**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 ииспытании металла необходимо оценить предел текучести, предел прочностии 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], основанный 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

±10% и более. Проведенные исследования по определению погрешности измерения системой «Прочность» МХ в различных точках единичных образцов показали предельные ее значения в границах ± 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 МХ. 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 МХ 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:

$K\left(T|\right. t\left.\right)\~H\left(T\right.\left.\right)·g\left(t|T\right.\left.\right)$ (1)

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

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

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

Практическое применение формулы (1)облегчается при условии сопряженности $H\left(T\right.\left.\right)$и$g\left(t|T\right.\left.\right)$[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 $H\left(T\right.\left.\right)$и$g\left(t|T\right.\left.\right)$можно принять нормально распределенными

и апостериорная плотность распределения параметра $T$выразится:

$P\left(μ|\right.\overbar{t},s\left.\right)\~P\left(μ\right.\left.\right)·g\left(\overbar{t}|μ,s\right.\left.\right)$,

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

$М[μ]=\frac{μ̅·s\_{a}^{2}+μ\_{a}\frac{s\_{t}^{2}}{n}}{s\_{a}^{2} +\frac{s\_{t}^{2}}{n}}$*;*

$D[μ]=\frac{s\_{a}^{2}\_{ ·}\frac{s\_{t}^{2}}{n}}{s\_{a}^{2} +\frac{s\_{t}^{2}}{n}}$*;*

где: $μ̅$ *-* выборочная средняя измеренных случайных величин;

$μ\_{a}$*–* математическое ожидание случайной величины$ μ$*;*

$s\_{t}^{2}$и$s\_{a}^{2}$ *-* соответственно среднеквадратичные отклонения среднего значения случайной измеряемой величины от$ μ $и $μ$ от$ μ\_{a}$*;*

Необходимое число измерений *n* определится:

$n=\frac{s\_{t}^{2}\left(s\_{a}^{2}-\right.D[μ]\left.\right)}{s\_{a}^{2} ·D[μ]}$ (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 $s\_{t}^{}$*= 23МПа.* Значением $s\_{a}^{}$*= 3МПа* задались в предположении, что размах $μ$может находиться в границах 10 МПа.

Значение $D[μ]$ *= 11МПа* принято из регламентированного размаха значения временного сопротивления для сталей класса С285 [17]380-400МПа.

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.: Металлургиздат, 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 р. – 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 стальныхконстркций: 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.