

3. Плотников, А.Л. Повышение надежности управления шероховатостью обработанной поверхности деталей в САПР ТП токарных и фрезерных операций : монография / А.Л. Плотников, А.С. Сергеев, Н.Г. Зайцева; науч. ред. А.П. Бабичев ; ВолгГТУ, ЗАО «ОНИКС». - Волгоград ; Ирбит ; Тольятти : ЗАО «ОНИКС», 2015. - 162 с.

4. Старков, В. К. Физика и оптимизация процессов резания материалов. М. : Машиностроение, 2009. 640 с.

5. Плотников, А.Л. Использование информативной способности сигнала естественной термопары для обеспечения надежности автоматизированного определения режимов лезвийной обработки / А.Л. Плотников, А.С. Сергеев, Н.Г. Зайцева // Научные технологии в машиностроении. - 2013. - № 5. - С. 35-40.

7. Талантов Н. В. Физические основы процесса резания, изнашивания и разрушения инструмента. М. : Машиностроение, 1992. 240 с.

8. Пат. № 2120354 Россия, С1 В 23 В 25/06. Способ определения составляющих силы резания на токарных станках с ЧПУ / А. Л. Плотников, В. В. Еремеев. – № 97116947/20; Заявлено 14.10.97; Бюл. № 29, 1998.

9. Пат. 2063307 Россия, С1 В 23 В 25/06. Способ определения допустимой скорости резания при механической обработке детали твёрдосплавным инструментом / А. Л. Плотников. – Заявка № 94010673/08 от 29.03.94. – Опубл. Бюл. №19 от 10.07.96.

10. Пат. 2492968 РФ, МПК В23В25/06. Способ определения параметра шероховатости на токарных станках с ЧПУ при полустоговой и стоговой обработке металла твёрдосплавным инструментом / Плотников А.Л., Сергеев А.С., Зайцева Н.Г.; ВолгГТУ. - 2013.

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В РАСЧЕТЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА

Д.П. Кармачёв

(г. Томск, Томский политехнический университет)

email: karmachevd@mail.ru

APPLICATION OF FUZZY SETS IN RELIABILITY CALCULATION OF THE OIL AND GAS EQUIPMENT

D.P. Karmachev

(Tomsk, Tomsk Polytechnic University)

Oil and gas equipment, and electric motors in particular, often operate in different duty cycles under changing environmental conditions. The exact effect of these factors on the equipment reliability is rather uncertain. Defining the reliability parameters as fuzzy numbers allows managing such uncertainty. The paper provides an example of fuzzy-valued reliability function estimation. Four-parameter additive Weibull distribution is considered as a reliability model with bathtub-shaped failure rate function.

Key words: reliability model, reliability function, fuzzy numbers, failure analysis, electric motors.

Введение. Надежность является одним из важнейших свойств любой технической системы или оборудования [1]. RCM (Reliability-Centered Maintenance) – методология по управлению надежностью, является ключевым аспектом управления на любом промышленном объекте. Для принятия решений по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии необходимо точно определять показатели надежности для данного оборудования. Анализ данных об отказах позволяет выбрать адекватную модель надежности в виде функции вероятности безотказной работы (ВБР), и получить оценки значений параметров модели [2]. При этом наработки до отказа идентичного оборудования рассматриваются как случай-

ные числа, принадлежащие одной генеральной совокупности. Однако в течение времени работы экземпляры изделий могут испытывать изменяющиеся нагрузки и эксплуатироваться в различных условиях внешней среды. Принимая во внимание неопределенность и неполноту сведений об условиях эксплуатации конкретных экземпляров изделий, представляется обоснованным использовать модели надежности с нечеткими параметрами [3].

Основные показатели надежности. Вероятность безотказной работы (ВБР) является одним из основных показателей надёжности, означающем, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет. [1] Функция ВБР имеет вид:

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

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

Интенсивность отказов – показатель надежности, позволяющий в частности выявлять фазы жизненного цикла системы в зависимости от формы кривой интенсивности [1]. Функция интенсивности отказов определяется как

$$\lambda(\theta, t) = \frac{F'(\theta, t)}{1 - F(\theta, t)}. \quad (1)$$

Получение нечетких показателей надежности на примере электрического привода арматуры. Электроприводы являются самой распространенной единицей электромеханического оборудования на предприятиях нефтегазового промысла. Отказы данного экземпляра изделий могут привести как к аварии, так и к полному останову технологического процесса, вследствие чего, подвергнуть риску окружающую среду и нанести существенный экономический ущерб предприятию. Приводы являются достаточно надежной производственной единицей. Но как у любого электромеханического оборудования, детали электроприводов подвержены износу в большей степени, чем детали других изделий, поэтому они нуждаются в регулярном обслуживании. При условии, что приводы эксплуатируются в соответствии с требованиями, на их надежность влияет два основных фактора: время их эксплуатации и общее количество выполненных циклов – ОТКРЫТЬ-ЗАКРЫТЬ-ОТКРЫТЬ [4].

На рисунке 1 представлена гистограмма распределения отказов электропривода для различных интервалов выполненных циклов: 2000-4000...14000-16000. Причем каждому отказу из интервала соответствует определенное время отказа.

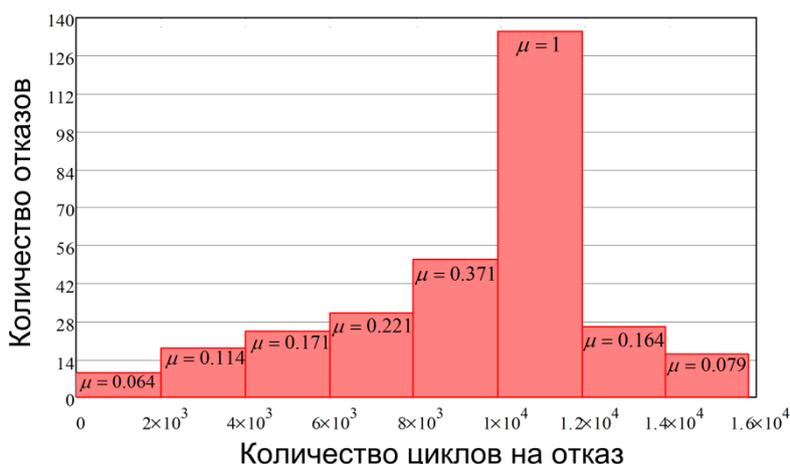


Рисунок 1 – Гистограмма плотности отказов

В рамках настоящего исследования проводятся расчет функции ВБР от времени, причем параметры распределений заданы в виде нечетких чисел, полученных в процессе экспертной оценки влияния выполненных циклов привода на его надежность.

В качестве модели надёжности (МН) было взято аддитивное распределение Вейбулла, подробно описанное в работе [5]. Данное четырёхпараметрическое распределение является гибким и простым в настройке и позволяет получить характерную форму кривой для функции интенсивности отказов. Функция ВБР имеет вид:

$$P(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta_1} \right)^\beta \right] \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta_2} \right)^\delta \right],$$

где $\beta > 0$, $\eta_1 > 0$, $\eta_2 > 0$, $\delta > 0$ – параметры модели.

Предполагается, что приводы, ресурсы наработок которых при отказах попали в один интервал, (рис. 1) эксплуатировались в аналогичных условиях. Исходя из этого, были получены восемь различных функций ВБР, каждая из которых соответствует определенному интервалу гистограммы (рис. 2). На основе полученной гистограммы определяем значения функции принадлежности, соответствующие каждому столбцу гистограммы (рис.1) [6]. Точечные оценки $\hat{\theta}_j$ значений параметров θ_j , $j = 1..n$ были получены методом максимального правдоподобия для каждого α -уровня. [2] Строим функцию ВБР, принимающую нечеткие значения в каждый момент времени. График нечеткой ВБР $P(\theta, t)$ является поверхностью в пространстве \mathbb{R}^3 (рис. 3).

Следует отметить, что сечение функции нечеткой ВБР плоскостью $t = t^*$ позволит найти нечеткую вероятность безотказной работы в течение времени t^* . Используя изложенную в данной статье процедуру построения и применяя формулу 2, можно также получить функцию интенсивности отказов, принимающую нечеткие значения.

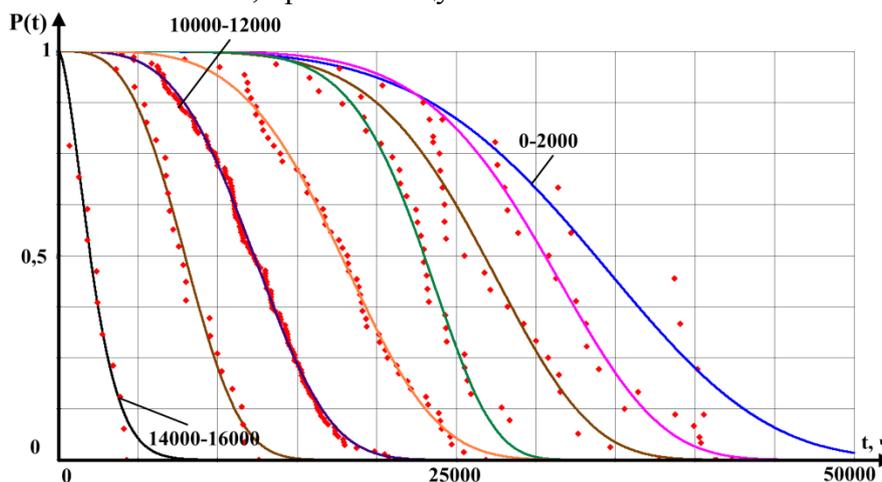


Рисунок 2 – Графики функций ВБР для различных выборок

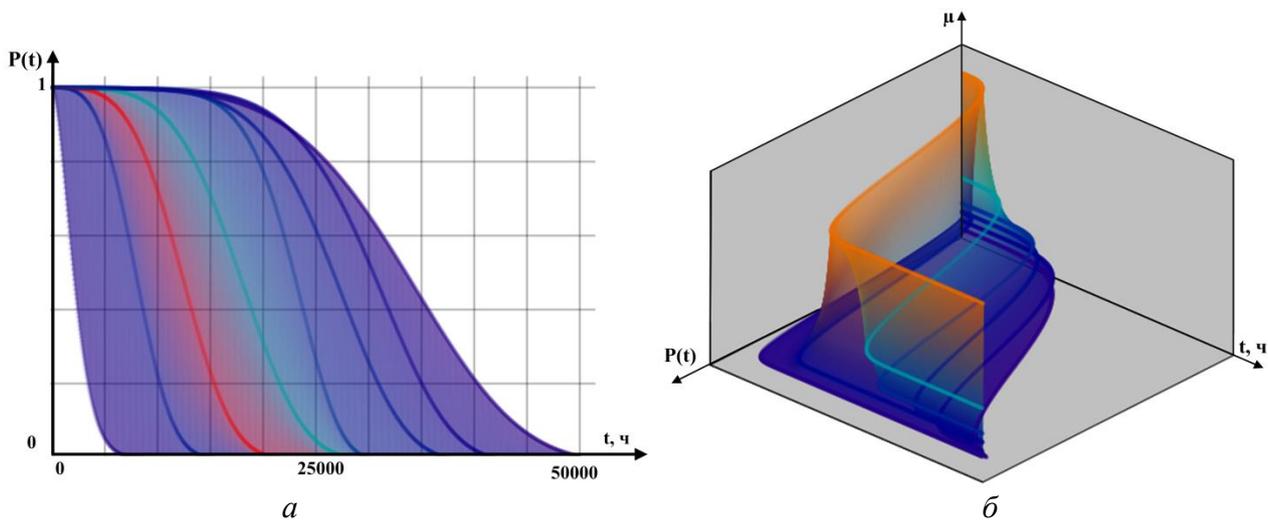


Рисунок 3 – Внешний вид функции ВБР, принимающей нечеткие значения
 а) вид сверху; б) изометрическая проекция

Заключение. Полученная в настоящей работе функция вероятности безотказной работы, принимающая нечеткие значения позволяет учитывать неполноту информации о режимах работы электропривода. Применение математического аппарата нечетких множеств позволило оценить в динамике степень влияния ресурса наработки на надежность электропривода. Результаты, полученные в ходе данного исследования, могут быть использованы для получения других показателей надежности, принимающих нечеткие значения, для оборудования, работающего в условиях неопределенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Острейковский В.А. Теория надежности: Учебник для вузов. / В.А. Острейковский. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
2. Life Data Analysis Reference Book [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://reliawiki.com/index.php/Life_Data_Analysis_Reference, свободный (дата обращения: 05.03.2016).
3. А.А. Ефремов. Вычисление нечеткой вероятности безотказной работы систем с нечеткими параметрами модели надежности. // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – Томск, Изд-во ТУСУР, 2015. - № 2(36), с. 136-140.
4. Гопал К. Дюбей. Основные принципы устройства электроприводов - М.: Высшая школа, 2009 – 490 с.
5. M. Xie. Reliability analysis using an additive Weibull model with bathtub-shaped failure function / C.D. Lai. // Reliability Engineering & System Safety. – 1996. – Vol.52, №3. – P.87–93.
6. Luneva E.E., Banokin P.I., Yefremov A.A., Tiropanis T. Method of evaluation of social network user sentiments based on fuzzy logic // Key Engineering Materials. – 2016. - Vol. 685. - pp. 847-851.