

# Краткие сообщения

УДК 624.072.22:621.874

## ОЦЕНКА РАЗМЕРОВ УЧАСТКОВ ЗАМЕДЛЕНИЯ И УСКОРЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИНЫ В ПРЕДЕЛАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ «РАСТЯЖЕНИЕ»

**М.П. Пелипенко**

*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск*

Проведены усталостные испытания внецентренно-растянутых (ВР) компактных образцов при воздействии однократных перегрузок «растяжение». Установлено, что увеличение задержки в развитии трещины с увеличением уровня перегрузки полностью коррелирует с характером изменения величины и протяженности остаточных сжимающих напряжений, формирующихся впереди фронта трещины после перегрузки. В пределах зоны влияния перегрузки «растяжение» выделены характерные участки изменения скорости роста усталостной трещины (РУТ). Предложены выражения для определения размеров отдельных участков в пределах зоны влияния. Приведены результаты сравнения опубликованных экспериментальных данных с расчетными, полученными с помощью предлагаемых выражений. Хорошее совпадение результатов наглядно подтверждает достоверность предлагаемых выражений.

*Ключевые слова:* прогнозирование срока службы, зона влияния перегрузки «растяжение», участок замедления, участок стабильного роста трещины, участок ускорения, усталостные испытания, остаточные сжимающие напряжения.

Неотъемлемой частью решения проблемы безопасности зданий и сооружений является разработка методов прогнозирования срока службы элементов металлических конструкций с трещинами, воспринимающих циклические воздействия.

Эксплуатационное нагружение характеризуется изменениями среднего уровня, амплитуды, переходами с высокого уровня нагружения на низкий, одиночными выбросами нагрузки, что вызывает ускорение и замедление развития трещины. Для объяснения и описания влияния взаимодействия циклов разного уровня на рост усталостной трещины (РУТ) разработано множество моделей: закрытия трещины, остаточных напряжений, взаимодействия пластических зон. Общим недостатком моделей является консервативная оценка размеров зоны пластических деформаций, образующейся при перегрузках [1].

По результатам усталостных испытаний внецентренно-растянутых (ВР) образцов из стали ВСтЗсп при однократных растягивающих перегрузках с уровнями  $OLR = 1,5$  и  $OLR = 1,7$  ( $OLR = K_{ol}/K_{max}$ , где  $K_{ol}$  – максимальный КИН цикла перегрузки,  $K_{max}$  – максимальный КИН рабочего нагружения) при знакопостоянном нагружении установлено, что увеличение задержки в развитии трещины с увеличением уровня перегрузки полностью коррелирует с характером изменения величины и протяженности остаточных

сжимающих напряжений, формирующихся впереди фронта трещины после перегрузки.

В пределах зоны влияния перегрузки можно выделить участки:

- сразу после воздействия выброса наблюдается резкое кратковременное ускорение в развитии трещины (участок 1–2);
- на участке 2–3 скорость роста трещины постепенно снижается, достигая минимума в точке 3;
- на участке 3–4 трещина развивается с постоянной скоростью;
- на участке 4–5 скорость РУТ возрастает до уровня (точка 5), который имел бы место в случае отсутствия перегрузки.

Размеры участков замедления (1–3) и ускорения (4–5) в пределах зоны задержки хорошо совпадают с размерами, вычисленными по формулам:

$$\Delta r_{зам} = \frac{\Delta K_{ol}^2}{2\pi\sigma_T^2}, \quad (1)$$

$$\Delta r_{уск} = \frac{K_{max}^2}{\pi\sigma_T^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta K_{ol}$  – размах КИН в полцикле разгрузки перегрузки;  $\sigma_T$  – предел текучести стали;  $S_T$  – циклический предел текучести стали.

На рис. 1, 2 представлены результаты сравнения экспериментальных размеров участков замедления и ускорения в развитии усталостной трещины, полученных в работах [2, 3] и настоящем ис-

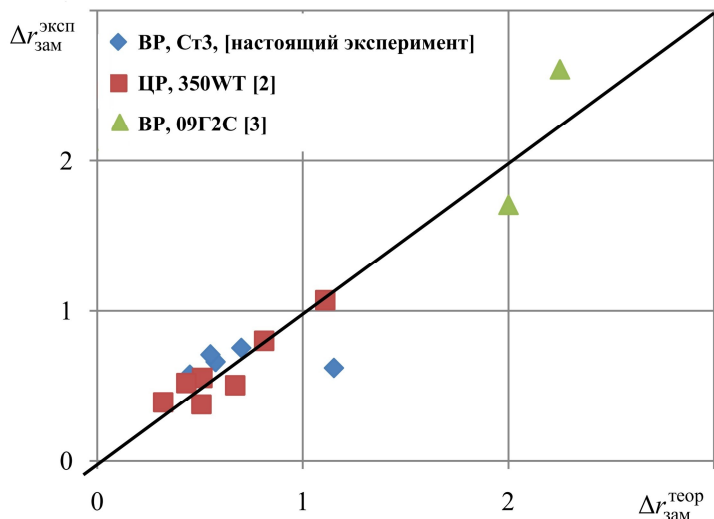


Рис. 1. Размеры участков замедления в развитии трещины в зоне влияния перегрузки «растяжение»

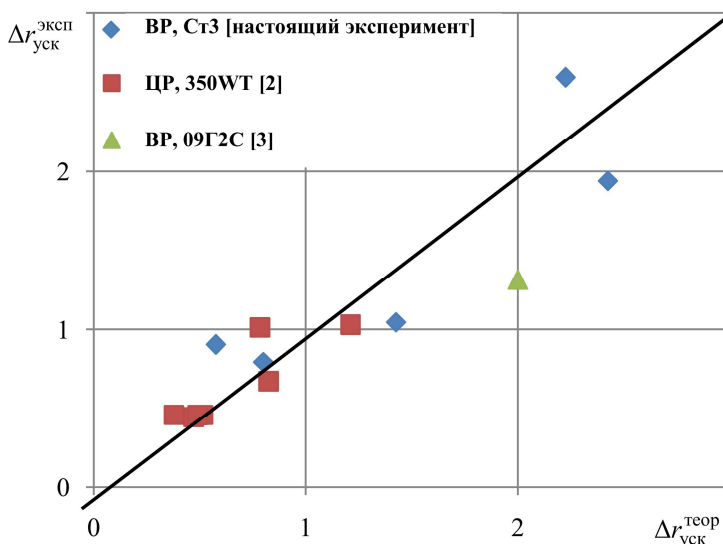


Рис. 2. Размеры участков ускорения в развитии трещины в зоне влияния перегрузки «растяжение»

следовании, с размерами, вычисленными по выражениям (1) и (2).

Хорошее совпадение экспериментальных данных с расчетными наглядно подтверждает достоверность предлагаемых выражений.

**Литература**

1. Емельянов, О.В. Оценка размера зоны пластических деформаций в вершине усталостной трещины при воздействии перегрузок «растяжение» / О.В. Емельянов, М.П. Пелипенко // Вестник

Южно-уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Т. 14, № 4. – С. 21–29.

2. Шувалов, А.Н. Влияние испытательной перегрузки на усталостную долговечность листовых конструкций: дис. ... канд. техн. наук / А.Н. Шувалов. – М., 1982. – 236 с.

3. Trask, D.A. Experimental and numerical investigation into Fatigue Crack Propagation Models for 350WT steel: Master of applied science thesis / D.A. Trask. – Dalhousie University, 1998. – 200 p.

**Пелипенко Максим Петрович**, ассистент кафедры «Проектирование зданий и строительные конструкции», Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск), mxm@bk.ru

Поступила в редакцию 1 июля 2015 г.

## ESTIMATION OF THE SIZES OF SECTIONS OF DECELERATION AND ACCELERATION IN CRACK GROWTH INSIDE THE ZONE OF TENSION OVERLOAD INFLUENCE

*M.P. Pelipenko, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russian Federation, mxm\_@bk.ru*

In this work fatigue tests were conducted using eccentrically-stretched compact specimens under the influence of single tension overload. An increase of the crack growth delay with increasing of overload level is completely correlated with changes in formation of residual compressive stresses at the crack tip. Inside the area of overload influence there are different sections of fatigue crack growth. Expressions to determine the sizes of this sections are proposed. The results of the comparison of published experimental data with the calculated data obtained using the suggested expressions are shown. Good agreement of the results clearly confirms the accuracy of the proposed expressions.

*Keywords: life prediction, zone of influence of tension overload, deceleration section, section of stable crack growth, acceleration section, fatigue tests, residual compressive stresses.*

### References

1. Emelyanov O.V., Pelipenko M.P. [Estimating the size of the zone of plastic deformation at the top of the fatigue crack with tension overload]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2014, vol. 14, no. 4, p. 21–29.
2. Shuvalov A.N. Vliyaniye ispitatelnoy peregruzki na ustalostnuyu dolgovechnost listovikh konstrukziy. Dis. kand. tekhn. nauk [Effect of Overload Test on the Fatigue Life of Sheet Structures: Cand. sci. dis.]. Moscow, 1982. 236 p.
3. Trask D.A. *Experimental and numerical investigation into Fatigue Crack Propagation Models for 350WT steel*. Master of applied science thesis. Dalhousie University, 1998. 200 p.

*Received 1 July 2015*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Пелипенко, М.П. Обезвоживание осадков, образующихся при реагентном разложении отработанных эмульсионных жидкостей / М.П. Пелипенко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 58–60.

### FOR CITATION

Pelipenko M.P. Estimation of the Sizes of Sections of Deceleration and Acceleration in Crack Growth Inside the Zone of Tension Overload Influence. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2015, vol. 15, no. 3, pp. 58–60. (in Russ.)