

УДК 629.113

А.А.Ветрогон, В.Н.Торлин

Севастопольский национальный технический университет

## ПРИНЦИП ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ТЕХНОЛОГИИ КУЗОВНОГО РЕМОНТА

Рассматриваются технологические процессы ремонта кузовов легковых автомобилей, имеющих большие отклонения геометрии. Для восстановления первоначальной геометрической формы кузова путем правки и вытяжки на стенде, предлагается в существующие системы контроля ввести дополнительные устройства, обеспечивающие обратную связь по линейным перемещениям точек захвата растягивающего устройства.

Ключевые слова: технологический процесс, устройства, система контроля.

### Введение

В связи с ростом количества автомобилей на наших дорогах растет количество ДТП, в которых обычно возникают повреждения кузова, в большей или меньшей степени, ухудшающие его основные функции. В связи с этим непрерывно растет количество заявок на кузовной ремонт автомобилей разнообразной формы и размеров, при этом основным требованием заказчиков является качество ремонта.

### Анализ публикаций

Требуемые показатели качества автомобильных кузовов рассмотрены в [1], где особенно подчеркнута сложность форм и конструкций кузовов современных автомобилей ведущих зарубежных производителей. В ряде работ, например, [2], рассматриваются новые технологии ремонта кузовов, основанные на использовании новых информационных технологий. Современное оборудование и методы контроля технологических операций кузовного ремонта рассмотрены в [3], где также описаны стенды, оснастка и материалы, используемые при ремонте. Как следует из литературных источников, мало изученными являются вопросы поведения ремонтируемого объекта в процессе изменения его формы во времени.

### Цель и постановка задачи

Целью настоящей работы является повышение качества кузовного ремонта, которую предлагается достичь путем разработки методов адаптивного управления процессом деформации ремонтируемого объекта, предполагающего решение следующих задач:

- идентификация параметров процесса деформации;
- установление временных связей между входными и выходными параметрами процесса;
- управление процессом по принципу обратной связи.

### Установление обратных связей процесса деформации

Будем рассматривать кузов легкового автомобиля, установленный на стенде, рис. 1, как объект управления (ОУ).

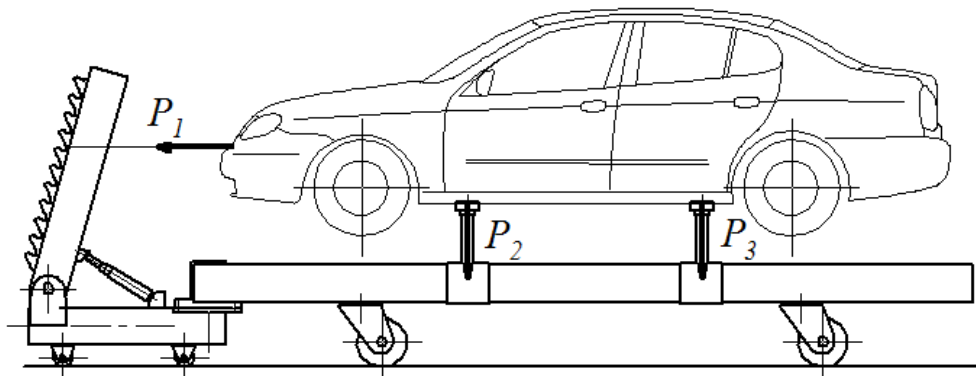


Рис.1. Схема установки объекта управления

Процесс деформации ОУ будем называть управляемым процессом, в котором выходными параметрами будут перемещения точек деформируемого ОУ, а выходными – силы, прикладываемые к нему в ходе технологического процесса. В общем случае это будет производная сила  $P_{ij}$ , рис. 1, находящаяся в состоянии квазистатического равновесия, которое обеспечивает малые приращения деформаций  $\Delta\varepsilon_{ij}$ , рассматриваемые в теории пластического течения как производные от перемещений точек  $\Delta U_{ij}$  [4]:

$$\Delta\varepsilon_{ij} = \frac{\partial \Delta U_{ij}}{\partial x_i}, \tag{1}$$

где  $\Delta U_{ij}$  - приращения, возникающие от действия системы сил  $P_{ij}$ ,  $x_i$  - эйлеровы координаты подвижной системы координат.

Важный параметр – скорость перемещений точек  $V_{ij}$  определяется как производная по времени  $t$ :

$$V_{ij} = \frac{\partial \Delta U_{ij}}{\partial t}. \tag{2}$$

Связь между входными и выходными переменными установим на основании принципа виртуальных работ [4], который в данном случае представим уравнением равновесия системы.

$$\iiint_V \left[ \Delta\sigma_{ij} \delta\Delta\varepsilon_{ij} + \frac{1}{2} \sigma_{ij} \left( \frac{\partial \Delta U_{ij}}{\partial x_i} \right) \right] dV - \int_S (\Delta P_{ij} + P_{ij}) \delta\Delta U_{ij} dS = 0, \tag{3}$$

где  $\delta$  – элементарный объем и площадь поверхности деформирования,  $\Delta\sigma_{ij}$  - тензор напряжений Кирхгофа,  $\Delta\varepsilon_{ij}$  - тензор деформаций Грина. Замена  $\Delta U_{ij}$  на  $V_{ij}$  по формуле (2) не меняет равновесия системы (3) и дает возможность варьировать скорость вытяжки. Ограничением

$V_{ij}$  будет величина допускаемых напряжений  $\sigma_{ij}$ . Связь между  $\Delta\sigma_{ij}$  и  $\Delta\varepsilon_{ij}$  устанавливается в теории пластического течения

$$\Delta\sigma_{ij} = C_{ijkl} \Delta\varepsilon_{kl}, \tag{4}$$

где  $C_{ijkl} = G_{ij} \frac{\partial x_i}{\partial x_p} \frac{\partial x_j}{\partial x_q} (C_{pq} - \sigma_{pq} \delta_{kl})$ ,  $G_{ij}, C_{pq}$  - константы материала;  $x_{i,j}$  - лагранжевы координаты;  $x_{p,q}$  - эйлеровы.

Исходя из взаимосвязи между входными и выходными переменными данной системы, была разработана ее структурная схема, рис 2.

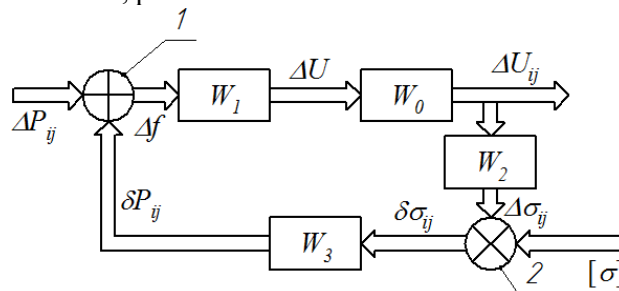


Рис 2. Структурная схема управления процессом с обратной связью

На схеме обозначены:  $W_0$  - передаточная функция ОУ;  $W_1$  - передаточная функция силового привода станда;  $W_2, W_3$  - вычислительные блоки пересчета перемещений в напряжения и напряжений в усилия. В блоке 2 осуществляется сравнение напряжений в точках  $ij$  с допускаемыми  $[\sigma]$ , в блоке 1 суммируются приращения входных усилий с дополнительными  $\delta P_{ij}$ .

Многомерная система управления, показанная на рис. 2, позволяет управлять величинами приложенных усилий  $\Delta P_{ij}$  и скоростями вытяжки  $V_{ij}$ .

#### Выводы

Технология ремонта кузова автомобиля, построенная на принципе управления по обратной связи позволяет повысить производительность процесса за счет увеличения контролируемой скорости вытяжки и качество работ.

1. Дэниэлс Д. Современные автомобильные технологии / Дэниэлс Д. – М.: изд. АСТ – Астрель, 2003. – 223 с.
2. Торлин В.Н., Использование RP- технологий в кузовном ремонте / В.Н. Торлин, А.П. Фалалеев, В.В. Мешков, С.В. Огрызков, А.А. Ветрогон // Автомобильный транспорт. - Харьков: РИО ХНАДУ, вып.13, 2003.-С.81-83.
3. Дамшен К. Ремонт автомобильных кузовов / Дамшен К. – М.: изд. За рулем, 2007. – 240 с.
4. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности / Васидзу К. – М.: Мир, 1987. – 542 с.