



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Consulting point pro rozvoj spolupráce v oblasti řízení inovací a transferu technologií

Klíčová aktivita:

Spolupráce pro uplatnění zavádění vysoce přesných technologií obrábění Teoretické a aplikační základy technologie II

Výukové texty



**Doc. Ing. Jaroslav PROKOP, CSc.
FSI VUT v Brně**

Březen 2010



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Obsah:

Úvod

1. Přesnost a kvalita obrobených ploch
2. Kontrola přesnosti a kvality obrobeného povrchu ve výrobním procesu
3. Statistická interpretace parametrů přesnosti obrobené plochy
4. Požadavky na přístrojové vybavení pro kontrolu přesnosti a jakosti obrobených ploch
5. Dosažitelná přesnost a ekonomická rentabilita vysoce přesných metod obrábění
6. Vliv řezných podmínek na časovou a cenovou náročnost produkce
7. Požadavky na obráběcí stroje pro vysoce přesné metody obrábění
8. Optimalizace technologických procesů vysoce přesného obrábění
9. Statistické hodnocení stability velmi přesných výrobních procesů
10. Doporučení pro zavádění a využívání vysoce přesných metod obrábění ve výrobě

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Úvod

Předmětem této části projektu je analýza a konkretizace řešené problematiky v oblasti reálné aplikace v provozních podmínkách. Jednotlivé oblasti jsou zaměřeny na technologické charakteristiky a požadavky na příslušné technologické systémy. V mezích možností jsou zpracované části doplněny konkrétními příklady pro snazší orientaci potenciálních uživatelů.

1 Přesnost a kvalita obrobených ploch

Přesnost a kvalita obrobené plochy představuje integrovaný výstup daného obráběcího procesu.

Parametry přesnosti a kvality posuzované obrobené plochy se konkretizují jako parametry přesnosti k nimž patří zejména:

- úchylka rozměru - úchylka od jmenovité hodnoty
- úchylka tvaru - úchylka přímosti, úchylka kruhovitosti, úchylka válcovitosti
- úchylka polohy - úchylka rovnoběžnosti, úchylka kolmosti, úchylka souososti
- struktura povrchu - průměrná aritmetická úchylka Ra, největší výška profilu Rz

V některých speciálních případech se mohou kvantifikovat další parametry jako druh a velikost napětí v povrchové vrstvě obrobené plochy, mikrotvrdost povrchové vrstvy

Specifikované parametry přesnosti a kvality obrobené plochy závisí na mnoha technologických faktorech, které lze z hlediska jejich charakteru členit na:

- systematicky konstantní - chyba v seřízení obráběcího stroje, úchylka rozměru a tvaru nástroje
- systematicky proměnné - opotřebení nástroje, tepelné deformace obráběcího systému
- náhodné - rozptýlení přídavků na obrábění, rozptýlení vlastností materiálu

Parametry přesnosti a kvality obrobené plochy se kvantifikují pro identifikovaný obráběcí proces, kdy se identifikuje zejména obrobek, obráběcí metoda, obráběcí stroj, nástroj a řezné podmínky.

Přesnost obrobené plochy je obecně funkcí přesnosti a technologických vlastností obráběcího stroje, nástroje, obrobku, upínače a řezných podmínek.

Obráběcí stroj má z hlediska přesnosti obrobené plochy obvykle prioritní postavení a jeho vlastnosti zpravidla rozhodujícím způsobem ovlivňují realizované parametry přesnosti obrobené plochy.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

2 Kontrola přesnosti a kvality obrobeného povrchu ve výrobním procesu

- Kontrola a měření.
- Měření rozměrů.
- Měření tvarů.
- Měření úchylek polohy.
- Měření parametrů struktury povrchu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

3 Statistická interpretace parametrů přesnosti obrobené plochy

Přesnost obrobené plochy se v závislosti na technologických aspektech identifikovaného obráběcího procesu kvantifikuje na základě obrobení určitého počtu vhodně zvolených zkušebních obrobků.

Pro zobecnění výsledků prováděné analýzy je důležitá identifikace podmínek, za kterých byly kvantifikované parametry přesnosti obrobené plochy vyšetřeny. Z praktického hlediska se identifikuje zejména obráběcí metodu, obráběcí stroj, zkušební obrobek, nástroj a řezné podmínky. Pro identifikovaný obráběcí proces a pro hodnocené plochy zkušebního obrobku se specifikují parametry přesnosti a navrhne se metodický postup jejich měření. Součástí měřicích postupů jsou rovněž základní charakteristiky použitých měřicích přístrojů.

Úchylky obrobené plochy mají vesměs charakter spojitých náhodných proměnných a při kvantifikaci přesnosti obrobené plochy se jejich hodnoty vyšetří na základě obrobení určitého počtu zkušebních obrobků. Počet zkušebních obrobků se obecně označí n a volí se s ohledem na očekávaný průběh a trendy posuzované úchylky a charakter obráběcího procesu. Pro ustálené obráběcí procesy, kdy technologické vlivy na přesnost jsou převážně náhodného charakteru je možné doporučit $n \geq 5$. Pro případ, kdy je zřejmý trend změny parametrů přesnosti a kdy převažují systematicky proměnné vlivy bude třeba volit větší počet zkušebních obrobků.

Statistická interpretace parametrů přesnosti dané obrobené plochy se provede na základě předpokladu o průběhu a trendech hodnocených veličin. Formulace těchto předpokladů případně hypotéz vychází ze znalosti podobných či analogických obráběcích procesů. Metodické postupy a výstupní závěry celé analýzy se použijí v závislosti na vstupních předpokladech a hypotézách. Z hlediska řešené problematiky se rozliší obráběcí procesy, které korespondují s určitým statistickým rozdělením hodnocených veličin a obráběcí procesy u nichž je rozdělení posuzovaných veličin neznámé. Při analýze obráběcích procesů se z hlediska parametrů jejich přesnosti často pracuje s normálním rozdělením, přičemž hypotéza normálního rozdělení uvažované náhodné veličiny může být ověřena vhodným testem normality.

3.1 Normální rozdělení parametru přesnosti obrobené plochy

Normální rozdělení parametrů přesnosti obrobené plochy se uplatní zejména v těch případech, kdy převažuje náhodný charakter technologických vlivů a kdy systematicky proměnné vlivy jsou během obráběcího procesu korigovány nebo eliminovány. Uvedené podmínky jsou splněny např. pro obráběcí proces realizovaný na CNC obráběcím stroji s diagnostikou stavu nástroje a tepelných deformací stroje nebo pro obráběcí proces realizovaný na univerzálním obráběcím stroji s kvalifikovanou obsluhou v malosériové výrobě.

Výchozí údaje pro statistickou interpretaci jsou parametry přesnosti obrobené plochy realizované na n zkušebních obrobcích, které se obecně označí $x_1, x_2 \dots x_i \dots x_n$.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Tyto veličiny se z hlediska dalšího statistického zpracování považují za náhodný výběr z normálně rozděleného základního souboru, který charakterizuje střední hodnota m a směrodatná odchylka σ .

Metodický postup se rozliší v závislosti na tom, zda jsou nebo nejsou známy parametry normálního rozdělení posuzovaných parametrů přesnosti obrobené plochy. Obvykle však ani střední hodnota m a ani směrodatná odchylka σ nejsou známy a proto se pracuje s příslušnými odhady. Pro zvolené parametry přesnosti obrobené plochy se v řešeném případě kvantifikuje odhad střední hodnoty, konfidenční interval střední hodnoty a statistický toleranční interval.

3.1.1 Odhad střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy

Odhad střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy se označí \bar{x} a vyjádří se jako výběrový průměr definovaný vztahem:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

3.1.2 Konfidenční interval střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy

Odhad střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy \bar{x} je však sám o sobě také náhodnou veličinou. V souvislosti s touto skutečností se určí dvoustranný nebo jednostranný konfidenční interval pro střední hodnotu parametru přesnosti obrobené plochy. Meze konfidenčního intervalu limitují skutečnou velikost střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy s určitou předem zvolenou pravděpodobností.

Dvoustranný konfidenční interval střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy je ohraničen mezemi, pro které platí:

$$P (m_{D2} < m < m_{H2}) = 1 - \alpha \quad (3.2)$$

m_{D2} - dolní mez dvoustranného konfidenčního intervalu střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy

m_{H2} - horní mez dvoustranného konfidenčního intervalu střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy

m - střední hodnota parametru přesnosti obrobené plochy

$1 - \alpha$ - konfidenční úroveň

Jednostranné konfidenční intervaly střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy jsou ohraničeny mezemi, pro které platí:

$$P (m_{D1} < m) = 1 - \alpha \quad (3.3)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

$$P(m < m_{H1}) = 1 - \alpha \quad (3.4)$$

m_{D1} - dolní mez jednostranného konfidenčního intervalu střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy

m_{H1} - horní mez jednostranného konfidenčního intervalu střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy

Meze konfidenčních intervalů střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy se vyčíslí na základě odhadu střední hodnoty \bar{x} a odhadu směrodatné odchylky s dle vztahů:

$$m_{D2} = \bar{x} - t_{1-\alpha/2; n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

$$m_{H2} = \bar{x} + t_{1-\alpha/2; n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.6)$$

$$m_{D1} = \bar{x} - t_{1-\alpha; n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.7)$$

$$m_{H1} = \bar{x} + t_{1-\alpha; n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.8)$$

$t_{1-\alpha/2; n-1}$ - $1-\alpha/2$ -kvantil Studentova t rozdělení s $(n-1)$ stupni volnosti

$t_{1-\alpha; n-1}$ - $1-\alpha$ -kvantil Studentova t rozdělení s $(n-1)$ stupni volnosti

s - odhad směrodatné odchylky parametru přesnosti obrobené plochy

Hodnoty kvantilů Studentova rozdělení jsou např. v [2], [3], [5]. V rámci řešené problematiky jsou vybrané hodnoty q - kvantilů Studentova t rozdělení pro v stupňů volnosti uvedeny v příloze 3.1.

Odhad směrodatné odchylky parametru přesnosti obrobené plochy se vyčíslí dle vztahu:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.9)$$

Velikost dvoustranného konfidenčního intervalu střední hodnoty parametru přesnosti obrobené plochy se označí I_{m2} a vyjádří se jako rozdíl příslušných mezí:

$$I_{m2} = m_{H2} - m_{D2} = 2t_{1-\alpha/2; n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.10)$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

3.1.3 Statistický toleranční interval parametru přesnosti obrobené plochy

Statistický toleranční interval parametru přesnosti obrobené plochy je interval, pro který existuje pevná pravděpodobnost vyjádřená konfidenční úrovní $1-\alpha$, že pokryje alespoň podíl p souboru, z něhož pochází náhodný výběr.

Statistický toleranční interval se stanoví jako dvoustranný nebo jednostranný, jehož meze se vyčíslí na základě závislosti:

$$L_{i2} = \bar{x} - k_2 \cdot s \quad (3.11)$$

$$L_{s2} = \bar{x} + k_2 \cdot s \quad (3.12)$$

$$L_{i1} = \bar{x} - k_1 \cdot s \quad (3.13)$$

$$L_{s1} = \bar{x} + k_1 \cdot s \quad (3.14)$$

L_{i2} - dolní mez dvoustranného statistického tolerančního intervalu parametru přesnosti obrobené plochy

L_{s2} - horní mez dvoustranného statistického tolerančního intervalu parametru přesnosti obrobené plochy

L_{i1} - dolní mez jednostranného statistického tolerančního intervalu parametru přesnosti obrobené plochy

L_{s1} - horní mez jednostranného statistického tolerančního intervalu parametru přesnosti obrobené plochy

k_2 - součinitel pro meze dvoustranného statistického tolerančního intervalu parametru přesnosti obrobené plochy

k_1 - součinitel pro meze jednostranného statistického tolerančního intervalu parametru přesnosti obrobené plochy

Hodnoty součinitelů k_2 , k_1 závisí na počtu posuzovaných zkušebních obrobků n , na zvoleném podílu základního souboru p , který stanovené meze mají pokrýt a na zvolené konfidenční úrovni $1-\alpha$. Hodnoty součinitelů $k_2(n, p, 1-\alpha)$ a $k_1(n, p, 1-\alpha)$ jsou např. v [2], [4]. Vybrané hodnoty součinitelů k_2 a k_1 pro normální rozdělení posuzované veličiny při neznámých hodnotách m a σ jsou uvedeny v přílohách 3.2 a 3.3.

Velikost dvoustranného statistického tolerančního intervalu parametru přesnosti obrobené plochy I_2 se vyjádří jako rozdíl mezi příslušnou horní a dolní mezí:

$$I_2 = L_{s2} - L_{i2} = 2 k_2 \cdot s \quad (3.15)$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

3.2 Neznámé rozdělení parametru přesnosti obrobene plochy

V případě neznámého, avšak spojitého rozdělení hodnocených veličin je možné pro statistickou interpretaci přesnosti hodnocené obrobene plochy využít některé neparametrické metody.

V rámci dále uvedeného postupu se statistická interpretace vztahuje k extrémním hodnotám vyšetřených veličin specifikovaných parametrů přesnosti.

Na základě zjištěných parametrů přesnosti obrobene plochy na zkušebních obrobkách $x_1, x_2 \dots x_i \dots x_n$ se stanoví odhad střední hodnoty parametru přesnosti \bar{x} a odhad směrodatné odchylky parametru přesnosti s . Veličiny \bar{x} a s se vyčíslí podle dříve uvedených vztahů (3.1) a (3.9) Tyto odhady mají z hlediska dalšího postupu informativní charakter.

Statistická interpretace parametrů přesnosti se provede ve vztahu k minimální a maximální hodnotě vyšetřených parametrů přesnosti x_{\min} , x_{\max} , pro které formálně platí

$$x_{\min} = \min \{x_1, x_2 \dots x_i \dots x_n\}$$

$$x_{\max} = \max \{x_1, x_2 \dots x_i \dots x_n\}$$

Z hlediska metodického postupu se rozliší jednostranně nebo dvoustranně omezené rozptýlení hodnocených veličin, které souvisí s jednostranným a dvoustranným statistickým tolerančním intervalem.

3.2.1 Jednostranně omezené rozptýlení parametru přesnosti

Při jednostranně omezeném rozptýlení hodnoceného parametru přesnosti se vychází z předpokladu, že mezi počtem zkušebních obrobků n , konfidenční úrovní $1-\alpha$ a podílem p souboru nad x_{\min} respektive pod x_{\max} platí vztah :

$$p^n = \alpha \tag{3.16}$$

Řešení se provede na základě analýzy uvedeného vztahu, kdy se vychází z předem daných, nebo zvolených dvou veličin a třetí se specifikuje. Obecně mohou nastat tři základní, dále charakterizované případy.

a) Pravděpodobnost $(1 - \alpha)$, že podíl souboru p je nad x_{\min} (nebo pod x_{\max})

$$(1 - \alpha) = 1 - p^n \tag{3.17}$$

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

- b) Podíl souboru \mathbf{p} , který se s pravděpodobností $(1 - \alpha)$ nachází nad \mathbf{x}_{\min} (nebo pod \mathbf{x}_{\max})

$$\mathbf{p} = \left[1 - (1 - \alpha) \right]^{\frac{1}{n}} \quad (3.18)$$

- c) Počet zkušebních obrobků \mathbf{n} , při kterých podíl souboru \mathbf{p} se s pravděpodobností $(1 - \alpha)$ nachází v intervalu

$$\mathbf{n} = \frac{\log [1 - (1 - \alpha)]}{\log \mathbf{p}} \quad (3.19)$$

Vybrané případy těchto relací jsou pro orientaci uvedeny v příloze 3.4..

3.2.2 Dvoustranně omezené rozptýlení parametru přesnosti

Při dvoustranně omezeném rozptýlení hodnocených parametrů přesnosti se vychází z předpokladu, že mezi počtem zkušebních obrobků \mathbf{n} , konfidenční úrovní $(1 - \alpha)$ a podílem \mathbf{p} souboru, který se nachází mezi \mathbf{x}_{\min} a \mathbf{x}_{\max} platí vztah :

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{p}^{\mathbf{n}-1} - (\mathbf{n} - 1) \cdot \mathbf{p}^{\mathbf{n}} = \alpha \quad (3.20)$$

Obecně se řešení daného problému provádí pro následující případy:

- a) Pravděpodobnost $(1 - \alpha)$, že podíl souboru \mathbf{p} leží v intervalu $\langle \mathbf{x}_{\min}, \mathbf{x}_{\max} \rangle$

$$(1 - \alpha) = 1 - \mathbf{n} \cdot \mathbf{p}^{\mathbf{n}-1} + (\mathbf{n} - 1) \cdot \mathbf{p}^{\mathbf{n}} \quad (3.21)$$

- b) Podíl souboru \mathbf{p} , který se s pravděpodobností $(1 - \alpha)$ nachází v intervalu $\langle \mathbf{x}_{\min}, \mathbf{x}_{\max} \rangle$

Velikost podílu souboru \mathbf{p} se stanoví postupným řešením rovnice (3.22) s využitím relací uvedených v příloze 3.5

$$(1 - \alpha) - 1 + \mathbf{n} \cdot \mathbf{p}^{\mathbf{n}-1} = (\mathbf{n} - 1) \cdot \mathbf{p}^{\mathbf{n}} \quad (3.22)$$

- c) Počet zkušebních obrobků, při kterých podíl souboru \mathbf{p} se s pravděpodobností $(1 - \alpha)$ nachází v intervalu $\langle \mathbf{x}_{\min}, \mathbf{x}_{\max} \rangle$

Hodnota \mathbf{n} se určí postupným řešením rovnice (3.22) s využitím relací uvedených v příloze 3.5.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Příloha 3.1

Vybrané hodnoty q - kvantilů Studentova t rozdělení pro v stupňů volnosti $t_{q;v}$

	q				
	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Příloha 3.2

Vybrané hodnoty součinitelů k_2 ($n, p, 1-\alpha$) pro stanovení dvoustranného statistického tolerančního intervalu - normální rozdělení - m a σ neznámé

n	1- α = 0,95			1- α = 0,99		
	p = 0,90	p = 0,95	p = 0,99	p = 0,90	p = 0,95	p = 0,99
5	4,28	5,08	6,63	6,61	7,86	10,26
6	3,71	4,41	5,78	5,34	6,35	8,30
7	3,37	4,01	5,25	4,61	5,49	7,19
8	3,14	3,73	4,89	4,15	4,94	6,47
9	2,97	3,53	4,63	3,82	4,55	5,97
10	2,84	3,38	4,43	3,58	4,27	5,59
11	2,74	3,26	4,28	3,40	4,05	5,31
12	2,66	3,16	4,15	3,25	3,87	5,08
13	2,59	3,08	4,04	3,13	3,13	4,89
14	2,53	3,01	3,96	3,03	3,61	4,74
15	2,48	2,95	3,88	2,95	3,51	4,61
16	2,44	2,90	3,81	2,87	3,41	4,49
17	2,40	2,86	3,75	2,81	3,35	4,39
18	2,37	2,82	3,70	2,72	3,28	4,31
19	2,34	2,78	3,66	2,70	3,22	4,23
20	2,31	2,75	3,62	2,66	3,17	4,16
21	2,29	2,72	3,58	2,62	3,12	4,10
22	2,26	2,70	3,54	2,58	3,08	4,04
23	2,24	2,67	3,51	2,56	3,04	3,99
24	2,23	2,65	3,48	2,52	3,00	3,96
25	2,21	2,63	3,46	2,49	2,97	3,90
26	2,19	2,61	3,43	2,47	2,94	3,87
27	2,18	2,59	3,41	2,45	2,91	3,83
28	2,16	2,58	3,39	2,43	2,89	3,79
29	2,15	2,56	3,37	2,40	2,86	3,76
30	2,14	2,55	3,35	2,39	2,84	3,73

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Příloha 3.3

Vybrané hodnoty součinitelů k_1 ($n, p, 1-\alpha$) pro stanovení jednostranného statistického tolerančního intervalu - normální rozdělení - m a σ neznámé

n	1- α = 0,95			1- α = 0,99		
	p = 0,90	p = 0,95	p = 0,99	p = 0,90	p = 0,95	p = 0,99
5	3,41	4,21	5,75			
6	3,01	3,71	5,07	4,41	5,41	7,33
7	2,76	3,40	4,64	3,86	4,73	6,41
8	2,58	3,19	4,36	3,50	4,29	5,81
9	2,45	3,03	4,14	3,24	3,97	5,39
10	2,36	2,91	3,98	3,05	3,74	5,08
11	2,28	2,82	3,85	2,90	3,56	4,83
12	2,21	2,74	3,75	2,77	3,41	4,63
13	2,16	2,67	3,66	2,68	3,29	4,47
14	2,11	2,61	3,59	2,59	3,19	4,34
15	2,07	2,57	3,52	2,52	3,10	4,22
16	2,03	2,52	3,46	2,46	3,03	4,12
17	2,00	2,49	3,41	2,41	2,96	4,04
18	1,97	2,45	3,37	2,36	2,91	3,96
19	1,95	2,42	3,33	2,32	2,86	3,89
20	1,93	2,40	3,30	2,28	2,81	3,83
21	1,91	2,37	3,26	2,24	2,77	3,78
22	1,89	2,35	3,23	2,21	2,73	3,73
23	1,87	2,33	3,21	2,18	2,69	3,68
24	1,85	2,31	3,18	2,15	2,66	3,64
25	1,84	2,29	3,16	2,13	2,63	3,60
26	1,82	2,27	3,13	2,11	2,60	3,56
27	1,81	2,26	3,12	2,09	2,58	3,53
28	1,80	2,24	3,09	2,07	2,56	3,50
29	1,79	2,23	3,08	2,05	2,54	3,47
30	1,78	2,22	3,06	2,03	2,52	3,45

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Příloha 3.4

Vybrané případy relací $p^n = \alpha$ pro jednostranně omezené rozptýlení parametrů přesnosti
 n - počet zkušebních obrobků, p - podíl souboru, $1-\alpha$ - konfidenční úroveň

$1-\alpha$	p					
	0,50	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999
0,50	1	3	7	14	60	693
0,75	3	5	14	28	138	1386
0,90	4	9	22	45	230	2302
0,95	5	11	29	59	299	2995
0,99	7	17	44	90	459	4603
0,999	10	25	66	135	688	6905

Příloha 3.5

Vybrané případy relací $p^{n-1} - (n-1)p^n = \alpha$ pro dvoustranně omezené rozptýlení parametrů přesnosti

n - počet zkušebních obrobků, p - podíl souboru, $1-\alpha$ - konfidenční úroveň

$1-\alpha$	p					
	0,50	0,75	0,90	0,95	0,99	0,999
0,50	3	7	17	34	168	1679
0,75	5	10	27	53	269	2692
0,90	7	15	38	77	388	3889
0,95	8	18	46	93	473	4742
0,99	11	24	64	130	662	6636
0,999	14	33	89	181	920	9230



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Přílohy

- 3.1 Vybrané hodnoty q - kvantilů Studentova t rozdělení pro v stupňů volnosti $t_{q;v}$
- 3.2 Vybrané hodnoty součinitelů $k_2(n, p, 1-\alpha)$ pro stanovení dvoustranného statistického tolerančního intervalu - normální rozdělení - m a σ neznámé
- 3.3 Vybrané hodnoty součinitelů $k_1(n, p, 1-\alpha)$ pro stanovení jednostranného statistického tolerančního intervalu - normální rozdělení - m a σ neznámé
- 3.4 Vybrané případy relací $p^n = \alpha$ pro jednostranně omezené rozptýlení parametrů přesnosti
 n - počet zkušebních obrobků, p - podíl souboru, $1-\alpha$ - konfidenční úroveň
- 3.5 Vybrané případy relací $p^{n-1} - (n-1)p^n = \alpha$ pro dvoustranně omezené rozptýlení parametrů přesnosti
 n - počet zkušebních obrobků, p - podíl souboru, $1-\alpha$ - konfidenční úroveň

Literatura

- 1 KOCMAN, K. a PROKOP, J. *Technická diagnostika přesnosti obrábění*. In: Sborník přednášek „Mezinárodní konference TD 2000 - DIAGON 96“, s. 225-236, Zlín.
- 2 LIKEŠ, J. a LAGA, J. (1978). *Základní statistické tabulky*. SNTL Praha.
- 3 ČSN ISO 2602 (1993). *Statistická interpretace výsledků zkoušek. Odhad průměru. Konfidenční interval*.
- 4 ČSN ISO 3207 (1993). *Statistická interpretace údajů. Stanovení statistického tolerančního intervalu*.
- 5 ČSN 01 0223 (1985). *Aplikovaná statistika. Pravidla stanovení odhadů a konfidenčních mezí pro parametry normálního rozdělení*.