

УДК 620.178

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ
ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК СТАЛЕЙ**

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».

Валякин Владимир Анатольевич,

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

магистрант

Аннотация

Представлена методика оценки сопротивления усталости стальных конструкций. На основе существующих экспериментальных данных получена зависимость предельных напряжений от коэффициента асимметрии напряжений.

Ключевые слова: диаграмма предельных напряжений, сопротивление усталости, асимметрия напряжений, предел выносливости.

**METHOD OF EVALUATION OF FATIGUE RESISTANCE OF STEEL
STRUCTURAL ELEMENTS FROM VARIOUS GRADES OF STEEL**

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”.

Valjakin Vladimir Anatolevich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

undergraduate.

Abstract

Presents a method of predicting the fatigue resistance of steel structures. On the basis of existing experimental data the dependence of the limiting stresses on the coefficient of asymmetry of voltages.

Keywords: chart limit stresses, fatigue resistance, the asymmetry of the stress, the limit of endurance

Элементы стальных строительных конструкций мостов, зданий и сооружений, работающие под воздействием циклических нагрузок, часто разрушаются при напряжениях меньших предела текучести вследствие усталости металла и должны проверяться расчётом на усталость. Усталостное разрушение в стальных конструкциях начинается с отдельных, благоприятно ориентированных кристаллитов (зёрен), постепенно вовлекая соседние зёрна. Зарождению стартовых усталостных трещин предшествует пластическая деформация. Поэтому теоретический анализ и схема сплошной среды в данном случае не является удовлетворительной основой для исследования усталостной прочности сварных соединений и металлов.

Исследование циклической долговечности конструкций и их элементов в основном базируется на экспериментальных методах, заключающихся в накоплении экспериментального материала с последующим интегральным анализом и обобщением его [1].

Известны несколько методов, которые позволяют на основе сравнительно небольшого экспериментального материала определять аналитически величину

предела выносливости. Одним из таких методов является метод, предложенный в работе [2]. В его основе лежит тот факт, что «хотя предел усталости каждого металла по своей величине и зависит от многих факторов: механических, технологических, термических и других, – но влияние их находит отражение в форме диаграммы, построенной в координатах «напряжение – количество циклов нагружений». Диаграмма характерна для каждого испытываемого металла и отражает прочностные свойства этого металла с интегральным учётом факторов, влияющих на них».

В статье проводится анализ влияния асимметрии напряжений на сопротивление усталости сварных соединений из различных марок сталей. Для анализа используется диаграмма предельных напряжений (диаграмма Смита) [1,3]. Эта диаграмма представляет собой график зависимости между предельными напряжениями циклов (σ_{\min} и σ_{\max}) и значениями средних напряжений (σ_m) циклов для заданной циклической долговечности n (см. рисунок 1), где:

σ_{\min} и σ_{\max} – соответственно наименьшее и наибольшее по абсолютному значению напряжение в рассчитываемом сечении элемента;

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

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \text{ – коэффициент асимметрии напряжений (при разнозначных}$$

напряжениях σ_{\min} и σ_{\max} значение коэффициента ρ берётся со знаком «минус»);

$\sigma_{\text{вр}}$ – временное сопротивление стали;

σ_{ρ} – предел выносливости для заданного коэффициента ρ ;

σ_{-1} – сопротивление усталости при симметричном цикле нагружения ($\rho = -1$).

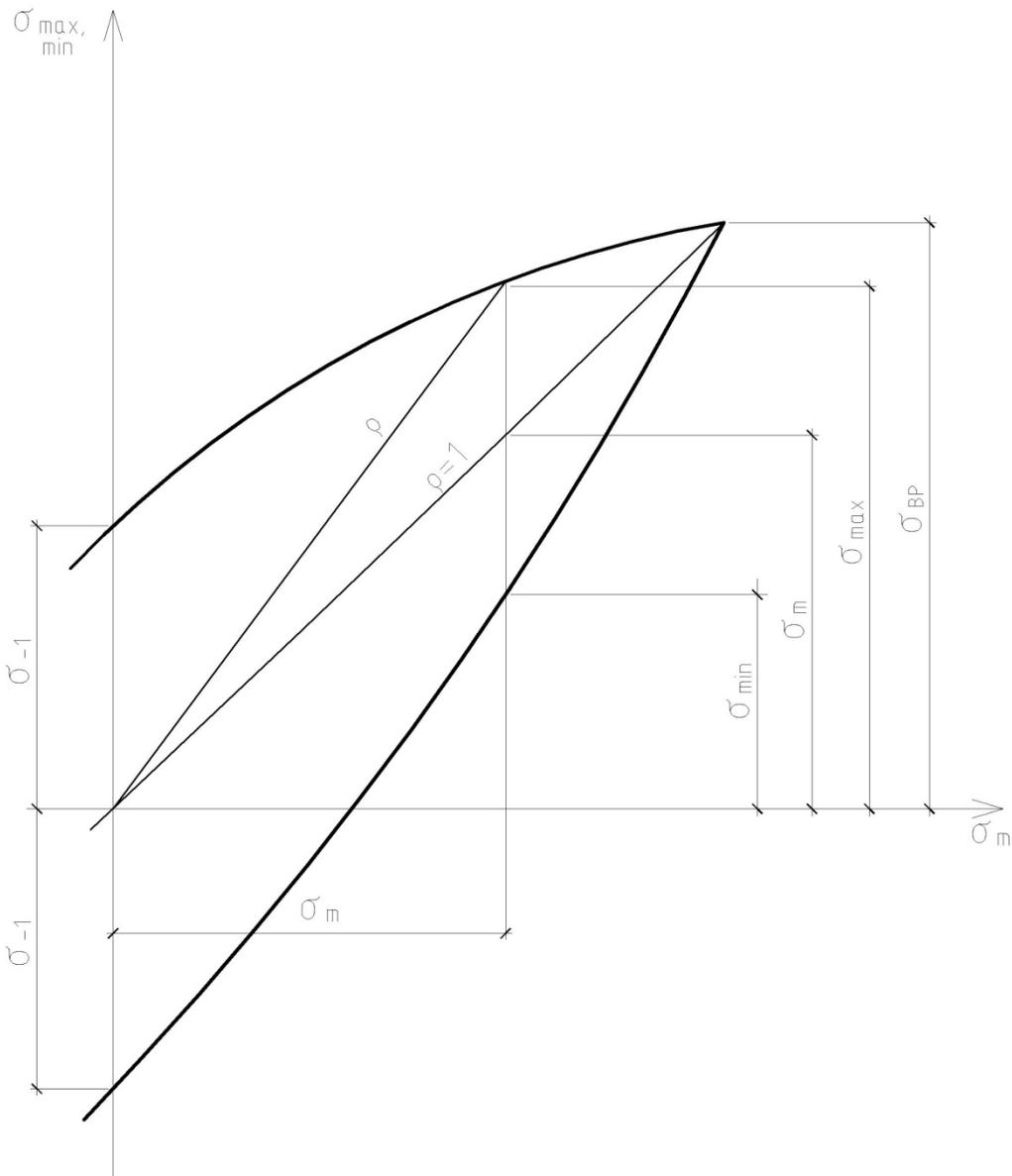


Рисунок 1 – Диаграмма предельных напряжений

На диаграмме полностью представлено влияние различных циклов нагружения, начиная со статического растяжения с переходом к пульсирующему циклу растяжения и затем к симметричному циклу растяжения-сжатия. Каждая диаграмма такого типа характеризует сопротивление усталости данного соединения или элемента конструкции при данной циклической долговечности – числе циклов нагружений до разрушения.

Расчёт на усталость стальных конструкций производится по формуле (170) из [4]:

$$\frac{\sigma_{\max}}{\alpha R_v \gamma_v} \leq 1,$$

где: R_v – расчетное сопротивление усталости, принимаемое в зависимости от временного сопротивления стали R_{un} и групп элементов и соединений конструкций;

α – коэффициент, учитывающий количество циклов нагружений n ;

γ_v – коэффициент, зависящий от напряженного состояния и коэффициента асимметрии напряжений ρ .

Представим ветви диаграммы в виде прямых линий в запас прочности (рисунок 2). Для сталей временные сопротивления сжатию и растяжению одинаковы:

$$\sigma_{\text{вс}} = \sigma_{\text{вр}}.$$

Зависимость коэффициента γ_v от асимметрии напряжений вытекает из аналитических уравнений прямых линий схематизированной диаграммы предельных напряжений: для растяжения – верхняя, для сжатия – нижняя.

Запишем в общем виде уравнение прямой линии в прямоугольной системе координат

$$y = ax + b \tag{1}$$

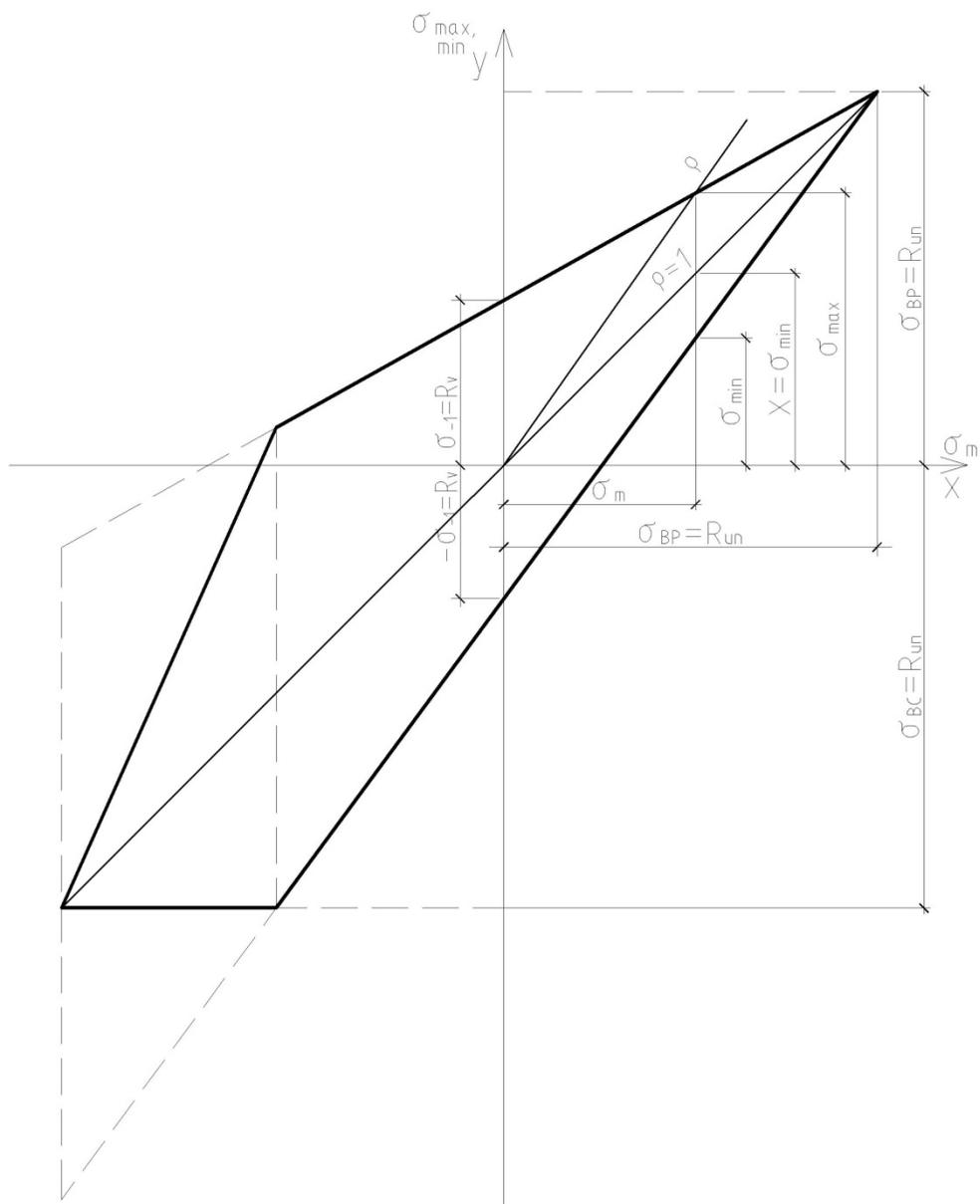


Рисунок 2 – Схематизированная диаграмма предельных напряжений

Из рисунка 2:

$$\text{при } x = 0, y = \pm \sigma_{-1},$$

$$\text{при } x = R_{un}, y = R_{un}, \tag{2}$$

где: знак «+» относится к растяжению, а знак «-» – к сжатию;

Подставляя (2) в (1) после преобразований получим:

– для среднего растягивающего напряжения цикла

$$\gamma_v = \frac{K}{K_1 - \rho}, \tag{3}$$

для среднего сжимающего напряжения цикла

$$\gamma_v = \frac{K_2}{K_3 - \rho}, \quad (4)$$

где $K = \frac{2R_{un}}{R_{un} - \sigma_{-1}}$, $K_1 = \frac{R_{un} + \sigma_{-1}}{R_{un} - \sigma_{-1}}$, $K_2 = \frac{2R_{un}}{R_{un} + \sigma_{-1}}$, $K_3 = \frac{R_{un} - \sigma_{-1}}{R_{un} + \sigma_{-1}}$.

Полученные формулы (3) и (4) позволяют при наличии предела выносливости и предела прочности при статическом растяжении оценить сопротивление усталости конкретной детали или элемента конструкции.

Библиографический список:

1. Дегтярев В.А. Оценка влияния уровня остаточных напряжений на предельное напряжение цикла сварных конструкций по результатам испытаний малогабаритных образцов // Проблемы прочности. 2009. №3(399). С. 107-115.

2. Муратов Л.В. Аналитическое выражение кривой усталости // Сборник научных трудов Куйбышевского индустриального института. 1958. Вып. VII. С. 29-33.

3. ГОСТ 23207-78. Сопротивление усталости. Основные термины, определения и обозначения. М., 1981. 48 с.

4. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М., 2011. 173 с.