

## **Метод оценки прочности металла неразрушающим способом с использованием априорной информации.**

**Н.Л. Вернези**

В случае необходимости реконструкции бывшего в эксплуатации сооружения важно провести диагностику его состояния с точки зрения прочностного ресурса, поскольку с течением времени эксплуатации металл изменяет свои механические характеристики [1,2], а реконструкция, как правило, приводит к перераспределению сил, действующих в элементах будущего сооружения. В соответствии с [3] при исследовании и испытании металла необходимо оценить предел текучести, предел прочности и относительное удлинение. При этом количество элементов, проверяемых в партии должно быть не менее двух, образцов от каждого элемента не менее двух от всей партии. Однако, в определенных случаях [4] запрещается применение разрушающих методов прочности металла, получить знание можно только методами неразрушающего контроля. Один из них лежит в основе, разработанной в РГСУ системы безобразцовой оценки механических свойств «Прочность» [5,6,7,8,9], основанной на ударном внедрении конического индентора в испытуемый металл. При этом значение механической характеристики (МХ) определяется в любой его точке. Такая оценка имеет суммарное рассеивание, обусловленное реальным разбросом свойств в объеме металла и погрешностью измерения.

Разброс значений МХ, полученных стандартными разрушающими методами испытаний образцов одной партии металла, может достигать  $\pm 10\%$  и более. Проведенные исследования по определению погрешности измерения системой «Прочность» МХ в различных точках единичных образцов показали предельные ее значения в границах  $\pm 8\%$ . Суммарное рассеивание значений МХ имеет вероятностный характер и наилучшим образом может быть описано трехпараметрическим законом распределения Вейбулла [10,11,12,13,14]. Этот закон имеет несомненное преимущество,

поскольку дает информацию о сдвиге распределения или минимальном значении  $MX$ . Вместе с тем, нормальный закон часто используется вследствие большого удобства применения и наличия в виде параметров как математического ожидания механической характеристики, так и ее среднеквадратичного отклонения.

Неразрушающий контроль  $MX$  удобен, оперативен, прост. Однако остается открытым вопрос достаточного количества измерений в данном месте, особенно в случае масштабного обследования больших объемов металлоконструкций, а также в труднодоступных местах (например, на большой высоте), где бывает сложно произвести даже 1-2 измерения.

В этом случае неоценимую помощь может оказать применение байесовских процедур на основе использования априорной информации, Апостериорная плотность распределения параметра  $T$  измеряемой случайной величины  $t$  по Байесу выражается:

$$K(T|t) \sim H(T) \cdot g(t|T) \quad (1)$$

где:  $K(T|t)$  – плотность априорного распределения параметра  $T$  или доопытное знание о принимаемых им значениях;

$H(T)$  - плотность априорного распределения параметра  $T$  или доопытное знание о его возможных значениях

$g(t|T)$  – функция правдоподобия или условная плотность распределения полученных значений  $t$  при данном значении  $T$ .

Практическое применение формулы (1) облегчается при условии сопряженности  $H(T)$  и  $g(t|T)$  [15, 16].

Этот момент можно обойти, приняв в качестве  $t$  не мгновенное, а среднее значение параметра  $T$ , тогда в соответствии с центральной предельной теоремой и  $H(T)$  и  $g(t|T)$  можно принять нормально распределенными

и апостериорная плотность распределения параметра  $T$  выразится:

$$P(\mu|\bar{t}, s) \sim P(\mu) \cdot g(\bar{t}|\mu, s),$$

где:  $\bar{t}$  – средние значения измеряемой опытной величины  $T$ ,  $\mu$  и  $S$  – соответственно их математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение. При этом  $P(\mu|\bar{t}, s)$  будет также иметь нормальный вид, а апостериорные оценки среднего  $M[\mu]$  и среднеквадратичного отклонения  $D[\mu]$  примут вид:

$$M[\mu] = \frac{\bar{\mu} \cdot s_a^2 + \mu_a \frac{s_t^2}{n}}{s_a^2 + \frac{s_t^2}{n}},$$

$$D[\mu] = \frac{s_a^2 \cdot \frac{s_t^2}{n}}{s_a^2 + \frac{s_t^2}{n}},$$

где:  $\bar{\mu}$  – выборочная средняя измеренных случайных величин;

$\mu_a$  – математическое ожидание случайной величины  $\mu$ ;

$s_t^2$  и  $s_a^2$  – соответственно среднеквадратичные отклонения среднего значения случайной измеряемой величины от  $\mu$  и  $\mu$  от  $\mu_a$ ;

Необходимое число измерений  $n$  определится:

$$n = \frac{s_t^2 (s_a^2 - D[\mu])}{s_a^2 \cdot D[\mu]} \quad (2)$$

Натурный эксперимент по оценке МХ при обследовании реконструируемого здания в г. Батайске по ул. 1 Пятилетки выявил следующее. Средние значения предела прочности металла класса С285 марки Ст.3 имели размах 137 МПа. Это позволило, используя правило трех сигм, задаться значением  $S_t = 23 \text{ МПа}$ . Значением  $S_a = 3 \text{ МПа}$  задались в предположении, что размах  $\mu$  может находиться в границах 10 МПа.

Значение  $D[\mu] = 11 \text{ МПа}$  принято из регламентированного размаха значения временного сопротивления для сталей класса С285 [17] 380-400 МПа.

Расчет по формуле(2)показал, что достаточным при этих значениях исходных данных являются всего 2-3 измерения.

### **Литература:**

1. Природа усталости металлов. Иванова В.С., Терентьева В.Ф. – М. «Металлургия», 1975 – 456с.
2. Горицкий В.М. Диагностика металлов. – М.: Metallurgizdat, 2004. – 408с.
3. СНиП II-23-81\*. Стальные конструкции. -М. Госстандарт,1988, 113с.
- 4.СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. -М. Госстрой, 2004, 24с.
5. D.M. Belen’kii, A.N. Beskopyl’nyi, N.L. Vernezi, L.G. Chamraev. Determination of the strength of butt welded joints // Welding International. 1997.- №11.С.643-645.
6. D.M. Belen’kii, N.L. Vernezi, A.V. Cherpakov. Changes in the mechanical properties of butt welded joints in elastoplastic deformation//Welding International. 2004.- №18 (p.213-215).
7. Беленький Д.М., Бескопыльный А.Н., Вернези Н.Л. Опыт диагностики металлических конструкций // Изв. вузов. Строительство. 2003. №1. С.99-102.
8. Вернези Н.Л. Применение системы «Прочность» при диагностике металлических конструкций// Изв. Ростовского государственного строительного университета. 2003. №7. С. 56-60.
9. Вернези Н.Л., Веремеенко А.А. Диагностика прочности металлических конструкций.// Изв. Ростовского государственного строительного университета. 2012. №17.
10. Крамер Г. Математические методы статистики. – М.: Мир, 1975. – 648с.

11. W.J. DeCoursey / Statistics and Probability for Engineering Applications With Microsoft® Excel. – 2003 – 400 p. – Elsevier Science (USA).

12. Серенсен С.В., Кагаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность. – М.: Машиностроение, 1975. – 488с.

13. Касьянов В.Е., Котесов А.А., Котесова А.А. Аналитическое определение параметров закона Вейбулла для генеральной совокупности конечного объема по выборочным данным прочности стали [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/804>(доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

14. Касьянов В.Е., Щулькин Л.П., Котесова А.А., Котова С.В / Алгоритм определения параметров прочности, нагруженности и ресурса с помощью аналитического перехода от выборочных данных к данным совокупности [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 2). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1236> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.рус.

15. Кокс Д., Хинкли Д. Теоретическая статистика. - М.: Мир, 1978.- 500с.

16. М. Де Гроот. Оптимальные статистические решения. - М.: Мир, 1974.- 491 с.

17. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Элементы стальных конструкций: Учеб. Пособие для строит.вузов/В.В.Горев, Б.Ю.Уваров, В.В.Филиппов и др.; Под ред. В.В.Горева – М.: Высш. шк., 1997. – 527с.