

УДК 621.981

**В. А. Храбров**, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**В. Л. Тимофеев**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**В. П. Шеногин**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**Н. М. Агафонова**, кандидат технических наук, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ФИЗИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В МАШИНОСТРОЕНИИ

*В рамках теории структурно-энерго-временных полей свойств физических объектов при изготовлении гнутых гофрированных профилей предложена пространственная физико-геометрическая интерпретация процесса возникновения в стальном тонколистовом материале области внеконтактных деформаций.*

**Ключевые слова:** гофрированные профили, область внеконтактных деформаций, теория структурно-энерго-временных полей свойств физических объектов, пространственная физико-геометрическая интерпретация.

Существует большое количество методов представления результатов научных разработок. В настоящей статье на базе новой методики структурно-энерго-временного исследования приведен пример пространственной физико-геометрической интерпретации процесса возникновения в стальном листе (полосе) области внеконтактных деформаций при изготовлении гнутых гофрированных профилей. В основе этого явления лежит процесс пластического деформирования материала в период движения полосы между первой и второй клетями профилировочного стана.

Ниже подлежит рассмотрению технологический процесс изготовления стальных гнутых гофрированных профилей из тонкого листа способом продольного профилирования. Для данной задачи объект исследования – стальной тонколистовой материал (0,60...0,71 мм), предмет исследования – процесс пластического деформирования материала в области внеконтактных деформаций при изготовлении гнутых гофрированных профилей. Длина  $l$  области внеконтактных деформаций является характеристикой процесса пластического деформирования материала, т. е. характеристикой предмета исследования.

Процесс профилирования листа с трапециевидными гофрами в первой деформирующей клетки показан на рис. 1 [1, 2, 3]. После соприкосновения листа с инструментом обоих валков начинается образование профиля гофра. При этом поперечное сечение заготовки претерпевает изгиб в четырех местах. Места закругления  $1$  формируются за счет изгиба металла вокруг верхнего валка, а места закругления  $2$  – изгибом металла вокруг нижнего валка. По мере продвижения в калибре угол подгибки стенок гофра и высота гофра увеличиваются. Полоса принимает задаваемую калибром форму. Одновременно с началом изгиба заготовки начинается образование области внеконтактных деформаций.

В работе [3] установлены основные факторы, влияющие на размер  $l$  области внеконтактных де-

формаций: угол подгибки  $\alpha$ , толщина полосы (листа)  $s$ , высота профиля  $h$ , межклетье расстояние стана  $L$ , предел текучести материала полосы  $\sigma_s$ . Предложены зависимости, связывающие форму и размеры области внеконтактных деформаций полосы при профилировке с углом подгибки, размерами и механическими свойствами заготовки, а также межклетьевыми расстояниями в стане. Длина  $l$  области внеконтактных деформаций определяется из решения уравнения

$$\frac{1}{\pi} \sigma_s s^2 \left( \frac{2h_0}{b} + \alpha_0 \right) = \frac{1}{2} D \left\{ \left( \frac{\alpha_0}{2} \right)^2 \left( \frac{\pi}{2l} \right) l B + \right. \\ \left. + \frac{l B}{2} \sum_{k=1}^n \alpha_k^2 \left[ \left( \frac{k\pi}{B} \right)^2 + \left( \frac{\pi}{2l} \right)^2 \right]^2 \right\} + \\ + 2\Delta b \sqrt{\frac{E^2 B s^7 \left( \frac{B}{s} - 0,63 \right) \pi_2}{144 L^4 (1 + \mu) \left( \frac{1}{6} - \frac{1}{4\pi^2} \right)}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_s$  – предел текучести материала профилируемой полосы;  $\alpha_0, \dots, \alpha_k$  – коэффициенты ряда Фурье, описывающего форму профиля гофра;  $E$  – модуль Юнга;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $D = \frac{E s^3}{12(1 - \mu^2)}$  – цилиндрическая жесткость пластинки.

Исходя из этого был сделан вывод, что от поведения профилируемой заготовки в пространстве между первой и второй клетями стана и размеров области внеконтактных деформаций зависит качество получаемых профилей и стабильность процесса профилирования.

Продолжим анализ процесса профилирования. С использованием формулы (1) построим графики в координатах  $\sigma_s - l, s - l, L - l$ , по которым найдем родственные зависимости  $S - \sigma_s, S - L, L - \sigma_s$ ,

где  $S = s \cdot 2B$  – площадь поперечного сечения полосы. На основе рассмотрения конкретной группы технологических процессов, характеризуемых углом подгибки профиля в клети стана, равным  $20^\circ$ , была построена экспериментальная кривая  $T_3$  (С, Э, В), показанная на рис. 2, а (координатные оси обозначены буквами русского алфавита С, Э, В, а характерные точки на кривой – латинскими буквами А, В, С, D), где

С, Э, В – соответственно, структурная, энергетическая и временная характеристики процесса деформирования. Кривая  $T_3$  будет исходным пунктом для пространственной физико-геометрической интерпретации предмета исследования с позиции представлений теории структурно-энерго-временных полей (теории СЭВ-полей) свойств физических объектов. Такой анализ называется СЭВ-анализом [4].

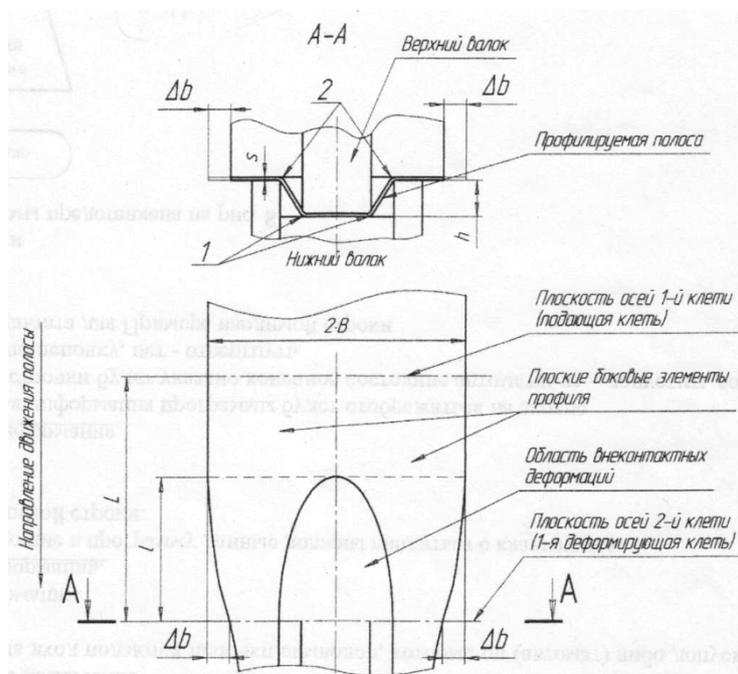


Рис. 1. Схема профилирования листа с трапециевидными гофрами в первой деформирующей клети:  $2B$  – ширина профилируемой полосы;  $\Delta b$  – перемещение кромки полосы;  $s$  – толщина полосы;  $h$  – высота гофра;  $L$  – межклетье расстояние профилигибочного стана;  $l$  – длина области внеконтактных деформаций

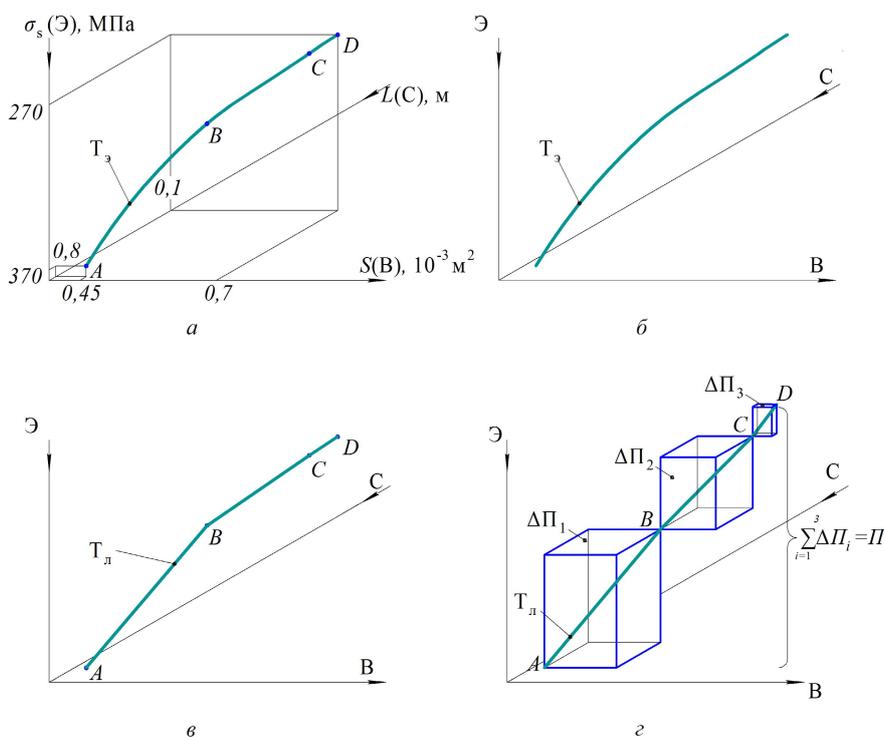


Рис. 2. Траектории эволюции предмета исследования в координатах С – Э – В: а – процесса пластического деформирования стального листа в области внеконтактных деформаций; б – криволинейная  $T_3$ ; в – ломаная  $T_л$ ; г – объемная  $\Pi$

Результатом применения теории СЭВ-полей к конкретному исследовательскому акту является получение пространственной физико-геометрической интерпретации предмета исследования в декартовых координатах. Ниже такая интерпретация будет использована для описания процесса пластического деформирования материала в области внеконтактных деформаций при изготовлении стальных гнутых гофрированных профилей.

В настоящей задаче следует обратить внимание на характер процесса возникновения области внеконтактных деформаций: этот процесс проходит в стационарных условиях для конкретной партии обрабатываемого материала (движение полосы осуществляется при постоянной скорости), поэтому временной фактор при анализе отсутствует и заменен другим.

Рассматривая кривую  $T_s$  на рис. 2, а, замечаем, что характер кривой в интервалах  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  можно ориентировочно принять за прямолинейный. После линейаризации  $T_s$  получим СЭВ-траекторию  $T_n$  в виде ломаной линии (рис. 2, б, в). Далее на базе  $T_n$  проводим построение объемной СЭВ-траектории  $\Pi$ , представляющей собой пространственный комплекс из параллелепипедов  $\Delta\Pi_1$ ,  $\Delta\Pi_2$ ,  $\Delta\Pi_3$ . Схема на рис. 2, а, б, в, г соответствует представлению о пространственной физико-геометрической интерпретации процесса пластического деформирования стальной полосы в области внеконтактных деформаций. Величина  $\Pi$  – это объемное СЭВ-поле (СЭВ-модель) предмета исследования, или объемная траектория процесса.

Рассмотрим физико-геометрическую структуру СЭВ-поля  $\Pi$ , которую представляют таблицами, содержащими различное количество параметров технологического процесса [5]. Верхняя часть таблицы, приведенной в тексте настоящей статьи, является одним из вариантов физико-геометрической структуры СЭВ-поля  $\Pi$ . Подобные таблицы были составлены для его элементов  $\Delta\Pi_1$ ,  $\Delta\Pi_2$ ,  $\Delta\Pi_3$ . При такой процедуре различным элементам параллелепипедов ставились в соответствие определенные параметры технологического процесса. В приведенной таблице данный методический прием был использован для рассмотрения элемента СЭВ-поля  $\Delta\Pi_2$ . Таблица содержит 21 параметр, которые характеризуют процесс возникновения области внеконтактных деформаций в структурно-энерго-временном интервале  $BC$ . О тангенсах углов  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma_2$  можно судить по рис. 3, б. Параметры  $\Delta C_2$ ,  $\Delta E_2$ ,  $\Delta B_2$ , относящиеся к интервалу  $BC$ , для обозначения, как указано, должны иметь нижний индекс «2», однако в таблице с целью простоты он специально опущен. В стб. 2 и 3 указаны уравнения параметров технологического процесса в общем виде. При этом стб. 2 дает представление о геометрической интерпретации ряда параметров. Стб. 4 и 5 конкретизируют зависимости в рамках поставленной задачи: в стб. 4 – уравнение, в стб. 5 – физико-геометрическая структура единицы величины (ф.г.с.е. величины или единица типа 1 ЯОД<sup>k</sup>). Здесь Я – ядро единицы, О – оболочка единицы, Д<sup>k</sup> –

оператор движения. Оператор движения Д<sup>k</sup> необходим в обозначении единицы для более четкого отличия одних физических величин от других. Так, физическая величина, которая поставлена в соответствие отрезку в пространстве, параллельному одной из координатных осей, имеет в обозначении своей единицы оператор движения Д<sup>3</sup>. Тот же самый отрезок в координатной плоскости, параллельный одной из координатных осей, – Д<sup>2</sup>, а отрезок на координатной оси – Д. Там, где физическая величина не имеет наглядного геометрического образа в пространстве, оператор движения пишут с волнистой чертой сверху (например,  $\tilde{D}^3$ ). В верхней части таблицы в строке 17 у физической величины ( $\Delta C \Delta E / \Delta B$ )  $Y \equiv m^{-1} \cdot MPa$ ,  $O \equiv m/m$ ,  $D^k \equiv \tilde{D}^3$ . По инициативе исследователя объем таблицы может быть расширен.

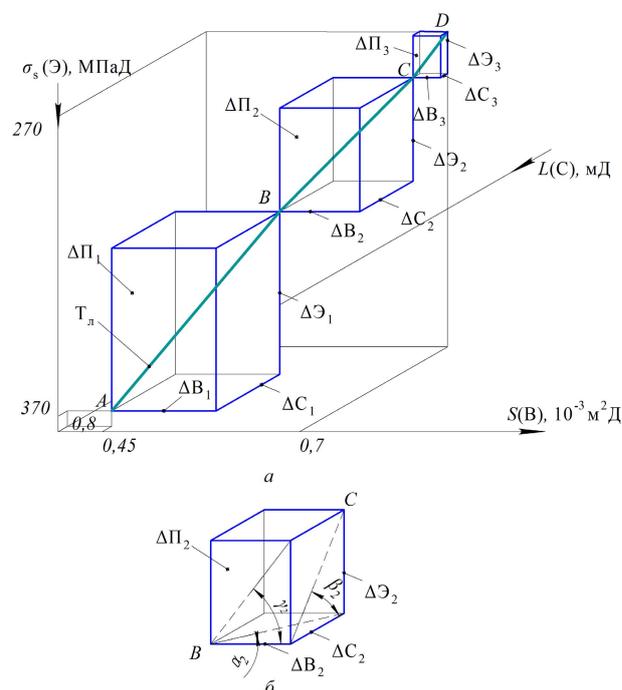


Рис. 3. Пространственная физико-геометрическая интерпретация процесса пластического деформирования стального листа в области внеконтактных деформаций (а); обозначение углов  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$ ,  $\gamma_2$ , участвующих в анализе (б)

Установлены правила сокращения символов единиц физических величин: если перемножаются две величины – сокращение символов не проводится; если же одна величина делится на другую, то сокращение проводится [5].

Продемонстрируем использование пространственной физико-геометрической интерпретации в практике научного исследования, проведя построение статистической модели с целью оценки длины  $l$  области внеконтактных деформаций для интервалов изменения параметров процесса, используемых в производственных условиях:  $\sigma_s$  – (252...272) МПа,  $s$  – (0,68...0,71) мм при  $L = 0,4$  м. В указанных пределах двух параметров для девяти партий стального тонколистового материала 08 кП были определены: выходная характеристика  $l$ , а также по специальной

методике – параметры  $\Delta\sigma_{s2}$  (Э) и  $\Delta S_2$  (В). Затем для каждой партии обрабатываемого материала составлялась другая таблица (см. нижнюю часть общей таблицы), подобная рассмотренной в верхней части и одновременно являющаяся ее частным случаем. Более простой вариант нижней части таблицы определяется условием  $L = \text{const} = 0,4$  м. В этом случае

$\Delta L_2 = 0$ , что переводит отображение процесса пластической деформации из пространства  $L - \sigma_s - S$  в координатную плоскость  $S - \sigma_s$ . Параметры при отображении на плоскости для одной из девяти партий материала приведены в нижней части таблицы. У номеров строк в скобках указаны номера строк, соответствующих строкам верхней части таблицы.

**Параметры элемента  $\Delta\Pi_2$  СЭВ-поля (интервал ВС)**

№ п/п	Общая зависимость		Конкретные данные	
	Величина, уравнение		Величина	Единица измерения величины (ф.г.с.е. величины)
	с геометрической интерпретацией	без геометрической интерпретации		
Координатный угол $L - \sigma_s - S$				
1	$\Delta C$ (ребро параллелепипеда)	$\Delta C = 0,15$ м	$\Delta L_2 = 0,15$	$1 \text{ мД}^3$
2	$\Delta Э$ (ребро параллелепипеда)	$\Delta Э = 35$ МПа	$\Delta\sigma_{s2} = 35$	$1 \text{ МПаД}^3$
3	$\Delta В$ (ребро параллелепипеда)	$\Delta В = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$	$\Delta S_2 = 6 \cdot 10^{-5}$	$1 \text{ м}^2 \text{ Д}^3$
4	$\Delta C \Delta Э$ (грань параллелепипеда)	$\Delta C \Delta Э$	$\Delta L_2 \Delta\sigma_{s2} = 5,25$	$1 \text{ м} \cdot \text{МПа} \text{ Д}^6$
5	$\Delta C \Delta В$ (грань параллелепипеда)	$\Delta C \Delta В$	$\Delta L_2 \Delta S_2 = 0,9 \cdot 10^{-5}$	$1 \text{ м}^3 \cdot \text{МПа} \text{ Д}^6$
6	$\Delta В \Delta Э$ (грань параллелепипеда)	$\Delta В \Delta Э$	$\Delta S_2 \Delta\sigma_{s2} = 2,1 \cdot 10^{-3}$	$1 \text{ Н}(\text{м}^2/\text{м}^2) \text{ Д}^6$
7	$\Delta Э \Delta C^2$	$\Delta Э \Delta C^2$	$\Delta\sigma_{s2} \Delta L_2^2 = 0,79$	$1 \text{ м}^2 \cdot \text{МПа} \text{ Д}^9$
8	$\Delta C \Delta Э^2$	$\Delta C \Delta Э^2$	$\Delta L_2 \Delta\sigma_{s2}^2 = 183,75$	$1 \text{ м} \cdot \text{МПа}^2 \text{ Д}^9$
9	$\Delta C^2 \Delta В$	$\Delta C^2 \Delta В$	$\Delta L_2^2 \Delta S_2 = 0,14 \cdot 10^{-5}$	$1 \text{ м}^3 \cdot \text{МПа} \text{ Д}^9$
10	$\Delta C \Delta В^2$	$\Delta C \Delta В^2$	$\Delta L_2 \Delta S_2^2 = 5,4 \cdot 10^{-10}$	$1 \text{ м}^5 \cdot \text{МПа} \text{ Д}^9$
11	$\Delta В^2 \Delta Э$	$\Delta В^2 \Delta Э$	$\Delta S_2^2 \Delta\sigma_{s2} = 12,6 \cdot 10^{-8}$	$1 \text{ м}^4 \cdot \text{МПа} \text{ Д}^9$
12	$\Delta В^2 \Delta Э^2$	$\Delta В^2 \Delta Э^2$	$\Delta S_2^2 \Delta\sigma_{s2}^2 = 4,41 \cdot 10^{-6}$	$1 \text{ м}^4 \cdot \text{МПа}^2 \text{ Д}^{12}$
13	$\text{tg } \alpha_2 = \Delta C / \Delta В$	$\Delta C / \Delta В$	$\Delta L_2 / \Delta S_2 = 2500$	$1 \text{ м}^{-1} \text{ Д}^0$
14	$\text{tg } \beta_2 = \Delta Э / \Delta C$	$\Delta Э / \Delta C$	$\Delta\sigma_{s2} / \Delta L_2 = 233,33$	$1 \text{ м}^{-1} \cdot \text{МПа} \text{ Д}^0$
15	$\text{tg } \gamma_2 = \Delta Э / \Delta В$	$\Delta Э / \Delta В$	$\Delta\sigma_{s2} / \Delta S_2 = 5,83 \cdot 10^{-5}$	$1 \text{ м}^{-2} \cdot \text{МПа} \text{ Д}^0$
16	$\Delta C \text{ tg } \alpha_2$	$\Delta C (\Delta C / \Delta В) = \Delta C^2 / \Delta В$	$\Delta L_2^2 / \Delta S_2 = 375$	$1 (\text{м}^2 / \text{м}^2) \text{ Д}^3$
17	$\Delta C \text{ tg } \gamma_2$	$\Delta C (\Delta Э / \Delta В) = \Delta C \Delta Э / \Delta В$	$(\Delta L_2 \Delta\sigma_{s2}) / \Delta S_2 = 0,87 \cdot 10^{-5}$	$1 \text{ м}^{-1} \cdot \text{МПа} (\text{м/м}) \text{ Д}^3$
18	$\Delta Э \text{ tg } \beta_2$	$\Delta Э (\Delta Э / \Delta C) = \Delta Э^2 / \Delta C$	$\Delta\sigma_{s2}^2 / \Delta L_2 = 8166,55$	$1 \text{ м}^{-1} \cdot \text{МПа}^2 \text{ Д}^3$
19	$\Delta Э \text{ tg } \gamma_2$	$\Delta Э (\Delta Э / \Delta В) = \Delta Э^2 / \Delta В$	$\Delta\sigma_{s2}^2 / \Delta S_2 = 204,05 \cdot 10^{-5}$	$1 \text{ м}^{-2} \cdot \text{МПа}^2 \text{ Д}^3$
20	$\Delta В \text{ tg } \beta_2$	$\Delta В (\Delta Э / \Delta C) = \Delta Э \Delta В / \Delta C$	$(\Delta\sigma_{s2} \Delta S_2) / \Delta L_2 = 14 \cdot 10^{-3}$	$1 \text{ м} \cdot \text{МПа} (\text{м/м}) \text{ Д}^3$
21	$\Delta \Pi = \Delta C \Delta Э \Delta В$ (объем параллелепипеда)	$\Delta C \Delta Э \Delta В$	$\Delta L_2 \Delta\sigma_{s2} \Delta S_2 = 31,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \text{ м}^3 \cdot \text{МПа} \text{ Д}^9$
Координатный угол $S - \sigma_s$ (для девятой партии материала)				
1(2)	$\Delta Э$ (ребро параллелепипеда)	$\Delta Э = 2$ МПа	$\Delta\sigma_{s2} = 2$	$1 \text{ МПаД}^2$
2(3)	$\Delta В$ (ребро параллелепипеда)	$\Delta В = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$	$\Delta S_2 = 3,5 \cdot 10^{-6}$	$1 \text{ м}^2 \text{ Д}^2$
3(6)	$\Delta В \Delta Э$ (грань параллелепипеда)	$\Delta В \Delta Э$	$\Delta S_2 \Delta\sigma_{s2} = 7 \cdot 10^{-6}$	$1 \text{ Н}(\text{м}^2/\text{м}^2) \text{ Д}^4$
4(11)	$\Delta В^2 \Delta Э$	$\Delta В^2 \Delta Э$	$\Delta S_2^2 \Delta\sigma_{s2} = 24,5 \cdot 10^{-12}$	$1 \text{ м}^4 \cdot \text{МПа} \text{ Д}^6$
5(12)	$\Delta В^2 \Delta Э^2$	$\Delta В^2 \Delta Э^2$	$\Delta S_2^2 \Delta\sigma_{s2}^2 = 49 \cdot 10^{-12}$	$1 \text{ м}^4 \cdot \text{МПа}^2 \text{ Д}^8$
6(15)	$\text{tg } \gamma_2 = \Delta Э / \Delta В$	$\Delta Э / \Delta В$	$\Delta\sigma_{s2} / \Delta S_2 = 0,6 \cdot 10^5$	$1 \text{ м}^{-2} \cdot \text{МПа} \text{ Д}^0$
7(19)	$\Delta Э \text{ tg } \gamma_2$	$\Delta Э (\Delta Э / \Delta В) = \Delta Э^2 / \Delta В$	$\Delta\sigma_{s2}^2 / \Delta S_2 = 1 \cdot 10^6$	$1 \text{ м}^{-2} \cdot \text{МПа}^2 \text{ Д}^2$

Дальнейшая обработка данных, производившаяся с использованием прикладной программы Microsoft Excel, дала следующие результаты. Корреляционный анализ выявил, что наибольшая линейная связь существует между  $l$  и произведением параметров  $\Delta S_2 \Delta\sigma_{s2}$  (см. строку 3(6) в нижней части таблицы). Регрессионный анализ позволил построить следующую статистическую модель:

$$l = 0,428 - 0,0966 \cdot 10^6 (\Delta\sigma_{s2} \Delta S_2) + 0,00813 \cdot 10^{12} (\Delta\sigma_{s2} \Delta S_2)^2, \text{ м.} \quad (2)$$

Средняя погрешность модели составляет 4,0 %.

Таким образом, основным существенным фактором, влияющим на процесс возникновения области внеконтактных деформаций, является произведение  $(\Delta\sigma_{s2} \Delta S_2)$ , которое согласно пространственной физико-геометрической интерпретации ставится в соответствие одной из граней параллелепипеда  $\Delta\Pi_2$ . При этом для любой партии материала можно заранее рассчитать характеристику  $l$  по формуле (2).

СЭВ-анализ можно проводить для любых технологических процессов и процедур измерения, напри-

мер, с целью изучения кристаллизации металлического расплава [4], растяжения металлического образца при механическом испытании [5], обработки резанием заготовок [5], переработки сельхозсырья [6] и т. д. Пространственная физико-геометрическая интерпретация изучаемых процессов в рамках СЭВ-анализа позволяет выстроить строгую логическую линию научного поиска, сопровождая решение задачи пространственным отображением предмета исследования в декартовой системе координат.

#### Библиографические ссылки

1. Моделирование поведения заготовки при профилегибке в пространстве между клетями стана / В. А. Храбров [и др.] // Высокие технологии – 2004 : Сб. тр. науч.-техн. форума с междунар. участием. В 4 ч. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2004. – Ч. 4. – С. 109–115.

2. Опыт изготовления и освоения профилегибочных станов для производства профнастила / В. А. Храбров [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении (кузнечно-штамповочное, литейное и другие производства). – 2004. – № 6. – С. 35–37.

3. Храбров В. А. Разработка математической модели области внеконтактной деформации при производстве гнутых гофрированных профилей : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2007. – 22 с.

4. Тимофеев В. Л. Структурно-энерго-временной анализ физических объектов: применение в металловедении и механике. – 1-е изд. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2004. – 312 с.

5. Тимофеев В. Л. Структурно-энерго-временной анализ физических объектов: применение в металловедении и механике – 4-е изд., испр. и доп. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. – 372 с.

6. Агафонова Н. М., Тимофеев В. Л. Структурно-энерго-временной анализ физических объектов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 5. – С. 8–14.

V. A. Khrabrov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. L. Timofeev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. P. Shenogin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

N. M. Agafonova, PhD in Engineering, Associate Professor, Physics of Izhevsk State Agricultural Academy

#### Spatial Physics Geometrical Interpretation of Technological Process in Mechanical Engineering

*Within the theory of structure-energy-time fields of physical object properties when manufacturing the bent corrugated profiles, a spatial physics geometrical interpretation of the process of off-contact strain area initiation in steel thin-sheet material is offered.*

**Key words:** corrugated profiles, areas of off-contact strains, theory of structure-energy-time fields of physical objects properties, spatial physics geometrical interpretation.

УДК 629.021

Л. Ш. Кадырова, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Р. С. Музафаров, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

*Рассмотрены вопросы организации процесса утилизации автомобилей. Приведены расчеты, доказывающие необходимость подетальной утилизации, что влечет за собой изменение существующих методов утилизации автомобилей и структуры предприятий, занимающихся данным процессом.*

**Ключевые слова:** утилизация автомобилей, рециклинг, вторичное использование материалов.

**В** любом автомобиле используется множество материалов, которые считаются опасными для окружающей среды (ГОСТ 17.9.1.1–99 «Охрана природы, обращение с отходами. Классификация отходов. Порядок наименования отходов по генетическому принципу и отнесение их к классификационным категориям»): охлаждающая жидкость, смазывающие материалы, остатки неиспользованного топлива, свинец, кислоты, тормозные жидкости и многое другое. Однако помимо указанных в автомобилестроении применяется большое количество других материалов, которые могут быть утилизированы и использоваться вторично. В основном это

относится к металлам, что регламентируется требованиями ГОСТ 2787–75 «Металлы черные вторичные» и ГОСТ 1639–93 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов». В настоящее время утилизация автомобиля рассматривается как комплексный процесс в конце жизненного цикла изделия. В этот момент осуществляется сбор, сортировка деталей, эксплуатационных жидкостей и других материалов, разделение их на опасные и безопасные для окружающей среды, принимается решение об их вторичном использовании.

Анализ статистических данных по эксплуатации автомобилей модели ВАЗ-2107 показал, что не все