

УДК 004

## ДЕФАЗЗИФИКАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ ФУНКЦИИ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ НА ПРИМЕРЕ J-ОБРАЗНОЙ МОДЕЛИ НАДЁЖНОСТИ

Д.П. Кармачёв

Научный руководитель: А.А. Ефремов, магистр, ассистент каф. АиКС ИК ТПУ

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: [karmachevd@mail.ru](mailto:karmachevd@mail.ru)

*Real technical systems often operate in harsh environmental conditions thus affecting system reliability parameters, which, in this case, could be undetermined. Describing reliability parameters as fuzzy numbers, one can deal with such uncertainties. This paper provides an algorithm used to obtain crisp reliability function for systems with fuzzy reliability model parameters. J-shaped distribution is considered as an example of reliability model for random time to failure.*

**Key words:** reliability model, reliability function, fuzzy numbers, defuzzification, center of gravity.

**Ключевые слова:** модель надёжности, функция вероятности безотказной работы, дефаззификация, центр тяжести.

Многие современные системы работают в условиях неопределённости, связанной с невозможностью точно определить значения параметров функционирования систем или учесть с достаточной точностью изменение факторов внешней среды. В связи с этим специалисты сталкиваются с расчётом надёжности систем, параметры которых недоопределены или заданы приблизительно. Одним из возможных математических аппаратов, позволяющих учесть такого вида неопределённости, является аппарат нечётких множеств [1]. Данный аппарат нашёл широкое применение в решении задач теории надёжности по анализу и прогнозированию отказов технических систем, работающих в условиях неопределённости. Целью настоящего исследования является дефаззификация нечёткой функции вероятности безотказной работы.

Вероятность безотказной работы (ВБР) является основным показателем надёжности, означающем, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет. [2] Функция ВБР определяется как:

$$P(\theta, t) = P\{\theta, T \geq t\} = 1 - F(\theta, t), \quad t \geq 0,$$

где  $T$  – случайная величина, имеющая дискретное или непрерывное распределение;  $F(\theta, t)$  – интегральный закон распределения наработки на отказ (функция вероятности отказов);  $\theta$  – вектор параметров (в общем случае, нечётких).

В качестве модели надёжности (МН) было взято J-образное распределение, подробно рассмотренное в работе [3]. Данное двухпараметрическое распределение является очень гибким и простым в настройке.

Интегральная функция J-образного распределения определяется выражением

$$F_J(b, \nu, t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t < 0; \\ (t/b)^\nu (2 - t/b)^\nu, & \text{при } 0 \leq t \leq b < \infty; \\ 1, & \text{при } t > b. \end{cases}$$

В случаях, когда параметры модели надёжности представляют собой нечеткие числа, функция ВБР является поверхностью в пространстве  $\mathbb{R}^3$  (рис. 1): каждому значению ВБР  $P$  соответствует нечеткий интервал времени  $\tilde{t}$  с функцией принадлежности  $\mu_P(t)$  (рис. 2).

Выполняя процедуру дефаззификации методом центра тяжести [4], можно получить «чёткое» значение момента времени:

$$T[P]_C = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t \cdot \mu_P(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu_P(t) dt}.$$

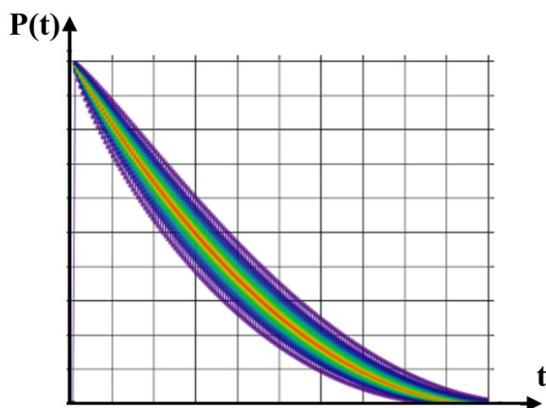


Рис. 1. Нечёткая функция ВБР

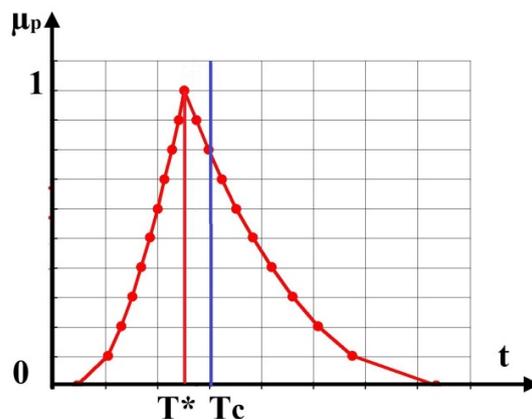


Рис. 2. Нечёткий интервал времени

Результатом дефаззификации нечеткой функции ВБР будет являться массив значений времени  $T[1-i\Delta P]_C$ ,  $i \in \{0,1,\dots,n-1\}$ ,  $\Delta P = n^{-1}$ , позволяющий восстановить «чёткую» функцию ВБР системы (рис. 3).



Рис. 3. «Чёткая» функция вероятности безотказной работы

Полученную функцию можно использовать для планирования комплекса профилактических мероприятий, а также для дальнейшего анализа или расчёта надёжности системы.

#### Список литературы

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: учебник для вузов – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
2. Острейковский В.А. Теория надёжности: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
3. Nadarajah S., Kotz S. Moments of some J-shaped distributions, Journal of Applied Statistics, 2003, Vol. 30(3). – P. 311–317.
4. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH – СПб: Издательство БХВ – Петербург, 2003. – 736 с.