

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ ГЛУБИНЫ ТРЕЩИНЫ В ДЕТАЛЯХ С НАДРЕЗОМ

Вакулюк В. С., Сургутанов Н. А., Сургутанова Ю. Н., Садыков Р. Р.  
Самарский Университет, г. Самара, [sopromat@ssau.ru](mailto:sopromat@ssau.ru)

*Ключевые слова: пластина, осесимметричная задача, концентратор напряжений, коэффициент интенсивности напряжений*

Под действием внешних нагрузок в процессе эксплуатации в деталях накапливаются дефекты, которые при дальнейшем нагружении приводят к образованию трещин и последующему нарушению их работоспособности. Для определения критической глубины трещины и для определения скорости её роста используется такая характеристика повреждённой нагруженной конструкции, как коэффициент интенсивности напряжений (КИН) [1]. Когда напряжения и деформации у вершины трещины достигают критических значений, происходит разрушение детали.

В данном исследовании были изучены закономерности изменения коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  (индекс I обозначает тип разрушения – отрыв) с увеличением глубины трещины в пластинах и цилиндрических сплошных деталях различных размеров поперечного сечения при наличии концентраторов напряжений.

В данной работе исследовались плоские образцы прямоугольного поперечного сечения длиной  $L = 60$  мм с различными значениями высоты ( $B$  – высота детали без концентратора,  $h$  – в наименьшем сечении), а также сплошные цилиндрические образцы длиной  $L = 60$  мм с различными значениями диаметра ( $D$  – диаметр детали без концентратора,  $d$  – в наименьшем сечении).

В среде программного продукта ANSYS был проведён расчёт коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  для плоских гладких образцов и для сплошных цилиндрических образцов с концентратором напряжений в виде надреза полукруглого профиля радиуса  $R = 0,5$  мм. Решалась статическая упругая задача. Для пластин напряжённое состояние принималось плоским, для цилиндрических деталей – осесимметричным. Материал пластины и цилиндра принимался изотропным со следующими механическими характеристиками: модуль продольной упругости –  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа, коэффициент поперечной деформации –  $\mu = 0,33$ .

При решении задачи в силу симметрии детали и напряжённого состояния для уменьшения вычислительных затрат моделировалась не вся деталь, а лишь её четверть. Граничные условия назначались, исходя из симметрии модели. На правом торце задавалась внешняя нагрузка в виде растягивающих напряжений  $\sigma = 300$  МПа. По результатам исследований построены графики (рис.1 и 2).

На основании проведённых исследований установлено, что коэффициент интенсивности напряжений  $K_I$  достигает максимального значения при глубине трещины, равной примерно  $0,02h$  (для плоских образцов) и  $0,02d$  (для цилиндрических деталей), где  $h$  – высота пластины с концентратором напряжений в наименьшем сечении;  $d$  – диаметр наименьшего опасного сечения. Это значение глубины достаточно точно согласуется с размером критической глубины нераспространяющейся трещины усталости  $t_{кр}$  для сплошных цилиндрических образцов и деталей с концентраторами напряжений, определяемой по формуле  $t_{кр} = 0.0216 \cdot d$ , полученной на основании многочисленных экспериментов в работах [2,3], где  $d$  – диаметр наименьшего опасного сечения.

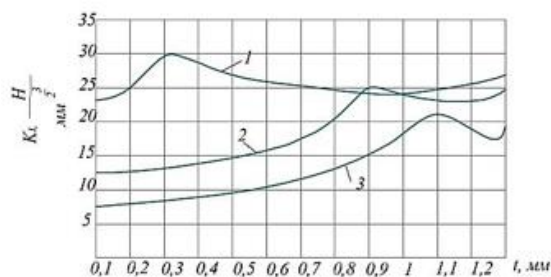


Рис. 1 – Изменение коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  при увеличении глубины трещины в пластинах с надрезом радиуса  $R = 0,5$  мм: 1 –  $B = 20$  мм; 2 –  $B = 40$  мм; 3 –  $B = 50$  мм

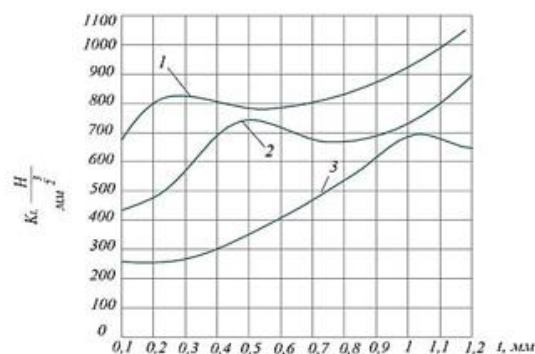


Рис. 2 – Изменение коэффициента интенсивности напряжений  $K_I$  при увеличении глубины трещины в цилиндрических деталях с надрезом радиуса  $R = 0,5$  мм: 1 –  $D = 20$  мм; 2 –  $D = 40$  мм; 3 –  $D = 50$  мм

### Список литературы

1. Трощенко В.Т., Покровский В.В., Прокопенко А.В. Трещиностойкость металлов при циклическом нагружении. – Наукова Думка, Киев 1987. 256 с.
2. Кирпичёв В.А., Букатый А.С., Филатов А.П., Чирков А.В. Прогнозирование предела выносливости деталей при различной степени концентрации напряжений / Вестник УГАТУ. 2011. Т.15, № 4 (44). С. 81-85.
3. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А, Вакулюк В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. 125 с.

### Сведения об авторах

Вакулюк Владимир Степанович, д-р техн. наук, профессор. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Сургутанов Николай Андреевич, канд. техн. наук, ассистент. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Сургутанова Юлия Николаевна, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

Садыков Райнур Рафикович, студент группы 2307. Область научных интересов: механика остаточных напряжений, механика разрушения.

## INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF THE MAXIMUM VALUE OF THE STRESS INTENSITY COEFFICIENT ON THE DEPTH OF THE CRACK IN THE NOTCHED PARTS

Vakulyuk V.S., [Surgutanov N.A.](#), Surgutanova Y.N., Sadykov R.R.  
Samara National Research University, Samara, Russia, [sopromat@ssau.ru](mailto:sopromat@ssau.ru)

*Keywords: plate, axisymmetric task, stress concentrator, stress intensity coefficient*

The change in the stress intensity coefficient (SIC) in plates and cylindrical cross-section details of various sizes with and without concentrators, as well as the dependence of the maximum value of SIC on the smallest cross-section of the details with a stress concentrator, is studied.

Based on the conducted studies, it was found that the stress intensity coefficient reaches its maximum value at a crack depth of approximately  $0,02 h$  (for flat specimens) and  $0,02 d$  (for cylindrical details), where  $h$  is the height of the plate with the stress concentrator in the smallest cross – section;  $d$  is the diameter of the smallest dangerous cross – section.