

УДК 629.113.011

А.П. Фалалеев, доцент, канд. техн. наук,

В.Н. Торлин, профессор, д-р техн. наук,

В.В. Мешков, доцент, канд. техн. наук,

А.А. Ветрогон, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ СРЕДНИХ СТОЕК КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ НА ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Рассматривается методика оценки качества ремонта средних стоек кузова автомобиля, основанная на моделировании процесса потери устойчивости стоек, имеющих погрешность формы. С помощью разработанной математической модели получены численные оценки влияния погрешности формы на устойчивость стоек

Ключевые слова: *качество ремонта кузова, потеря устойчивости стойки, погрешности формы.*

Постановка проблемы. Снижение ресурса и безопасности кузова автомобиля в результате восстанавливающего ремонта обуславливается погрешностями формы элементов конструкции, имеющими место при выполнении операций кузовного ремонта [1]. Для средних стоек кузова основными показателями расходования ресурса является снижение их устойчивости [2]. Погрешности формы, установленные нормативами на ремонт, в процессе эксплуатации увеличиваются. Для стоек снижение устойчивости существенно влияет на безопасность автомобиля, особенно при переворачивании на крышу при ДТП. Для выполнения расчетов, связанных с оценкой остаточного ресурса и безопасности кузова автомобиля после ремонта, необходимо разработать математические модели, связывающие технологические погрешности, возникающие при ремонте отдельных элементов конструкции с основными показателями ресурса и надежности.

Анализ последних исследований и публикаций. Нормативы погрешностей, допускаемых при кузовном ремонте [1], составляют $\pm 2...3$ мм, что для устойчивости вертикальных стоек каркаса кузова [2] является величиной, близкой к границе потери устойчивости, особенно при эксплуатации в экстренных условиях. Деформации, возникающие при повреждении кузовных конструкций в условиях ДТП происходят в области пластических деформаций, а для таких элементов конструкции, как вертикальная стойка, характерно образование пластического шарнира [3], что является наиболее сложно исправляемым элементом для восстановительных работ в технологии кузовного ремонта. В этом случае кроме погрешности формы при рихтовке возникают погрешности структуры [4].

Цель и постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка математических моделей, являющихся критериальной основой оценки качества кузовного ремонта, расчета остаточного ресурса и уровня безопасности автомобиля после ремонта. Для достижения этой цели необходимо рассмотреть ряд задач теории устойчивости для элементов конструкции с переменными параметрами как вдоль оси приложения нагрузки, так и в поперечном сечении, что позволит установить связь между погрешностями формы и устойчивостью конструкции.

Материалы и результаты исследования. Обычно вертикальные стойки каркаса кузова легкового автомобиля представляют собой полый стержень [2], изготовленный из листовой стали. Для моделирования процесса потери устойчивости составим следующую расчетную схему, рисунок 1.

В точках закрепления а, b, с, d стойка упруго взаимодействует с порогом и крышей, а нагрузка создается вертикальной силой P_z . Поперечное сечение стойки А-А по длине является величиной переменной и характеризуется переменной величиной момента инерции сечения $J_i = f(z)$.

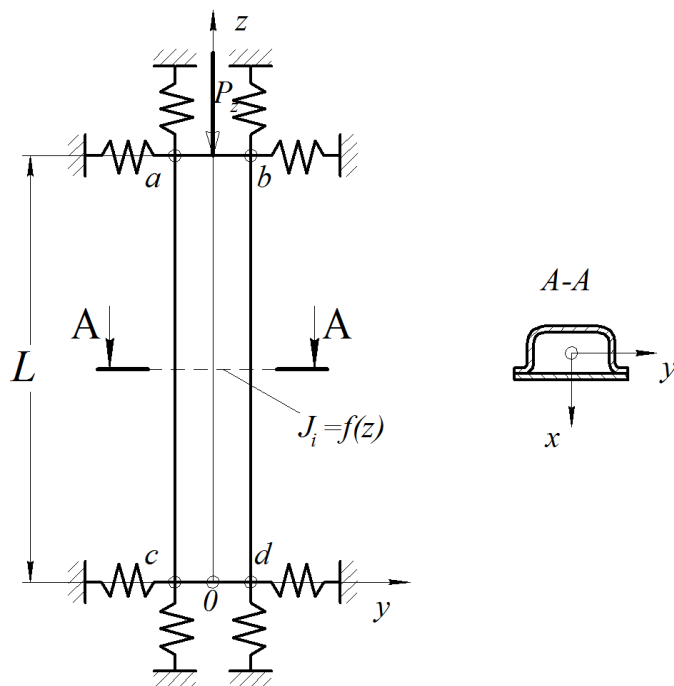


Рисунок 1 – Граничные условия задачи устойчивости

Процесс деформации силой P_z такого объекта будем описывать уравнением Ильюшина А.А. [5]:

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} \left[EJ(z) \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right] + P_z \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0, \quad (1)$$

где E - модуль упругости материала, для композита может быть величиной переменной;

$J(z)$ - переменный по величине момент инерции сечения;

U - деформация по оси z ;

P_z - вертикальная нагрузка.

Преобразуем уравнение (1) применительно к нашей задаче ($E = \text{const}$, $J_i = f(z)$). После раскрытия скобок получим:

$$J(z) \frac{\partial^4 U}{\partial z^4} + 2J'(z) \frac{\partial^3 U}{\partial z^3} + [Q + J''(z)] \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = 0, \quad (2)$$

где $Q = P_z/E$, $J'(z) = dJ/dz$, $J''(z) = d^2J/dz^2$.

Граничные условия задачи, представленные на рисунке 1, запишем следующим образом:

$$U(0) = c_1, \quad \frac{dU}{dz}(0) = c_2, \quad U(L) = c_3, \quad \frac{dU}{dz}(L) = c_4, \quad (3)$$

где c_1, c_2, c_3, c_4 - характеристики упругой заделки.

Для представления функции $J(z)$ были исследованы три типа интерполяции переменного сечения стойки по координате z : полиномиальная интерполяция, сплайн интерполяция и представление функции методом наименьших квадратов. Все три метода дают идентичный результат, поэтому рассмотрим первый – представление $J(z)$ полиномом

$$J(z) = J_0 \sum_{n=0}^N a_n z^n, \quad (4)$$

где J_0 - минимальная величина момента инерции сечения.

Достаточно простое решение уравнения (2) получится, если в (4) удержать первые два слагаемые:

$$U(z) = c_1 + c_2 z + c_3 \sqrt{a_0 + a_1 z} J_1(\alpha z) + c_4 \sqrt{a_0 + a_1 z} Y_1(\alpha z), \quad (5)$$

где $J_1(\alpha z)$ - функция Бесселя первого рода, первого порядка;

$Y_1(\alpha z)$ - функция Бесселя второго рода, первого порядка, $\alpha = 2/a_1 \sqrt{Q(a_0 + a_1 z)/J_0}$.

С помощью разработанной модели (1)-(5) исследуем устойчивость 3-х стоек, отремонтированных с погрешностью формы $\delta_i = \frac{J_0 - J(z)}{J_0}$: первая $\delta_1 = 0,2$; вторая $\delta_2 = 0,3$; третья $\delta_3 = 0,4$. При $\delta_i = 0$ погрешность формы равна нулю и потеря устойчивости отсутствует. На рисунке 2 приведены результаты счета для этих трех случаев при $Q = 102,4 \text{ м}^{-2}$, $E = 2,2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

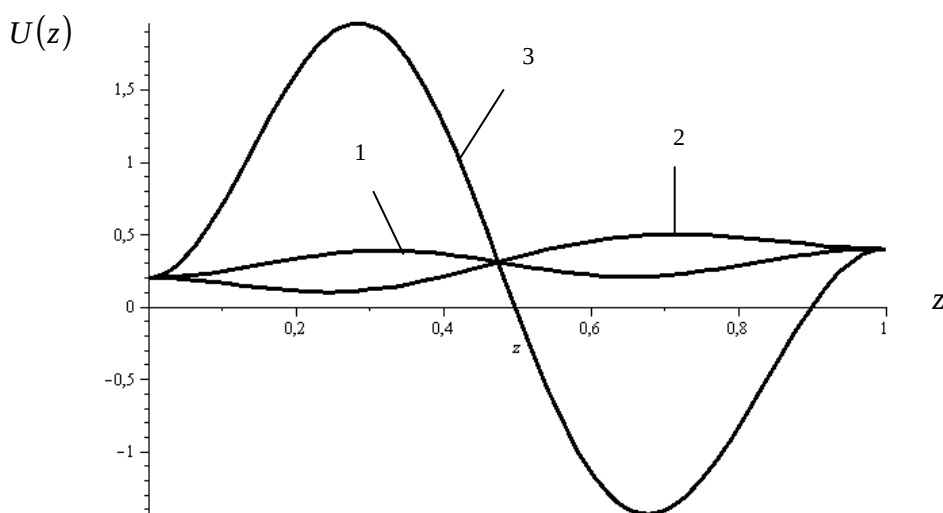


Рисунок 2 – Влияние погрешности формы на устойчивость стоек:

1 – деформация стойки при $\delta_1 = 0,2$; 2 – деформация стойки при $\delta_2 = 0,3$; 3 – деформация стойки при $\delta_3 = 0,4$.

Как следует из рисунка 2, при одной и той же нагрузке для случаев δ_1 и δ_2 влияние погрешности формы незначительно, а для δ_3 форма потери устойчивости существенно отличается.

В качестве **выводов** можно отметить следующее:

1. Погрешность формы средних стоек каркаса кузова легкового автомобиля можно с высокой точностью представлять интерполяционными полиномами, что позволяет получить аналитическую модель, связывающую погрешность формы стойки после ремонта с ее устойчивостью при эксплуатации.
2. Погрешности формы восстановленной стойки существенно влияют на ее устойчивость, а следовательно и безопасность конструкции в целом, особенно в экстремальных условиях.

Направления дальнейших исследований :

1. При построении математических моделей рассмотренных процессов в дальнейшем следует повысить степень аппроксимирующих полиномов, что повысит точность модели.
2. Для учета влияния всех связей конструкции в целом необходимо в данной задаче применить численные методы.

Библиографический список использованной литературы

1. Фентон Дж. Несущий каркас кузова автомобиля и его расчет / Дж. Фентон. — М.: Машиностроение, 1984. — 199 с.
2. Дамшен К. Ремонт автомобильных кузовов / К. Дамшен. — М.: Изд-во «За рулем», 2007. — 240 с.

3. Зубчанинов В.Г. Устойчивость и пластичность. В 2 т. Т.2 / В.Г. Зубчанинов. – М. : Физматгиз, 1998. – 336 с.
4. Гохфельд Д.А. Пластичность и ползучесть элементов конструкций при повторных нагружениях / Д.А. Гохфельд, О.С. Садаков. – М. : Машиностроение, 1984. – 256 с.
5. Ильюшин А.А. Избранные труды. В 2 т. Т.1 / А.А. Ильюшин; под ред. Е.А. Ильюшиной, Н.Р. Короткиной. – М. : Физматлит, 2003. – 352 с.

Поступила в редакцию 7.04.2011 г.

Фалалеев А.П., Торлін В.М., Мешков В.В., Ветрогон О.А. Вплив погрішності форми середніх стійок кузова автомобіля на їхню стійкість після ремонту

Розглядається методика оцінки якості ремонту середніх стійок кузова автомобіля, заснована на моделюванні процесу втрати стійкості стійок, що мають погрішність форми. За допомогою розробленої математичної моделі отримані чисельні оцінки впливу погрішності форми на стійкість стійок

Ключові слова: якість ремонту кузова, втрата стійкості стійки, погрішності форми.

Falaleev A., Torlin V., Meshkov V., Vetrogon A. Effect of error of body pillar form on their stability after repair

Method of assessing the quality of repair-pillar car considered. Technique is based on simulating the process of buckling struts which have an error form. With the help of the developed mathematical model obtained numerical estimates of the influence of shape on the stability of the counters

Keywords: quality body repair, loss of stability of the rack, the error form.