

УДК 621.873

С.А. Знатнов (асп., каф. ПТСМ), С.А. Соколов, д.т.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ТРЕЩИН В ЭЛЕМЕНТАХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В настоящее время на Российских предприятиях, а также на предприятиях дальнего и ближнего зарубежья накопилось значительное количество подъемных кранов и других машин, в состав которых входят металлические конструкции (МК), которые либо исчерпали свой ресурс, либо близки к этому. Для экономии средств, организации стремятся продлить срок эксплуатации МК, в связи с чем, возникает ряд вопросов о безопасности дальнейшей эксплуатации МК и об остаточном ресурсе МК.

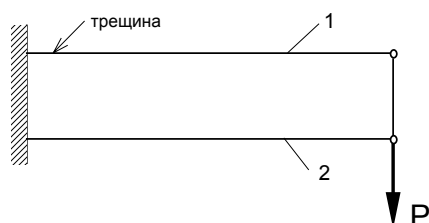


Рис. 1. Статически неопределимая система.

Методика определения остаточного ресурса МК базируется на критериях механики разрушения и в данный момент находится на стадии формирования. Одним из важнейших понятий механики разрушения является коэффициент интенсивности напряжений (КИН). В справочниках приводятся формулы для расчёта КИН в простейших статически определимых элементах. Однако реальные МК очень часто являются статически неопределимыми. Так статически неопределимыми являются конструкции козловых и мостовых кранов, порталов, и при

расчёте их остаточного ресурса это надо учитывать.

Исследовалась статически неопределимая система (СНС), со степенью статической неопределимости, равной единице (рис. 1). Конечно-элементные модели строились и рассчитывались в системе MSC/NASTRAN. В районе вершины трещины сетка конечных элементов измельчалась. При длине трещины от 6 до 54мм минимальный размер элементов составил 0.2×0.2 мм. Было построено шесть моделей: статически определимая система (консоль с трещиной), четыре модели с различным отношением жесткостей первой и второй консолей (рис.1) $J_2/J_1 = 0.1, 1, 4, 10$, также модель с жестким нагружением.

Для численного определения КИН использован прямой метод перемещений

$$K_I = \lim_{r \rightarrow 0} \left[\frac{\delta \cdot G \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}{2 \cdot (1 - \mu) \cdot \sqrt{r}} \right], \quad (1)$$

где r - расстояние от вершины трещины; δ - раскрытие трещины на расстоянии r от вершины; G - модуль сдвига; μ - коэффициент Пуассона.

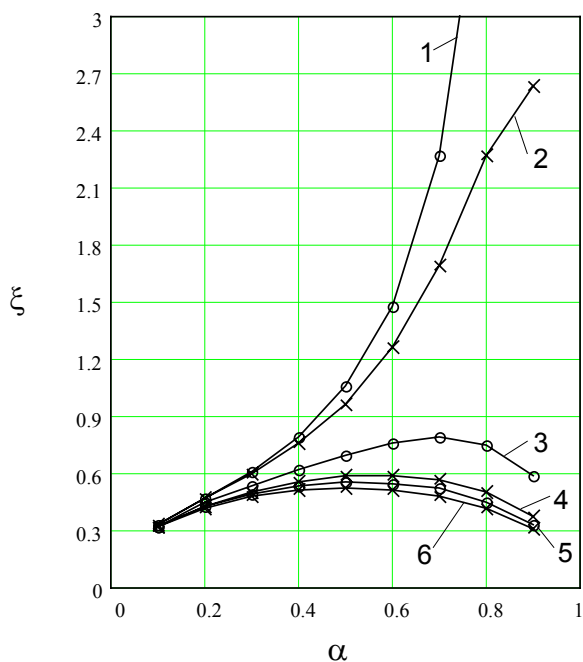


Рис.2. Зависимость $\xi = f(\alpha)$:
 1 - статически определимая система;
 2 - СНС, $J_2/J_1 = 0.1$; 3 - СНС, $J_2/J_1 = 1$;
 4 - СНС, $J_2/J_1 = 4$; 5 - СНС, $J_2/J_1 = 10$;
 6 - жёсткое нагружение.

В дальнейшем для универсальности и сравнимости результатов во всех моделях исследовалась безразмерная величина ξ

$$\xi = \frac{K_I}{\sigma \cdot \sqrt{\pi \cdot h}}, \quad (2)$$

где h - размер сечения вдоль направления распространения трещины; σ - напряжение брутто в сечении с трещиной.

По результатам вычислений построены зависимости $\xi = f(\alpha)$, представленные на рис. 2, где α — безразмерная величина, равная $\alpha = a/h$, a — длина трещины.

Из рисунка видно, что при увеличении отношения жесткостей первой и второй консолей, которая характеризует увеличение степени влияния статической неопределимости, зависимость $\xi = f(\alpha)$ стремится к жесткому нагружению. Так же можно предположить, что существует некоторое критическое отношение жесткостей при котором трещина остановится после продолжительного роста.