УДК 629.764.017.1

Э. Г. ГЛАДКИЙ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУМЕРНОЙ НОРМАЛЬНОЙ СВЯЗКИ В МОДЕЛЯХ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное»,
ул. Криворожская, 3, 49008, Днепр, Украина; *e-mail:* edgladky@gmail.com

Определение параметрической надежности механических систем (МС) ракеты-носителя (РН) на этапе проектирования в большинстве практических случаев может быть сведено к одномерным и двумерным моделям. Использование нормального распределения в таких моделях не всегда является оправданным, поскольку параметры МС достаточно часто следуют отличным от нормального законам распределения. Цель статьи – продемонстрировать возможности использования для оценки параметрической надежности МС РН двумерной нормальной связки, построенной на основе одномерных обобщенных лямбда распределений, обладающих значительной гибкостью. В статье рассмотрены вопросы построения и особенности нормальной связки такого типа, в частности, получены выражения для плотности распределения, линий регрессии и функции распределения. Такое распределение позволяет учесть отличие маргинальных распределений от нормального, а также линейную корреляцию между составляющими (встречается между параметрами МС в 70 % случаев). Показан способ получения параметра нормальной связки, характеризующего линейную корреляционную связь между случайными величинами, в основе которого лежит метод моментов.

С использованием нормальной связки, построенной на основе одномерных обобщенных лямбда распределений, получены соотношения для определения параметрической надежности МС РН. С их помощью показано, что совместный учет отличия маргинальных распределений случайных величин от нормального (прежде всего, характеристик скоса и эксцесса), а также линейной корреляции между ними позволяет сделать более корректный прогноз надежности МС по сравнению с нормальным случаем. Учет нелинейной корреляции между параметрами МС (для сравнения использована модифицированная связка Фарлье–Гумбеля–Моргенштерна) также не приводит к значимому отклонению показателя безотказности от значений, получаемых с использованием рассматриваемой нормальной связки.

Продемонстрировано практическое использование рассмотренной нормальной связки для оценки вероятности достаточности топлива ступени РН для безаварийного выключения двигательной установки.

Ключевые слова*: ракета-носитель, вероятность безотказной работы, переменные состояния, нормальная связка, обобщенное лямбда распределение.*

1. *Волков Е. Б., Судаков Р. С., Сырицын Т. А.* Основы теории надежности ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1975. 399 с.
2. *Крамер Г.* Математические методы статистики. М.: ГИИЛ, 1975. 648 с.
3. *Митропольский А. К.* Техника статистических вычислений. М., Наука, 1971. 576 с.
4. *Перлик В. И.* Методология надежности механических систем летательных аппаратов. Космическая техника. Ракетное вооружение. Дн-ск: ГКБЮ, 1995. Вып.1–2. С. 37–43.
5. *Перлик В. И., Гладкий Э. Г.* Статистический анализ многомерных выборок характеристик систем ракетно-космической техники. Космическая техника. Ракетное вооружение. Дн-ск: ГКБЮ. 2002. Вып. 2. С. 16–27.
6. *Перлик В. И., Савчук В. П.* К вопросу определения надежности технических систем методом функций работоспособности. Вероятностно-статистические методы в проектировании конструкций. Дн-ск: ДГУ, 1974. С. 29–35.
7. *Харитонова Г. Г., Перлик В. И.* Обобщение двухмерной системы распределений вероятностей для решения нелинейных задач надежности технических объектов. Надежность и долговечность машин и сооружений. К.: Наук. Думка, 1992. Вып. 21. С. 3–9.
8. *Bairamov I, Kotz S. & Bekci M.* New generalized Farlie-Gumbel-Morgenstern distributions and concomitants of order statistics. Journal of Applied Statistics. 2001. Vol. 28, Is. 5. P. 521–536.
9. *Balakrishnan N., Lai Chin-Diew* Continuous Bivariate Distributions. Springer-Verlag New York Inc., 2010. 684 p.
10. *Freimer M., Mudholkar G., Kollia G., Lin C.* A study of the generalized Tukey Lambda family, Communications in Statistics, Theory and Methods. 1988. 17(10). P. 3547–3567
11. *Jonson N.L., Kotz S.* Continuous Multivariate Distributions. N.Y.e.a. John Wiley and Sons, 1972. Vol. 2. 333 p.
12. *Karian Z., Dudewicz E.* Fitting Statistical Distributions: The Generalized Lambda Distribution and Generalized Bootstrap Methods. CRC Press, Boca Raton, 2000. 435 p.
13. *Lee L.* Generalized econometric models with selectivity. Econometrica. 1983. 51. P. 507–512.
14. *Trivedi P. K., Zimmer D. M.* Copula Modeling: An Introduction for Practitioners. Foundations and Trends in Econometrics. 2005. Vol. 1, No 1. P. 1–111.

Получено 06.06.2018,
в окончательном варианте 14.12.2018