

УДК 621.787:539.319

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ  
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И ИЗГИБЕ В ОПАСНЫХ СЕЧЕНИЯХ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ПОЛУКРУГЛЫМ НАДРЕЗОМ  
МЕТОДОМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ANSYS**

Микушев Н. Н., Письмаров А. В., Сазанов В. П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Известно, что прогнозирование влияния поверхностного упрочнения на приращение предела выносливости деталей с надрезами при растяжении и изгибе в случае симметричного цикла  $(\Delta\sigma_{-1})_{расч}$  производится по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений  $\bar{\sigma}_{ост}$  [1-3]:

$$(\Delta\sigma_{-1})_{расч} = \bar{\psi}_{\sigma} |\bar{\sigma}_{ост}|, \quad (1)$$

где  $\bar{\psi}_{\sigma}$  – коэффициент влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости по критерию  $\bar{\sigma}_{ост}$ .

В свою очередь, коэффициент  $\bar{\psi}_{\sigma}$  влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости по критерию  $\bar{\sigma}_{ост}$  рассчитывается по зависимости, установленной в работе [4]:

$$\bar{\psi}_{\sigma} = 0,612 - 0,081\alpha_{\sigma}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\sigma}$  – теоретический коэффициент концентрации напряжений.

Теоретический коэффициент концентрации напряжений в классическом варианте определяется по графикам из справочников типа [5]. Однако, это приводит, как правило, к существенным погрешностям, особенно на границах графиков и за их пределами, и поэтому для определения  $\alpha_{\sigma}$  требуется разработка других, более точных и универсальных методов. В данной работе выполнено исследование, связанное с определением теоретического коэффициента концентрации напряжений при растяжении и изгибе цилиндрических деталей с наружным диаметром  $D$  от 10 мм до 50 мм и концентратором в виде полукруглого надреза радиуса  $\rho = 0,3$  мм. Расчёты выполнялись методом конечно-элементного моделирования с использованием комплекса ANSYS. При моделировании применён гармонический осесимметричный конечный элемент типа PLANE183 объёмного НДС с восемью узлами, который позволяет на одной и той же конечно-элементной модели определить напряжённо-деформированное состояние как при растяжении, так и при изгибе. Графики зависимостей  $\alpha_{\sigma}$  от диаметра детали  $D$  приведены на рис. 1.

Сравнение результатов расчёта и справочных данных показало, что погрешность расчёта теоретических коэффициентов концентрации напряжений при растяжении не превысила 2%, а при изгибе – 2,5%.

**Выводы:**

1. При увеличении диаметра цилиндрической детали с полукруглым надрезом теоретический коэффициент концентрации напряжений возрастает как при растяжении, так и при изгибе. При этом их значения сближаются: при растяжении – сверху, а при изгибе – снизу.

2. Предложенный метод расчёта  $\alpha_\sigma$  с использованием комплекса ANSYS позволяет определять его значения для осесимметричных деталей с концентраторами напряжений любой геометрической формы и сложности.

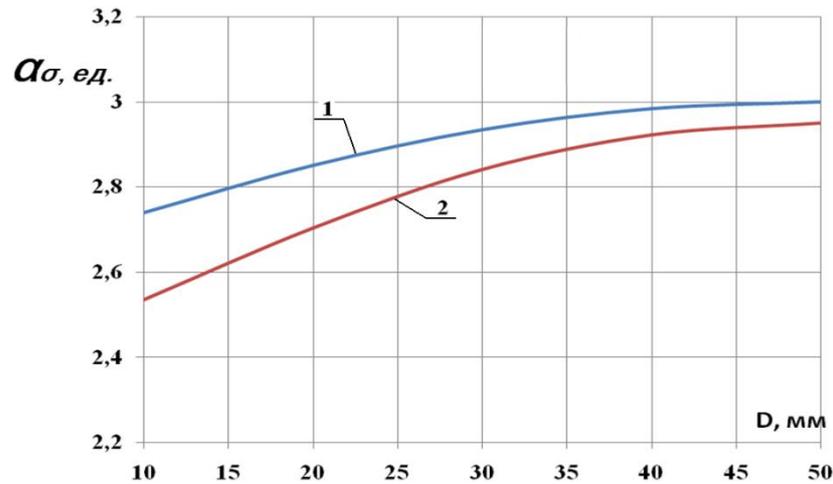


Рис. 1. График зависимости коэффициента концентрации напряжений от диаметра исследуемого образца: 1 – растяжение, 2 – изгиб

#### Библиографический список

1. Павлов, В. Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям [Текст]/ В. Ф. Павлов, В. А. Кирпичёв, В. С. Вакулюк. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – 125 с.
2. Павлов, В. Ф. Расчёт остаточных в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям [Текст]/ В. Ф. Павлов, А. К. Столяров, В. С. Вакулюк, В. А. Кирпичёв. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 124 с.
3. Павлов, В. Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений [Текст]/ В. Ф. Павлов // Известия вузов. Машиностроение. – 1986. – №8. – С. 29-32.
4. Кирпичёв, В. А. Прогнозирование предела выносливости поверхностно упрочнённых деталей при различной степени концентрации напряжений [Текст]/ В. А. Кирпичёв, А. П. Филатов, О. В. Каранаева, А. В. Чирков, О. Ю. Семёнова // Труды МНТК «Прочность материалов и элементов конструкций». – Киев: ИПП им. Г.С. Писаренко НАНУ. – 2011. – С. 678-685.
5. Петерсон, Р. Е. Коэффициенты концентрации напряжений [Текст]/ Р. Е. Петерсон. – М.: Мир, 1977. – 304 с.