

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБНОЙ АРМАТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Трубная арматура находит широкое применение в транспортных энергетических системах. В технологическом процессе изготовления и ремонта трубной арматуры важнейшей составляющей являются финишные технологические операции, обеспечивающие поддержание её технического состояния на должном уровне на протяжении всего срока эксплуатации. При формировании свойств надежности трубной арматуры в составе транспортной энергетической системы особое место занимают методы выполнения этих операций, например, при проведении приработки прецизионных пар её высокоточных элементов.

Ключевые слова: техническое состояние, трубная арматура, транспортные энергетические системы, надежность, критерий оценки.

Изложение основного материала

Важнейшей задачей определения технического состояния трубной арматуры (ТА) транспортных энергетических систем (ТЭС) является выделение и описание её как некоторой технологической системы, которая исследуется для установления конечных свойств ТА как объекта в зависимости от его свойств на предшествующих этапах изготовления, ремонта или восстановления. Такая система, как правило, состоит из элементов и связей между ними. Поэтому решение сложных вопросов обеспечения надежности конструктивных элементов ТЭС, включая ТА, во многом зависит от того, как учитываются эти требования и соблюдаются важнейшие принципы комплексного и системного подхода к её оценке [1].

При изучении явлений технологической наследственности используется корреляционный анализ, где получаемая с помощью расчетов автокорреляционная функция показывает степень совпадения двух случайных величин. Применительно к условиям формирования свойств надежности, например, пробковых кранов ТА при шлифовании их контактных поверхностей можно определить влияние исходного профиля шероховатости на получаемую шероховатость при финишной обработке. Такая задача решается на основе экспериментальных данных с использованием нормированной взаимокорреляционной функции связи [2,3].

$$K_{R_{\text{ш}}R_{\text{э}} \Delta l} = \frac{M[y_{\text{ш}}(l_i)y_{\text{э}}(l_{i+m})]}{\sigma_{\text{ш}}(l_i)\sigma_{\text{э}}(l_i)}, \quad (1)$$

где $K_{R_{\text{ш}}R_{\text{э}} \Delta l}$ - взаимная корреляционная функция связи шлифованного и притертого профилей;

$M[y_{\text{ш}}(l_i)y_{\text{э}}(l_{i+m})]$ - математическое ожидание произведения центрированных профилей;

$y_{\text{ш}}(l_i)$ - текущее центрированное значение координаты точки профиля шлифованной поверхности на участке l_i ;

$y_{\text{э}}(l_{i+m})$ - текущее центрированное значение координаты точки профиля шлифованной поверхности на участке l_{i+m} ($m = 0,1,2,3 \dots$);

$\sigma_{\text{ш}}(l_i)$ -среднее квадратичное отклонение координат шлифованного профиля для любого участка l_i ;

$\sigma_{\text{э}}(l_i)$ - среднее квадратичное отклонение координат шлифованного профиля для любого участка l_i .

Анализ экспериментальных данных показал, что профиль притертой поверхности элементов ТА имеет наследственную связь с профилем исходной, в частности, шлифованной поверхностью. С помощью анализа удалось установить, что для определенных условий шлифования и последующего притертого образца в 60 случаях из 100 на месте вершины микропрофиля шлифованной поверхности будет вершина микропрофиля притертой поверхности, а также установить влияние неровности на образование соседних неровностей [4]. Корреляционный анализ удобен для описания количественной стороны технологической наследственности, например, прецизионных пар шаровых и пробковых кранов ТА. Однако использование метода корреляционного анализа требует большого количества фактических замеров, что представляет существенные трудности, особенно для оценки высокоточных элементов ТА ТЭС в условиях эксплуатации.

Для оценки технического состояния по обеспечению надежности ТА предлагается метод, исходной информацией которого являются

паспортные данные на изделие, математические модели и экспериментальные результаты характеристик в функции от величины износов (дефектов) запорной части.

В практике эксплуатационных ремонтно-механических производств обычно оценивают техническое состояние ТА по данным паспортов (сертификатам) и фактической работоспособности:

- новый или отремонтированный элемент ТА с наличием дефектов запорной части, величина и скорость изменения которых не превышает пределы;

- неисправный элемент ТА с наличием износов, то есть дефектов запорной части, величина из которых выходит за пределы допустимой надежности по герметичности [5,6];

- находящийся в эксплуатации элемент ТА, требующий поверки на надежность, если хотя бы один из оценочных критериев эксплуатационной надежности выходит за предел допуска.

Теоретический анализ оценки эксплуатационной надежности ТА по двум типам характеристик (паспортные и испытательные) требуют ввести еще один тип характеристик - это истинно фактические. Эти характеристики надежности определяются значениями конкретных дефектов на момент измерения параметров ТА и предназначены для вычисления достоверности и фактических приведенных характеристик. Истинные фактические характеристики рассчитываются с помощью той же математической модели, что и остальные приведенные характеристики при нулевых погрешностях каналов измерений параметров ТА.

Погрешность расчета фактических приведенных характеристик оценивается относительно истинных фактических по приведенной степени сжатия и политропному КПД в функции от приведенной объемной пропускной способности.

Данный метод опирается на определение конечного множества обобщенных дефектов запорной части элементов ТА $D_j, j = \overline{1, ND}$ в нахождение для каждого элемента этого множества (вида обобщенного дефекта) пары расчетных характеристик: приведенной степени герметичности (сжатия) и политропного КПД в функции от величины этого вида дефекта и приведенной пропускной способности.

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_{np}^p(D_j, Q_{np}), \quad (2)$$

$$\eta_{пол} = \eta_{пол}^p(D_j, Q_{np}) \quad (3)$$

Для каждого измерения параметров X_i на основе расчета параметров ТА и вычисляются политропный КПД $\eta_{пол}(X_i)$ и приведенная степень герметичности нулевого приближения $\varepsilon_{np}^0(X_i)$ при

Q_{np} равном $0,5(Q_{min}+Q_{max})$, где Q_{min} , Q_{max} - минимальное и максимальное значения диапазона изменения Q_{np} . Далее для каждого вида обобщенного дефекта D_j на основе расчетных приведенных характеристик методом последовательных приближений удается решить систему уравнений [7,8]:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{np}^S(X_i) &= f_\varepsilon(X_i, Q_{np i,j}^S), \\ \varepsilon_{np}^S(X_i) &= \varepsilon_{np}^p(D_{i,j}^S, Q_{np i,j}^S), \\ \eta_{пол}^S(X_i) &= \eta_{пол}^p(D_{i,j}^S, Q_{np i,j}^S) \end{aligned} \quad (4)$$

где S - номер приближения, f_ε - функция, определяющая зависимость приведенной степени герметичности (точности) от вектора изменений X_i и приведенной пропускной способности (производительности).

Решая систему уравнений (4) можно найти значения.

$$D_{i,j}(X_i) = D_{i,j}^S, Q_{np i,j}(X_i) = Q_{np i,j}^S,$$

если

$$|D_{i,j}^{S-1} - D_{i,j}^S| < \delta D, \text{ и}$$

$$|Q_{np i,j}^{S-1} - Q_{np i,j}^S| < \delta Q_{np},$$

где δD и δQ_{np} - константы, определяющие требуемую точность решения системы уравнений.

В результате решения этой системы уравнений формируется массив значений обобщенных дефектов $\{D_{i,j}(X_i)\}, i = \overline{1, NI}, j = \overline{1, ND}$.

Применению формулы (4) могут быть препятствием следующие причины:

- погрешности измерения параметров надежности при эксплуатации ТА по одному и большему числу критериев оценки превышающие допустимые, то есть в случае, когда ТЭС находится в предаварийной ситуации;

- комплекс погрешностей измерений транспортируемого энергоносителя на входе и выходе ТЭС таковы, что вычисленные значения $\varepsilon_{np}^S(X_i)$ и $\eta_{пол}^S(X_i)$ лежат вне области значений, определяемых расчетными приведенными характеристиками;

- обобщенный дефект, для которого решается система, существенно отличается от наиболее распространенных конкретных дефектов запорной части элементов ТА.

Вычислив массивы значений обобщенных дефектов для всей серии измерений $\{D_{i,j}(X_i)\}, i = \overline{1, NI}, j = \overline{1, ND}$, осуществляется критериальный выбор обобщенного дефекта D_c из

множества $\{D_j\}$, $j = \overline{1, ND}$, обеспечивающего максимум достоверности оценки надежности ТЭС.

В оценке меры объективного соответствия, характеризующей достоверность, принята функция отклонения вычисленного значения обобщенного дефекта $\{D_{i,j}(X_i)\}$ от его расчетного значения $D_{i,j}^R$. Расчетное значение обобщенного дефекта $D_{i,j}^R$ определяется на основе статистического анализа результатов вычисления значений j -го вида дефекта на всем временном интервале измерения параметров работоспособности ТА. Формульные зависимости для его определения общеизвестны [7].

Достоверность оценки эксплуатационной надежности работы ТА и её конструктивных элементов обеспечивается за счет минимизации среднеквадратического отклонения, вычисляемого по серии измерений. При этом вид обобщенного дефекта D_c выбирается из условия

$$\sum_{i=1}^{NI} (D_{i,c}(X_i) - D_{i,c}^R)^2 < \sum_{i=1}^{NI} (D_{i,j}(X_i) - D_{i,j}^R)^2 \quad (5)$$

для $j=1, \dots, c-1, c+1, \dots, ND$ при выполнении условий

$$VD_{\min} < VD_c < VD_{\max} \text{ и } D_{\min} < M(D_c) < D_{\max},$$

где VD_c - средняя по серии измерений точность изменения обобщенного дефекта; $M(D_c)$ - математическое ожидание обобщенного дефекта D_c для серии измерений; VD_{\min} , VD_{\max} , D_{\min} , D_{\max} - пределы, ограничивающие для исправного элемента ТА изменения характера и величины обобщенного дефекта.

При статистическом анализе массивов $\{D_{i,j}(X_i)\}$, $i = \overline{1, NI}$, $j = \overline{1, ND}$, возможны случаи, когда оцениваемые средние значения точности изменения обобщенных дефектов или их величины по небольшому их количеству, у которых значения среднеквадратичных отклонений меньше, чем у остальных видов обобщенных дефектов, превышают допустимые пределы. В этом случае формируется сообщение о необходимости проверки достоверности измерения параметров эксплуатационной надежности работы ТА или о необходимости ремонта запорной ее части.

Фактические приведенные характеристики ТА оцениваются на основе расчетных приведенных характеристик и расчетного значения выбранного обобщенного дефекта D_c

$$\varepsilon_{np}^f(Q_{np}) = \varepsilon_{np}^p(Q_{np}, D_c), \quad (6)$$

$$\eta_{пол}^f(Q_{np}) = \eta_{пол}^p(Q_{np}, D_c) \quad (7)$$

Приведенную внутреннюю фактическую пропускную способность $\left(\frac{N}{p}\right)_{np}^f(Q_{np})$ можно определить по характеристикам $\varepsilon_{np}^f(Q_{np})$ и $\eta_{пол}^f(Q_{np})$ с использованием математической модели.

При испытаниях на износ и долговечность наблюдается значительный разброс в значениях ресурсов конструктивных элементов ТА. Этот разброс вызван различием свойств металла разных плавок или применением различных технологических процессов изготовления прецизионных пар, или различием условий сборки, испытания, эксплуатации и ремонта ТА.

Влияние перечисленных факторов можно значительно уменьшить, совершенствуя конструкции, улучшая технологию изготовления и сборки, дальнейшим совершенствованием методов эксплуатации и ремонта конструктивных элементов ТА. Наличие трех приведенных фактических характеристик ТА позволяет по текущему вектору измерений параметров конструктивного элемента оценить техническое состояние ТА ТЭС.

Выводы

1. Анализ экспериментальных данных показывает, что профиль притертой поверхности элементов ТА имеет наследственную связь с исходной шлифованной поверхностью.
2. При изучении явлений технологической наследственности, как правило, используется корреляционный анализ, где получаемая с помощью расчетов автокорреляционная функция показывает степень исследования двух случайных величин.
3. Корреляционный анализ удобен для описания количественной стороны технологической наследственности прецизионных пар элементов ТА.
4. В практике ремонтно-механических производств техническое состояние элементов ТА оценивают по данным паспортов и фактической работоспособности элементов ТА.
5. Теоретический анализ оценки эксплуатационной надежности ТА по двум типам характеристик (паспортные и испытательные) требует ввести ещё один тип характеристик – истинно фактические.

Литература

1. Масловский В.В., Капцов И.И. Основы технологии ремонта систем газотеплоснабжения. – Харьков: ХГАГХ, 1999. – 327с.
2. Масловский В.В., Полянский А.С. Теория расчета усилий при формообразовании биметаллической заготовки уплотнительной части трубной арматуры газотранспортной системы // Комунальное хозяйство городов: Научно-техн. сб., вып. 79. – К.: Техніка, 2009 – с. 213-219.
3. Лейбензон Л.С. Курс теории упругости. - М. – Л.: Гостехиздат, 1947. – 464с.
4. Ianusz Diczrych. System: Konstrukcja. Warszawa Wyd. Naukowa – Techniczne, 1978. – 445с.
5. Маслов Е.Н. Механизм работы абразивного зерна при шлифовании. Сб.: Основные вопросы высокопроизводительного шлифования. – М.: Машиз, 1960, с. 39-42.

6. Єлизаветін Н.А. Підвищення надійності машин. – М.: Машинобудування, 1973. – 432с.
7. Кузьмин И.В. Основы моделирования сложных систем. К.: Вища школа, 1981, - 360 с.
8. Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969, - 310с.

Рецензент: д-р техн. наук, доцент М.А. Мирошник.
Українська державна академія залізничного транспорту, г. Харків.

Автор: Пахомов Юрий Васильевич
Харьковский национальный университет городского хозяйства им А.Н. Бекетова, Харьков, ассистент
E-mail – abc050073@gmail.com

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРУБНОЇ АРМАТУРИ ТРАНСПОРТНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Ю.В. Пахомов

Трубна арматура знаходить широке застосування в транспортних енергетичних системах. У технологічному процесі виготовлення та ремонту трубної арматури найважливішою складовою є фінішні технологічні операції, що забезпечують підтримку її технічного стану на належному рівні впродовж всього терміну експлуатації. При формуванні властивостей надійності трубної арматури в складі транспортної енергетичної системи особливе місце займають методи виконання цих операцій, наприклад, при проведенні підробітки прецизійних пар її високоточних елементів.

Ключові слова: технічний стан, трубна арматура, транспортні енергетичні системи, надійність, критерій оцінки.

TO THE PROBLEM OF THE TECHNICAL DIAGNOSIS OF THE PIPE FITTINGS OF THE ENERGY TRANSPORTATION SYSTEMS

Y. Pakhomov

Pipe fittings are widely used in energy transportation systems. The most important part of the technological process of the manufacture and repair of the pipe fittings is the finishing technological operations, which provide the maintenance of the technical state of the pipe fittings at the proper level for the entire lifetime. Methods for performing these operations take a special place in forming of properties of a reliability of the pipe fittings as a part of the energy transportation systems, for example, during the running-in of the precision pairs of its high-precision elements.

Key words: technical state, pipe fittings, energy transportation systems, reliability, evaluation criterion.