



## РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЯ ПО ОСТАТОЧНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ, НАКОПЛЕННЫМ В СВАРНЫХ ШВАХ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ.

Асатов Нурмухаммат Абдуназарович,  
Хандамкулов Шохрух Бахтиёрвич,  
“Строительство зданий и сооружений”  
Джизакский политехнический институт  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6399505>

### ИСТОРИЯ СТАТЬИ

Принято: 01 марта 2022 г.  
Утверждено: 10 марта 2022 г.  
Опубликовано: 14 марта 2022 г.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

концентрация  
напряжения; усталость  
металла; коэффициент  
асимметрии  
напряжений;  
коэффициент  
динамичности;  
остаточные  
напряжения; упругая  
деформация.

### АННОТАЦИЯ

В статье приведен конструктивный расчет сварных соединений на долговечность и выносливость с учетом влияния конструкции напряжений на предельное остаточное напряжение. При расчете учитывался деформационная малоцикловая усталость сварных швов.

Специальные стальные конструкции: резервуары, газгольдеры, силосы, бункеры, в том числе подкрановые балки, подвержены авариям из-за остаточных напряжений, накапливающихся в их сварных швах в результате многократно повторяющихся нагрузок и давлений в течение времени, что встречается очень часто. Поэтому приводим конструктивные решения по расчету сварных швов таких конструкций. При расчете на прочность сварных соединений с учетом накопленных напряжений в сварном шве необходимо соблюдать требования ШНК 2.03.05-13 Градостроительные нормы и правила. Стальные конструкции. Прочность

стальных конструкций и соединений рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma_{\max} \leq \alpha \cdot R_v \cdot \gamma_v$$

где  $R_v$  – расчетное сопротивление стали усталости;  $\alpha$  определяется по таблице 32\*. Для конструкций группы 2;  $R_v = 110 \text{ МПа}$   $\alpha$  – количество повторений нагрузки за период времени. Для  $n < 3,9 \cdot 10^6$  конструкций группы 1 и 2, если таковые имеются

$$\alpha = 0,064 \left( \frac{n}{10^6} \right)^2 - 0,5 \left( \frac{n}{10^6} \right) + 1,75. \quad (2)$$

$\gamma_v$  – состояние напряжения и коэффициент несимметричного напряжения

$$p = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}, \quad (3)$$

Где  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{\min}$  – абсолютные значения минимального и максимального напряжений, возникающих на чистой  $A_n$  (нетто) поверхности поперечного сечения конструктивно проектируемого элемента. При этом  $\varphi, \varphi_c, \varphi_b$  коэффициенты и динамические коэффициенты не учитываются.

Однако приведенный выше метод расчета не учитывает остаточное напряжение, возникающее в сварном шве. Этодика расчета, приведенная в [28], с учетом остаточного напряжения при обеспечении длительной прочности сварного шва определяет предел допуска с учетом остаточного напряжения. Это формула

$$\sigma_{-1}^{ost} \leq \sigma_{-1} \left( 1 - \frac{\sigma_{ost}}{\sigma_b} \right). \quad (4)$$

Где  $\sigma_{-1}$  – предел допуска, учитывающий, что напряжение будет возникать симметрично в течение определенного промежутка времени при отсутствии остаточного напряжения. В строительной практике широко применяются специальные металлоконструкции (резервуары различной емкости, газгольдеры высокого давления, трубопроводы горячей воды, газа и химических жидкостей, силосы для хранения различных продуктов, бункеры). Такие специальные конструкции подвержены усталости конструкционного материала и сварных швов под воздействием повторяющихся нагрузок в течение

короткого промежутка времени. Поэтому для предотвращения аварий, вызванных кратковременной усталостью таких специальных конструктивных элементов и сварных швов в них, необходимо рассчитывать знак деформации в результате усталости. Расчет деформации, вызванной усталостью металлических конструкций и сварных швов в них, может быть выполнен по методу, предложенному Коффином и Мэнсоном. В металлических конструкциях коррозия часто возникает в результате увеличения толщины элемента  $t$  и уменьшения нагрузки (давления) во времени, а также увеличения числа  $N$  повторений. Количество повторений нагрузки рассчитывается следующим образом

$$[e_a] = \frac{1}{2N^m} \ln \frac{1}{1-\varphi} + \frac{\sigma_{-1}}{E}.$$

где  $[e_a]$  – амплитуда упругой деформации, вызванная изменением нагрузки во времени;  $n_N = 10$  – коэффициент длительного запаса прочности;

$\psi$  – относительное утончение режущей поверхности элемента под действием статических сил;  $m = 0,5$  – периодическое значение;  $E$  – модуль упругости материала.  $E = 2,06 \cdot 10^4$  кН/см<sup>2</sup> =  $2,06 \cdot 10^5$  МПа для стали. Также в «Методических указаниях по оценке и проверке остаточного запаса вертикального резервуара из стали» приведено количество повторных воздействий груза до  $(N) PD153-112-017-97$  возникновения микротрещин в специальных металлоконструкциях []

$$N_0 = \begin{cases} \frac{1}{4} \left( \frac{1,28E \cdot \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28 \cdot n_\sigma \cdot \sigma_a^* \frac{1}{\varphi_c} \sigma_{-1}} \right)^2 \\ \frac{1}{4n_N} \left( \frac{1,28E \cdot \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28 \cdot \frac{\sigma_a^*}{\varphi_c} \sigma_{-1}} \right)^2 \end{cases}$$

(6)

где  $\alpha_0$  – теоретический

коэффициент накопления напряжения, определяемый по табл. 3.1 в [1].

$K_\sigma$  – коэффициент накопления напряжения в упругопластическом состоянии.

$$K_\sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma_H}$$

(11)

$n_\sigma$  – коэффициент резерва напряжения.;  $n_\sigma = 2$

$\varphi_c$  – коэффициент снижения напряжения при сварке кулачково-электродных стальных элементов; Для ручной электродуговой сварки  $\varphi_c = 0,8$ ; для автоматической электродуговой сварки  $\varphi_c = 0,9$ ;

Учитывая формулу (4), формула (6) выглядит так:

где  $\sigma_a^*$  – расчетная точка стенки резервуара или условная амплитуда поперечного напряжения;

$$\sigma_a^* = \sigma_a \quad (7)$$

Где  $\sigma_a$  – амплитуда напряжения в расчетной точке стенки резервуара.

Если  $2\sigma_a \leq \sigma_T$  есть

$$\sigma_a = 0,5K_\sigma \cdot \sigma_H; \quad (8)$$

где  $\sigma_H$  – номинальное напряжение на стенке резервуара; если  $2\sigma_a > \sigma_T$  есть  $\sigma_a = K_e \cdot \sigma_{H/2}$ ; (9)

где  $K_e$  – коэффициент накопления деформации в упругопластической части материала резервуара.

Связь, предложенная Нейбером, определяется следующим образом:

$$K_\sigma \cdot K_e = \alpha_0^2. \quad (10)$$

$$N_0 = \begin{cases} \frac{1}{4} \left( \frac{1,28E \cdot \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28 \cdot n_\sigma \cdot \sigma_a^* \frac{1}{\varphi_c} \sigma_{-1} \left( 1 - \frac{\sigma_{ост}}{\sigma_o} \right)} \right) \\ \frac{1}{4 \cdot n_N} \left( \frac{1,28E \cdot \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28 \cdot \frac{\sigma_a^*}{\varphi_c} - \sigma_{-1} \left( 1 - \frac{\sigma_{ост}}{\sigma_o} \right)} \right) \end{cases} \quad (12)$$

Вышеприведенный конструкторский расчет может быть применен и к решениям сварных швов конструкций из тонкостенных гнутых профилей.

Однако такие легкие конструкции имеют более сложное деформационное состояние из-за накопленных напряжений, возникающих в сварных швах.

### Заключение

В статье рассматривается повторяющаяся во времени нагрузка (давление) на конструкцию с учетом остаточных напряжений,

накапливающихся в сварных швах специальных стальных конструкций (резервуаров, газгольдеров, силосов, бункеров и др.). даны решения по долговечности.

При этом предполагается, что конструкционный материал будет работать в упругопластическом состоянии.

Такой конструктивный расчет послужит длительной эксплуатации специальных сооружений.

### Литературы:

1. Байманов Х. А. Инсон характериға хос сифат лексемаларнинг функционал-семантик хусусиятлари (немис ва ўзбек тиллари мисолида). Филол.фан.фал.док. (PhD). ... дисс. – Тошкент: 2020. 157 б.
2. Карасик В. И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс. - Волгоград: Перемена, 2002. - С. 330.
3. Мамаражабова З. Ўзбек тилида сифатларнинг коннотатив маънолари. Филол.фан. номз. ... дисс. – Тошкент: 2004. 78-90 б.
4. Уфимцева А. Характер лексической семантики имен прилагательных. Лексическое значение. -М.: 1996.- С. 202.



5. Baumann, Carolin ; Dabóczy, Viktória ; Hartlmaier, Sarah Adjektive: Grammatik, Pragmatik, - Berlin, Boston, 2018. – S. 219.
6. Duden (2001): Deutsches Universalwörterbuch. 4., neu bearb. und erw. Aufl., hg. von der Dudenredaktion. – Mannheim: - S. 428.
7. Telschow, Claudia. Die Adjektiv-Adverb-Abgrenzung im Deutschen : zu grundlegenden Problemen der Wortartenforschung. – Berlin: 2014. - S. 28-39.
8. H. Baymanov\*, A. Avlakulov, S. Sattorova, F. Rozikova, M. Muminova Compliment-concept and discourse features of qualitative lexemes of human nature (on the example of German and Uzbek languages) // Annals of R.S.C.B., ISSN:1583-6258, Vol. 25, Issue 4, 2021, Pages. 2598 – 2605 Received 05 March 2021; Accepted 01 April 2021. 2598 <http://annalsofrscb.ro>.