

НАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ. КОНСТРУКТИВНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Расчет на сопротивление усталости имеет цель установить возможность зарождения трещины в определенном месте конструкции, называемой расчетной зоной. Расчетными зонами следует считать такие места конструкции, в которых сочетаются достаточно большой размах номинальных напряжений от внешней нагрузки ($\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$) и существенная концентрация напряжений от сварных или болтовых соединений, галтельных переходов, вырезов и пр. В большинстве случаев расчетная зона представляет собой сварной узел, расположенный в области действия высоких (как правило, растягивающих) напряжений.

В инженерных аналитических расчетах на сопротивление усталости концентрация напряжений в местах обрыва прерывистых связей учитывается с помощью конструктивного коэффициента k_α по формуле $\sigma_\alpha = k_\alpha \sigma$, где σ - номинальное напряжение в расчетной зоне.

Прерывистыми связями называются концентраторы в виде уступа, образующиеся в местах примыкания к основной балке дополнительных элементов, продольных ребер, косынок, планок и пр. (рис. 1) В этих узлах имеет место значительная концентрация напряжений, локализованная в районе окончания прерывистой связи.

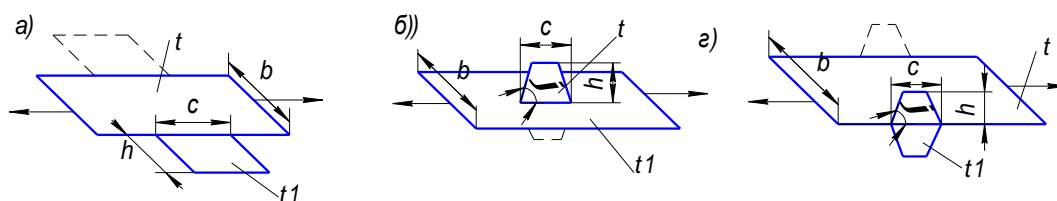


Рис. 1. Схемы элементов с прерывистыми связями

Считая, что напряженное состояние нижнего уровня имеет градиенты, весьма малые по сравнению с градиентами поля напряжений от сварного соединения, можно приближенно считать, что $k_\alpha \approx \alpha_\sigma / \alpha_{\sigma_B}$, где α_σ и α_{σ_B} - теоретические коэффициенты концентрации напряжений нижнего уровня для элемента конструкции и соответствующего базового образца.

Рекомендации по определению значения конструктивного коэффициента k_α для ряда характерных узлов приведены [1].

$$k_\alpha := \left[1 + 0.04 \left(\frac{b}{t} - 8 \right)^{0.5} \left(\frac{h}{t} - 4 \right)^{0.25} \right] \left(\frac{t_1}{t} \right)^{0.25} \cdot \sin(\phi)$$

Были проведены расчеты приведенных элементов в программе NASTRAN, вычислен конструктивный коэффициент k_α по формуле $k_\alpha \approx \alpha_\sigma / \alpha_{\sigma_B}$. Затем для тех же элементов рассчитан конструктивный коэффициент k_α по [1]. На основании сравнения полученных результатов выяснилось, что при варьировании угла ϕ расхождения очень большие. Было принято решение изменить зависимость таким образом.

$$k_\alpha := \left[1 + 0.04 \left(\frac{b}{t} - 8 \right)^{0.5} \left(\frac{h}{t} - 4 \right)^{0.25} \cdot \sin(\phi) \right] \left(\frac{t_1}{t} \right)^{0.25}$$

В результате погрешность не превышает 5%, что доказывает правильность доработки зависимости

Дальнейшая работа посвящена проверке и совершенствованию методики расчета конструкций на сопротивление усталости с учетом местных пластических деформаций, происходящих в зонах концентрации напряжений. Первым этапом является отработка методики анализа НДС при циклическом нагружении в программе NASTRAN. Чтобы удостовериться в правильности расчетов, для исследования был взят реальный образец и поведен эксперимент.

Образец (рис. 2) изготовлен из: Сталь 12ГН2МФАЮ, предел текучести $\sigma_T = 603 \text{ МПа}$.

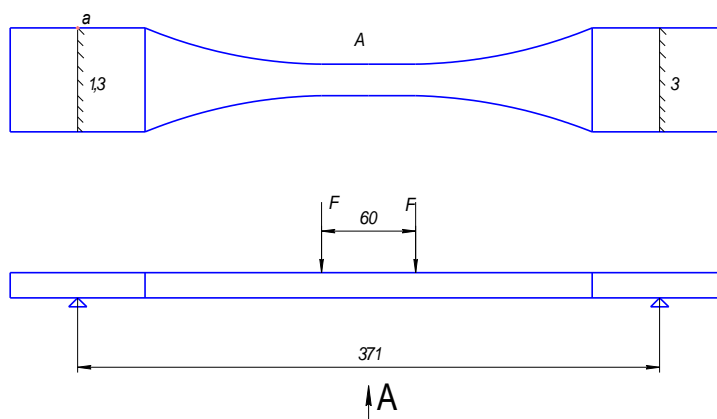


Рис. 2. Расчетная схема образца

Нагрузка подбиралась таким образом, чтобы в материале достигался предел текучести и после разгрузки возникали остаточные напряжения и деформации.

По результатам эксперимента был получен следующий результат: остаточная деформация $\delta_{\text{ост}} = 0,8 \text{ мм}$. По результатам расчетов в программе $\delta_{\text{ост}} = 0,86 \text{ мм}$. Из сравнения расчетов в программе NASTRAN и в результате эксперимента выяснилось, что значение из программы превышает на 7% результат эксперимента. Этот результат нас вполне устраивает, так как учесть внешние факторы, характеристики материала (в точности предел текучести, который именно для этого образца мы точно не знаем, а знаем лишь для партии), погрешность машины в программе невозможно. Также на результат влияет размер конечных элементов, чем он меньше, тем точнее будет результат.

ЛИТЕРАТУРА:

1. С.А.Соколов Металлические конструкции подъемно-транспортных машин: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2005. – 423с.