



СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА ИСТИННОЙ ВОЗДУШНОЙ СКОРОСТИ ОДНОВИНТОВОГО ВЕРТОЛЕТА

(Казанский национально исследовательский технический университет
имени А. Н. Туполева)

По причине интенсивного использования вертолетов, что влечет за собой значительное увеличение требований к бортовым системам автоматического управления и техническим системам вертолета, обуславливается актуальность расширения имеющихся средств измерения пилотажно-навигационных параметров вертолета [1].

По результатам испытания ультразвукового измерительного канала истинной воздушной скорости на полетном режиме одновинтового вертолета на измерительном стенде при скорости, полученной путем измерения цифровым термоанемометром, равной $V_{np} = 200$ км/ч был получен ряд измерений, представленный в таблице 1.

Таблица 1.

№ п/п	x_i	№ п/п	x_i
1	200	11	200
2	201	12	198
3	198	13	197
4	202	14	205
5	198	15	202
6	202	16	198
7	199	17	200
8	197	18	199
9	200	19	200
10	204	20	196

Моделирование проведено в пакете программ MathCAD. Для начала были вычислены статические оценки распределения случайной величины: математическое ожидание m_x , дисперсию D_x , среднеквадратическое отклонение σ_x величины x :

Таблица 2.

Математическое ожидание	$M_x := \sum_{i=1}^n \frac{x_{1,i}}{n} = 200$
Дисперсия	$D_x := \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - M_x)^2 = 4.842$



Несмещенная оценка дисперсии	$Dx := \text{Var}(x) = 4.842$
Смещенная оценка дисперсии	$Dx := \text{var}(x) = 4.6$
Среднеквадратическое отклонение	$\sigma_x := \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_{1,i} - Mx)^2} = 2.2$

Следует произвести проверку на наличие промахов в полученных результатах. Для этого воспользуемся критерием «трех сигм». По этому критерию считается, что с вероятностью $p = 0,9973$ и значимостью $q = 0,0027$ появление даже одной случайной погрешности, большей чем $3\sigma_x$, событие маловероятное [2].

$x1$ – массив отклонений результатов измерений от средних значений

$$x1 := x - Mx$$

$x1 =$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	1	0	1	-2	2	-2	2	-1	4	0	4	0	-2	2	-3	2	-2	0	-1	0	-4

$$3\sigma_x = 6.601$$

Так как максимальное значение отклонения результата от среднего удовлетворяет критерий «трех сигм», можно сделать вывод об отсутствии грубых результатов измерения.

Пологая, что результаты измерения подчиняются нормальному закону распределения, построим вариационный ряд.

$$\delta x_j =$$

197.199
199.502
201.806
204.11
206.414

Разобьем массив экспериментальных данных на пять интервалов.

Таблица 3.

i	$(x_{i-1}; x_i^*]$	m_i	t_i
0	-	-	-1,818
1	[196;197,2]	4	-1,27
2	[197,2;199,5]	6	-0,227
3	[199,5;201,8]	5	0,818
4	[201,8;204,1]	4	1,863
5	[204,1;206,4]	1	2,9



m_i – количество показаний в данном интервале, t_i – коэффициент, определяемый выражением $t_i = \frac{x_i^* - m_x}{\sigma_x}$.

Построим гистограмму и полигон в качестве графического представления статистической плотности распределения. Вид гистограммы и полигона позволяет в качестве теоретической модели судить о нормальном законе распределения.

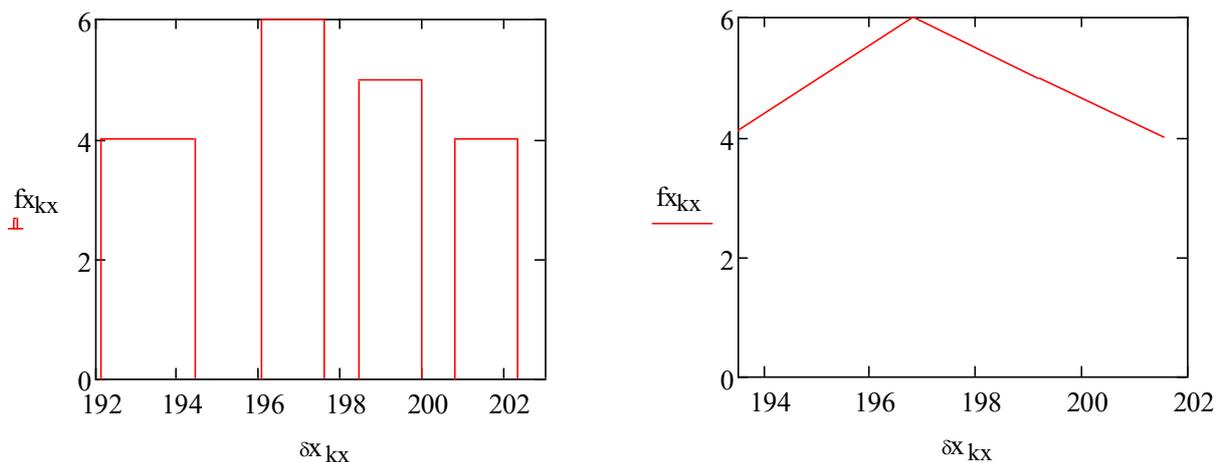


Рис. 1.

По результатам моделирования канала ультразвукового измерительного канала истинной воздушной скорости на полетном режиме одновинтового вертолета можно судить о нормальном распределении результатов измерений и об отсутствии грубых ошибок, что в свою очередь делает возможным применение данного измерительного канала на борту одновинтового вертолета без потери в точности.

Литература

1. Ерусалимский, М.А. / Егоров В.Н. Экипажам вертолетов – информационную поддержку / М. А. Ерусалимский, В. Н. Егоров. – Текст: непосредственный // Авиасоюз, 2-е изд. – Москва, 2011. – 24-25с.
2. Сойко А.И. / Статистическая обработка результатов измерений. Компьютерные методы: Учебное пособие / А.И. Сойко, Р.Н. Каратаев // Изд-во Казан. Гос. Техн. Ун-та, 2010. 151с.