

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Планирование работы вагонного хозяйства с использованием методов математического моделирования: учеб. пособие / В. И. Сенько [и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 276 с.
- 2 Сенько, В. И. Перспективы обеспечения железнодорожных перевозок погрузочными ресурсами / В. И. Сенько, Е. П. Гурский, А. А. Михальченко // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2012. – № 1 (24). – С. 9–13.

УДК 629.4.027.2

## ВЛИЯНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ИЗ СТАЛИ 20ГФЛ

В. И. СЕНЬКО, М. И. ПАСТУХОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Литые детали (рамы боковые и балки надрессорные) тележек грузовых вагонов изготавливаются из низколегированных сталей марок: 20ГФЛ, 20ГЛ, 20ГТЛ и 20ХГНФТЛ по ГОСТ 977. Вероятность разрушения литых деталей в эксплуатации мала (0,00000059). Однако в эксплуатации имеют место случаи разрушения литых деталей, находящихся в эксплуатации непродолжительное время – около двух лет. Одной из наиболее вероятных причин разрушения является появление литейных дефектов в опасных зонах сечений деталей, которые становятся очагами зарождения в них усталостных трещин. Следует отметить, что наличие литейных дефектов может привести к разрушению даже при нормированных режимах нагружения.

Учитывая актуальность проблемы, в настоящей статье рассмотрено влияние литейных дефектов на изменение усталостных характеристик материала стали 20ГФЛ, из которой изготовлены рамы боковые и надрессорные балки тележек модели 18-100.

Образцы для испытаний на усталость изготавливались из боковой рамы и надрессорной балки после 25 лет их эксплуатации. Форма образцов круглая цилиндрическая с диаметром рабочей части 10 мм (рисунок 1).

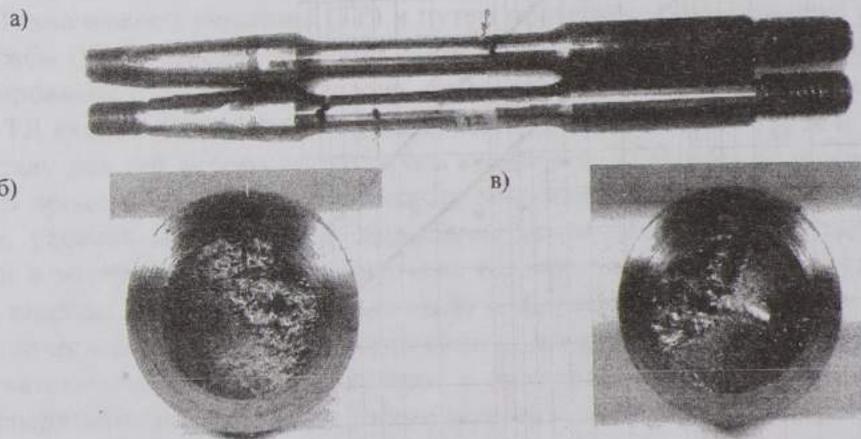


Рисунок 1 – Образцы после проведения усталостных испытаний: а – общий вид изломов; б – характер изломов бездефектных образцов; в – характер изломов образцов с литейными дефектами

К испытаниям были отобраны образцы имеющие литейные дефекты и бездефектные. Методика испытаний принята по ГОСТ 25.502. Обработка результатов испытаний произведена методом наименьших квадратов.

Уравнение кривой выносливости имеет вид:

$$y = b + ax, \quad (1)$$

где  $y = \lg \sigma$ ,  $x = \lg N$ .

Коэффициенты уравнения кривой выносливости определены по зависимостям:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2)$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – порядковый номер образца;  $n$  – число испытанных образцов.

Характерные изломы образцов приведены на рисунке 1, а. Излом бездефектного образца (нижнего) произошел по сечению максимальных напряжений от заданной нагрузки, а излом дефектного образца (верхнего) – по месту расположения литейного дефекта. На рисунке 1, б и 1, в показаны соответственно сечения изломов бездефектного и дефектного образцов, испытанных при одинаковых заданных напряжениях ( $\sigma_n = 188$  МПа) в расчетных сечениях. Как и ожидалось, дефектный образец разрушился по сечению залегания литейного дефекта. При этом долговечность образца снизилась в 2,7 раза по сравнению с бездефектным образцом.

Для оценки влияния литейных дефектов на характеристики усталости материала стали 20ГФЛ построены кривые выносливости для бездефектных (кривая 1, рисунок 2) и дефектных образцов (кривая 2, рисунок 2). Обе кривые выносливости хорошо коррелируются ( $-0,94$  и  $-0,85$ ) и имеют примерно равные показатели наклона кривой выносливости ( $10,66$  и  $10,84$ ), что дает достаточное основание для проведения сравнительного анализа характеристик усталости материала дефектных и бездефектных образцов. Уравнения кривых выносливости: без литейных дефектов  $\lg \sigma = 2,9001 - 0,0938 \lg N$ ; с литейными дефектами  $\lg \sigma = 2,8291 - 0,09158 \lg N$ .

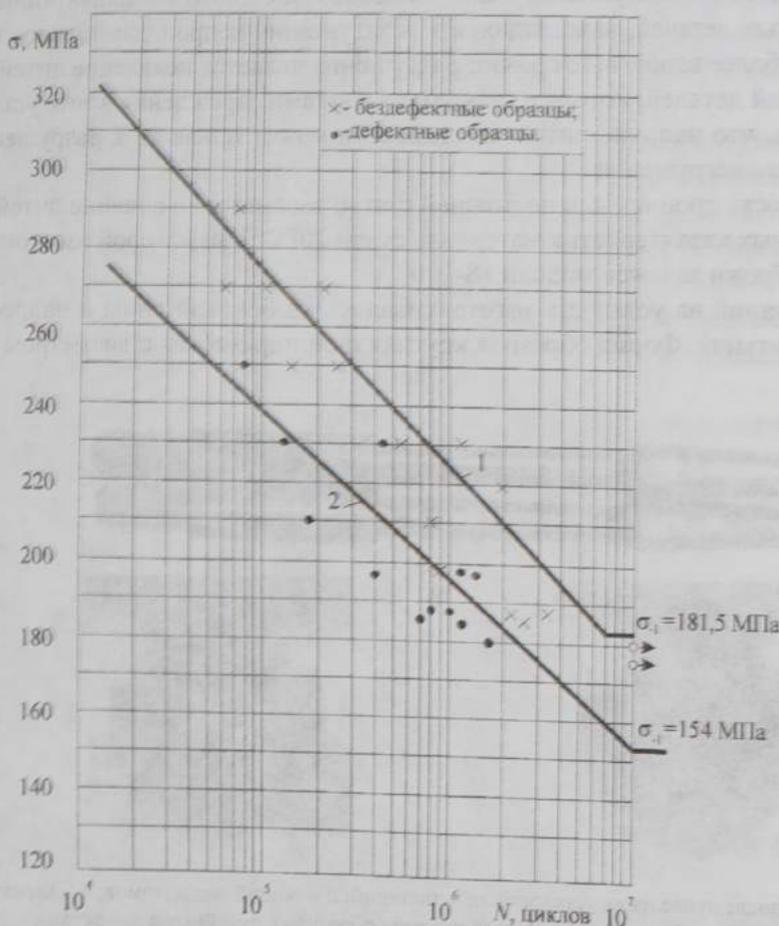


Рисунок 1 – Кривые выносливости образцов из стали 20ГФЛ после 25 лет эксплуатации литых деталей:  
1 – бездефектные образцы; 2 – дефектные образцы

Результаты исследований показали снижение предела выносливости материала деталей после длительной эксплуатации на 10 %, а при наличии литейных дефектов – на 15 %. При этом наибольшую опасность представляют литейные дефекты, находящиеся в опасных сечениях (зоны высоких напряжений) на поверхности или в предповерхностном слое. Полученные результаты могут быть учтены при оценке остаточного ресурса литых деталей при проектировании тележек грузовых вагонов, а также при контроле состояния деталей, находящихся в эксплуатации.