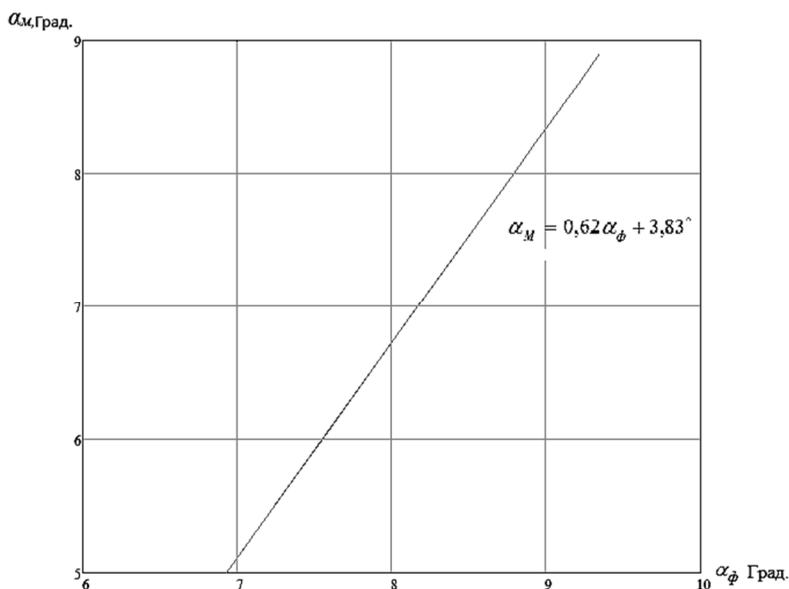


Рис.2. График линейной регрессии сигналов

Анализ этих результатов свидетельствует о незначительном увеличении чувствительности меточного ДАУ относительно флюгерного. Однако, как видно из уравнения, значительно возросли постоянная составляющая и разброс сигналов относительно линейной зависимости. Последнее, очевидно, связано с особенностями обтекания потоком мест установки ДАУ. Кроме того, следует учитывать, что меточный ДАУ работает в пограничном слое, в отличие от флюгерного датчика.

Таким образом, в результате испытаний экспериментального образца меточного ДАУ выявлено, что в диапазоне дозвуковых скоростей показания меточного ДАУ почти совпадают с показаниями флюгерного датчика с учетом их размещения на противоположных бортах ЛА.

Список литературы

1. Солдаткин, В.М. Методы и средства измерения аэродинамических углов/ В.М. Солдаткин. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. – 448 с.

Материал поступил в редколлегию 29.09.18.