

## Изследване влиянието на неопределеността при измерване върху сортирането на обработените детайли

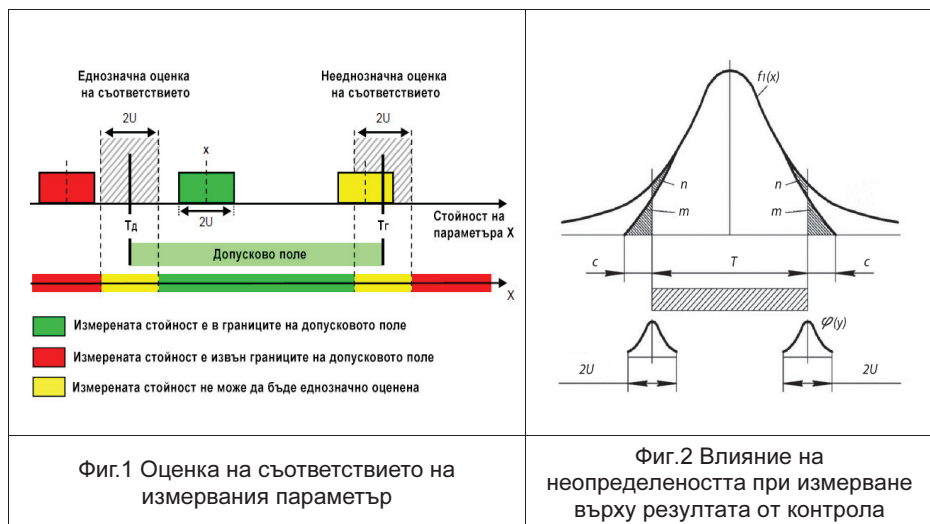
Павлина Тотева, Димка Василева

**Study the impact of measurement uncertainty on sorting of machined parts:** In this paper the analysis of the acceptance inspection process of geometric parameters of the machine details is made. A review of methods for determining the impact of measurement uncertainty on the result of products grading is done, i.e. determination of correctly received, correctly discarded, improperly discarded (type I errors -  $n$ ) and incorrectly received (type II errors -  $m$ ) details.

**Key words:** Uncertainty of Measurement, Type I and Type II Errors, Random Number Generation, Computer Experiment.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Въпросите, свързани с избора на необходимата точност на измервателните средства (ИС), имат голямо значение при решаването на дадена метрологична задача. Неопределеността при измерването взаимодейства с действителните размери на детайлите и оказва влияние върху окончателните резултати на контрола. Това се отнася само за детайли, размерите на които са разположени близо до границите на допусковото поле. Практически това условие засяга детайлите, които имат действително отклонение от границите на допускателна зона, съответстваща на разположението на неопределеността при измерването (Фиг. 1).



Оптималното съотношение между точността на технологичния процес и неопределеността при измерване, позволява постигане на определена точност на изделията при минимални разходи за труд и материални ресурси. Поради наличие на неопределеност при измерването, винаги възниква неправилно окачествяване на детайлите, което се оценява чрез следните три параметъра (фиг.2) [1, 2]:

$m$  – вероятността дефектни детайли да бъдат приети за годни;

$n$  – вероятността годни детайли да бъдат приети за негодни;

$c$  – вероятностна гранична стойност на излизане на размерите на негодните детайли, приети за годни, извън границите на допусковото поле.

**ОПРЕДЕЛЯНЕ ВЛИЯНИЕТО НА НЕОПРЕДЕЛЕНОСТТА ПРИ ИЗМЕРВАНЕ ВЪРХУ РЕЗУЛТАТА ОТ ОКАЧЕСТВЯВАНЕ НА ИЗДЕЛИЯТА**

Оценката на неопределеността при измерване върху резултатите от качествяването може да стане по различни методи [3, 4, 5].

При взаимодействието на неопределеността при измерването с функция на разпределение  $\varphi(y)$  и технологичното разсейване на контролираните размери  $f(x)$ , се получава сумарно разпределение, както е показано на Фиг. 2. При анализ на кривата на разпределение на измерените стойности, могат да се разграничат следните групи изделия, определящи се по зависимостите:

$$P_{\text{ПП}} = \int_{X_{\text{д}}}^{X_{\text{г}}} f(x) \int_{X_{\text{д}}-X}^{X_{\text{г}}-X} \varphi(y) dy dx, \tag{1}$$

$$P_{\text{НП}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{г}}} f(x) \int_{X_{\text{д}}-X}^{X_{\text{г}}-X} \varphi(y) dy dx + \int_{X_{\text{г}}}^{\infty} f(x) \int_{X_{\text{д}}-X}^{X_{\text{г}}-X} \varphi(y) dy dx, \tag{2}$$

$$P_{\text{НБ}} = \int_{X_{\text{д}}}^{X_{\text{г}}} f(x) \left( \int_{\infty}^{X_{\text{д}}-X} \varphi(y) dy + \int_{X_{\text{г}}-X}^{\infty} \varphi(y) dy \right) dx, \tag{3}$$

$$P_{\text{ПБ}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{д}}} f(x) \left( \int_{-\infty}^{X_{\text{д}}-X} \varphi(y) dy + \int_{X_{\text{г}}-X}^{\infty} \varphi(y) dy \right) dx + \int_{X_{\text{г}}}^{\infty} f(x) \left( \int_{-\infty}^{X_{\text{д}}-X} \varphi(y) dy + \int_{X_{\text{г}}-X}^{\infty} \varphi(y) dy \right) dx, \tag{4}$$

Където  $P_{\text{ПП}}$  е вероятността, годно изделие да бъде прието за годно;

$P_{\text{НП}}$  ( $m$ ) – вероятността, негодно изделие да бъде прието за годно - грешка от 2-ри род;

$P_{\text{НБ}}$  ( $n$ ) – вероятността, годно изделие да попадне при негодните - грешка от 1-ви род;

$P_{\text{ПБ}}$  – вероятността, негодно изделие да попадне при бракуваните.

$f(x)$ ,  $f(y)$  - съответно плътността на разпределение на размерите на детайлите и на неопределеността при измерване;

$X_{\text{г}}$ ,  $X_{\text{д}}$  – съответно горното и долното гранично отклонение на контролирания параметър.

$$Y=X+y, \tag{5}$$

$X$  е действителната стойност на контролирания параметър;

$Y$  – измерената стойност на контролирания параметър;

$y$  – получената грешка при измерване (контрол).

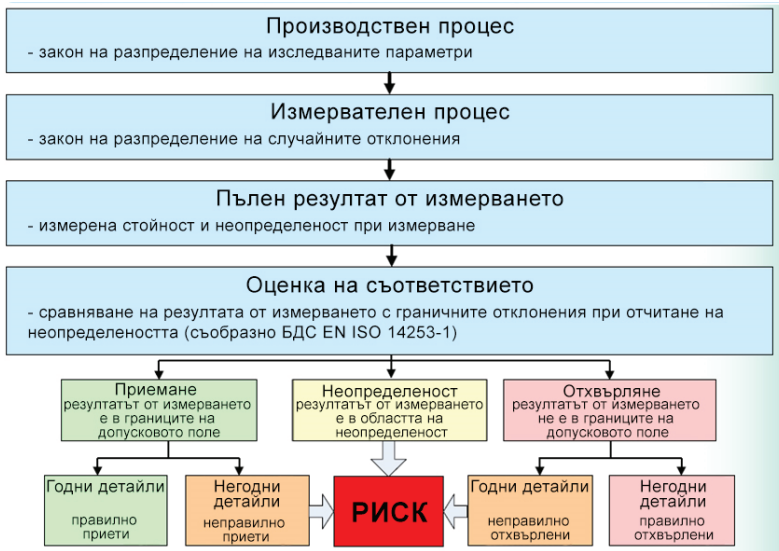
В редица публикации [3, 4, 5] са дадени графико-аналитични методи за пресмятане вероятностните характеристики  $m$ ,  $n$  и  $c$  за различни закони на разпределение на измервания параметър и на грешките при измерване при отчитане на броя на контролираните параметри и зависимостите между тях.

В [5] са дадени графични зависимости, по които в зависимост от точността на производствения процес и на измервателното средство и на законите на разпределение може да се определят стойностите на  $m$ ,  $n$  и  $c$ .

Графоаналитичния метод за пресмятане е приблизителен метод, при който за постигане на подходяща за практиката точност (например 10%) при пет влияещи

вероятностни характеристики на параметрите и няколко вида закони на разпределение са необходими стотици графики и таблици за да се обхванат всички диапазони на изменение на контролираните параметри и реалните закони на разпределение.

В настоящата разработка, формулираният по-горе проблем е решен чрез прилагане на симулационно моделиране и компютърно генериране на случайни грешки, чрез използване на софтуерният продукт Microsoft Excel. На Фиг. 3 е дадена последователност на оценката на съответствието.



Фиг. 3 Последователност на оценка на съответствието

За целта е разработена симулационна електронна таблица, която включва в себе си редове, в които се записва броят на измерваните детайли, за които се определят действителните отклонения, получени след обработката, неопределеността при измерване, както и резултатите от контрола (Таблица 1).

В първата колона се записват поредните номера на детайлите. Във втората колона се симулират действителните отклонения на размерите на измервания параметър  $E_d$ , получени при приетите параметри за точност на технологията. В колона 3 се посочва оценка на годността на детайлите по двустепенна скала:

- за годен се счита детайла, чийто размери са в допусковото поле ( $\beta_d = 1$ );
- за негоден съответно детайл с размери извън допусковото поле ( $\beta_d = 0$ ).

В колона 4 се симулира неопределеността при измерване. Изследванията са проведени за два закона на разпределение, съответно равномерно и нормално разпределения.

В колона 5 се записват измерените стойности, които се получават при сумиране на колона 2 и колона 4.

В колона 6 се вписва оценка на годността на детайлите след измерване  $\beta_i$  по двустепенна скала, аналогично на колона 3.

Колони 7, 8, 9 и 10 се попълват въз основа на ниво на годност –  $\beta_d$  (колона 3) и ниво на годност след измерването –  $\beta_i$  (колона 6), в които се определят съответно

правилно бракуваните, неправилно бракуваните, правилно приетите и неправилно приетите детайли.

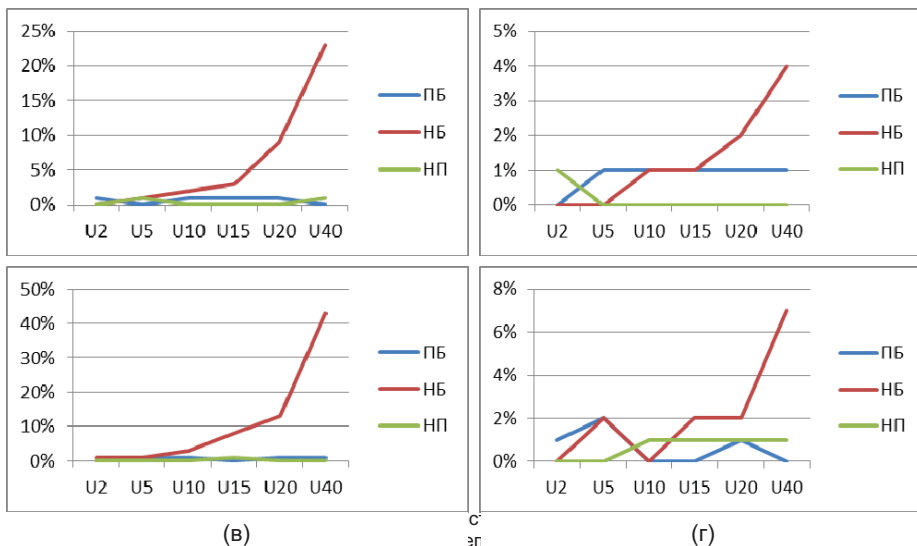
Компютърната симулация позволява да се моделира действителна стойност, която в реални условия на изработка е невъзпроизводима [3].

Таблица 1. Електронна симулационна таблица

№ на измерването	Действително отклонение Ед, [µm]	Ниво на годност -βд	Неопределеност при измерването, [µm]	Измерено отклонение Еи, [µm]	Ниво на годност след измереното-βи	Окачествяване на:			
						ПБ	НБ	ПП	НП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-44	0	-7	-51	0	1	0	0	0
2	18	1	26	44	0	0	1	0	0
3	-9	1	12	2	1	0	0	1	0
4	18	0	1	-17	1	0	0	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Общо:		Σ=...			Σ=...	Σ=...	Σ=...	Σ=...	Σ=...

Действителните размери се разпределят по нормален закон на разпределение. При това изследване средно квадратичното отклонение за технологичния процес е прието  $s = T/6 \mu\text{m}$ . Изследването е проведено за интервал номинални размери 80-120 mm и степени на точност 7,8, 9 и 10, за които големината на допуските са съответно  $T = 35, 54, 87$  и  $140 \mu\text{m}$ . При изследванията, неопределеността се задава в интервала от  $\pm 2 \mu\text{m}$  до  $\pm 40 \mu\text{m}$ .

На Фиг. 4.(а, б, в, г) са представени графично получените зависимости за влиянието на разширената неопределеност  $U$  върху процента правилно бракувани (ПБ), неправилно бракувани (НБ) и неправилно приети (НП) детайли. На Фиг. 4 (а, б), са представени резултатите съответно при степен на точност 7 ( $T=35\mu\text{m}$ ) и 9 ( $T=87 \mu\text{m}$ ) и нормален закон на разпределение на неопределеността, а на Фиг. 4 (в, г) - съответно при степен на точност 7 ( $T=35\mu\text{m}$ ) и 9 ( $T=87\mu\text{m}$ ) и закон на равната вероятност на разпределение на неопределеността.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е симулационен модел на действителните размери и на неопределеността при измерване, с цел определяне на параметрите при окачествяване на изделията, с помощта на който е проведено изследване за да се установи влиянието на разширената неопределеност на измервателните средства при измерване на линейни размери и са установени грешките от 1 - ви и 2 - ри вид.

Получените резултати могат да се използват при технико-икономически пресмятания при избора на измервателни средства със съответна неопределеност при решаване на дадена метрологична задача.

Като задача за бъдещи изследвания е разработването на модел за определяне на вероятностната величина за граничната стойност на неправилно приетите детайли (с), с цел коригиране границите на приемане.

Повишаването на точността на измерване води до следните резултати, които се отчитат при технико-икономическите пресмятания: повишаването на точността на измерването дава възможност за по-точно регулиране на точността на производствения процес. Икономическият ефект се определя от допълнително произвежданата продукция и от икономията на суровини. По-точните измервания позволяват да се намали производствения допуск, а следователно да се повиши качеството на изделията. Този резултат се получава при по-точно сортиране без да се променя производствения допуск. Икономическият ефект в този случай се определя от повишените експлоатационни свойства на изделията. Повишаването на точността на измерването води до намаляване на броя на неправилно приетите и неправилно бракувани изделия.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Пацера С. Т., В.И. Корсун, С. С. Курдюков, Изучение влияния расширенной неопределенности второго рода на риски изготовителя и заказчика методом статистического моделирования, ХУПС, 2006.

[2] Азаров А.В., А.Л. Войчишен, В.И. Корсун, С.Т. Пацера Метод статистического моделирования при изучении влияния расширенной неопределенности на риски заказчика и изготовителя метрической резьбы, ХУПС, 2009.

[3] Т.Н.К. Kao. Sampling procedures and Tables for Inspection by Variables for per cent Defectives (Based on the Weibull Distribution.) - Proceeding Tenth National Symposium on Reliability and Quality Control, 1984, p.41 —56.

[4] Коротков В.П., Тайц Б.А. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств. - М.: Издательство стандартов, 1978. — 324 с.

[5] РД 50-98-86 Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм, Москва, Издательство Стандартов, 1987

## БЛАГОДАРНОСТИ

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект ДП14/2014 г. „Планиране контрола на качеството” в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

### За контакти:

Павлина Калчева Тотева, Катедра “Технология на Машиностроенето и Металорежещи Машини”, Технически Университет - Варна, тел: 0894 663 008, e-mail: pavlina\_toteva@abv.bg= Димка Костадинова Василева, Катедра “Технология на Машиностроенето и Металорежещи Машини”, Технически Университет - Варна, тел.: 0883 313 325, e-mail: dimkakostadinova@abv.bg ДП14/2014

**Докладът е рецензиран.**