

UDC 621.86. 621. 629.3; 669.54. 793

Pugacheva A.I. Determination of errors by the method of mathematical statistics

Определение погрешностей методом математической статистики

Pugacheva A.I.

student of the Institute of Mechanics and Energy, K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

Scientific supervisor: **Toigambayev S.,**

PhD, Professor of the Department of Technical Service of Machinery and Equipment. K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow, Russia.

Пугачева А.И.

студент института механики и энергетики, Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Научный руководитель: Тойгамбаев С.К.

д.т.н., профессор кафедры технической сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Abstract. *With large manufacturing errors, parts may not fit their technological purpose or may be installed with excessive tension or gaps. The error of the machine directly affects the accuracy of manufacturing parts, and this in turn affects the quality of assembly and further operation of the mating parts. The article presents a method for calculating the error determination using a mathematical method, which allows you to determine the percentage of error and defects.*

Keywords: *mathematical method; hydraulic cylinder; screw-cutting lathe; diameter; field boundaries.*

Аннотация. При больших погрешностях изготовления детали могут не подойти к местам их технологического назначения или могут быть установлены с излишним натягом или с зазорами. Погрешность станка на прямую влияет на точность изготовления деталей, а это в свою очередь сказывается на качестве сборки и дальнейшей работы сопрягаемых деталей. В статье приведена методика расчета определения погрешности математическим методом, которая позволяет определить процент погрешности и брака.

Ключевые слова: математический метод; гидроцилиндр; винторезный токарный станок; диаметр; границы полей.

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

На примере изготовления партии втулок гидроцилиндра погрузчика ПК-2701 из проката на винторезном токарном станке 1К62 проведем расчеты погрешностей методом математической статистики. На винторезном токарном станке 1К62 изготавливается партия втулок гидроцилиндра погрузчика ПК-2701 из проката.

Требуется: 1. По данным фактических измерений диаметров втулок в партии деталей построить кривую рассеяния фактических размеров.

2. Сопоставить полученную кривую с теоретической кривой нормального

распределения.

3. Определить вероятность соблюдения заданного допуска, т.е. вероятность появления брака.

Исходные данные: Номинальный размер $d = 86^{+0,100}_{+0,050}$ мм.

Размер партии $n = 25$ шт.

Измеряем внутренние диаметры втулок.

Таблица 1

Результаты измерений, мм.

86,079	86,063	86,085	86,050	86,075
86,030	86,110	86,070	86,088	86,067
86,098	86,040	86,105	86,060	86,095
86,073	86,069	86,077	86,080	86,058
86,084	86,091	86,051	86,072	86,065

Приведенные размеры разбиваем на группы через интервал ΔL с указанием абсолютной частоты m_i появления размеров внутри каждого интервала. Полученные данные заносят в таблицу 2, заполняемую по ходу выполнения работы. Размеры L_i разбиваем на 10 групп через установленный интервал $\Delta L = 0,01$ мм.

Заполняем графу 4 таблицы 2 (L_i – средний размер в интервале).

Рассчитываем средний размер детали в партии по формуле:

$$L_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k L_i \cdot m_i \quad (1)$$

$$L_{cp} = \frac{215,865}{25} = 86,075 \text{ мм.}$$

Таблица 2

Результаты расчетов

№	Интервалы размеров	m_i	L_i m_i , мм	L_{cp}	$X_i = L_i - L_{cp}$, мм	$X_i^2 \cdot 10^4$, мм	$X_i^2 \cdot m_i \cdot 10^4$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	86,03-86,04	1	86,035	86,075	-0,04	16	16
2	86,04-86,05	1	86,045		-0,03	9	9
3	86,05-86,06	3	258,165		-0,02	4	12
4	86,06-86,07	5	430,325		-0,01	1	5
5	86,07-86,08	6	516,450		0	0	0
6	86,08-86,09	4	344,340		0,01	1	4
7	86,09-86,10	3	258,285		0,02	4	12
8	86,10-86,11	1	86,105		0,03	9	9
9	86,11-86,12	1	86,115		0,04	16	16
Σ		25	2151,865				83

Заполнить графу 6 таблицы 2.

Например для первой строки: $L_1 - L_{cp} = 86,035 - 86,075 = -0,04$ мм и т.д.

Заполняем графы 7 и 8 таблицы 2.

Например по первой строке: $X_i^2 \cdot 10^4 = (-0,04)^2 \cdot 10^4 = 16 \text{ мм.}$ и т.д.

Рассчитываем среднее квадратичное отклонение по формуле [21]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k m_i \cdot x_i^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k m_i \cdot x_i^2}{n \cdot 10^4}}; \quad (2)$$
$$\sigma = \sqrt{\frac{83}{25 \cdot 10^4}} = 0,02 \text{ мм.}$$

Определяем абсолютное поле рассеяния размеров по фактическим измерениям:

$$\varepsilon = L_{\max} - L_{\min}; \quad (3)$$
$$\varepsilon = 86,12 - 86,03 = 0,09; \text{ мм.}$$

Далее строим график рассеяния фактических размеров и кривую нормального распределения, которые представлены на рис. 3.4. Для построения кривой нормального распределения определяем следующие параметры по формулам:

а) максимальная ордината ($x = 0$): $Y_{\max} = 0,4 \cdot \frac{n \cdot \Delta L}{\sigma}; \quad (4)$

$$Y_{\max} = 0,4 \cdot \frac{25 \cdot 0,01}{0,02} = 5$$

б) ордината для точек перегиба: $Y_{\sigma} = 0,24 \cdot \frac{n \cdot \Delta L}{\sigma} \quad (5)$

$$Y_{\sigma} = 0,24 \cdot \frac{25 \cdot 0,01}{0,02} = 3$$

в) величина поля рассеяния: $X_{\max} = \pm 3 \cdot \sigma; \quad (6)$

$$X_{\max} = \pm 3 \cdot 0,02 = \pm 0,06 \text{ мм.}$$

Наносим на график величину заданного поля допуска с предельными размерами 86,1 мм и 85,95 мм. Через верхнюю и нижнюю границы поля допуска проводим ординаты до пересечения с кривой нормального распределения.

Величина заштрихованной площади в границах поля допуска, отнесенная ко всей площади кривой нормального распределения, определяет вероятность получения деталей, выходящих за пределы поля допуска, т.е. вероятность получения брака.

Определяем величину смещения центра поля рассеяния по формуле:

$$\Delta L = L_{cp} - \frac{L_B - L_H}{2}. \quad (7)$$

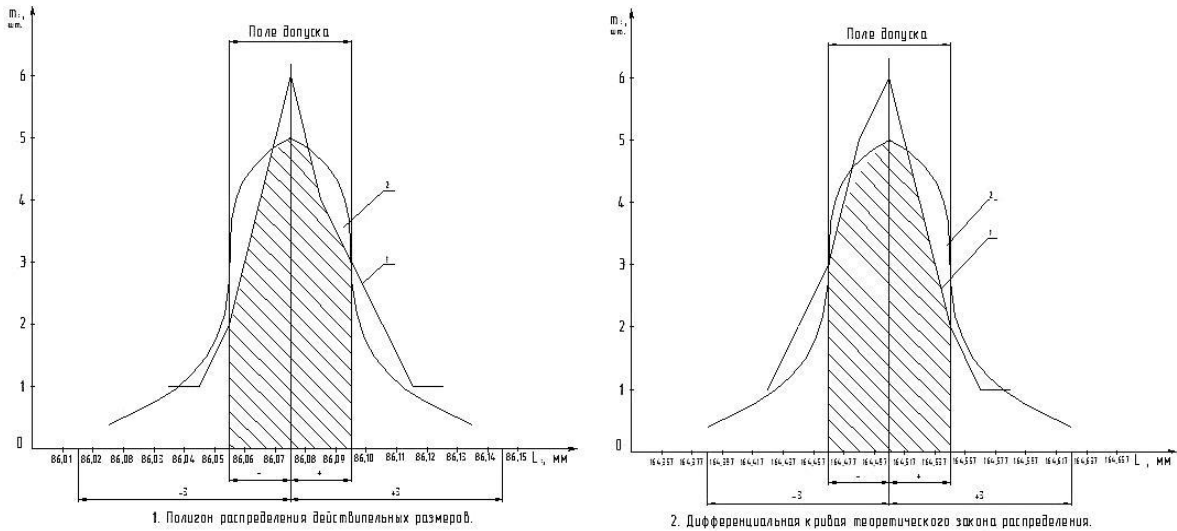


Рис. 1. Кривая рассеивания фактических размеров и номинального распределения.

Номинальный размер $d = 86^{0,0001}_{0,0001} \pm 0,02\text{мм.}, \pm = 0,06\text{мм.}$

$$\Delta L = 86,075 - \frac{86,1 - 86,05}{2} = 0$$

Определяем значения аргумента для верхнего и нижнего предельных значений поля допуска по формулам:

$$Z_B = \frac{L_B - L_{cp}}{\sigma} \quad (8)$$

$$Z_B = \frac{86,1 - 86,075}{0,02} = 1,25$$

$$Z_H = \frac{L_H - L_{cp}}{\sigma} \quad (9)$$

$$Z_H = \frac{86,05 - 86,075}{0,02} = -1,25$$

Определяем вероятность получения брака по формулам:

а) по верхнему пределу допуска: $\tau_B = [0,5 - F(Z_B)] \cdot 100 \quad (10)$

$$\tau_B = [0,5 - 0,4192] \cdot 100 = 8,08 \%$$

б) по нижнему пределу допуска: $\tau_H = [0,5 - F(Z_H)] \cdot 100 \quad (11)$

$$\tau_B = [0,5 - 0,4192] \cdot 100 = 8,08 \%$$

Аналогично выполняем расчеты на вторую поверхность обрабатываемой детали.

Исходные данные: Номинальный размер $d = 164,6^{0,043}_{-0,143}$ мм.

Размер партии $n = 25$ шт.

Измеряем наружные диаметры втулок.

Таблица 3

Результаты измерений, мм.

164,417	164,511	164,517	164,497	164,462
164,495	164,555	164,447	164,556	164,499
164,525	164,475	164,535	164,489	164,479
164,453	164,595	164,477	164,537	164,520
164,515	164,481	164,501	164,458	164,509

Приведенные размеры разбиваем на группы через интервал ΔL с указанием абсолютной частоты m_i появления размеров внутри каждого интервала. Полученные данные заносят в таблицу 4, заполняемую по ходу выполнения работы. Размеры L_i разбиваем на 10 групп через установленный интервал

$$\Delta L = 0,02 \text{ мм.}$$

Таблица 4

Результаты расчетов

№	Интервалы размеров	m_i	L_i m_i , мм	L_{cp}	$X_i=L_i-L_{cp}$, мм	$X_i^2 \cdot 10^4$, мм	$X_i^2 \cdot m_i \cdot 10^4$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	164,417-164,437	1	164,427	164,502	-0,075	56,25	56,25
2	164,437-164,457	2	328,894		-0,055	30,25	60,5
3	164,457-164,477	3	439,401		-0,035	12,25	36,75
4	164,477-164,497	5	822,435		-0,015	2,25	11,25
5	164,497-164,517	6	987,042		0,005	0,25	1,5
6	164,517-164,537	4	658,108		0,025	6,25	25
7	164,537-164,557	2	329,094		0,045	20,25	40,5
8	164,557-164,577	1	164,567		0,065	42,25	42,25
9	164,577-164,597	1	164,587		0,085	72,25	72,25
	Σ	25	4112,555				364,25

Заполняем графу 4 таблицы 4 (L_i – средний размер в интервале).

Рассчитываем средний размер детали в партии: $L_{cp} = \frac{4112,555}{25} = 164,502$ мм.

Заполнить графу 6 таблицы 4.

Например для первой строки: $L_1 - L_{cp} = 164,427 - 164,502 = -0,075$ мм и т.д.

Заполняем графы 7 и 8 таблицы 4.

Например по первой строке: $X_i^2 \cdot 10^4 = (-0,075)^2 \cdot 10^4 = 56,25$ мм. и т.д.

Рассчитываем среднее квадратичное отклонение: $\sigma = \sqrt{\frac{364,25}{25 \cdot 10^4}} = 0,04$ мм.

Определяем абсолютное поле рассеяния размеров по фактическим измерениям:

$$\varepsilon = 164,597 - 164,417 = 0,18; \text{ мм.}$$

Далее строим график рассеяния фактических размеров и кривую нормального распределения, которые представлены на листе 5 графической части. Для построения кривой нормального распределения определяем следующие параметры:

а) максимальная ордината ($x = 0$):
$$Y_{\max} = 0,4 \cdot \frac{25 \cdot 0,02}{0,04} = 5$$

б) ордината для точек перегиба:
$$Y_{\sigma} = 0,24 \cdot \frac{25 \cdot 0,02}{0,04} = 3$$

в) величина поля рассеяния:
$$X_{\max} = \pm 3 \cdot 0,04 = \pm 0,12 \text{ мм.}$$

Наносим на график величину заданного поля допуска с предельными размерами 164,557 мм и 164,457 мм. Через верхнюю и нижнюю границы поля допуска проводим ординаты до пересечения с кривой нормального распределения. Величина заштрихованной площади в границах поля допуска, отнесенная ко всей площади кривой нормального распределения, определяет вероятность получения деталей, выходящих за пределы поля допуска, т.е. вероятность получения брака.

Определяем величину смещения центра поля рассеяния:

$$\Delta L = 164,502 - \frac{164,557 - 164,457}{2} = -0,005 \text{ мм}$$

Определяем значения аргумента для верхнего и нижнего предельных значений поля допуска:

$$Z_B = \frac{164,557 - 164,502}{0,02} = 2,75; \quad Z_H = \frac{164,457 - 164,502}{0,04} = -1,1$$

Определяем вероятность получения брака:

а) по верхнему пределу допуска:
$$\tau_B = [0,5 - 0,4112] \cdot 100 = 8,9 \%$$

б) по нижнему пределу допуска:
$$\tau_B = [0,5 - 0,4332] \cdot 100 = 6,7 \%$$

Не мало важное значение имеет выбор технологического оборудования, приспособлений и измерительного инструмента, установки технологических баз. Оборудование, инструмент и приспособления для большинства операций указываются в технологических процессах изготовления детали.

При выборе технологических баз необходимо руководствоваться правилами шести точек, неизменности баз и совмещения баз. Технологической называется база, определяющая положение обрабатываемой детали относительно режущего инструмента и принадлежащая приспособлению. Назначение технологических баз является одним из наиболее сложных разделов проектирования технологических процессов. От правильности выбора баз зависит точность выполнения линейных

размеров детали, степень сложности приспособлений, режущего и измерительного инструмента, производительность обработки. При выборе технологических баз весьма полезным будет просмотр и анализ типовых технологических маршрутов обработки аналогичных деталей. Выбор технологических баз и схемы закрепления обрабатываемой детали представлены в таблице 5.

Таблица 5

Выбор технологических баз.

№ опер.	Теоретическая схема базирования	Описание установки
015 020 025 030 055 060		В трехкулачковом патроне с базированием по наружной поверхности с упором в торец.
035 050		Установка в центрах
040		В накладном кондукторе

Выводы.

В качестве исходных данных используют технологический процесс, разработанный на предприятии. Установленная последовательность операция механической обработки позволяет достигнуть заданной точности размеров детали и качества поверхности. Метод математической статистики позволяет определить процент брака. Выбирая черновые, промежуточные и чистовые базы стремимся обеспечить соблюдение принципа единства технологических баз, что значительно уменьшает погрешность обработки, которая ведется на универсальном оборудовании, токарно-винторезных станках и высоко-производительным режущим инструментом. Вышеперечисленные достоинства базового технологического процесса позволяют вести обработку деталей с наименьшими затратами времени, уменьшением себестоимости изготовления деталей, обеспечивая при этом необходимую точность.

References

1. Апатенко А.С. Влияние срока службы машин на их эксплуатационную надежность при выполнении мелиоративных работ // Техника и оборудование для села. 2013. № 10. С. 4-6.
2. Гусев С.С., Боярский В.Н. Регенерация отработанных моторных и гидравлических масел при эксплуатации автотракторной и сельскохозяйственной техники. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2015. № 2. С. 76.
3. Дидманидзе О.Н., Чепурин А.В., Карев А.М., Кушнарев С.Л. Надежность технических систем./ Учебное пособие. (2-е издание, переработанное и дополненное). ООО "Триада" Москва, 2016. С. 232.
4. Карапетян М.А. Повышение эффективности технологических процессов путём уменьшения уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных тракторов диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Московский государственный университет природообустройства. Москва, 2010
5. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Методическое пособие. Издат. «Мегаполис». г. Москва. 2020. С.25
6. Тойгамбаев С.К., Дидманидзе О.Н., Апатенко А.С., Парлюк Е.П., Севрюгина Н.С. Работоспособность технических систем./ Учебник для ВУЗов по изучению дисциплины / Москва, 2022.
7. Тойгамбаев С.К. Технология производства транспортных и технологических машин природообустройства./ Учебник / Москва. 2020. 484с.
8. Орлов Б.Н., Карапетян М.А., Матвеев А.С. Влияние индустриализации сельского хозяйства на конструктивную надежность машин АПК./ Международный технико-экономический журнал. 2018. № 3. С. 72-77.
9. Niyazbekova S., Troyanskaya M., Toygambayev S., Rozhkov V., Zhukov A., Aksenova E., Ivanova O. Instruments for financing and investing the "GREEN" economy in the countrys environmental projects./ В сборнике: E3S Web of Conferences. 22. Сер. "22nd International Scientific Conference on Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies, EMMFT 2020" 2021. С. 10054.

CONCLUSION