

УДК 620.178

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ СТАЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ С УЧЁТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ ДИАГРАММЫ
ПРЕДЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ**

Зернов Владимир Викторович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Зайцев Михаил Борисович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Аннотация

Представлена методика прогнозирования сопротивления усталости стальных конструкций с учетом нелинейности диаграммы предельных напряжений. Приведено сравнение результатов сопротивления усталости с результатами, полученными по схематизированной диаграмме.

Ключевые слова: диаграмма предельных напряжений, сопротивление усталости, асимметрия напряжений

**PREDICTION OF FATIGUE RESISTANCE OF STEEL STRUCTURES
TAKING INTO ACCOUNT NONLINEARITY OF THE DIAGRAM OF
LIMITING STRESSES**

Zernov Vladimir Victorovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.

Zaytsev Mihail Borisovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.

Abstract

Presents a methodology for prediction of fatigue resistance of steel structures taking into account nonlinearity of the diagram of limiting stresses. The comparison of the results of fatigue resistance with the results obtained from the schematized diagram.

Keywords: steel truss, flexural rigidity, plastic deformation, stiffness nodal mates.

В работе [1] проведён анализ влияния асимметрии напряжений на сопротивление усталости сварных соединений на основе схематизированной диаграммы напряжений, ветви которой представлены в виде прямых линий.

Действительная диаграмма предельных напряжений для сталей и сплавов представляется кривыми линиями для напряжений σ_{\max} и σ_{\min} [2] и имеет вид (для среднего растягивающего напряжения), приведенный на рисунке 1.

Если известны временные сопротивления стали растяжению $\sigma_{вр}$ и $\sigma_{вс}$ сжатию, а также сопротивление усталости при симметричном цикле нагружения σ_{-1} , то диаграмму предельных напряжений можно описать двумя квадратными парабололами вида

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Обозначим зависимость растягивающего напряжения от среднего напряжения цикла $y = f(x)$, а сжимающего – $y = \varphi(x)$. Среднее напряжение (или статическая составляющая цикла) определится как $x = \frac{f(x) + \varphi(x)}{2}$. Найдём зависимость растягивающих напряжений от коэффициента асимметрии цикла ρ . Примем расчетные сопротивления стали растяжению и сжатию одинаковыми и равными $\sigma_{в}$.

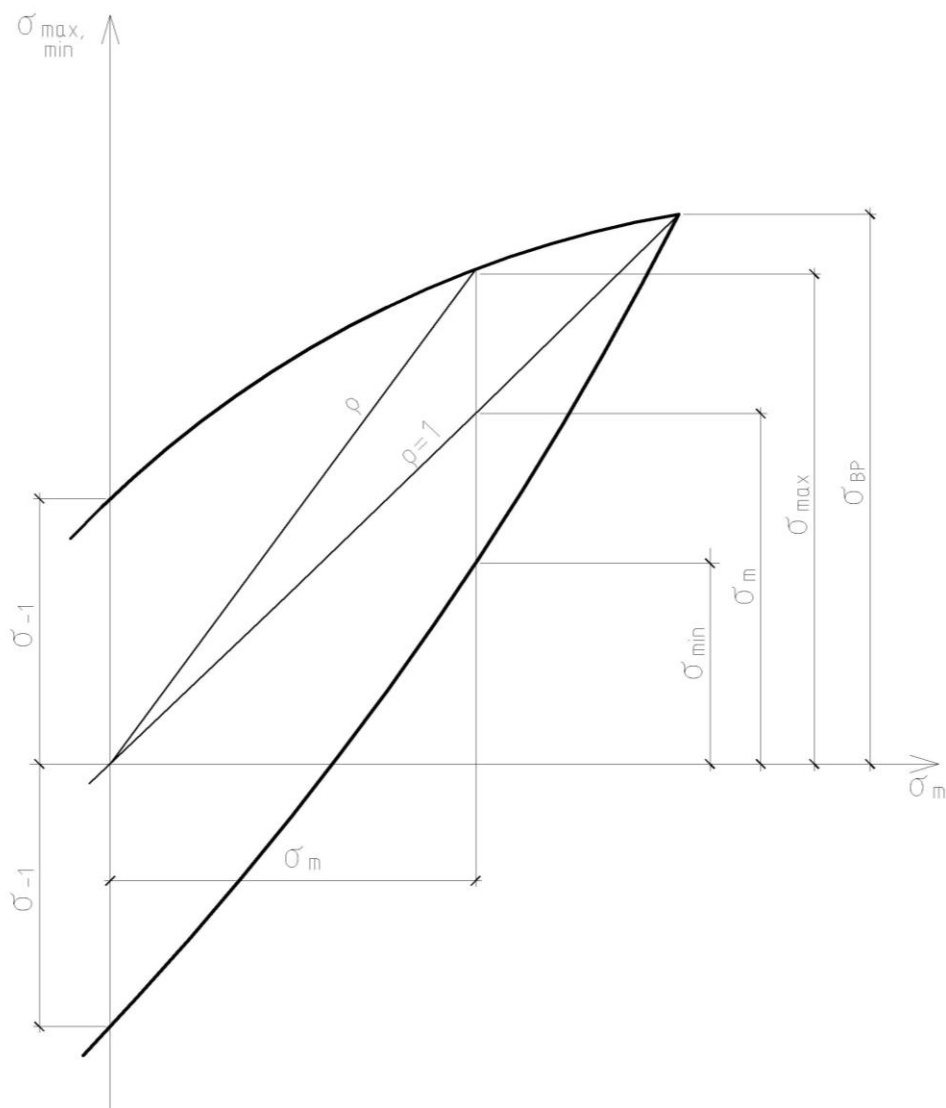


Рисунок 1 – Диаграмма предельных напряжений:

σ_{\max} и σ_{\min} – соответственно максимальное и минимальное напряжения цикла;

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \text{ – среднее напряжение цикла для заданной долговечности;}$$

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \text{ – коэффициент асимметрии цикла напряжений;}$$

$\sigma_{\text{вр}}$ – временное сопротивление стали разрыву (предел прочности);

σ_ρ – предел выносливости для заданного коэффициента ρ .

Из диаграммы видно, что

$$\text{при } x = 0 \quad y = \sigma_{-1};$$

$$x = \sigma_B \quad y = \sigma_B;$$

$$x = -\sigma_B \quad y = -\sigma_B.$$

Подставляя эти условия в (1), найдем значение коэффициентов:

$$a = -\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\epsilon}^2}, \quad b=1, \quad c=\sigma_{-1} \quad (2)$$

Для сжимающих напряжений изменится только знак перед σ_{-1} .

С учётом найденных коэффициентов получим:

$$f(x) = -\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\epsilon}^2} - x^2 + x + \sigma_{-1} \quad (3)$$

$$y(x) = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\epsilon}^2} - x^2 + x - \sigma_{-1}$$

Коэффициент асимметрии цикла запишется в виде

$$\rho = \frac{y(x)}{f(x)} \quad (4)$$

Обозначим

$$\gamma_v = \frac{f(x)}{\sigma_{-1}} \quad (5)$$

Подставляя (4) и (5) в (3), после преобразований получим выражение для коэффициента γ_v , зависящего от напряжённого состояния и коэффициента асимметрии цикла, в виде

$$\gamma_v = \frac{-(1-\rho) + \sqrt{\rho^2(1+4k^2) - 2\rho(1-4k^2) + (1+4k^2)}}{k^2(1+\rho)^2}, \quad (6)$$

где $k = \sigma_{-1}/\sigma_B$.

Сравнение коэффициентов γ_v , полученных для линейной и нелинейной диаграмм, показывает, что в области среднего растягивающего напряжения цикла линейзация диаграмм ведет к недонапряжению элементов для всех марок сталей и концентраторов напряжений во всем диапазоне изменения коэффициента асимметрии цикла ρ .

Библиографический список:

1. Зернов В.В., Зайцев М.Б., Валякин В.А. Прогнозирование сопротивления усталости элементов стальных конструкций из различных марок сталей // Дороги и мосты. М., 2015. Вып. 34/2.
2. ГОСТ 2860-65 Металлы. Методы испытания на усталость. М.: Изд-во стандартов, 1965.