

УДК 629.113

**Торлин В.Н., д.т.н., Рогозина Т.А.**

**СевНТУ, м. Севастополь**

## **РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЙ КУЗОВНОГО РЕМОНТА В ПРОЕКТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОСЕРВИСА**

*Разработаны критерии оценки технологий кузовного ремонта, основанные на моделировании усталостной прочности деформированных элементов кузова легкового автомобиля, позволяющие оценить их остаточный ресурс на этапе проектирования предприятия автосервиса.*

### ***Постановка проблемы***

Ежегодное увеличение парка легковых автомобилей в Украине на 20–25% требует непрерывного роста мощности предприятий автосервиса. С учетом того факта, что увеличение количества автомобилей на устаревших дорогах дает непрерывный рост количества ДТП, проблема качественного кузовного ремонта становится сегодня актуальной как никогда. Основными показателями качества кузовных восстановительных работ является ресурс отремонтированного кузова, определяемый величиной пробега автомобиля после ремонта в километрах. Для обеспечения высокого качества кузовных работ требуются значительные капиталовложения, окупаемость которых в условиях растущего рынка услуг во многом зависит от конкурентоспособности используемых технологий. Одним из основных критериев уровня любых технологий сегодня и, в частности, технологий кузовного ремонта, является степень использования современных информационных технологий. На этапе эксплуатации жизненного цикла автомобильных транспортных средств [1] этот критерий сегодня является одним из основных критериев оценки эффективности проектов технического перевооружения предприятий автосервиса.

### ***Цель статьи и постановка задач исследования***

Проведенный обзор публикаций по данному вопросу показал, что кроме компьютерного подбора краски, другие программы в технологических процессах кузовного ремонта сегодня не используются, в основном все операции выполняются вручную, без компьютерного моделирования процессов. Это объясняется сложностью процессов пластического деформирования элементов конструкции кузова легкового автомобиля [2]. Имеющиеся сегодня системы автоматизированного проектирования автомобилей и их узлов [3] предназначены для расчета (преимущественно на изгиб и кручение) кузовов новых автомобилей. Целью настоящей работы является разработка критериев оценки технологий кузовного ремонта, которые могут послужить основой принятия решений при управлении проектами повышения эффективности предприятий автосервиса. Для реализации этой цели были рассмотрены следующие задачи:

- анализ повреждений кузовов легковых автомобилей, поступающих в ремонт на СТО;
- постановка задач теории пластичности для деформированных элементов конструкций;
- оценка возможности компьютерного моделирования процессов кузовного ремонта;
- оценка возможности расчета остаточного ресурса отремонтированного кузова;
- оценка конкурентоспособности новых технологий кузовного ремонта на рынке услуг автосервиса Украины.

### Основной раздел

Автомобили, поврежденные при ДТП, доставляются на СТО для восстановления работоспособности, и в зависимости от качества ремонта их технико-экономические характеристики будут в той или иной степени ниже паспортных, в частности, это касается ресурса. В связи с этим рассмотрим два процесса: процесс пластического деформирования элементов кузова при ДТП и процесс восстановления первоначальной формы при ремонте.

Анализ повреждений элементов кузова при ДТП показал, что основные детали каркаса кузова – лонжерон, поперечины, стойки, пороги и другие – претерпевают деформации пластического изгиба. Это же происходит и с основными панелями. Имеют место также локальные вмятины и разрывы, детали крепежа частично или полностью срезаются. Ввиду того, что элементы кузова легкового автомобиля изготовлены из мягкой листовой стали (в том числе и сварные балки и стойки) толщиной 0,5...1,5 мм, после снятия нагрузки отчетливо видны остаточные деформации (рис. 1), которые можно измерять с той или иной степенью точности.

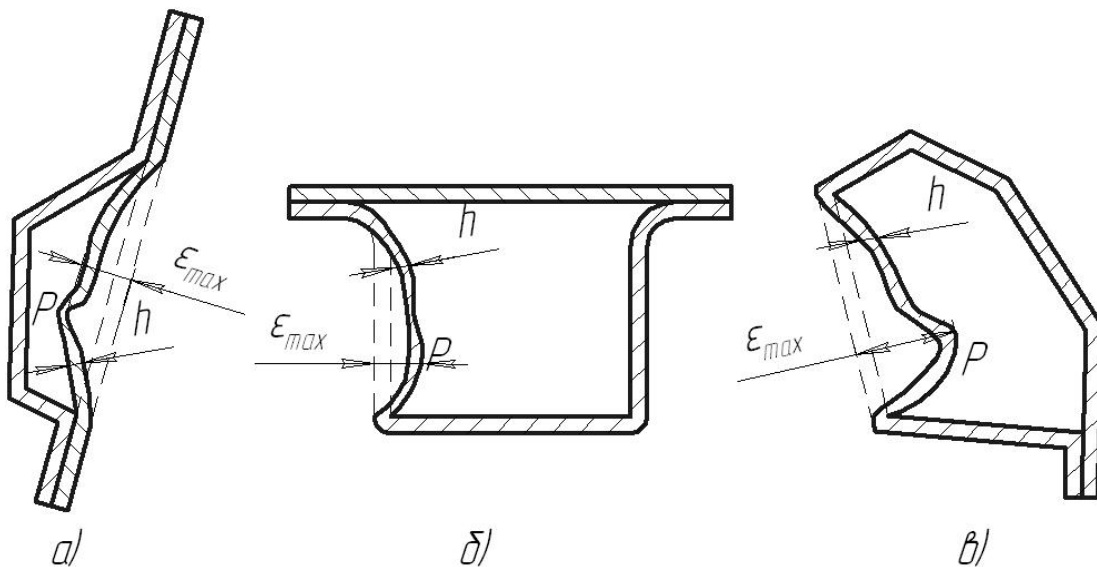


Рис. 1. Остаточные деформации на элементах кузова автомобиля

Как видно на рис. 1, деформацию  $\varepsilon_{\max}$  можно измерить любым мерительным инструментом, имеющим цену деления 0,1 мм. После чего необходимо принять решение о характере операций ремонта.

Все деформации, имеющие место при повреждении элементов кузова, можно представить тремя моделями пластического деформирования: пластический изгиб с упрочнением, вытяжка, растяжение-сжатие. Однако в любом случае будут иметь место три процесса:

- снижение прочности из-за изменения толщины листа  $\Delta h$  (рис. 1);
- трещинообразование в местах больших деформаций;
- малоцикловая усталость деформированных мест.

Изменение толщины листа  $\Delta h$  в случае вытяжки (рис. 1, б) можно оценить по формуле [3]

$$\Delta h = \exp \left( - \int_{\psi_1}^{\psi} \frac{tg\psi (tg\psi + \sqrt{3})}{-\sqrt{3} + (1-k)tg\psi - \sqrt{3}ktg^2\psi} d\psi \right), \quad (1)$$

где  $\psi$  – функция пластичности  $\left( -\frac{\pi}{6} \leq \psi \leq \frac{\pi}{2} \right)$ ;

$$k = 1 + f \operatorname{ctg} \alpha;$$

$f$  – коэффициент трения;

$\alpha$  – угол касательный к деформированной поверхности.

Напряжения, возникающие в точке максимальной деформации, выражаются через функцию  $\psi$  следующим образом

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \cos \left( \psi - \frac{\pi}{3} \right); \\ \sigma_l &= \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_T \cos \psi, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести материала;

$\sigma_l$  и  $\sigma_t$  – касательное и меридиональное напряжение в точке наибольшей выпуклости (точка  $p$  на рис. 1),  $\sigma_l > \sigma_t$ .

С учетом (2) определим предел трещиностойкости материала в точке  $p$  [4]:

$$I_p = K_C \sqrt{1 - \left( \frac{\sigma_l}{\sigma_e} \right)^2}, \quad (3)$$

где  $K_C = \sigma_C \sqrt{\pi R_a}$  – критическое значение коэффициента интенсивности напряжений,  $\sigma_C = \sqrt{\sigma_l^2 - \sigma_l \sigma_t + \sigma_t^2}$  – критерий предельных пластических напряжений,  $R_a$  – шероховатость поверхности листа.

При  $K \geq K_C$  трещины начинают расти.

Повторное нагружение деформированных поверхностей ведет к ускоренному усталостному разрушению, при этом число циклов, которое выдержит материал, и определит ресурс конструкции. Число циклов рассчитывается с помощью выражения [4]:

$$N_{Ц} = -\frac{l}{\beta} \frac{1}{I_{Ц}}, \quad (4)$$

где  $l$  – длина трещины ( $l \geq R_a$ );

$\beta$  – коэффициент, зависящий от свойств материала;

$$I_{Ц} = \frac{K_{\max}^2 - K_{\min}^2}{K_C^2} + \ln \frac{K_C^2 - K_{\max}^2}{K_C^2 - K_{\min}^2} - \text{предел трещиностойкости циклический при измене-}$$

нии коэффициента интенсивности напряжений в пределах  $K_{\min} \leq K \leq K_{\max}$ .

Для определения критического значения  $l = l_C$  строится график  $N_{Ц} - l$  (рис. 2).

На рисунке 2 кривые 1, 2 и 3 соответствуют нагрузке: 1 –  $\sigma_l = 0,2\sigma_T$ ; 2 –  $\sigma_l = 0,3\sigma_T$ ; 3 –  $\sigma_l = 0,4\sigma_T$ , при этом критическое значение  $l = l_C$  (при  $K = K_C$ ) кривые 1, 2 и 3 пересекают при  $N_1 > N_2 > N_3$ , что свидетельствует о величине ресурса элемента конструкции.

Реализация математических моделей (1) – (4) составляет основу программного обеспечения системы оценки эффективности проектируемой технологии кузовного ремонта предприятий автосервиса.

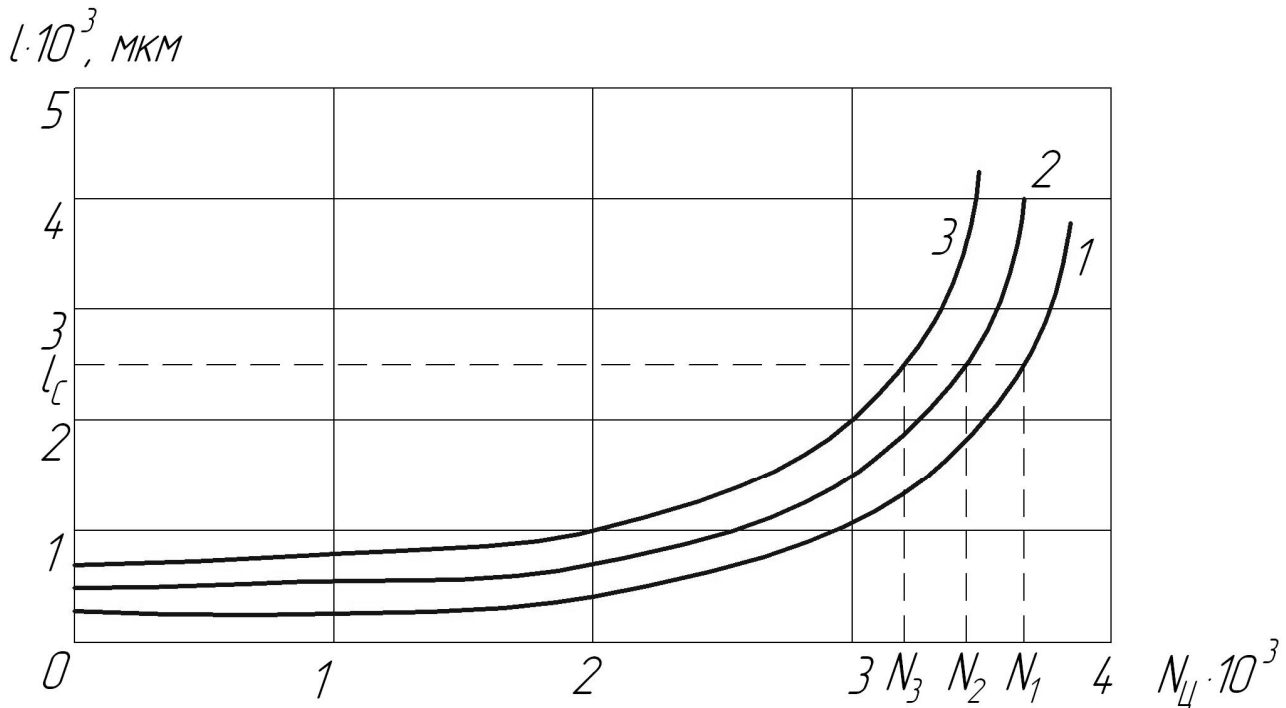


Рис. 2. Определение ресурса деформированного элемента конструкции

### Выводы

1. Для оценки эффективности капиталовложений в проектируемые предприятия автосервиса необходимо оценивать степень использования современных информационных технологий, позволяющих получить большое количество новой информации о проектируемом объекте, что повышает конкурентоспособность проекта и способствует сокращению сроков окупаемости проекта.

2. В проектах технологии кузовного ремонта важным критерием эффективности капиталовложений является величина остаточного ресурса автомобильного транспортного средства, обеспечиваемая ремонтом.

### Список литературы

1. Левковець П.Р., Левківський О.П. Забезпечення системних властивостей АТЗ в проектах реалізації життєвого циклу // ВІСНИК Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2006. – № 2-3. – С. 4–7.
2. Огородников В.А., Киселев В.Б., Сивак И.О. Энергия. Деформации. Разрушения (задачи автотранспортной экспертизы). – Винница: УНИВЕРСУМ, 2005. – 204 с.
3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
4. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упруго-пластического разрушения. – М.: Наука, 1974. – 416 с.

Стаття надійшла до редакції 21.04.07

© Горлін В.М., Рогозіна Т.А., 2007