

Технологія машинобудування

УДК 62-932.4: 621.91.01-036

Волонцевич Д.О., д-р техн. наук; Запорожченко Е.Е., канд. физ.-мат. наук; Лавриненко С.Н., д-р техн. наук; Сазонова М.С., канд. физ.-мат. наук; Ярмач Н.С., канд. техн. наук

ПРОГРАММНО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Введение.

Повышение эффективности производства оптических компонентов приборов различного назначения предполагает, в первую очередь, повышение качества поверхностного слоя оптических изделий.

На качество поверхностно слоя, кроме исходных характеристик самого оптического материала влияют в той или иной степени практически все технологические факторы процесса механической обработки. Как показали результаты практических исследований [1-3], основное влияние на оптические свойства поверхности оказывают материал режущего инструмента и геометрические параметры его режущей части (в первую очередь - состояние режущих кромок в процессе эксплуатации и уровень их износа), параметры режима резания, наличие смазочно-охлаждающих технологических средств (включая ингибиторы свободных радикалов), точностные и жесткостные характеристики производственного оборудования и другие факторы. Немаловажную, а иногда решающую роль играет квалификация и профессионализм персонала, задействованного во всех сферах производственного процесса и организационные особенности построения высокоэффективного оптического производства [4].

Анализ публикаций и постановка задачи

Обеспечение требуемой точности линейных размеров наряду с обеспечением заданных параметров микрогеометрии поверхностного слоя является одной из приоритетных задач, решаемых при разработке эффективной технологии лезвийной механической обработки в процессе изготовления полимерной оптики.

Точность линейных размеров полимерных оптических элементов оказывает непосредственное влияние на точность сборки и оптические свойства готовых приборов. Многочисленные исследования [5 - 7] показали, что выявить и проанализировать закономерности распределения размеров деталей при их рассеивании возможно с помощью методов математической статистики, базирующихся на теории вероятностей.

В работах [6, 7] показано, что распределение действительных размеров деталей, обработанных на настроенных станках, подчиняются закону нормального распределения (закон Гаусса).

Теоретическое объяснение этому положению дает центральная теорема теории вероятностей – теорема Ляпунова, задающая общие условия, при которых распределение суммы взаимно независимых случайных слагаемых подчиняются закону нормального распределения.

© Д.О. Волонцевич, 2016

Эти условия заключаются в следующем:

- 1) влияние каждого из слагаемых на сумму ничтожно мало и примерно одинаково по своей величине, т.е. среди слагаемых нет доминирующих;
- 2) в состав суммы входит большое число взаимно независимых случайных величин.

При этом соответствии закон нормального распределения тем точнее, чем больше число слагаемых.

Методология оценки точности

Основываясь на работах [7 - 9], было принято решение, что оценка точности линейных размеров будет выполняться в следующей последовательности:

1. Проверяется соответствие распределения действительных линейных размеров закону нормального распределения.

2. Определяется количество годных и бракованных деталей для случая, когда настройка станка обеспечивает симметричное расположение кривой распределения по отношению к полю допуска.

3. Если поле фактического рассеивания ω_0 мм превосходит поле допуска T мм, следовательно, условие обработки без брака не выполнено и появление брака возможно.

$$\omega_0 = T_{изм}^{\max} - T_{изм}^{\min}, \quad (1)$$

где $T_{изм}^{\max}$ – максимальное из значений в выборке, мм;

$T_{изм}^{\min}$ – минимальное из значений в выборке, мм.

4. Производим расчет половины допуска на линейный размер

$$x_0 = \frac{T}{2}, \quad (2)$$

где T – допуск на линейный размер, мм;

x_0 – половина допуска на линейный размер, мм;

и расчет нормированного параметра распределения или коэффициент риска t_0

$$t_0 = \frac{x_0}{\sigma}, \quad (3)$$

где σ – среднеквадратичное отклонение.

5. Используя табличные значения функции Лапласа, в зависимости от t_0 , определяется количество годных деталей от половины всей партии.

6. Определяется количество годных и бракованных деталей для всей партии.

7. Производится анализ, полученных результатов и делаются выводы о степени налаженности технологического процесса.

Предложено также от линейных действительных размеров перейти к действительным отклонениям от номинальных размеров:

$$H_i = L_i - L_{ном}, \quad (4)$$

где H_i – отклонение i -го действительного размера от номинала, мм;

L_i – измеренная линейная величина i -го размера, мм;

$L_{ном}$ – номинальный размер данного типоразмера линейной величины, мм.

Для удобства и быстроты вычислений создана компьютерная программа, выполненная в *Excel*, которая позволила выполнить необходимый статистический анализ.

Практические результаты

На рис. 1 и 2 представлены практические результаты, позволяющие определить степень налаженности технологического процесса механической лезвийной обработки полимерных оптических изделий.

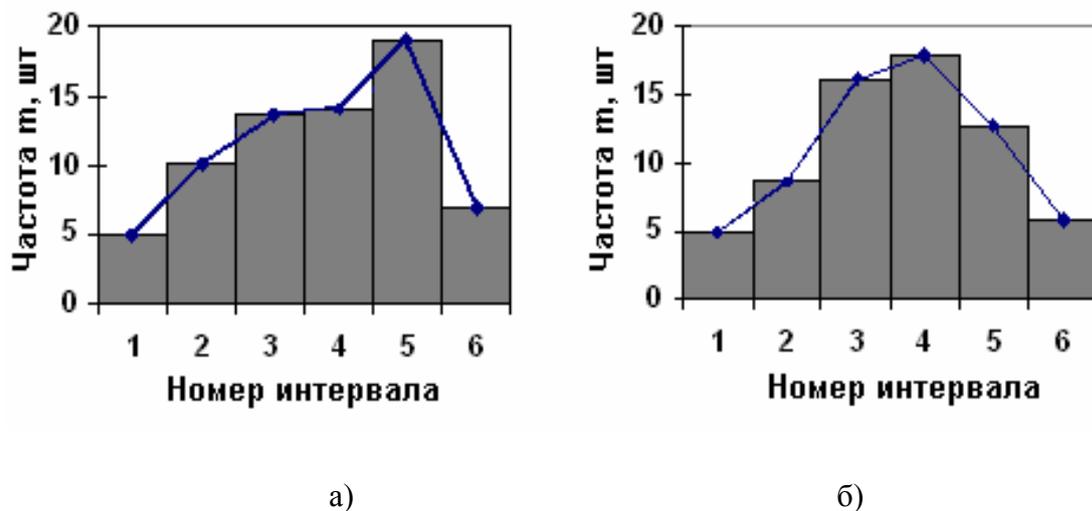


Рис. 1. Результаты расчета: а) эмпирическое распределение размера А, б) вероятностное распределение размера А

Для размера А: – эмпирический уровень значимости $\chi^2_{набл} = 4,644$;

– теоретический уровень значимости $\chi^2_{\alpha, \nu} = 7,815$;

$\chi^2_{\alpha, \nu} > \chi^2_{набл}$. – процесс налажен.

Для наглядности приведены результаты, характеризующие налаженный технологический процесс (рис. 1 – проанализирован размер А) и разлаженный технологический процесс (рис. 2 – проанализирован размер В).

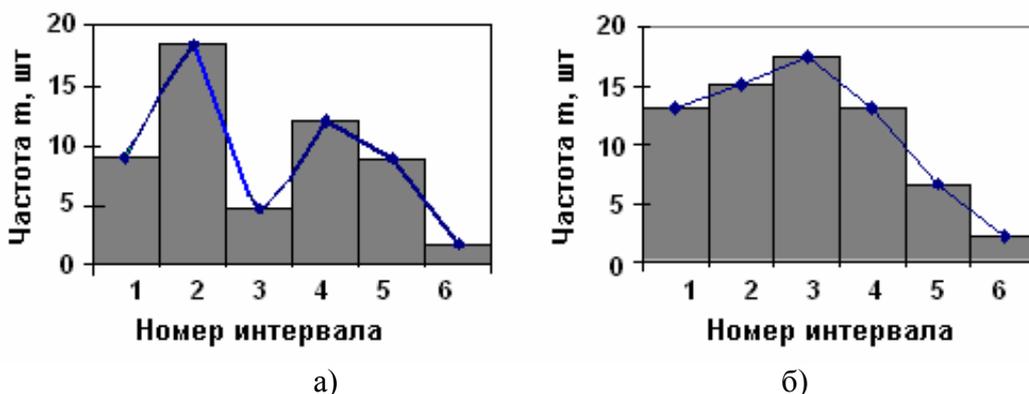


Рис. 2. Результаты расчета: а) эмпирическое распределение размера В, б) вероятностное распределение размера В

Для размера В: – эмпирический уровень значимости $\chi^2_{набл} = 13,996$;
 – теоретический уровень значимости $\chi^2_{\alpha,v} = 5,991$;
 $\chi^2_{\alpha,v} < \chi^2_{набл}$ – процесс разлажен.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты оценки точности линейных размеров А и В.

Таблица 1

Результаты статистической оценки точности обработки полимерных оптических элементов, характеризующие разлаженный технологический процесс

Линейный размер А (ширина)	Количество годных изделий, %	92,3...94,5
	Количество исправимого брака, %	0...1,5
	Количество окончательного брака, %	5,5...6,2
	Действительный разброс значений, мм.	0,05...0,13
Линейный размер В (высота)	Количество годных изделий, %	94,4...98,7
	Количество исправимого брака, %	1,3...2,9
	Количество окончательного брака, %	0...2,7
	Действительный разброс значений, мм.	0,05...0,1

Таблица 2

Результаты статистической оценки точности обработки полимерных оптических элементов, характеризующие налаженный технологический процесс

Линейный размер А (ширина)	Количество годных изделий, %	99,71...99,76
	Количество исправимого брака, %	0
	Количество окончательного брака, %	0,24...0,29
	Действительный разброс значений, мм.	0,005...0,05
Линейный размер В (высота)	Количество годных изделий, %	99...99,4
	Количество исправимого брака, %	0,6...1,0
	Количество окончательного брака, %	0
	Действительный разброс значений, мм.	0,005

Полученные на начальном этапе оценки результаты, характеризующие пробную партию изделий, указывают на разлаженность технологического процесса, требуемый технологический допуск не выдерживается. Одним из объяснений такого результата является широкая варьированность размеров оптических элементов, имеющих согласно ISO разные значения величин допуска. Однако условия CALS-технологии (все чертежи выполнены в электронном варианте) диктуют необходимость задать единый допуск на все размеры в 5 мкм.

Таким образом, можно выделить два организационно-производственных периода в процессе изготовления оптических элементов:

- I – начальный этап производства (технологический процесс еще не налажен);
- II – налаженный технологический процесс.

Выводы

Проведена программно-статистическая оценка налаженности технологического процесса механической лезвийной обработки полимерных оптических изделий. После определения количества брака в технологический процесс вносятся соответствующие коррективы, что позволяет сократить брак и обеспечить требуемый технологический допуск на линейные размеры оптических компонентов в 5,0 мкм.

Литература: 1. Лавриненко С.Н. Влияние инструментального материала и геометрических параметров режущего инструмента на качество биоинженерных изделий из полимеров // *Високі технології в машинобудуванні*. – Харків: НТУ "ХПІ", 2012. – Вип. 1 (22) – С. 164–167.. 2. Лавриненко С.Н. Лариненко С.Н. Особенности формирования и контроля функционального микрорельефа обработанной поверхности биоинженерных полимерных изделий // *Машинобудування*. – Харків: УПА, 2013. – Вип. 11. – С. 103-107.. 3. Запороженко Е.Е., Сазонова М.С., Лавриненко С.Н., Лавриненко И.С. Оперирование вероятностными характеристиками повышения качественных показателей процесса производства биоинженерных изделий // *Високі технології в машинобудуванні*. – Харків: НТУ "ХПІ", 2013. – Вип. 1 (23). – С. 61-67. 4. Лариненко С.Н. Технично-економічні передумови організації виробництва ультрапрецизійних биоинженерных полимерных изделий // *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. – Харків: НТУ "ХПІ", 2013. – № 7 (981). – С. 65-70. 5. Коваленко И.М., Филиппова А.А. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1973. – 168 с. 6. Егоров М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. – М.: Высшая школа, 1976. – С. 46-62. 7. Литовченко П.И., Тернюк Н.Э., Воронков В.И. Статистический метод определения годности партии деталей. – Харьков: ХПИ, 1989. – 21 с. 8. Маталин А.А. Точность механической обработки и проектирование технологических процессов. – Л.: Машиностроение, – 1970, С. 12–16. 9. Мердок Дж. Контрольные карты. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 151с.

Bibliography (transliterated): 1. Lavrinenko S.N. Vliyanie instrumental'nogo materiala i geometricheskikh parametrov rezhushchego instrumenta na kachestvo bioinzhenernykh izdelij iz polimerov // *Visoki tekhnologii v mashinobuduvanni*. – Harkiv: NTU "HPI", 2012. – Vip. 1 (22) – S.

164–167.. 2. Lavrinenko S.N. Larinenko S.N. *Osobennosti formirovaniya i kontrolya funktsional'nogo mikrorel'efa obrabotannoy poverhnosti bioin-zhenerykh polimernykh izdelij // Mashinobuduvannya. – Harkiv: UIPA, 2013. – Vip. 11. – S. 103-107.* 3. Zaporozhchenko E.E., Sazonova M.S., Lavrinenko S.N., Lavrinenko I.S. *Operirovanie veroyatnostnymi harakteristikami povysheniya kachestvennykh pokazatelej processa proizvodstva bioinzhenernykh izdelij // Visoki tekhnologii v mashinobuduvanni. – Harkiv: NTU "HPI", 2013. – Vip. 1 (23). – S. 61-67.* 4. Larinenko S.N. *Tekhniko-ehkonomicheskie predposylki organizatsii proizvodstva ul'traprecizion-nykh bioinzhenernykh polimernykh izdelij // Visnik Nacional'nogo tekhnichnogo universitetu "HPI". – Harkiv: NTU "HPI", 2013. – № 7 (981). – S. 65-70.* 5. Kovalenko I.M., Filippova A.A. *Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. – M.: Vysshaya shkola, 1973. – 168 s.* 6. Egorov M.E., Dement'ev V.I., Dmitriev V.L. *Tekhnolo-giya mashinostroeniya. – M.: Vysshaya shkola, 1976. – S. 46-62.* 7. Litovchenko P.I., Ter-nyuk N.EH., Voronkov V.I. *Statisticheskij metod opredeleniya godnosti partii deta-lej. – Har'kov: HPI, 1989. – 21 s.* 8. Matalin A.A. *Tochnost' mekhanicheskoy obrabotki i proektirovanie tekhnologicheskikh processov. – L.: Mashinostroenie, – 1970, S. 12–16.* 9. Merdok Dzh. *Kontrol'nye karty. – M.: Finansy i statistika, 1986. – 151s.*

Волонцевич Д.О., Запорожченко Е.Е., Лавриненко С.Н., Сазонова М.С., Ярмак Н.С.

**ПРОГРАММНО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В работе приведена методология программно-статистической оценки погрешности оптических компонентов из полимерных материалов в процессе их лезвийной механической обработки с целью повышения точности изготовления и качества поверхностного слоя готовых изделий и повышения общей эффективности производства.

Волонцевич Д.О., Запорожченко О.Є., Лавриненко С.М., Сазонова М.С., Ярмак М.С.

**ПРОГРАМНО-СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ПОХИБКИ ВИГОТОВЛЕННЯ
ОПТИЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ**

У роботі приведена методологія програмно-статистичної оцінки похибки оптичних компонентів з полімерних матеріалів в процесі їх лезової механічної обробки з метою підвищення точності виготовлення і якості поверхневого шару готових виробів і підвищення загальної ефективності виробництва.

Volontsevich D.O., Zaporozhchenko E.E., Lavrinenko S.N., Sazonov M.S., Jarmak N.S.

**SOFTWARE-STATISTICAL EVALUATION OF PRECISION MANUFACTURING
OF OPTICAL POLYMER PRODUCTS**

In the paper shows the methodology of software-statistical estimation error of the optical components from the polymeric materials in the process of single-point machining in order to improve accuracy of manufacturing and quality of the surface layer of finished products and improve overall production efficiency.