

## ОТКЛОНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ

канд. техн. наук, доцент, **Убайдуллаев Гайрат Кучкарович**  
Ташкентский государственный транспортный университет,  
[gayratubaydullaev1948@gmail.com](mailto:gayratubaydullaev1948@gmail.com)

стар. преп., **Жуманиязов Хамдам Жумёзович**  
Ташкентский государственный транспортный университет  
[hamdambek87@gmail.com](mailto:hamdambek87@gmail.com)

стар. преп., **Эргашев Нурилло Тохирбек угли**  
Ташкентский государственный транспортный университет,  
[ergashevnurillo657@gmail.com](mailto:ergashevnurillo657@gmail.com)

### Аннотация

В статье излагается отклонение геометрических параметров различного порядка. Приводится их теоретическое описание рядами Фурье. Указывается их неоднозначность при формировании потенциального ресурса деталей в процесс обработки, а также необходимость их нормирования.

**Ключевые слова:** Ресурс, поверхность, отклонение, размер, сечение, эксцентриситет, овальность, огранка, конусообразность и шероховатость.

### Abstract

The article discussed the deviation geometric parameters of various orders. Their theoretical description by Fourier series is given. Their ambiguity is indicated in the formation of a potential resource of parts in the processing process, as well as the need for their normalization.

**Key words:** life, surface, deviation, size, cross-section, eccentricity, ovality, faceting, taper and roughness.

Качества геометрических показателей поверхностей деталей при их изготовление характеризуется отклонениями различного порядка [1, 2, 3, 4] (см. рис.1). Эта отклонение:  $0$  – порядка, отклонение номинального размера –  $D(d)$  мм;  $1$  – порядка, отклонение расположения –  $e$  мм;  $2$  – порядка, отклонение формы –  $\phi$  мм;  $3$  – порядка, отклонение шероховатости –  $R_a (R_z)$  мкм.

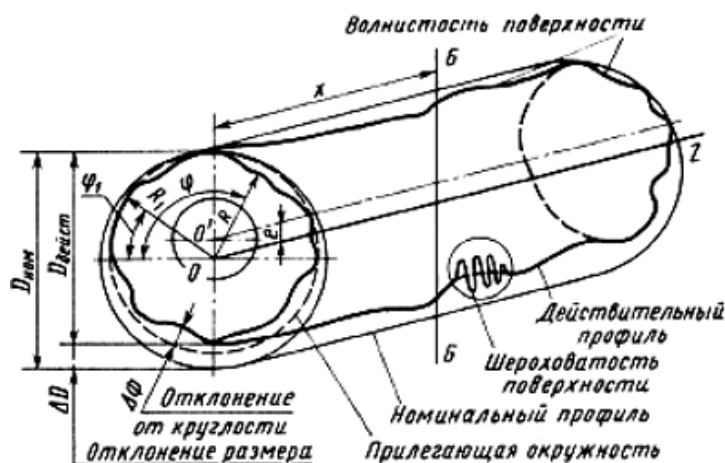


Рис. 1. Отклонение геометрических параметров деталей различных порядков.

Эти отклонение теоретический описывается рядами Фурье [2]. Согласно этого, отклонение  $\Delta R$  текущего размера  $R$  от номинального размера  $R_0$ , можно выразить зависимостью

$$\Delta R = R - R_0 = f(\varphi) \quad (1)$$

где  $f(\varphi)$  – функция, характеризующая погрешность профиля ( $\varphi$  – полярный угол)

Контур поперечного сечения удовлетворяет условию замкнутости, следовательно,

$$f(\varphi + 2\pi) = f(\varphi) \quad (2)$$

т. е. функция имеет период  $2\pi$ .

Для анализа отклонений профиля контур сечения действительной поверхности можно характеризовать совокупностью гармонических составляющих отклонений профиля, определяемых спектрами фазовых углов и амплитуд, т. е. совокупностью отклонений с различными частотами [5, 6, 7]. Для аналитического изображения действительного профиля (контура сечения) поверхности используют разложение функции погрешностей  $f(\varphi)$  в ряд Фурье. Рассматривая отклонения  $\Delta R$  радиуса-вектора в полярной системе координат как функцию полярного угла  $\varphi$ , можно представить отклонения контура поперечного сечения детали в виде ряда Фурье

$$f(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi) \quad (3)$$

где  $a_0/2$  - нулевой член разложения;  $a_k$ ,  $b_k$  - коэффициенты ряда Фурье  $k$ -й гармоники;  $k$  - порядковый номер составляющей гармоники.

Ряд Фурье можно представить также в виде

$$f(\varphi) = \frac{c_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \cos(k\varphi + \varphi_k) \quad (4)$$

где  $c_k$  - амплитуда  $k$ -й гармоники;  $\varphi_k$  - начальная фаза.

Функция  $f(\varphi)$  определяется совокупностью величин  $c_k$  (спектра амплитуд) и  $\varphi_k$  (спектра фаз). В дальнейшем используем ряд с ограниченным числом членов, т.е. тригонометрический полином:

$$f(\varphi) = \frac{c_0}{2} + \sum_{k=1}^n c_k \cos(k\varphi + \varphi_k) \quad (5)$$

где  $n$  - порядковый номер высшей гармоники полинома.

Согласно теории Фурье, нулевой член разложения в общем случае является средним значением функции  $f(\varphi)$  за период  $T = 2\pi$ , определяемым расстоянием от базового уровня отсчета текущего размера до средней линии геометрических отклонений профиля (до среднего цилиндра)

$$\frac{c_0}{2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\varphi) d\varphi. \quad (6)$$

Таким образом,  $c_0/2$  есть постоянная составляющая отклонения текущего размера. Первый член разложения  $c_1 \cos(\varphi + \varphi_1)$  выражает несовпадение центра вращения с геометрическим центром сечения (эксцентриситет  $e$ ), т. е. отклонение расположения поверхности. Здесь  $c_1$ ,  $\varphi_1$  - амплитуда и фаза эксцентриситета.

Члены ряда, начиная со второго и до  $k = p$  образуют спектр отклонений формы детали в поперечном сечении. При этом второй член ряда Фурье  $c_2 \cos(2\varphi + \varphi_2)$  выражает овальность, третий член  $c_3 \cos(3\varphi + \varphi_3)$  - огранку с трёх вершинным профилем и т. д. Последующие члены ряда, имеющие номер  $k > p$ , выражают шероховатость [8, 9, 10]. Аналогично можно представить отклонения контура цилиндрической поверхности в продольном сечении, но условие замкнутости контура в этом случае не выполняется:

$$f(z) \neq f(z+l) \quad (7)$$

где  $z$  - переменная, отсчитываемая вдоль оси цилиндра; причем  $0 \leq z \leq l$ ;  $l$  - длина детали.

Введя цилиндрическую систему координат  $R$ ,  $\varphi$ ,  $z$  и условно приняв, что период  $T=2\pi$ , представим отклонения контура реальной цилиндрической детали в продольном сечении  $f(z)$  в виде тригонометрического полинома:

$$f(z) \approx \frac{c_0}{2} + \sum_{k=1}^p c_k \sin \frac{k\pi}{2l} z \quad (8)$$

где  $k$  - порядковый номер члена разложения.

При  $k = 1$  первый член  $f_1(z) = c_1 \sin 0,5 \pi z/l$ . Тогда  $f_1(z) = 0$  при  $z = 0$  и  $f_1(z) = c_1$  при  $z = l$ .

Первый член разложения характеризует наклон образующей цилиндра (конусообразность). Второй член разложения  $f_2(z) = c_2 \sin \pi z/l$  характеризует выпуклость контура в продольном сечении (бочкообразность). Этот же член разложения при наличии сдвига фазы  $f_2(z) = c_2 \sin (\pi z/l - \pi/2)$  выражает седлообразность и т.д. Эти отклонение в зависимости от назначения рассматриваемой поверхности деталей имеет различную значимость при формировании его потенциального ресурса [11, 12, 13].

### Список литературы:

1. Голицын Н.Х., Дружинин П.В. Основы взаимозаменяемости. М.: Из-во МИИГАиК. 2020.
2. Титов В.А. Взаимозаменяемость и нормирование точности. Екатеринбург.: Из-во СФУ, 2011.
3. Убайдуллаев, Г. К., Эргашев, Н. Т., & Рашидов, А. М. (2022). Основные закономерности и современные тенденции развития транспортных машин. *research and education*, 1(7), 138-142.
4. Убайдуллаев, Г. К., Эргашев, Н. Т., & Жуманиёзов, Х. Ж. (2022). Системный анализ специализированных транспортных средств. *research and education*, 1(7), 103-106.
5. Abdulaziz, S., & Nurillo, E. (2022). Analysis of studies on the justification of the parameters of the brake system of auto-tractor trailers. *research and education*, 1(6), 91-94.
6. Kayumjonovich, T. N., Pirmukhamedovich, A. S., Joraqulovich, A. S., & Nematullayevich, K. S. (2022). Development of the technology of steel modification for the manufacture of large, particularly responsible cast parts. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(6), 1001-1007.
7. Shermukhamedov, A., Ergashev, N., & Azizov, A. (2021). Substantiating parameters brake system of the tractor trailer. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 04019). EDP Sciences.
8. Eshkabilov, S., Jumaniyazov, H., Riskaliev, D. (2019). Simulation and Analysis of Passive vs. Magneto-Rheological Suspension and Seat Dampers. In: *et al. Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_28)

9. Shermukhamedov, A. A., Ergashev, N. T. ugli, & Jumaniyazov, H. J. (2022). Katta hajmli kuzovlari almashinuvchi traktor tirkamalari tormoz tizimi tadqiqotlari tahlili. *International conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century*, 1(8), 176–180. Retrieved from <http://openidea.uz/index.php/conf/article/view/228>
10. Ибрагимов, Б. Д., Турсунов, И. С., & Эргашев, Н. Т. у. (2022). Сервис электромобилей и проблемы его организации. *international conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century*, 1(8), 171–175. Retrieved from <http://openidea.uz/index.php/conf/article/view/227>
11. Азизов, А., Эргашев, Н., & Шадиев, С. (2022). Изменение свойств резины в процессе старения. *International conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century*, 1(8), 155–159. Retrieved from <http://openidea.uz/index.php/conf/article/view/222>
12. Азизов, А., Эргашев, Н., & Муталиев, В. (2022). Методика расчета безотказности элементов проектируемого автомобиля с применением коэффициентов коррекции. *International conference dedicated to the role and importance of innovative education in the 21st century*, 1(8), 160–165. Retrieved from <http://openidea.uz/index.php/conf/article/view/223>
13. Botir D. Ibragimov, Nurillo T. Ergashev, & Shotemur B. Shoikromov. (2022). Study of the effect of a new polymeric anticorrosion coating in transport technological machines on noise and vibration. *Global Scientific Review*, 8, 75–79. Retrieved from <http://www.scienticreview.com/index.php/gsr/article/view/64>