

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОЧНОСТИ БЛА

Зосимович Н.В., Котков В.И.¹

Национальный авиационный университет,
Украина, 03680, Киев, пр-т космонавта Комарова, 1, НАУ, +38 066 1122 972,
nzosimovich@nau.edu.ua

¹Национальный агроэкологический университет,
Украина, 10008, Житомир, Старый бульвар, 7, +38 050 8739 715

При обработке результатов статических испытаний летательных аппаратов (ЛА) и многих других экспериментов по прочности существует необходимость подбора аналитической зависимости $y = f(x)$ по экспериментальным данным [1]. Как показано в [2-3], оценки параметров этой зависимости методом наименьших квадратов (МНК) оказываются смещенными, если переменная X содержит случайные погрешности того же разряда, что и Y . Поэтому целесообразно изучить статистические характеристики оценок, получаемых другими методами. Для линейной модели $y = Ax + B$ определялись математическое ожидание и дисперсия параметра A , найденного различными способами: МНК, методом максимального правдоподобия, методом инструментальной переменной, методом центров тяжести [1]. Для этого использовался способ, основанный на разложении в ряд соответствующих функций $y = \varphi(x, y)$ и численное моделирование. Методика и некоторые результаты таких исследований изложены в [2], а здесь мы лишь продолжили данную работу, применительно к конструкциям беспилотных ЛА.

Были получены зависимости отношения математического ожидания оценки \hat{A} к истинной величине параметра A от величины среднеквадратичного отклонения переменных X или Y (принято $\sigma[x] = \sigma[y]$). Результаты представлены для случая, в котором точные значения переменной X изменялись от $x_{\min} = -0,5$ до $x_{\max} = +0,5$ с шагом $\Delta x = 0,1$, т.е. при наличии $n = 11$ экспериментальных точек. Величина A при численном моделировании принималась равной $A = 1$. Прямые линии $y = -8,7379x + 1,0016$, $y = 0,0727x + 1,0010$, $y = 0,2327x + 0,993$, соответствуют формулам, полученным в [2]. Линии $y = -6,7994x + 0,9968$, $y = 0,0904x + 1,0012$, $y = 0,2923x + 0,9897$, получены численным моделированием в среде MatCad. Отсюда следует, что до значений $\sigma[x] = \sigma[y] = 0,1$ результаты, полученные обоими способами, практически совпадают. При больших среднеквадратических отклонениях переменных проявляется различие, вызванное приближенным характером формул для $M[\hat{A}]$.

При численном моделировании объем выборки составлял 40, поэтому значения $M[\hat{A}]$, полученные таким образом, имеют в зависимости от метода среднеквадратическую погрешность 0,0048...0,034 при $\sigma[x] = 0,2$. С уменьшением $\sigma[x]$ эта погрешность уменьшается приблизительно пропорционально $\sigma[x]$. Эти данные определяют возможность рассматривать результаты численного моделирования как эталонные. Для получения более точных значений требуется дальнейшее увеличение объема выборки.

Литература

1. Проблемы строительной механики и прочности ЛА: Тем. сборник науч. тр. / МАИ. – М.: МАИ, 1990. – 72 с.
2. Дворников А.Г., Михеев Р.А. Анализ методов сглаживания экспериментальных зависимостей // Расчетные и экспериментальные исследования прочности, устойчивости и колебаний конструкций ЛА: Тем. сб. науч. тр. МАИ. – М.: МАИ, 1984. – С. 33-37.
3. Кендалл М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. – М.: Наука, 1973. – 889 с.