

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

детали одинаково надежны. В процессе эксплуатации был выявлен ряд «слабых» элементов, к которым относятся: фары, элементы выпускной системы, элементы тормозной системы, элементы рулевого управления, амортизаторы, стеклоочистители, спидометр.

Анализ показателей надежности рассматриваемых элементов проводился по следующей методике (Чепилов Т. П. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов очно-заочного отделения специальности 150200 «Автомобили и автомобильное хозяйство». Изд-во ЧТИ ИЖГТУ, 2003. С. 29).

1. Определяется диапазон наработок, внутри которого имели место отказы:

$$R = t_{\max} - t_{\min},$$

где  $t_{\min}$  – минимальное значение наработки в диапазоне;  $t_{\max}$  – максимальное значение наработки в диапазоне.

2. Подсчитывается длина интервала:

$$\Delta t = \frac{R}{1 + 3,3 \lg N_0},$$

где  $N_0$  – число испытываемых изделий.

3. Диапазон делится на интервалы.

Для этого зададимся левой  $t_{\text{лев}}$  и правой  $t_{\text{прав}}$  границами интервалов группирования ( $t_{\text{лев}}$  должна быть меньше  $t_{\min}$ , а  $t_{\text{прав}}$  – больше  $t_{\max}$ ).

Число интервалов  $k$ :

$$k = \frac{t_{\text{прав}} - t_{\text{лев}}}{\Delta t}.$$

4. Подсчитывается число изделий  $n_i$ , отказавших внутри каждого интервала.

5. Подсчитывается накопленное число отказов  $r(t_i)$  как сумма отказов в интервалах, т. е.  $r = \sum_{i=1}^n n_i$ .

Все результаты дальнейших вычислений мы также напишем в соответствующие графы таблицы.

6. Определяется число оставшихся работоспособными объектов к моменту  $t_i$  по формуле

$$N(t_i) = N_0 - r(t_i).$$

7. Находится вероятность наступления отказов:

$$\hat{F}(t_i) = \frac{r(t_i)}{N_0}.$$

8. Определяется вероятность безотказной работы:

$$\hat{P}(t_i) = \frac{N(t_i)}{N_0}.$$

9. По данным таблицы определяется средняя наработка до 1-го отказа:

$$\hat{t}_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^k \frac{t_i n_i}{N_0},$$

где  $k$  – число интервалов;  $t_i$  – середина интервала;  $n_i$  – вес.

10. Подсчитывается оценка плотности вероятности наступления отказа (оценка плотности распределения наработки до отказа)  $\hat{f}(t_i)$ , и результаты заносятся в таблицу:

$$\hat{f}(t_i) = \frac{n_i}{\Delta t \cdot N_0}.$$

11. Определяется средняя наработка до первого отказа:

$$\hat{t}_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^k \frac{t_i n_i}{N_0},$$

где  $k$  – число интервалов.

12. Вычисляются характеристики рассеивания:

а) дисперсия  $D$ :

$$D = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^k (t_i - \hat{t}_{\text{cp}})^2 \cdot n_i;$$

б) среднее квадратичное отклонение  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{D}, \text{ для } N_0 \leq 30, \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k t^2 i n_i - \frac{N_0}{N_0-1} \hat{t}_{\text{cp}}^2};$$

в) коэффициент вариации  $V$ :

$$V = \frac{\sigma}{\hat{t}_{\text{cp}}}.$$

Результаты представлены в табл. 1–7.

Таблица 1. Показатели надежности работы фар

Определяемый параметр	Обозначение	№ интервала							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Границы интервала наработки, тыс. км	–	0...14	14...28	28...42	42...56	56...70	70...84	84...98	98...112
Значение середины интервала, тыс. км	$t_i$	7	14	21	28	35	42	49	56
Число отказов в интервале (вес)	$n_i$	2	3	3	7	10	6	7	9
Накопленное число отказов в интервале	$r(t_i)$	2	5	8	15	25	31	38	47
Число работоспособных объектов к моменту времени	$N(t_i)$	45	42	39	32	22	16	9	0
Вероятность наступления отказа	$F(t_i)$	0,039	0,098	0,157	0,294	0,49	0,6	0,745	1
Вероятность безотказной работы	$P(t_i)$	0,961	0,902	0,843	0,706	0,51	0,4	0,255	0
Плотность вероятности наступления отказа	$f(t_i)$	0,003	0,004	0,004	0,009	0,013	0,008	0,009	0,012
Дисперсия	$D$	187,5							
Среднеквадратичное отклонение	$\sigma$	13,69							
Коэффициент вариации	$V$	0,39							

Таблица 2. Показатели надежности работы элементов выпускной системы

Определяемый параметр	Обозначение	№ интервала							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Границы интервала наработки, тыс. км	–	1...11	11...21	21...31	31...41	41...51	51...61	61...71	71...81
Значение середины интервала, тыс. км	$t_i$	6	16	26	36	46	56	66	76
Число отказов в интервале (вес)	$n_i$	6	7	5	9	6	7	3	2
Накопленное число отказов в интервале	$r(t_i)$	6	13	18	27	33	40	43	45
Число работоспособных объектов к моменту времени	$N(t_i)$	39	32	27	18	12	5	2	0
Вероятность наступления отказа	$F(t_i)$	0,13	0,29	0,4	0,6	0,73	0,9	0,96	1
Вероятность безотказной работы	$P(t_i)$	0,87	0,71	0,6	0,4	0,27	0,1	0,04	0
Плотность вероятности наступления отказа	$f(t_i)$	0,013	0,011	0,016	0,009	0,013	0,011	0,027	0,04
Дисперсия	$D$	400							
Среднеквадратичное отклонение	$\sigma$	20							
Коэффициент вариации	$V$	0,56							

Таблица 3. Показатели надежности работы элементов тормозной системы

Определяемый параметр	Обозначение	№ интервала								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Границы интервала наработки, тыс. км	–	8...18	18...28	28...38	38...48	48...58	58...68	68...78	78...88	88...98
Значение середины интервала, тыс. км	$t_i$	13	23	33	43	53	63	73	83	93
Число отказов в интервале (вес)	$n_i$	5	6	5	6	5	6	6	6	6
Накопленное число отказов в интервале	$r(t_i)$	5	11	16	22	27	33	39	45	51
Число работоспособных объектов к моменту времени	$N(t_i)$	46	40	35	29	24	18	12	6	0
Вероятность наступления отказа	$F(t_i)$	0,1	0,22	0,31	0,43	0,53	0,65	0,76	0,88	1
Вероятность безотказной работы	$P(t_i)$	0,9	0,78	0,69	0,57	0,47	0,35	0,24	0,12	0
Плотность вероятности наступления отказа	$f(t_i)$	0,01	0,008	0,01	0,008	0,01	0,008	0,008	0,008	0,008
Дисперсия	$D$	651,2								
Среднеквадратичное отклонение	$\sigma$	25,5								
Коэффициент вариации	$V$	2,12								

Таблица 4. Показатели надежности работы элементов рулевого управления

Определяемый параметр	Обозначение	№ интервала							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Границы интервала наработки, тыс. км	–	4...17	17...30	30...43	43...56	56...69	69...82	82...95	95...108
Значение середины интервала, тыс. км	$t_i$	10,5	23,5	36,5	49,5	62,5	75,5	88,5	101,5
Число отказов в интервале (вес)	$n_i$	9	10	9	11	10	12	9	10
Накопленное число отказов в интервале	$r(t_i)$	9	19	28	39	49	61	70	80
Число работоспособных объектов к моменту времени	$N(t_i)$	71	61	52	41	39	19	10	0
Вероятность наступления отказа	$F(t_i)$	0,1125	0,2375	0,35	0,4875	0,6125	0,7652	0,875	1
Вероятность безотказной работы	$P(t_i)$	0,8875	0,7625	0,65	0,125	0,387	0,2375	0,125	0
Плотность вероятности наступления отказа	$f(t_i)$	0,1125	0,125	0,1125	0,1375	0,125	0,15	0,1125	0,125
Дисперсия	$D$	88,7							
Среднеквадратичное отклонение	$\sigma$	9,4							
Коэффициент вариации	$V$	0,17							

Таблица 5. Показатели надежности работы амортизаторов

Определяемый параметр	Обозначение	№ интервала					
		1	2	3	4	5	6
Границы интервала наработки, тыс. км	–	5...22	22...39	39...56	56...73	73...90	90...107
Значение середины интервала, тыс. км	$t_i$	13,5	30,5	47,5	64,5	81,5	98,5
Число отказов в интервале (вес)	$n_i$	1	4	7	8	2	3
Накопленное число отказов в интервале	$r(t_i)$	1	5	12	20	22	25
Число работоспособных объектов к моменту времени	$N(t_i)$	24	20	13	5	3	0
Вероятность наступления отказа	$F(t_i)$	0,04	0,2	0,48	0,8	0,88	1
Вероятность безотказной работы	$P(t_i)$	0,96	0,8	0,52	0,2	0,12	0
Плотность вероятности наступления отказа	$f(t_i)$	0,04	0,16	0,28	0,32	0,08	0,12
Дисперсия	$D$	485,52					
Среднеквадратичное отклонение	$\sigma$	22,03					
Коэффициент вариации	$V$	0,38					

Таблица 6. Показатели надежности работы стеклоочистителей

Определяемый параметр	Обозначение	№ интервала					
		1	2	3	4	5	6
Границы интервала наработки, тыс. км	–	7...29	29...51	51...73	73...95	95...117	117...139
Значение середины интервала, тыс. км	$t_i$	18	40	62	84	106	128
Число отказов в интервале (вес)	$n_i$	1	4	8	9	2	3
Накопленное число отказов в интервале	$r(t_i)$	1	5	13	22	24	27
Число работоспособных объектов к моменту времени	$N(t_i)$	26	22	14	5	3	0
Вероятность наступления отказа	$F(t_i)$	0,037	0,185	0,481	0,815	0,889	1
Вероятность безотказной работы	$P(t_i)$	0,963	0,815	0,519	0,185	0,111	0
Плотность вероятности наступления отказа	$f(t_i)$	0,002	0,007	0,013	0,015	0,003	0,005
Дисперсия	$D$	761,76					
Среднеквадратичное отклонение	$\sigma$	27,6					
Коэффициент вариации	$V$	0,37					

Таблица 7. Показатели надежности работы спидометров

Определяемый параметр	Обозначение	№ интервала					
		1	2	3	4	5	6
Границы интервала наработки, тыс. км	–	10...32	32...54	54...76	76...98	98...120	120...142
Значение середины интервала, тыс. км	$t_i$	21	43	65	87	109	131
Число отказов в интервале (вес)	$n_i$	1	1	3	5	8	9
Накопленное число отказов в интервале	$r(t_i)$	1	2	5	10	18	27
Число работоспособных объектов к моменту времени	$N(t_i)$	26	25	22	17	9	0
Вероятность наступления отказа	$F(t_i)$	0,037	0,074	0,185	0,37	0,667	1
Вероятность безотказной работы	$P(t_i)$	0,963	0,926	0,815	0,63	0,333	0
Плотность вероятности наступления отказа	$f(t_i)$	0,002	0,002	0,005	0,008	0,014	0,015
Дисперсия	$D$	7184,26					
Среднеквадратичное отклонение	$\sigma$	84,67					
Коэффициент вариации	$V$	0,12					

Практика эксплуатации автомобилей показывает, что жизненный цикл некоторых деталей и элементов конструкции автомобилей меньше жизненного цикла изделия в целом. Следовательно, можно сделать вывод,

что необходимо разработать новую структуру предприятия, занимающегося рециклингом автомобилей, а также методы утилизации автомобильных деталей на протяжении всего жизненного цикла автомобиля.

L. Sh. Kadyrova, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

R. S. Muzafarov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

### Investigation of Automobile Utilization Process

Questions of organizing the automobile utilization process are considered in the paper. Calculations are given, showing the necessity of the element utilization, that involve changes in existing techniques of automobile utilization and in the structure of enterprises dealing with this process.

**Key words:** automobile utilization, recycling, repeated use of materials.