

**SLOVENSKÁ POĽNOHSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

2123472

**VYUŽÍTIE ŠTATISTICKÝCH METÓD
V RIADENÍ KVALITY**

2011

Bc. Juraj Halás

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

**VYUŽÍTIE ŠTATISTICKÝCH METÓD
V RIADENÍ KVALITY
(Diplomová práca)**

Študijný program:	Kvalita produkcie
Študijný odbor:	2386800 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra kvality a strojárnských technológií
Školiteľ:	prof. Ing. Jozef Hrubec, CSc.

Nitra 2011

Bc. Juraj Halás

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce bolo navrhnúť a zaviesť štatistické metódy do výrobných procesov v organizácii MATADOR Automotive Vráble, a.s. Navrhnuté metódy majú viesť k zlepšovaniu kvality vyrábaných výrobkov.

Spôsobilosť meradla sa preverila na DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20 rozlíšenie 0,01mm. Použili sa metódy posúdenia spôsobilosti meracieho zariadenia pomocou indexov spôsobilosti C_{gm} a C_{gmk} a posúdenia celkového rozptylu podľa metódy (s). Meradlo v oboch prípadoch dosahovalo požadovaných znakov spôsobilosti.

Na preverenie spôsobilosti výrobného zariadenia sa určilo výrobné zariadenie lis EDMIC 800-320/32-19/19-12. Cieľom bolo zistiť, či je výrobné zariadenie schopné vyrábať výrobky v požadovaných toleranciách. Dôkazom skúšky spôsobilosti sú indexy spôsobilosti výrobného zariadenia C_m a C_{mk} , ktoré potvrdili že výrobné zariadenie je spôsobilé vyrábať v požadovaných toleranciách.

Spôsobilosť výrobného procesu bola sledovaná pomocou Shewhartových regulačných diagramov pre priemer a rozpätie (\bar{X} - R). Zavedením štatistickej regulácie do výrobného procesu boli sledované vplyvy pôsobiace na proces za účelom dosiahnutia stabilného stavu výrobného procesu. Dosiahnuté hodnoty indexov spôsobilosti procesu C_p , C_{pk} sú v zhode s požiadavkami a môžeme prehlásiť daný výrobný proces za stabilný čo je dôkazom o jeho spôsobilosti.

„Kľúčové slova“ : štatistické metódy, štatistická regulácia procesu, výrobný proces, meracie zariadenie, výrobné zariadenie.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to design and introduce the statistical methods into production processes in the organization MATADOR Automotive Vráble, a.s. (joint stock company). The proposed methods should lead to improving the quality of produced products.

The capability of the measuring device was verified using the DIGIMATIC caliper 500-181-20 resolution 0.01 mm. We used the methods of assessing the capability of measuring device by using the capability indices C_{gm} a C_{gmk} and assessment of the total variance according to the method (s). In both cases, the measuring device achieved the required signs of capability.

The production machine, the press EDMIC 800-320/32-19/19-12 was intended for verification of eligibility of the production facility. The aim was to determine whether the production facility is able to produce the products within the required tolerances. The capability indices of the production facility C_m a C_{mk} which confirmed that the production facility is capable of producing within the required tolerances represent the proof of capability test.

Capability of the production process was monitored using Shewhart control charts for diameter and range (\bar{X} - R). By introduction of statistical control into the production process there were monitored the influences affecting the process in order to achieve a stable condition of the production process. The obtained values of the capability indices of the process C_p , C_{pK} are in conformity with the requirements and we can declare the respective production process stable which is proof of its capability.

"Keyword": statistical methods, statistical control of process, production process, measuring device, production facility.

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Juraj Halás vyhlasujem, že predkladanú diplomovú pracú na tému : „ Využitie štatistických metód v riadení kvality “ som vypracoval samostatne, s použitím odbornej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

Nitra 29 apríla 2011

Pod'akovanie

Touto cestou chcem pod'akovať vedúcemu diplomovej práce
prof. Ing. Jozefovi Hrubcovi, CSc. za odborné vedenie, pripomienky a cenné rady pri
vypracovaní diplomovej práci.

Použité označenia

- d - šírka triedeného intervalu, mm
- d_2 - koeficient pre výpočet odhadu smerodajnej odchylky
- i - poradové číslo podskupiny
- j - poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine
- k - počet triedených intervalov
- m - počet podskupín
- m_i - absolútna početnosť v i - tom zväčšenom triedenom intervale
- m_{Ti} - teoretická početnosť v i - tom zväčšenom triedenom intervale
- n - rozsah podskupiny
- n_i - absolútna početnosť
- s - výberová smerodajná odchylka, mm
- s_w - smerodajná odchylka z opakovaných meraní, mm
- s_{Δ} - smerodajná odchylka vplyvu obsluhy, mm
- x_{\max} - maximálna hodnota premennej v štatistickom súbore, mm
- x_{\min} - minimálna hodnota premennej v štatistickom súbore, mm
- A_2, A_3 - koeficienty pre výpočet regulačných diagramov
- B_3, B_4 - koeficienty pre výpočet regulačných diagramov
- CL - centrálna priamka
- C_{gm} - index spôsobilosti meradla
- C_{gmk} - index spôsobilosti meradla
- C_m - index spôsobilosti stroja
- C_{mk} - index spôsobilosti stroja
- C_p - index spôsobilosti procesu
- C_{PK} - index spôsobilosti procesu
- C_4 - koeficient pre výpočet regulačných diagramov
- D_3, D_4 - koeficient pre výpočet regulačných diagramov
- DMZ_x^- - dolná medza zásahu, mm
- HMZ_s - horná medza zásahu, mm

HMZ_x^- - horná medza zásahu, mm
 LCL - dolná regulačná medza, mm
 LCL_R - dolná regulačná medza, mm
 LCL_x^- - dolná regulačná medza, mm
 LSL - dolná tolerančná medza, mm
 MAX - maximálna hodnota, mm
 MIN - minimálna hodnota, mm
 N - rozsah súboru, mm
 P_i - relatívna početnosť
 R - rozpätie v podskupine, mm
 \bar{R} - stredná hodnota rozpätia v podskupinách, mm
 R_i - rozpätie v podskupine, mm
 \bar{S} - stredná hodnota výberových smerodajných odchýlok v podskupinách, mm
 S_i - priemerná hodnota v podskupine, mm
 S_M - celkové pásmo rozptylu, %
 T - tolerancia, mm
 UCL - horná regulačná medza, mm
 UCL_R - horná regulačná medza, mm
 UCL_x^- - horná regulačná medza, mm
 USL - horná tolerančná medza, mm
 \bar{X} - priemer procesu, mm
 X_r - menovitá hodnota normálu, mm
 σ - stredná hodnota, mm
 σ^2 - rozptyl súboru, mm
 $\hat{\sigma}$ - smerodajná odchylka, mm
 σ_{N-1} - smerodajná odchylka, mm
 μ - stredná hodnota, mm
 z - počet odhadnutých parametrov teoretického rozdelenia

OBSAH

1. PREHĽAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	12
1.1 SYSTÉM MANAŽÉRSTVA KVALITY	12
1.2 ŠTATISTICKÉ METÓDY RIADENIA KVALITY	15
1.2.1 JEDNODUCHÉ ŠTATISTICKÉ METÓDY	16
1.2.1.1 Paretova analýza	16
1.2.1.2 Diagram príčina – účinok	17
1.2.1.3 Vývojový diagram	19
1.2.1.4 Kontrolný hárok	20
1.2.1.5 Histogram	20
1.2.1.6 Korelačný diagram	22
1.2.1.7 Regulačný diagram	23
1.2.1.7.1 Zostrojenie regulačného diagramu	24
1.2.1.7.2 Typy regulačného diagramu	25
1.3 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ	26
1.4 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÝCH ZARIADENÍ	28
1.4.1 CIEĽ ZISŤOVANIA SPÔSOBILOSTI STROJA	29
1.4.2 KLASIFIKÁCIA ZNAKOV	29
1.4.3 OKRAJOVÉ PODMIENKY	30
1.4.4 ZÍSKAVANIE ÚDAJOV	31
1.5 SPÔSOBILOSŤ PROCESU	31
2. CIEĽ PRÁCE	33
3. METODIKA	34
3.1 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ	34
3.1.1 URČENIE INDEXU SPÔSOBILOSTI MERACIEHO ZARIADENIA	34
3.1.2 STANOVENIE CELKOVÉHO ROZPTYLU MERACIEHO ZARIADENIA S_m (POĽA METÓDY S)	35
3.2 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÝCH ZARIADENÍ	37
3.2.1 OKRAJOVÉ PODMIENKY	37
3.2.2 ZÍSKAVANIE ÚDAJOV	38
3.2.2 ZÁKONITOSTI	38
3.2.2.1 Skúmanie zákonitosti nameraných hodnôt	38
3.2.2.1.2 Určenie tvaru rozloženia nameraných hodnôt	39
3.2.2.2 STABILITA	39
3.2.2.1.1 Určenie stability nameraných hodnôt	39
3.2.2.2.1 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku	40
3.2.3 NORMALITA NAMERANÝCH HODNÔT	41
3.2.4 TESTY ZHODY EMPIRICKÉHO ROZDELENIA S TEORETICKÝM	43
3.2.4.1 Kritérium χ^2	43
3.2.5 SPÔSOBILOSTI VÝROBNÉHO ZARIADENIA C_m, C_{mk}	44
3.3 REGULAČNÉ DIAGRAMY MERANÍM PRE PRIEMER A ROZPÄTIE (X,R)	46
3.3.1 VYHODNOTENIE REGULÁCIE PROCESU	47
3.3.2 ANALÝZA ZAKRESLENÝCH ÚDAJOV NA R - DIAGRAME	48
3.4 VYHODNOTENIE SPOSOBILOSTI PROCESU	49

4 VLASTNÁ PRÁCA	51
4.1 CHARAKTERISTIKA ORGANIZÁCIE MATADOR AUTOMOTIVE VRÁBLE, A.S.	51
4.2 ÚDAJE O VÝROBNOM ZARIADENÍ A PRACOVISKU	53
4.3 CHARAKTERISTIKA LISOVANÉHO VÝROBKU	53
4.4 CHARAKTERISTIKA MERACIEHO ZARIADENIA	54
4.5 VYHODNOTENIE SPÔSOBILOSTI MERADLA	55
4.5.1 URČENIE INDEXOV SPÔSOBILOSTI MERADLA C_{gm} , C_{gmk}	55
4.5.2 POSÚDENIE CELKOVÉHO ROZPTYLU S_M PODĽA METÓDY (S)	57
4.6 HODNOTENIE SPOSÔBILOSTI VYROBNEHO ZARIADENIA	59
4.6.1 ZÁKONITOSTI	59
4.6.1.1 Skúmanie zákonitosti nameraných hodnôt	59
4.6.2 STABILITA	60
4.6.2.1 Určenie stability nameraných hodnôt	60
4.6.2.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku	61
4.6.3 VYHODNOTENIE NORMALITY NAMERANÝCH HODNÔT	63
4.6.4 TESTY ZHODY EMPIRICKÉHO ROZDELENIA S TEORETICKÝM PEARSONOVO KRITERIUM	64
4.7 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÉHO ZARIADENIA C_M, C_{MK}	65
4.8 REGULAČNÉ DIAGRAMY MERANÍM PRE PRIEMER A ROZPÄTIE (X,R)	66
4.8.1 VÝPOČET REGULAČNÝCH MEDZÍ	66
4.8.2 VYHODNOTENIE REGULAČNÝCH DIAGRAMOV	67
4.8.3 VYHODNOTENIE NORMALITY	67
4.8.4 VYHODNOTENIE SPÔSOBILOSTI PROCESU	71
5. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV	75
6. ZÁVER	76
7. POUŽITÁ LITERATÚRA	78

ÚVOD

V súčasných podmienkach trhového hospodárstva nielen na Slovensku, ostáva **úspešnosť výrobných organizácií** naďalej hlavným cieľom pre jej dlhodobú existenciu. Dá sa očakávať, že ani s prebiehajúcou svetovou krízou sa na tomto fenoméne nič meniť nebude. Naopak. V konkurencii na trhu pôsobiacich výrobcov je úspešnosť výrobných organizácií ťažko predstaviť bez využívania štatistických metód v riadení kvality. Jedným zo základných zdrojov často riešiteľných problémov býva variabilita číselných hodnôt. Ich zameraním sa dajú tieto problémy úspešne riešiť. Pri týchto analýzach zohrávajú štatistické metódy významné miesto.

Štatistické metódy sa pri riadení kvality používajú hlavne v sériovej výrobe. Takto z väčších súborov hodnôt meraného znaku, alebo viacerých znakov kvality výrobku sa dá sledovať spôsobilosť procesu. Vedenie organizácie musí preto zamerať hlavnú pozornosť na tieto oblasti, kde vzniká kvalita, to znamená na riadenie výrobného procesu a nielen na výstupnú kontrolu výrobku. Sú to predovšetkým oblasti pred výrobné a výrobné. Je zrejmé, že aj normy ISO súboru 9000 vyžadujú vo všetkých systémoch kvality štatistickú reguláciu procesov (SPC - Statistical Process Control). Predchádza jej overovanie spôsobilosti meracieho a výrobného zariadenia. Štatistická regulácia procesu predstavuje súbor metód, ktoré slúžia k stabilizácii procesov a každá z nich má svoju významnú oblasť použitia. Súčasné skúsenosti organizácii ukazujú, že správna aplikácia štatistických metód stabilizuje priebeh výrobného procesu, zvyšuje kvalitu a produktivitu práce. Zvýšenie požiadavky na využitie štatistických metód sú osobitne premietnuté do noriem uplatňovaných v automobilovom priemysle (ISO/TS 16949:2002).

Každý výrobný proces má hmatateľný alebo nehmatateľný výsledok t.j. produkt. Procesy, ktoré transformujú vstupné veličiny na výstupné sú riadené na základe výstupných veličín, ktoré charakterizujú proces. Analyzovať proces, vyžaduje predovšetkým skúmať faktory naň pôsobiace, klasifikovať ich a podľa významnosti riadiť tak, aby sa dosiahol **ustálený a požadovaný stav procesu**.

Preto cieľom diplomovej práce je navrhnúť a zaviesť štatistické metódy do výrobného procesu v organizácii MATADOR Automotive Vrábľa, a.s. Navrhnuté metódy majú viesť k zlepšovaniu kvality vyrábaných výrobkov.

1. PREHĽAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Súčasná dynamika svetového obchodu je závislá na vytvorení dôvery v dodávateľsko-odberateľských vzťahoch. Rozhodujúcim faktorom pre vytvorenie dôvery je kvalita výrobku a záruka jej stálosti.

Chápanie kvality a jej definícia sa s časom neustále mení. Juran, jeden zo zakladateľov riadenia kvality, definuje kvalitu ako spôsobilosť k použitiu. Ishikawa hovorí, že kvalitný výrobok musí spĺňať potreby zákazníka po celú dobu svojej životnosti.

Podľa STN EN ISO 9000: 2006 je kvalita miera s akou súbor vlastných charakteristík spĺňa požiadavky.

Hrubic (2001) definuje kvalitu výrobku ako súhrn úžitkových vlastností a výrobných nákladov. Úžitkové vlastnosti výrobku sú veľmi rozdielne a ich vzájomný pomer určuje charakter spotreby. K najdôležitejším úžitkovým vlastnostiam patria: funkčnosť, výkonnosť, funkčná presnosť, ovládateľnosť, spoľahlivosť, hygienickosť, bezpečnosť a estetická spôsobilosť.

Všetky uvedené úžitkové vlastnosti výrobku možno stotožniť s kvalitatívnymi vlastnosťami, ktoré tvoria technickú stránku kvality.

Kvalitu výrobku ovplyvňujú aj náklady vynaložené na jeho výrobu. V tejto súvislosti hovoríme o ekonomickej stránke kvality. Medzi týmito dvoma stránkami kvality existuje úzky vzťah. Preto sa hľadá optimálna kvalita výrobku s dobrými úžitkovými vlastnosťami pri minimálnych nákladoch.

1.1 SÝSTÉM MANAŽÉRSTVA KVALITY

Aby organizácia úspešne fungovala, je nevyhnutné ju riadiť systematicky a transparentným spôsobom.

Úspech môže priniesť zavedenie systému manažerstva, ktorý sa navrhol tak, aby trvalo zlepšoval výkonnosť a súčasne sa zaoberal potrebami všetkých zainteresovaných

strán. Manažérstvo organizácie zahŕňa aj manažérstvo kvality. Je určených osem zásad manažérstva kvality, ktoré sa môžu využiť k zlepšeniu výkonnosti organizácie :

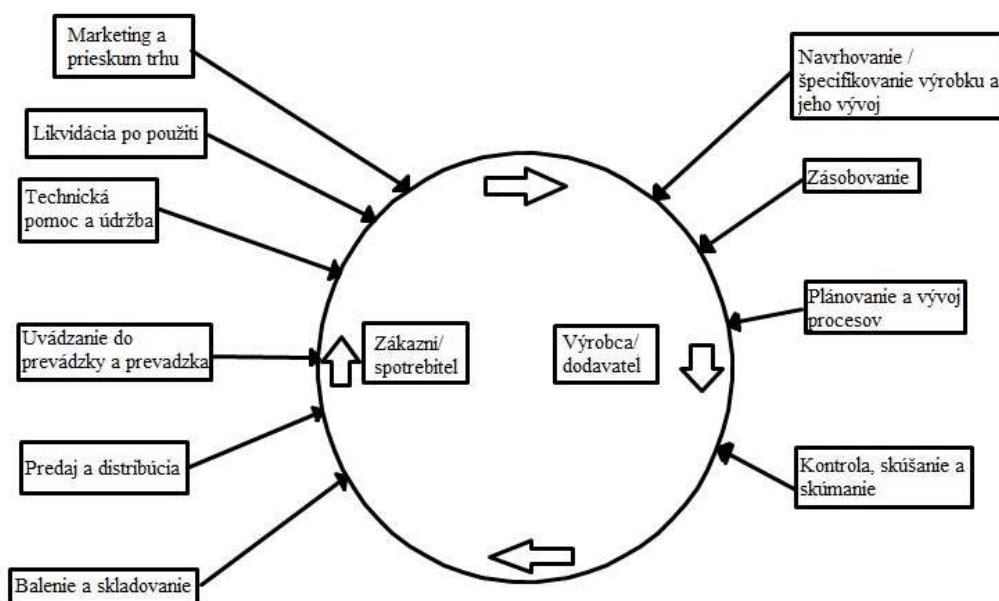
Zameranie na zákazníka, vodcovstvo, zapojenie pracovníkov, procesný prístup, systémový prístup k manažérstvu, trvale zlepšovanie, rozhodovanie na základe faktov, výhodné vzťahy s dodávateľmi. Tieto zásady tvoria základy systému manažérstva kvality.

Podľa STN EN ISO 9000: 2006 manažérstva kvality pomáhajú organizáciám zvýšiť spokojnosť zákazníka. Aby organizácie mohli efektívne fungovať, musia riadiť množstvo súvisiacich procesov.

Z poznatkov získaných z doterajšieho vývoja systému riadenia kvality vyplýva, že riadenie kvality sa musí zamerať na celkový životný cyklus výrobku od :

- Marketingu a prieskumu trhu
- Navrhovanie špecifikovania výrobku a jeho vývoja
- Zásobovania
- Plánovania a vývoja procesu
- Výroby
- Kontroly, skúšania a skúmania
- Balenia a skladovania
- Predaja a distribúcie
- Uvedenia do prevádzky a prevádzky
- Technickej pomoci a údržby
- Likvidácia po použití

Tieto funkcie, ktoré musí výrobný podnik dodržať, sú prvky výrobného cyklu. Tento cyklus môže byť zobrazený kruhom (obr. 1), ktorému hovoríme slučka kvality alebo špirála kvality.



Obr. 1 Slučka kvality

Hrubec (2001) Súbor noriem ISO 9000 pomáha organizáciám všetkých typov a veľkosti zaviesť a prevádzkovať efektívne systémy manažérstva kvality :

- **STN EN ISO 9000 : 2006** opisuje základy systémov manažérstva kvality a špecifikuje terminológiu systémov manažérstva kvality.
- **STN EN ISO 9001 : 2009** špecifikuje požiadavky na systém manažérstva kvality tam, kde organizácia potrebuje preukázať svoju schopnosť poskytovať produkty, ktoré spĺňajú požiadavky zákazníka a použiteľných predpisov a zameriava sa na zdôraznenie spokojnosti zákazníka.
- **STN EN ISO 9004 : 2010** poskytuje návod, ktorý berie do úvahy tak efektívnosť, ako aj účinnosť systému manažérstva kvalít. Cieľom tejto normy je zlepšovanie výkonnosti organizácie, spokojnosť zákazníkov a ďalších zainteresovaných strán.
- **STN EN ISO 19011 : 2003** poskytuje návod na audit systémov manažérstva kvality a environmentálneho manažérstva.

Vo všetkých uvedených metódach zlepšovania kvality majú svoje nezastupiteľné miesto štatistické metódy.

Štatistika poskytuje základ pre efektívne riadenie kvality, musí byť štatistické riadenie kvality vždy v strede riadenej kvality (Kmet' 1995).

1.2 ŠTATISTICKÉ METÓDY RIADENIA KVALITY

V praxi sa veľmi často stáva, že štatistické metódy sú aplikované skôr pri výstupnej kontrole výrobkov než pri riadení procesov. Pokiaľ sa nestanú stredom nášho úsilia procesy, ktoré vytvárajú výstup, nie je možné dosiahnuť úplný účinok týchto metód pri zlepšovaní kvality, rastu produktivity a znížení nákladov.

Pod **procesom** treba rozumieť úplnú kombináciu dodávateľov, pracovníkov, zariadení, vstupného materiálu, metód i okolitého prostredia, teda všetkých spoluzúčastnených, ktorí transformujú vstupy na výstupy. Celkový výkon procesu závisí od komunikácie medzi dodávateľom a zákazníkom, od spôsobu, ako je proces navrhnutý a zavádzaný a od spôsobu, ako je vykonávaný a riadený. Druhá časť regulácie systému je užitočná iba vtedy ak prispieva k zotrvaní na dokonalej úrovni alebo k zlepšeniu celkového výkonu procesu.

Štatistické metódy sa dnes chápu ako účinný nástroj zabezpečovania kvality. Správne použitie moderných štatistických metód je dôležitým prvkom všetkých etáp slučky kvality a neobmedzuje sa iba na povýrobné etapy.

Používané štatistické metódy v priemyselnej praxi môžeme rozdeliť do troch kategórií :

- Jednoduché štatistické metódy
- Stredne obťažné štatistické metódy
- Náročné štatistické metódy

Do prvej kategórie patri sedem nástrojov : Paretova analýza, diagram príčina – účinok (Ishikawov diagram), vývojový diagram, kontrolný hárok, histogram, koleračný diagram a regulačný diagram (Shewhartov). Používajú sa na všetkých úrovniach a útvaroch organizácie.

Do druhej kategórie patria : štatistická prebierka, rôzne metódy štatistických odhadov a testov, metódy plánovania a vyhodnocovania pokusov. Sú určené pre inžinierov, technikov a pracovníkov útvarov riadenia kvality.

Do tretej kategórie patria : zložitejšie metódy plánovania experimentov, mnoho faktorová analýza a rôzne metódy operačného výskumu. Sú určené pre malý okruh špecialistov v oblasti analýz a kvality.

Analyzovať proces znamená predovšetkým skúmať faktory pôsobiace na proces, tieto faktory klasifikovať podľa významnosti ich vplyvu na proces a riadiť ich tak, aby sa dosahoval ustálený a požadovaný stav procesu. Týmto sa dosiahne splnenie jedného z nutných predpokladov zlepšovania kvality.

1.2.1 Jednoduché štatistické metódy

1.2.1.1 Paretova analýza

Paretove diagramy dávajú možnosť objektívne formulovať skutočný stav vecí v prijateľnej a názornej forme.

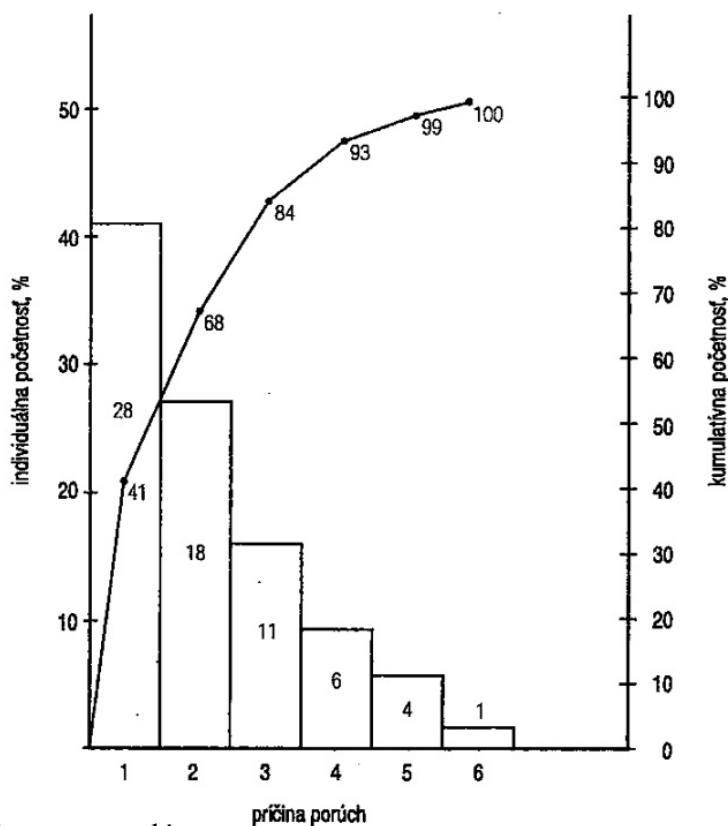
Využitie Paretovej analýzy je mnohostranné. V oblasti kvality ju možno použiť pri určovaní počtu nezhodných výrobkov, stratách z nezhodných výrobkov podľa ich druhov, časových a nákladových stratách spojených s odstraňovaním nezhodných výrobkov, analýze nezhodných výrobkov, príčin prestojov, príčin nedodržania technologickej disciplíny a pod.

Graf Paretovej analýzy je znázornený na obr. 2.

Postup :

- Vybrať závažný problém.
- Zvoliť také časové rozpätie jeho výskytu, aby sme dostali verný obraz skutočnosti.
- Zozbierať údaje o probléme.
- Vyhľadať možné príčiny problému.
- Vyčísliť napr. počet porúch podľa vyhladaných príčin.
- Zakresliť údaje do stĺpcového grafu: na os y zakresliť individuálnu početnosť v % vyjadrenú výškou stĺpca, na os x príčiny postupne zoradené podľa počtu porúch.
- Vytvoriť na pravej strane grafu druhú os y s kumulatívnou relatívnou početnosťou.
- Zakresliť poruchy do grafu kumulatívnou krivkou.

- Dokumentovať výsledky analýzy a informovať zainteresovaných.



Obr. 2 Paretova analýza

1.2.1.2 Diagram príčina – účinok

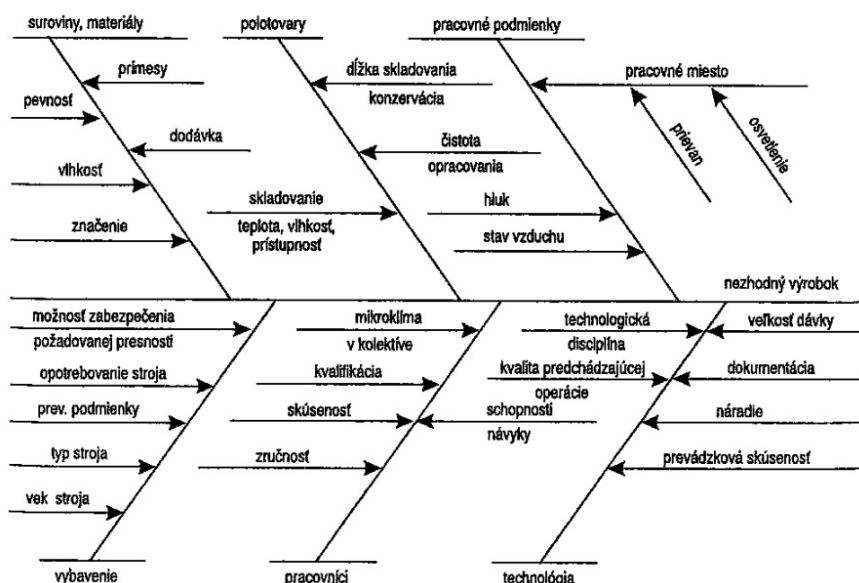
Diagram príčiny a účinku, tzv. Ishikawov diagram je nástrojom, ktorý umožňuje odhaliť grupovať faktory, ktoré ovplyvňujú skúmaný problém. Tento diagram patrí medzi základné nástroje riadenia kvality, je základom pre zhromažďovanie informácií potrebných pre zlepšovanie procesov. Vo svojej teoretickej podstate je diagram príčiny a účinku metódou pre analyzovanie variability procesu. Zmyslom diagramu je uvádzať vzťahy medzi príčinami a následkami. Týmto diagramom je možné riešiť ľubovoľný aj potencionálny problém, ktorému je treba venovať pozornosť. Aj ako nástroj pre riadenie kvality je ľahko pochopiteľný pre pracovníkov všetkých úrovní organizácie a je ho možné okamžite uplatniť.

Hlavná, vodorovná os diagramu prezentuje skúmanú vlastnosť – problém. Priamky smerujúce šikmo do tejto osi reprezentujú hlavne príčiny, ktoré skúmaný predmet ovplyvňujú.

Princíp zostrojenia diagramu príčin a účinková pre analýzu nezhodného výrobku je znázornený na obr. 3.

Postup:

- Vytvoriť riešiteľskú skupinu 3-7 zamestnancov.
- Určiť koordinátora.
- Definovať predmet problému a tento zaznačiť na pravú stranu vodorovnej osi diagramu. Diagram je vhodné kresliť na veľký papier alebo tabuľu tak, aby jeho vývoj mohli pozorovať všetci členovia riešiteľskej skupiny.
- Vytipovať hlavne príčiny vplyvajúce na problém a popísať nimi šikmé vetvy diagramu
- K jednotlivým hlavným príčinám stanoviť ich príčiny, prípadne príčiny nižšej úrovne. V prípade výskytu väčšieho počtu úrovni jednotlivých príčin je vhodné tieto zaznamenať do samostatného diagramu.
- Diagram zverejniť na pracovisku tak, aby bol v dosahu všetkých zainteresovaných zamestnancov.
- Po 2-3 dňoch opätovne prediskutovať riešený problém a doplniť ďalšie príčiny.



Obr. 3 Diagram príčina – účinok pri analýze nezhodného výrobku (Hrubec, 2001)

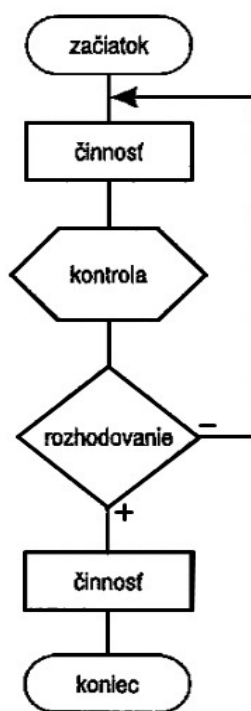
1.2.1.3 Vývojový diagram

Vývojový diagram je jedným z najjednoduchších nástrojov riadenia kvality. Pomáha porozumieť ako proces pracuje a je natoľko univerzálny, že môže byť použitý pri popise ľubovoľného procesu, a to tak výrobného, ako aj procesu vývoja nových výrobkov a technológií, projektovania, riadiacich procesov a podobne. Znalosť vyhotovenia a následného použitia vývojových diagramov je potrebné aj pri výstavbe systémov manažérstva kvality podľa súboru noriem STN EN ISO 9000, ktoré odporúčajú, aby riešiteľský tím spracoval návrh činností, z ktorých daný proces pozostáva a z nich vychádzal pri zostavení vývojového diagramu.

Princíp zostrojenia vývojového diagramu je na obr. 4.

Postup :

- Spracovať vývojový diagram existujúceho reálneho chybného procesu.
- Spracovať vývojový diagram toho istého procesu v ideálnom fungujúcom stave.
- Porovnať obidve vývojové diagramy, odhaliť rozdiely a z toho vyvodit' závery : spracovať nápravné opatrenia.



Obr. 4 Vývojový diagram

1.2.1.4 Kontrolný hárok

Kontrolný hárok sa používa pri priebežnej a vstupnej kontrole polotovarov, súčiastok hotových skupín, atď., pri analýze zariadení a technologického procesu, analýze nezhodných výrobkov a v mnohých iných prípadoch. Obsah hárov sa rozpracúva v závislosti od získaných konkrétnych údajov nevyhnutných a dostačujúcich pre riešenie zadanej úlohy. Pred spracovaním údajov je potrebné tieto systematizovať formou tabuľky, ktorú možno považovať za najjednoduchšiu formu kontrolného háruku.

Z kontrolného háruku možno určiť:

- Druh a počet nezhôd v každej jednotke kontrolovanej produkcie.
- Sumárny počet nezhôd zistených v kontrolovaných podskupinách.
- Dominantné nezhody.
- Počet nezhôd na jednotku produkcie.
- Vinníka nezhôd.

Kontrolný hárok dáva možnosť v ktoromkoľvek momente určiť tendenciu zmeny nezhodnej výroby a v prípade jej zvyšovania prijať nevyhnuté opatrenia. Uvedená forma kontrolného háruku dáva presnú a prehľadnú diagnostiku o nezhodnej výrobe. Takýto kontrolný hárok dovoľuje na jeho základe použiť metódu regulačných diagramov.

Súbor údajov s pomocou kontrolných hárov nepotrebuje veľké množstvo práce a času, ide vlastne o registráciu výsledkov kontroly, ktorú vykonáva pracovník oddelenia kvality.

1.2.1.5 Histogram

Každý stroj a každý výrobný proces má svoje rozptylové správanie. Pomocou štatistických metód možno tento rozptylový obraz znázorniť. Jednoduchou metódou je stĺpcový diagram – histogram.

Histogram predstavuje akúsi sumarizáciu premenlivosti určitej množiny číselných údajov. Grafická povaha histogramu umožňuje pozorovať určité rysy, ktoré je veľmi náročné zistiť z jednoduchej tabuľky, obsahujúcej číselné údaje. Ak chceme začať riešiť vzniknuté problémy a zlepšovať kvalitu, potrebujeme najskôr realizovať

určité experimenty, získať údaje a z nich vyvodiť závery. Na obr. 5 sú znázornené niektoré základné tvary histogramov.

Histogram zvonovitého tvaru (obr. 5A) býva väčšinou obrazom normálneho rozdelenia. Toto rozdelenie sa vyskytuje všade tam, kde variabilita je vyvolaná veľkým počtom neidentifikovateľných náhodných príčin, z ktorých každá sa na celkovej variabilite podieľa veľmi malou zložkou, pričom žiadna z týchto príčin neprispieva prevažujúcou mierou.

Dvojvrcholový histogram (obr. 5B) obvykle signalizuje zmiešanie dvoch súborov vzniknutých za čiastočne odlišných podmienok.

Histogram plochého tvaru (obr. 5C) zobrazuje rozdelenie, s ktorým sa stretávame predovšetkým pri obrábaní, kde opotrebovaný nôž spôsobuje nárast priemeru. Podobný histogram plochého tvaru sa vyskytne tiež pri spojení väčšieho počtu výrobných dávok výrobných dávok vyrobených na zariadeniach síce rovnako presných ale nastavených na rôzne úrovne strednej hodnoty výrobného procesu. To potom signalizuje buď neúplný výrobný predpis alebo nedodržiavanie výrobných predpisov.

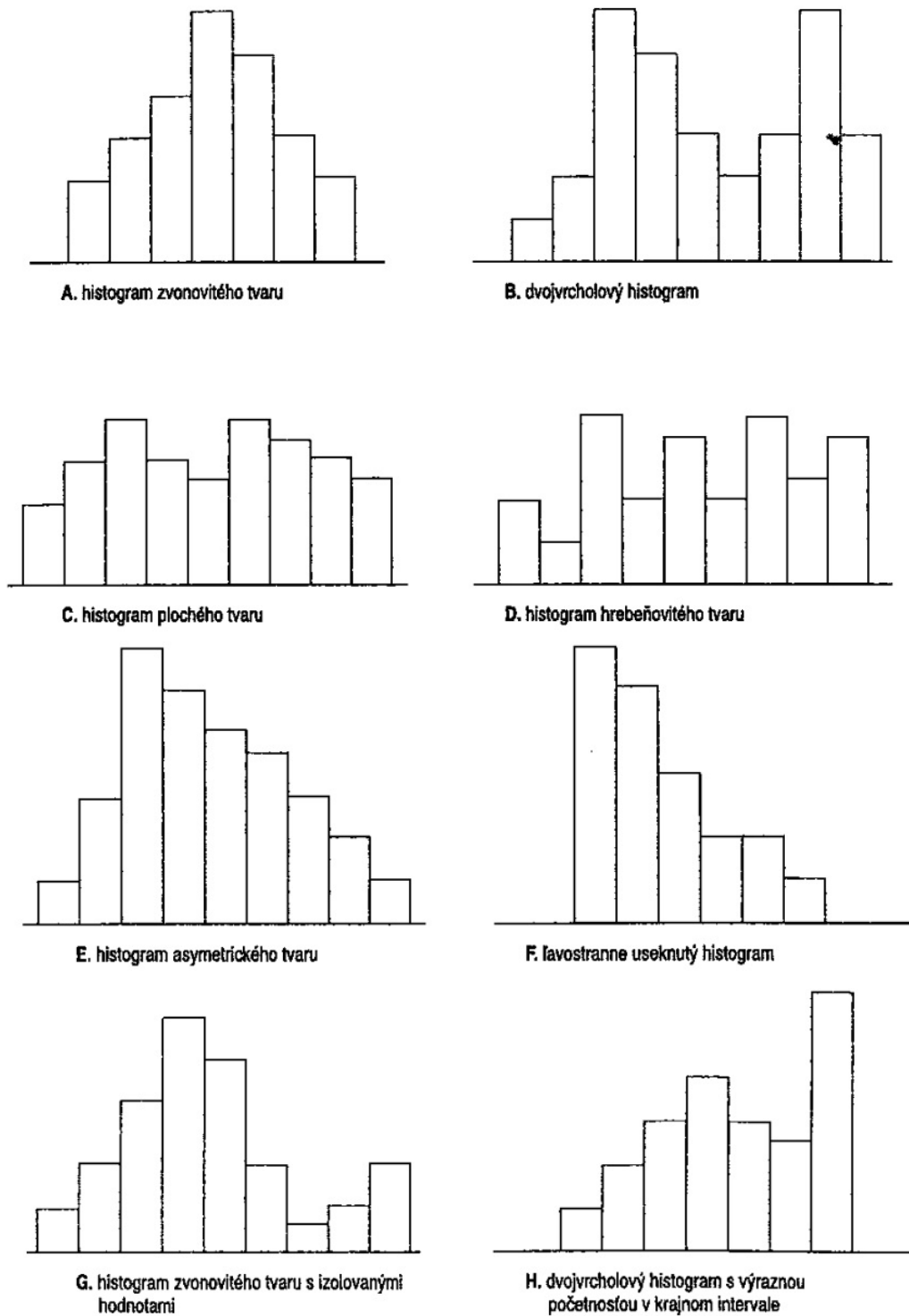
Histogram hrebeňového tvaru (obr. 5D) je obvykle vyvolaný prítomnosťou chýb merania, alebo nerešpektovaním presnosti merania pri začleňovaní údajov do tried, alebo prítomnosťou systematickej chyby pri zaokrúhľovaní údajov.

Histogram asymetrického tvaru (obr. 5E) sa vyskytuje napríklad pri spracovaní výsledkov životnosti výrobkov, pri spracovaní extrémnych hodnôt.

Useknutý histogram (obr. 5F) je najčastejším výsledkom triediacej kontroly, pri ktorej sa z kontrolovaného súboru vyradia všetky výrobky, ktorých rozmer alebo iný sledovaný znak leží mimo predpísaného tolerančného pola.

Histogram zvonovitého tvaru s izolovanými hodnotami (obr. 5G) je charakterizovaný skutočnosťou, že okrem základného skupinového rozdelenia existuje malá separovaná skupina údajov. Vo väčšine prípadov ide o prítomnosť tzv. odľahlých hodnôt, teda hodnôt o ktorých je treba rozhodnúť, či sú skutočne atypickými alebo, či do súboru skutočne patria a či sú pre skúmaný proces typické.

Dvojvrcholový histogram s výraznou početnosťou v krajných triedach (obr. 5H) vzniká nesprávnou kumuláciou všetkých zistených údajov.



Obr. 5 Základné typy histogramov

1.2.1.6 Korelačný diagram

Používa sa na vyjadrenie závislosti jedných ukazovateľov od iných. Metóda korelácie sa používa na objasnenie príčin – účinkových vzťahov (analýza vzťahu príčiny a účinku).

Ak sa sleduje závislosť medzi dvomi veličinami, tak hovoríme o párovej korelácii. Stupeň závislosti je možné vyjadriť koeficientom korelácie podľa rovnice :

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A}) \cdot (B_i - \bar{B})}{s_A \cdot s_B} \quad (1)$$

A_i a B_i - hodnoty parametrov A a B pre i-tú súčiastku

\bar{A} a \bar{B} - aritmetický priemer parametrov A a B

s_A a s_B - smerodajná odchýlka A a B

n - počet súčiastok vo výbere

1.2.1.7 Regulačný diagram

Regulačný diagram ako určitý grafický prostriedok využívajúci princíp štatistických testov významnosti pri riadení výrobného procesu bol po prvýkrát navrhnutý Dr. WALTEROM SHEWARTOM v roku 1920.

Cieľom regulačných diagramov je udržať výrobný proces v štatistických zvládnutom stave. Proces v štatistických zvládnutom stave je proces, pri ktorom sú jedinou príčinou rozptylu náhodné príčiny. Tento stav je cieľom, ktorý možno dosiahnuť vylúčením všetkých vymedziteľných príčin rozptylu. Pokiaľ je proces v štatistický zvládnutom stave je jeho kvalita predpovedaná a možno posúdiť do akej miery budú splnene požiadavky zákazníka

Na obr. 6 je znázornený príklad Shewhartovho regulačného diagramu .

V zásade však všetky regulačné diagramy majú nasledovne ciele :

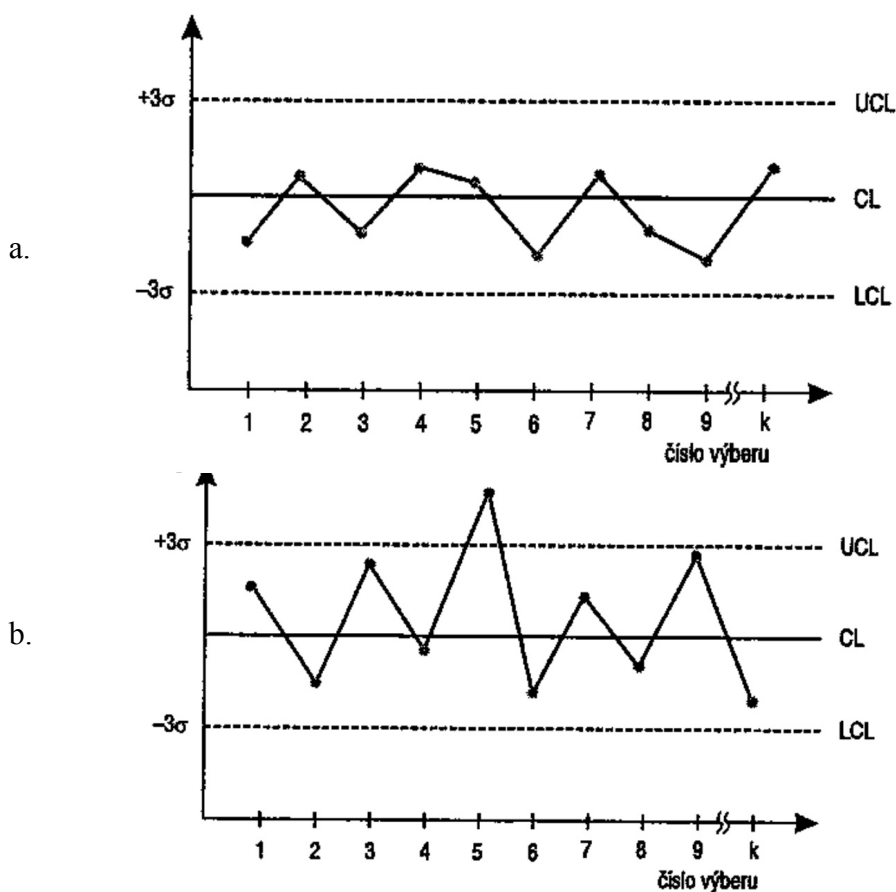
- Objasniť či je proces v štatistický zvládnutom stave a signalizovať existenciu vymedziteľných príčin.
- Udržať stav v štatistický zvládnutom stave predpisovaním medzi zásahu.
- Preukazovať opatrenia pre zlepšovanie spôsobilosti procesu.

1.2.1.7.1 Zostrojenie regulačného diagramu

Shewhartov regulačný diagram je graf, v ktorom vodorovná os je časová a na zvislú os zakresľujeme hodnoty výberových charakteristík patriaci týmto podskupinám. Diagram obsahuje centrálnu priamku (CL – Central Line). Regulačný diagram ma aj dve štatisticky určené regulačné medze :

- Horná regulačná medza (UCL – Upper Control Limit)
- Dolná regulačná medza (LCL – Lower Control Limit)

pre odhad regulačných medzí sa používa 3 násobok smerodajnej odchýlky.



Obr. 6 Shewhartov regulačný diagram a – proces je štatistický regulovaný, b – proces nie je štatistický regulovaný

1.2.1.7.2 Typy regulačného diagramu

Podľa (STN EN ISO 8258) existujú dva typy regulačných diagramov

A. Regulačné diagramy meraním

Týkajú sa veličín, ktoré sú spojité a merateľné. Delenia regulačných diagramov :

- Diagram pre priemer (\bar{X}) a diagram pre rozpätie (R)
- Diagram pre priemer (\bar{X}) a diagram pre smerodajnú odchýlku (s)
- Diagram pre individuálne hodnoty (X) a diagram pre kĺzavé rozpätie (R)
- Diagram pre medián (Me) a diagram pre rozpätie (R)

Regulačný diagram pre priemer (\bar{X}) a diagram pre rozpätie (R), alebo smerodajnú odchýlku (s)

Regulačné diagramy meraním môžu popisovať údaje výrobného procesu v pojmoch ako jeho rozmedzie (variabilita od jedného kusu k druhému), tak aj jeho polohy (priemer výrobného procesu).

Následkom toho sú regulačné diagramy meraním vždy analyzované vo dvojiciach jeden pre polohu, druhý pre rozmedzie výrobného procesu.

Regulačný diagram pre individuálne hodnoty a (X) a diagram pre kĺzavé rozpätie (R_{KL})

V prípade regulačných diagramov pre individuálne hodnoty neexistujú žiadne logické podskupiny, ktoré poskytujú odhad variability, regulačné medze sú založené na miere kolísania získanej z kĺzavých rozpätí dvoch pozorovaní. Kĺzavé rozpätie je absolútna hodnota rozdielu dvoch meraní.

Regulačný diagram pre medián (Me) a diagram pre rozpätie (R)

Tieto diagramy sú alternatívami k regulačným diagramom pre priemer a rozpätie. Poskytujú podobné závery sú ľahko aplikovateľné nevyužívajú veľa výpočtov. Ukazujú rozmedzie výrobného procesu na jeho výstupe a dávajú plynulý obraz o kolísaní výrobného procesu.

B. Regulačné diagramy porovnávaním

Norma (STN EN ISO 8258) rozlišuje nasledovné regulačné diagramy :

- Diagram pre podiel nehodných jednotiek (p), alebo diagram pre počet nezhodných jednotiek (np)
- Diagram pre počet nezhôd (c), alebo diagram pre počet nezhôd na jednotku (u)

Každý z týchto regulačných diagramov je viazaný na dve rozdielne situácie :

1. Základné hodnoty nie sú stanovené :

Účelom je zistiť, či pozorované hodnoty sledovanej výberovej charakteristiky majú rozptyl len v rozpätí, ktoré je možné pripísať iba pôsobením náhodných príčin.

2. Základné hodnoty sú stanovené:

Hodnoty sú dané vo forme špecifických požiadaviek, alebo technického zadania.

Účelom je zistiť, či pozorované hodnoty výberovej charakteristiky sa líšia od hodnôt daných prepisov viac ako je možné očakávať pri pôsobení náhodných príčin.

1.3 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ

Analýza systému merania charakterizuje vhodnosť daného systému merania k meraniu určitého znaku kvality v danom výrobnom alebo tolerančnom rozpätí.

Vyhodnocuje sa rada štatistických vlastností napríklad zhodnosť, strannosť, opakovateľnosť, reprodukovateľnosť, stabilita a linearita merania

Posúdenie systému merania

Prvým krokom pri hodnotení systému merania je overenie, že je meraná správna veličina. Pokiaľ je meraná nesprávna veličina, nezáleží na presnosti a správnosti systému meraní, jednoducho povedané, je to čerpanie zdrojov bez pridanej hodnoty.

Ďalším krokom je stanovenie, ktoré štatistické vlastnosti systému musia byť prijateľné. Aby to bolo možné stanoviť, je potrebné vedieť, akým spôsobom budú údaje používané. Bez takýchto vedomostí je potrebné vyhodnotiť, či ich systém merania skutočne poskytuje.

Problémy merania

Pri hodnotení systému merania je nutne zaoberať sa troma základnými problémami:

Po prvé – má systém merania dostatočnú rozlišovaciu schopnosť. Po druhé – je systém merania dostatočne stabilný v čase. Po tretie – sú jeho štatistické vlastnosti konzistentne v očakávanom rozsahu merania a sú prijateľné pre analýzu alebo reguláciu procesu. Najzmyselnejšie je vzťahovať tieto zistenia na variabilitu procesu. Dlhodobá tradícia vyjadrovať chybu merania ako percento šírky tolerancie nezodpovedá požiadavkám na trvale zlepšenie procesu.

Určenie indexu spôsobilosti meracieho zariadenia C_{gm} a C_{gmk}

Kontrola spôsobilosti meracieho zariadenia sa skladá z opakovaných meraní s kalibrovanými normálom v mieste používania meracieho zariadenia, ktoré robí poučený pracovník. Menovitú hodnotu normálu je treba zvoliť tak, aby sa nachádzala vo vnútri používaného rozsahu meracieho zariadenia. Prednostne sa volí menovitá hodnota normálu tak, aby ležala v strede tolerancie príslušného znaku: Výsledky posúdenia charakterizujú indexy C_{gm} a C_{gmk} .

Index C_{gm} je pomer $0,2 \cdot$ tolerancia znaku T k šesť násobku smerodajnej odchylky opakovaných meraní s_w .

Index C_{gmk} je pomer $0,1 \cdot$ tolerancia znaku T k trojnásobku smerodajnej odchylky s_w s prihliadnutím k polohe strednej hodnoty znaku T sa môže použiť tiež rozptyl procesu $6 \cdot \sigma$.

Realizácia

V závislosti od meracej metódy je potrebné použiť jeden normál (pre digitálne metódy) alebo tri normály (pre analógové metódy).

Je nutné dodržať nasledovne pokyny:

- Posúdenie je treba vykonať na predpokladanom mieste použitia meracieho zariadenia.
- Pred začiatkom skúšky je treba meracie zariadenie nastaviť a justovať podľa kontrolného návodu. Počas skúšky nie je prípustné upravovanie prístroja.
- Nastavovacie a kalibrovacie normály sa musia medzi jednotlivými meraniami vybrať z meracej pozície a znovu založiť.
- Meranie na normále sa musí vykonať vždy na rovnakom mieste a v rovnakom čase.
- S každým normálom sa vykoná postupne minimálne 25 opakovaných meraní (lepšie 50 meraní) a hodnoty sa nanášajú do formulára (Hrubec, 2001)

Vyhodnotenie

- Vypočíta sa primárna hodnota a rovnako smerodajná odchýlka s_w
- Indexy spôsobilosti meracieho zariadenia C_{gm} a C_{gmk} vypočítajú podľa vzorcov vytlačených na formulári so spoľahlivosťou $1 - \alpha = 99,7\%$

1.4 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÝCH ZARIADENÍ

Pokiaľ ma byť zavedené do výroby nejaké výrobné zariadenie, je potrebné najprv zistiť ,či je spôsobilé s dostatočnou istotou vyrábať výrobky v požadovaných parametroch.

Najprv sa zisťuje spôsobilosť výrobného zariadenia u výrobcu, ešte pred jeho dodaním zákazníkovi, aby sme získali dôkaz o výkone daného výrobného zariadenia.

Táto skúška sa spravidla opakuje ešte raz po inštalácii výrobného zariadenia u zákazníka. Pri výrobných zariadeniach, ktoré sú už k dispozícii, prípadne po oprave, je postup rovnaký. Ak prebehne skúška s kladným výsledkom, nasleduje posúdenie spôsobilosti procesu.

1.4.1 Cieľ zisťovania spôsobilosti stroja

Cieľom zisťovania spôsobilosti stroja je dokaz že :

- Výroba na stroji prebieha v známych zákonitostiach. Ak takúto zákonitosť nezistíme, potom nie je možné určiť spôsobilosť stroja, zvlášť nie je prípustné priradovať stroju štatisticky vypočítanú hodnotu vyjadrujúcu túto spôsobilosť
- Stroj je schopný vyrábať v požadovaných toleranciách. Dôkaz o tom môže poskytnúť len nájdená zákonitosť

Postup skúmania spôsobilosti stroja zahŕňa krátkodobé posúdenie vplyvov pôsobiacich na proces, ktoré sú podmienené strojom. Je treba vziať do úvahy všetky možné ďalšie vplyvy, ktoré môžu na proces v priebehu ďalšej činnosti stroja pôsobiť. Vonkajšie rušivé vplyvy možno zahrnúť pod pojmy pracovník, stroj, materiál, metóda a okolité prostredie.

Cieľom skúmania spôsobilosti procesu je dôkaz, že posudzovaný proces je schopný plniť trvale kvalitne požiadavky, ktoré sú naň kladené. Postup skúmania spôsobilosti výrobného procesu zahŕňa požiadavky dlhodobé posudzovanie, ktoré má za cieľ určiť všetky vplyvy pôsobiace na proces. (Hrubec, 2001)

1.4.2 Klasifikácia znakov

Voľba kontrolných znakov rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje výsledky hodnotenia. V zásade je dôležitý každý znak, ktorý môže posudzovaný stroj ovplyvniť. Pri nákupe nových výrobných zariadení musí byť pre každý znak stanovená požadovaná hodnota vyjadrujúca spôsobilosť stroja a následným sledovaním musí byť dokázaná.

Pri výrobkoch s množstvom znakov rovnakého druhu, ktoré sa zhotovujú jedným nástrojom, môže byť počet znakov určených pre sledovanie redukovaný.

Kontrolne znaky sú zoradené podľa priority nasledujúcim spôsobom :

- Špecifické zákaznicke parametre
- Kritické parametre z hľadiska funkcie
- Kritické parametre z hľadiska výroby
- Kritické parametre z pohľadu kontroly

Je potrebné stanoviť vzájomnú závislosť znakov, kontrolovať najdôležitejšie znaky a na ne nadviazať ďalšie. Rozdeliť znaky súvisiace s predpracovaním a znaky súvisiace s dokončovacími operáciami. Pri rozhodovaní, či kontrolovať parametre súvisiace s predpracovaním, je rozhodujúce ich pôsobenie na nasledujúci proces.

1.4.3 Okrajové podmienky

Aby sme mohli dospieť k spoľahlivému záveru, je treba vždy dokumentovať všetky okrajové podmienky, za ktorých bola kontrola vykonaná. Musíme mať možnosť kedykoľvek zistiť, na základe akých okrajových podmienok výsledky vznikli. Okrajové podmienky sa nanášajú do vyhodnocovacieho listu.

Okrajovými podmienkami rozumieme údaje o nastavení stroja, ďalej údaje o procese a charakteristické údaje o mieste, kde je dané výrobné zariadenie inštalované.

- Medzi údaje o nastavení stroja patria:
 - otáčky
 - posuv
 - náradie
 - takt
 - chladiace emulzia, teplota
 - tlaky
 - elektrický prúd
 - výkon
 - zmeny pri optimalizačných opatreniach atď.
- Medzi údaje o príslušnom výrobnom procese patria :
 - polotovary od rôznych dodávateľov
 - rôzne spôsoby predpracovania
 - výmena obsluhy
 - čas práce výrobného zariadenia pred odobratím vzoriek pre skúšku
- Charakteristika miesta :
 - teplota okolia
 - vlhkosť vzduchu
 - tlak vzduchu
 - otrasy pôsobiace na výrobné zariadenie

- umiestnenie výrobného zariadenia v budove (poschodie)
- neobvykle udalosti (otvorenie okien, zapnutie alebo vypnutie kúrenia)

1.4.4 Získavanie údajov

Náhodná kontrola by nás mala prostredníctvom štatistického vyhodnotenia informovať o rozptylovom správaní sa posudzovaného výrobného zariadenia v určitom časovom úseku. Výrobne zariadenie sa pre prípad odoberania vzorky nastavuje tak, aby namerane hodnoty ležali pokiaľ možno v strede tolerančného poľa.

Podľa procesu odoberá minimálne 50 (pokiaľ možno 100 a viac) vyrábaných výrobkov určených pre skúšky. Výrobky sa odoberajú tak, ako idú za sebou a zodpovedajúcim spôsobom sa označia.

1.5 SPÔSOBILOSŤ PROCESU

Výsledkom štúdie spôsobilosti procesu je určenie štatistických parametrov procesu a posúdenie schopnosti plniť požiadavky, ktoré sú naň kladené. Štúdia spôsobilosti procesu je založená na štatistickej analýze dát, ktoré sú reprezentatívnou vzorkou procesu.

Na vyhodnotenie spôsobilosti procesu prejdeme vtedy, pokiaľ sú splnené nasledovné predpoklady :

- Proces je štatisticky stabilizovaný, t.j. vyriešené problémy regulácie v regulačných diagramoch
- Jednotlivé merania pochádzajúce z procesu podliehajú normálnemu rozdeleniu t.j. mal by sa vykonať test normality. Formalitu môžeme preskúmať pomocou histogramu, zakreslením hodnôt empirickej distribučnej funkcie na pravdepodobnostnú sieť normálového rozdelenia, alebo omnoho presnejšou metódou napr. Pearsonovým kritériom.
- Technické a ostatné špecifikácie presne vyjadrujú požiadavky zákazníka

Nominálna hodnota návrhu je v strede tolerančného pola. (Hrubec,2001).

- Určenie charakteristík pre analýzu a vytvorenie planú pre zhromaždenie dát
- Zhromaždenie dát
- Analýza dát

Pri určení charakteristík a ich špecifikácií pre analýzu spôsobilosti procesu sa vychádza z nasledujúcich poznatkov, alebo dokumentov :

- Kontrolný plán, FMEA
- Kritická charakteristiky definovane zákazníkom
- Reklamácie
- Predchádzajúce analýzy spôsobilosti procesu a meracích systémov

Treba brať do úvahy, že produktom z hľadiska zákazníka je všetko, čo zákazník dostane, vrátane dokumentácie, značenia a podobne. (Sachs, 2003)

Predbežná spôsobilosť procesu C_{pk} a C_{ppk} je krátkodobé vyšetrenie (menej ako 30 výrobných dní, minimálne 10 nameraných výsledkov z min 25 podskupinami) umožňuje včasné získanie informácií o účinnosti (nového alebo modifikovaného) procesu.

Dlhodobá spôsobilosť C_p a C_{pk} procesu je celková variabilita procesu. Monitoruje počas celej výroby.

2. CIEĽ PRÁCE

Cieľom diplomovej práce je navrhnúť a zaviesť štatistické metódy do výrobných procesov v organizácii MATADOR Automotive Vráble, a.s. Navrhnuté metódy majú viesť k zlepšovaniu kvality vyrábaných výrobkov.

K splneniu daného cieľa je potrebné vypracovať nasledovné metódy :

- Spôsobilosť meracieho zariadenia
- Spôsobilosť výrobného zariadenia
- Regulačné diagramy
- Spôsobilosť procesu

3. METODIKA

3.1 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ

3.1.1 Určenie indexu spôsobilosti meracieho zariadenia C_{gm} a C_{gmk}

Kontrola spôsobilosti meracieho zariadenia sa skladá z opakovaných meraní s kalibrovaným normálom v mieste používania meracieho zariadenia, ktoré robí poučený pracovník.

Je potrebné dodržať nasledovné pokyny:

- Posúdenie je treba vykonať na predpokladanom mieste použitia meracieho zariadenia
- Menovitú hodnotu normálu X_r , treba zvoliť tak, aby bola v strede tolerancie
- S každým normálom sa vykoná 50 opakovaných meraní
- Pred začiatkom skúšky je treba zariadenie nastaviť podľa kontrolnej návodky
- Meranie vykonáva stále ten istý pracovník
- Výsledky posúdenia určujú indexy spôsobilosti meracieho zariadenia C_{gm} a C_{gmk}
- Z nameraných hodnôt sa vypočíta priemerná hodnota :

$$\bar{X}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

pre $i = 1, 2, \dots, k$

kde: i - poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine

n - rozsah podskupiny

- Smerodajná odchýlka sa vypočíta podľa vzorca :

$$s_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_a)^2} \quad (3)$$

- Indexy spôsobilosti meracieho zariadenia sa vypočítajú :

$$C_{gm} = \frac{0,2.T}{6.s_w} \quad (4)$$

C_{gmk} = menšia hodnota z

$$C_{gmk} = \frac{\bar{X}_a - (X_r - 0,1.T)}{3.s_w} \quad (5)$$

$$C_{gmk} = \frac{(X_r - 0,1.T) - \bar{X}_a}{3.s_w} \quad (6)$$

- Minimálne požiadavky na indexy sú nasledujúce

$$C_{gm} \geq 1,33 \text{ a } C_{gmk} \geq 1,33$$

Index C_{gm} vyjadruje rozptýlenie nameraných hodnôt v tolerancii. Index C_{gmk} prihliada na polohu strednej hodnoty \bar{X}_a .

3.1.2 Stanovenie celkového rozptylu meracieho zariadenia S_m

(podľa metódy s)

1. Pred zahájením posudzovania musí vykonať obsluha kalibráciu meracieho zariadenia podľa návodu na obsluhu. V priebehu skúšky nie je nastavovanie dovolené.
2. Je treba použiť 10 sérových výrobkov

3. Kontrolované výrobky sa očísľujú a zmerajú sa dvakrát za sebou v rovnakom poradí a zakaždým na rovnakom mieste a v rovnakej polohe. Meranie uskutoční obsluha A pomocou prístroja, ktorý vyhodnocujeme.
4. 10 rovnakých výrobkov zmeria v rovnakom poradí obsluha B a C. Obsluha by nemala vidieť predchádzajúce výsledky.
5. Všetky namerané hodnoty sa nanášajú do príslušných kolónok formulára.
6. Pre každý výrobok sa vypočítajú z radov 1 a 2 rozdiely a nanesú sa do príslušnej kolónky

Vypočítajú sa priemerné hodnoty $\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{X}_C$ z hodnôt radu meraní 1 a 2 a z rozdielov (rad 1 – rad 2) sa vypočítajú smerodajné odchýlky $s_{\Delta A}, s_{\Delta B}, s_{\Delta C}$ pre každého obsluhujúceho.

Celkové pásmo rozptylu meracieho zariadenia S_M sa vypočíta podľa nasledujúcich vzorcov:

- Priemerná smerodajná odchýlka meracieho zariadenia :

$$\bar{s}_{\Delta} = \frac{1}{3}(\bar{s}_{\Delta A} + \bar{s}_{\Delta B} + \bar{s}_{\Delta C}) \quad (7)$$

$$\bar{s} = \frac{\bar{s}_{\Delta}}{\sqrt{2}} \quad (8)$$

- Vypočíta sa zo stredných hodnôt $\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{X}_C$ smerodajná odchýlka s_v spôsobená vplyvom obslúh
- Celkové pásmo rozptylu meracieho zariadenia S_M

$$S_M = \sqrt[6]{\bar{s}^2 + s_v^2} \quad (9)$$

$$S_M \% = \frac{S_M \cdot 100\%}{T} \quad (10)$$

- Výsledok S_M % vzťahujúci sa na toleranciu znaku T, sa posudzuje nasledujúcim spôsobom:

S_M % = 0 až 20 %	dobrý
S_M % = 21 až 30 %	zlepšiť (obmedzene použiteľný)
S_M % = viac ako 30 %	nedá sa akceptovať (sú nutné opatrenia)

V prípade že je S_M % väčšie ako 30 % tolerancie, potom je treba urobiť nápravné opatrenia. Väčšie pásmo celkového rozptylu S_M ovplyvňuje index spôsobilosti procesu C_{PK} .

3.2 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÝCH ZARIADENÍ

3.2.1 Okrajové podmienky

Aby sme mohli dospieť k spoľahlivému záveru, je treba vždy dokumentovať všetky okrajové podmienky, za ktorých bola kontrola vykonaná. Musíme mať možnosť kedykoľvek zistiť, na základe akých okrajových podmienok výsledky vznikli. Okrajové podmienky sa nanášajú do vyhodnocovacieho listu.

Okrajovými podmienkami rozumieme údaje o nastavení stroja, ďalej údaje o procese a charakteristické údaje o mieste, kde je dané výrobné zariadenie inštalované.

- Medzi údaje o nastavení stroja patria:
 - pracovná rýchlosť
 - prietok chladiacej vody
 - tlak
 - teplota
 - výkon
- Charakteristika miesta :
 - teplota okolia
 - vlhkosť vzduchu
 - umiestnenie výrobného zariadenia v budove

3.2.2 Získavanie údajov

Náhodná kontrola by nás mala prostredníctvom štatistického vyhodnotenia informovať o rozptylovom správaní sa posudzovaného výrobného zariadenia v určitom krátkom časovom úseku.

Výrobne zariadenie sa pre prípad odoberania vzoriek predbežne nastavuje tak aby namerane hodnoty ležali pokiaľ možno v strede tolerančného pola. V procese sa odoberie 100 vyrábaných výrobkov určených pre skúšky. Výrobky sa odoberajú tak, ako idú za sebou a zodpovedajúcim spôsobom sa označia.

3.2.2 Zákonitosti

3.2.2.1 Skúmanie zákonitosti nameraných hodnôt

Namerané hodnoty sa zapisujú do päťmiestnych kolónok v tabuľke vyhodnocovacieho listu, v poradí podľa označenia výrobku. Následne sa nanášajú jednotlivé hodnoty do diagramu.

Pred zahájením ďalšieho postupu vyhodnocovania je potrebné zistiť, či namerané hodnoty nanesené do karty podliehajú známej zákonitosti. Pokiaľ sú namerané hodnoty chaoticky usporiadané, nerobí sa ďalšie štatistické vyhodnocovanie. Výrobne zariadenie nie je v tomto prípade spôsobilé. Musí sa vykonávať opatrenie pre zlepšenie tohto stavu a otvoriť nové skúmanie zákonitostí. Pokiaľ nedosiahne ani pomocou rôznych opatrení zlepšenie, potom nie je proces vzhľadom na spôsobilosť stroja zvládnutý. Ak sa dá z diagramu jednotlivých hodnôt odhadnúť, že namerané hodnoty vykazujú nejaký trend, je potrebné zaviesť opatrenie pre odstavenie tohto trendu a posúdenie spôsobilosti stroja opakovať.

Ďalej je treba dbať na to, aby priebeh grafu na \bar{X} - karte a s – karte bol spojitý a bez vymedziteľných vplyvov. Na \bar{X} – karte je možné trend často rozpoznať lepšie než na karte jednotlivých hodnôt. Zmenený priebeh hodnôt na s – karte poukazuje na nestabilitu výrobného procesu. Túto nestabilitu je potrebné posúdiť a odstrániť.

3.2.1.2 Určenie tvaru rozloženie nameraných hodnôt

Pokiaľ majú namerané hodnoty regulovateľných prípadne neregulovateľných procesov stabilnú priemernú polohu a priemerné hodnoty uvedené v \bar{X} – karte, nevykazujú nepravidelnosti, rieši sa v nasledujúcom kroku štatistický tvar rozloženia.

3.2.2 Stabilita

3.2.2.1 Určenie stability nameraných hodnôt

Z minimálne päťdesiatich po sebe odobratých výrobkov sa vytvoria umelé podskupiny s minimálnym rozsahom $n = 5$.

Pri teste na stabilitu sa pre každú podskupinu vypočíta priemerné hodnota \bar{X}_i a smerodajná odchýlka s_i .

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (11)$$

pre $i = 1, 2, \dots, k$ a pre $j = 1, 2, \dots, n$

kde: i - poradové číslo podskupiny

j - poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine

k - počet podskupín

n - rozsah podskupiny

X_{ij} - nameraná hodnota v i -tej podskupine

Smerodajná odchýlka v podskupine

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2} \quad (12)$$

pre $i = 1, 2, \dots, k$ a pre $j = 1, 2, \dots, n$

Vypočítané hodnoty \bar{X}_i a s_i sa nanesú do diagramu na \bar{X} - kartu a s - kartu. Aby sme dostali vhodnú mierku pre obidva diagramy, je potrebné najskôr vypočítať extrémne hodnoty $\bar{X}_{\max}, \bar{X}_{\min}, s_{\max}$.

Stanoví sa spoločná priemerná hodnota $\bar{\bar{X}}$:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (13)$$

kde: \bar{X}_i - priemer v i -tých podskupinách ($i = 1, 2, \dots, k$)

k - počet podskupín

Priemerná smerodajná odchýlka \bar{s} :

$$\bar{s} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (14)$$

3.2.2.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku

Strednú polohu skúmaného procesu možno považovať za stabilnú, pokiaľ jednotlivé hodnoty \bar{X} neprekračujú hornú medzu zásahu HMZ :

$$HMZ_x = \bar{\bar{X}} + 1,3 \bar{s} \quad (15)$$

alebo dolnú medzu zásahu DMZ :

$$DMZ_x = \bar{\bar{X}} - 1,3 \bar{s} \quad (16)$$

Ak je najväčšia zistená smerodajná odchýlka z päťčlených skupín s_{\max} menšia ako $2,1 \cdot \bar{s}$, potom môžeme považovať smerodajnú odchylku za stabilnú.

$$HMZ_s = 2,1 \cdot \bar{s} \quad (17)$$

3.2.3 Normalita nameraných hodnôt

Pomocou normálneho rozdelenia sa kontroluje normalita nameraných hodnôt. Súbor s nameranými hodnotami bol rozdelený do tried, ktoré reprezentujú triedene intervaly. Jednotlivé hodnoty sa zaradia do tried.

Počet triedených intervalov k sa volí alebo odporúča určiť podľa rovnice :

$$k = \sqrt{N} \quad (18)$$

kde: N - rozsah súboru

Výsledok sa zaokrúhli k najbližšiemu celému číslu.

Šírka triedeného intervalu môže byť rovnaká, ale aj rozdielna. Prirodzene, jednoduchšie je keď je rovnaká.

Šírka triedeného intervalu d sa určí podľa rovnice :

$$d = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} \quad (19)$$

kde: x_{\max} a x_{\min} - maximálna a minimálna hodnota premennej v štatistickom súbore

Začiatok prvého triedeného intervalu sa určí tam, kde je prvý bod informácie x_{\min} .

Určia sa rady rozdelenia početnosti : absolútne početnosti n_j , kumulatívna absolútna početnosť $\sum n_j$, relatívne početnosti P_j , kumulatívna relatívna početnosť $\sum P_j$:

$$P_j = \frac{n_j}{N} \quad (20)$$

kde: n_j - absolútna početnosť

N - rozsah súboru

Na os x sa nanášajú hodnoty reprezentujúce jednotlivé triedy. Na os y sa nanášajú relatívne početnosti.

Aritmeticky priemer \bar{X} , rozptyl σ^2 a smerodajná odchýlka σ sa vypočítajú podľa rovníc :

$$\bar{X} = X_{is} \cdot P_j \quad (21)$$

$$\sigma^2 = (X_{is} - \bar{X})^2 \cdot P_j \quad (22)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (23)$$

Rozdelenie pravdepodobnosti náhodnej premennej nazývame normálnym, ak hustota pravdepodobnosti $f(x)$ tohto rozdelenia je daná výrazom :

$$f(x_{js}) = \frac{d}{\sigma} f_0 \left(\frac{X_{js} - \bar{X}}{\sigma} \right) \quad (24)$$

$$f(-x) = f_0(x)$$

kde: d - šírka triedeného intervalu

X_{js} - stred j-teho intervalu v zadanom triedenom intervale

$f(x_{js})$ - funkcia hustoty pravdepodobnosti

Distribučná funkcia normálového rozdelenia bola vypočítaná podľa rovnice :

$$F(x_{jk}) = F_0 \left(\frac{X_{jk} - \bar{X}}{\sigma} \right) \quad (25)$$

$$F(-x) = 1 - F_0(x)$$

kde: x_{jk} - koniec j-teho intervalu v zadanom triedenom intervale

3.2.4 Testy zhody empirického rozdelenia s teoretickým

3.2.4.1 Kritérium χ^2

Pri preverovaní súhlasu medzi empirickým a teoretickým rozdelením sa vychádza zo súčtu tvorcov rozdielov medzi pozorovanými početnosťami m_j a teoretickými početnosťami m_{Tj} v každom triedenom intervale radu rozdelenia početnosti.

Pearsonovo kritérium bolo vypočítané podľa rovnice :

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{k'} \frac{(m_j - m_{Tj})^2}{m_{Tj}} \quad (26)$$

- kde: k' - počet triedených intervalov vo zväčšenom rade rozdelenia početnosti
 m_{Tj} - teoretická početnosť v j-tom zväčšenom triedenom intervale
 m_j - absolútna početnosť v j-tom zväčšenom triedenom intervale
 χ^2 - testovacie kritérium

$$m_{Tj} = n[F(x_{jk}) - F(x_{jz})] \quad (27)$$

kde: n – opakovateľnosť informácie (rozsah výberového súboru)

$F(x_{jk}), F(x_{jz})$ - hodnota distribučnej funkcie na konci a na začiatku j-teho triedeného intervalu

Ak nie je zostrojený rad rozdelenia početnosti, môže sa začiatočná informácia rozdeliť na rad intervalov s rozličnou veľkosťou podľa narastania hodnôt pri dodržaní podmienok $k' \geq 4$ a $m_i \geq 5$. V prípade, že neprišlo k zlučovaniu intervalov $k' = k$ v opačnom prípade je $k' < k$

Pravdepodobnosť zhody empirických a teoretických údajov sa určuje pomocou kritéria χ^2 a podľa tabuľky. Aby sme mohli použiť danú tabuľku, je potrebné určiť počet stupňov voľnosti r podľa rovnice :

$$r = k' - z - 1 \quad (28)$$

kde: z - počet odhadnutých parametrov teoretického rozdelenia

r - počet stupňov voľnosti

Ak je pravdepodobnosť P menšia ako 10 %, vybrane teoretické rozdelenie sa v praxi považuje za nevhodne na vyrovnanie empirickej informácie, a preto treba pre opis empirických údajov nájsť vhodnejšie rozdelenie.

3.2.5 Spôsobilosti výrobného zariadenia C_m , C_{mk}

Po potvrdení stability nameraných hodnôt a po zistení tvaru rozloženia musíme stanoviť pre určenie indexu spôsobilosti stroja C_m smerodajnú odchylku zo všetkých nameraných hodnôt. To je možné urobiť buď nanesením nameraných hodnôt na pravdepodobnostnú sieť, zvlášť keď bol urobený test tvaru rozloženia podľa tejto metódy alebo výpočtom.

Smerodajná odchýlka sa vypočíta :

$$\sigma_{N-1} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_N)^2} \quad (29)$$

kde: N - celkový počet nameraných hodnôt

\bar{X}_N - priemerná hodnota vypočítaná zo všetkých meraní

$$\bar{X}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (30)$$

kde: i - označuje jednotky súboru ($i = 1, 2, \dots, N$)

X_i - hodnota premennej X_i -tej jednotky

Index spôsobilosti stroja C_m sa vypočíta podľa rovnice

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma_{N-1}} = \frac{T}{6 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (31)$$

kde: T - tolerancia znaku

USL, LSL - horná a dolná tolerančná medza

Tento index poskytuje informáciu o tom, v akej miere využíva rozptyl nameraných hodnôt predpísanú toleranciu. Vyhodnotenie neberie do úvahy polohu nameraných hodnôt v tolerančnom poli. Z tohto dôvodu môže byť hodnota C_m vypočítaná podľa vyššie uvedeného vzorca použitá jedine pre regulovateľné procesy. Pri regulovateľných procesoch musí byť možné umiestniť priemernú hodnotu z nameraných hodnôt do stredu tolerančného poľa.

Minimálna požiadavka na hodnotu C_m pre spôsobilý stroj:

$$C_m \geq 1,66$$

Ak stanovená hodnota C_m je väčšia alebo rovná 1,66, tak je požadovaná spôsobilosť stroja dosiahnutá.

Index spôsobilosti stroja C_{mk} zohľadňuje proti indexu C_m ešte polohu priemernej hodnoty \bar{X}_N v tolerančnom poli. Vzďialenosti priemernej hodnoty od hranice tolerančného poľa je trojnásobok veľkosti smerodajnej odchylky.

$$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}_N}{3 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (32)$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{X}_N - LSL}{3 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (33)$$

Pre vyhodnotenie sa použije menšia hodnota z oboch vzorcov
Minimálna požiadavka hodnoty C_{mk} pre spôsobilý stroj:

$$C_{mk} \geq 1,67$$

Výpočet indexu spôsobilosti stroja C_{mk} ma zmysel pre regulovateľné procesy a je zvlášť dôležitý pre neregulovateľné procesy.

3.3 REGULAČNÉ DIAGRAMY MERANÍM PRE PRIEMER A ROZPÄTIE (\bar{X}, R)

Pred meraním nastaviť stroj na menovitú hodnotu a počas kontroly sa nastavenie menilo. Odobrať $N = 100$ výrobkov v malých podskupinách a rozsahu $n = 4$, v časovom intervale 12,5 minút.

Pri diagrame $\bar{X} - R$ sa vypočíta priemerná hodnota znaku v podskupine podľa vzorca:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (34)$$

pre $i = 1, 2, \dots, k$ a pre $j = 1, 2, \dots, n$,

kde: i - poradové číslo podskupiny

j - poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine

k - počet podskupín

n - rozsah podskupiny

X_{ij} - nameraná hodnota v i -tej podskupine

a rozpätie v podskupine:

$$R_i = MAX(X_{ij}) - MIN(X_{ij}) \quad (35)$$

Priemer a rozpätia sa vypočíta:

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \quad (36)$$

a priemer procesu vypočíta:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (37)$$

kde R_i a \bar{X}_i sú rozpätie a priemery v i -tych podskupinách ($i=1,2,\dots,k$)

Priemerné rozpätie a priemer procesu v regulačných diagramoch tvoria centrálné priamky (CL). Zakreslia sa ako plné vodorovné priamky.

Regulačné medze sa vypočítajú:

- Horná regulačná medza : $UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$ (38)

- Dolná regulačná medza : $LCL_R = D_3 \cdot \bar{R}$ (39)

- Horná regulačná medza : $UCL_x = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$ (40)

- Dolná regulačná medza : $LCL_x = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$ (41)

3.3.1 Vyhodnotenie regulácie procesu

Regulačné medze môžu byť interpretované takto : keby zostala variabilita procesu od jedného výrobku k druhému a priemer procesu konštantný na existujúcich úrovniach, jednotlivé rozpätia podskupín (R) a priemery (\bar{X}) by samé kolísali náhodne, avšak málokedy by sa objavili mimo regulačné medze. Podobne by sa v údajoch nemali prejavovať trendy alebo zoskupenia, iba keby boli vyvolané náhodou. Cieľom analýzy regulačných diagramov je identifikovať akýkoľvek dôkaz, že variabilita procesu alebo priemer procesu nepracujú na konštantnej úrovni – že jeden alebo oba tieto parametre procesu sú štatisticky nezvládnuté, a nasledovne treba urobiť zodpovedajúce opatrenia.

R – diagramy a \bar{X} - diagramy sa analyzujú oddelene, ale porovnanie zoskupení medzi oboma grafmi môže často dať doplnkový pohľad na vymedziteľne príčiny, ovplyvňujúce proces.

3.3.2 Analýza zakreslených údajov na R - diagrame

Ako prvý sa analyzuje R diagram. Body výberových rozpätí R_i sa porovnávajú s regulačnými medzami. Zvlášť a posudzujú body ležiace mimo regulačných medzi a body vytvárajúce neobvykle zoskupenia, trendy a \bar{X} diagram.

A, Body ležiace mimo regulačné medze – prítomnosť jedného alebo viacerých bodov mimo jednu alebo druhu regulačnú medzu základný dokaz toho, že v tomto bode je štatistický zvládnutý proces. Vzhľadom na to, že body mimo regulačné medze by sa vyskytli len veľmi zriedkavo, keby kolísanie bolo spôsobené len náhodnými príčinami, predpokladá sa, že to bola pravé vymedziteľná príčina, ktorá spôsobila extrémnu hodnotu. Preto akýkoľvek bod mimo regulačné medze je signálom pre bezprostrednú analýzu operácie z dôvodov prítomnosti vymedziteľnej príčiny. Keď také vymedziteľna príčina začala skutočne pôsobiť, označia sa všetky body, ktoré sú mimo medze pre ďalšie vyšetrenie a vykoná sa príslušné na právne opatrenie.

B, Iterácia – každý z nasledujúcich javov je známkou toho, že začal posun procesu alebo pôsobenia trendu:

- 7 bodov leží v rade na jednej strane od priemeru,
- 7 bodov je v rade a vytvára stupujúcu postupnosť alebo klesajúcu postupnosť.

Je potrebné vyznačiť bod, ktorý sa ukazuje byť nápoved'ou pre rozhodnutie, môže byť užitočný pre nájdenie cesty späť, na určenie začiatku iterácie. Analýza by mala zväziť približný časový okamih, v ktorom sa prvýkrát ukazuje nznak trendu alebo posunu.

C, Náhodne zoskupenia – Okrem prítomnosti bodov, ktoré ležia mimo regulačných medzi alebo dlhých iterácií, sa môžu objaviť v údajoch ďalšie výrazne zoskupenia, ktoré signalizujú vymedziteľne príčiny. Medzi nenáhodné zoskupenia napríklad patria trendy, cykly, celkove rozptýlenie bodov patriace údajom vo vnútri regulačných medzi alebo aj vzťahy medzi hodnotami vo vnútri podskupín. Jeden z testov pre celkove rozptýlenie patriace v podskupine je popísaný nižšie.

Vzdialenosť bodov \bar{R} : prakticky asi 2/3 zakreslených bodov by malo ležať vo vnútri strednej tretiny oblasti ohraničenej regulačnými medzami, okolo 1/3 bodov by malo byť v okrajových pásmach dvojtretinovej oblasti.

Ak leží tesne pri \bar{R} podstatne viac než 2/3 zakreslených bodov, je potrebné vyšetriť jeden alebo viac z nasledujúcich bodov :

- regulačné medze alebo body boli zle vypočítané alebo zakreslene
- proces alebo metóda odberu sú stratifikované
- údaje boli upravené (podskupiny s rozpätím, ktoré sa odchyľujú od priemeru, boli zmenené alebo vypustené)

Ak podstatne menej zaznamenaných bodov než 2/3 leží v okolí hodnoty \bar{R} , vyšetrí sa jeden alebo obidva nasledujúce body :

- regulačné medze alebo body sú zle vypočítané alebo zakreslene
- proces alebo metóda odberu vytvárajú po sebe idúce podskupiny a získavajú sa merania z dvoch alebo viacerých výrobných prúdov, ktoré majú výrazné odlišnú variabilitu

Pri prítomnosti niekoľkých výrobných prúdov by mali byť tieto prúdy identifikované a sledované oddelene.

Pomocou normálneho rozdelenia sa skontroluje normalita nameraných hodnôt podľa metodiky 3.2.3.

3.4 VYHODNOTENIE SPOSÔBILOSTI PROCESU

Pre určenie indexu spôsobilosti procesu je potrebné vypočítať odhad skutočnej hodnoty smerodajnej odchýlky pomocou rovnice:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (42)$$

Index spôsobilosti procesu C_p sa vypočíta :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}} \quad (43)$$

Korigovaný index spôsobilosti procesu C_{PK} sa vypočíta :

$$C_{PK} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \cdot \hat{\sigma}} \quad (44)$$

$$C_{PK} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}} \quad (45)$$

Uprednostňuje sa menšia hodnota C_{PK} z oboch vzorcov.

Výrobný proces je schopný produkovať výrobky požadovanej kvality, ak hodnota $C_p \geq 1,33$ a $C_{PK} \geq 1,33$. Index C_p zohľadňuje rozptyl nameraných hodnôt.

Index C_{PK} zohľadňuje ešte aj polohu priemeru procesu \bar{X} v tolerančnom poli.

4 VLASTNÁ PRÁCA

4.1 CHARAKTERISTIKA ORGANIZÁCIE MATADOR Automotive Vráble, a.s.

MATADOR Automotive Vráble, a.s., je neoddeliteľnou súčasťou portfólia úspešných slovenských organizácií pôsobiacich v oblasti strojárskoho priemyslu s dosahom na európsky trh automobilového priemyslu.

Skutočnosť, že organizácia dokázala v priebehu niekoľkých rokov svoj obrat niekoľkonásobne navýšiť, priniesla so sebou nielen niekoľko štrukturálnych a personálnych zmien spoločnosti, ale aj investície do novej výrobnjej technológie a dobudovanie jej logistického vybavenia.

Výrobný sortiment smerovaný do automobilového priemyslu tvorí asi 90% celkového obratu firmy a tvoria ho komplexné zvarané alebo montované zostavy ako nosník nárazníka, nosník prístrojovej dosky, vnútorné rámy sedadiel, výfukový systém alebo široká škála vnútorných dielov karosérie.



Obr. 7 Logo organizácie MATADOR Automotive

Tajomstvo MATADOR Automotive Vráble spočíva nielen v jej dokonale vybudovanej infraštruktúre, či v certifikovanom systéme kvality, ale aj vedomie spokojného zákazníka, ktorému môže ponúknuť kvalitné služby založené na jej vyspelom technologickom know-how, ktoré vie ponúknuť za prijateľné ceny.

História

1966 - vznik spoločnosti

1989 - etablovanie na štátny podnik PAL – Vráble

1993 - privatizácia, založenie PAL – Inalfa

1997 - štrukturálna zmena: lisovanie, zváranie

1999 - etablovanie BAZ – Inalfy, Bratislava

2002 - začiatok výroby pre VW – Touareg, Cayenne

2003 - etablovanie Inalfy Nitra, Inalfy Zlaté Moravce, Karsit – Inalfy

2004 - nová štruktúra akcionárov firmy, väčšinový vlastník: Matador, názov spoločnosti: Matador – Inalfa

2005 - nový názov spoločnosti MATADOR Automotive

Referencie

Diely karosérie:

Volkswagen, Audi, NedCar, IRS, Škoda, Suzuki, Daimler-Chrysler, PSA, Magna, Faurecia, Brose, Sofedit, Saint-Gobain, Johnson Controls, Dura, SAS, Peguform, Dura, Karmann, ATY,...

Predné a zadné nárazníky:

VW, Škoda, ISE, Decoma, Plastic Omnium

Kancelária a domácnosť:

Samsung, Daikin

Výfukové systémy:

Bombardier, Rotax

KTL:

Edscha, Tower, IRS, Decoma

Nástroje:

Škoda, Audi, Magna, Tower, Kuka, PSA, JCI

4.2 ÚDAJE O VÝROBNOM ZARIADENÍ A PRACOVISKU

V našom prípade strojným zariadením je linka EDMIC na lisovanie. Riadenie linky umožňuje dva režimy a to buď automaticky alebo ručný.

Okrajové podmienky

- Údaje o nastavení lisovacej linky EDMIC 800-320/32-19/19-12

Výrobca	Loire Safe
Rok výroby	2001
Tlak	8 000 kN
Hmotnosť stroja	150 000 kg
Pracovná rýchlosť	max: 205 mm. s ⁻¹ min: 5 mm. s ⁻¹
Prietok chladiacej vody	275 l.min ⁻¹
• Charakteristika prostredia	
Pracovná teplota	t=19°C
Vlhkosť vzduchu	max 80% pri 80°C

4.3 CHARAKTERISTIKA LISOVANÉHO VÝROBKU

Kontrolný prípravok číslo :	717-0698
Názov dielu :	Bodenteil
Kontrolovaný diel číslo	7P0.803093 A
Projekt :	COLORADO NF

4.4 CHARAKTERISTIKA MERACIEHO ZARIADENIA

DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20

- prevedenie nerez oceľ, cele základne, meracie plochy lapované
- 5-miestny LCD display, rozlíšenie 0,01mm
- merací rozsah 0-150 mm
- prepínanie mm/inch
- aretácia, plochy hĺbkomer
- norma DIN 862
- výrobca Mitutoyo



Obr. 9 DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20

4.5 VYHODNOTENIE SPÔSOBILOSTI MERADLA

Pre zisťovanie spôsobilosti meradla používaného v procese lisovania bolo určené meradlo DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20 rozlíšenie 0,01mm. Meradlo bolo skalibrované povereným pracovníkom. Hodnoty pre zisťovanie spôsobilosti meradla meral zaškolený pracovník.

4.5.1 Určenie indexov spôsobilosti meradla C_{gm} , C_{gmk}

Pre zistenie indexov spôsobilosti meradla c_{gm} a c_{gmk} bolo vykonaných 50 opakovaných meraní normálu s menovitou hodnotou 4,5mm podľa postupu v metodike. Hodnoty meral zaškolený pracovník, ktorý toto meranie v praxi bežne vykonáva. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 1. Z nameraných hodnôt bola najskôr vypočítaná stredná hodnota $\bar{X}_a = 4,52mm$ a smerodajná odchyľka $s_w = 0,046$ mm a ďalej jednotlivé indexy spôsobilosti. Keďže hodnoty spôsobilosti $C_{gm} = 1,76$ a $C_{gmk} = 1,41$ vyhovovali podmienkam $C_{gm} \geq 1,34$ a $C_{gmk} \geq 1,33$ bola dokázaná spôsobilosť meradla a pokračovalo sa meraním hodnôt pre metódu 2.

Tab. 1 Formulár pre vyhodnotenie indexu spôsobilosti C_{gm} a C_{gmk}

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	Formulár pre vyhodnotenie indexu spôsobilosti				Metóda 1						
	C_{gm} a C_{gmk}				List.číslo : 1 Počet listov : 1						
Číslo zariadenia : 500-181-20	Označenie prístroja : DIGIMATIC Posuvne meradlo	Výrobca: Mitutoyo	Rok výroby 2000	Dielňa: Ťažká lisovňa							
Údaje o meracom prístroji	Rozlíšenie	Trieda	Údaje o normále	Údaje o výrobku							
DIGIMATIC Posuvne meradlo	0,01	1	Názov:	Názov: Bodenteil							
			Číslo:	Číslo:							
			Hodnota :	Hodnota znaku: 4,5 ± 0,5							
			Teplota:	Tolerancia: 1 mm							
Podmienky merania											
Tabuľka a karta jednotlivých hodnôt			Vyhodnotenie :								
Jednotky : mm			Odchylka od hodnoty : 1mm								
1	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	Stredná hodnota : $\bar{X}_a = 4,52 \text{ mm}$ Smerodajná odchýlka: $s_w = 0,046 \text{ mm}$					
2	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5						
3	4,5	4,5	4,6	4,5	4,6						
4	4,5	4,6	4,5	4,4	4,5						
5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,6						
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Index spôsobilosti meradla : $C_{gm} = \frac{0,2 \cdot (USL - LSL)}{6 \cdot s_w} = \frac{0,2 \cdot (5 - 4)}{0,28} = 1,76$											
Index spôsobilosti meradla C_{gmk} najmenšia hodnota z :											
$\frac{(X_r + 0,1 \cdot (USL - LSL)) - \bar{X}_a}{3 \cdot s_w} = \frac{(4,5 + 0,1(5 - 4)) - 4,52}{0,14} = 2,24$											
alebo											
$\frac{\bar{X}_a - (X_r - 0,1 \cdot (USL - LSL))}{3 \cdot s_w} = \frac{4,52 - (4,5 - 0,1(5 - 4))}{0,14} = 1,41$											
Podmienka spôsobilosti:			$C_{gm} \geq 1,34$ a $C_{gmk} \geq 1,33$		Meracie zariadenie je spôsobilé						
Skutočná hodnota indexu			$C_{gm} = 1,76$								
Skutočná hodnota indexu			$C_{gmk} = 1,41$								
Dátum :											

4.5.2 Posúdenie celkového rozptylu S_M podľa metódy (s)

Pre posúdenie celkového rozptylu S_M podľa metódy (s) bolo odobratých desať vzoriek z procesu, ktoré postačujúco reprezentovali proces variabilitou priemeru. Očíslované vzorky merali traja pracovníci podľa postupu uvedeného v metodike, ktoré toto meranie v praxi bežne vykonávajú. Namerane hodnoty a výpočty sú uvedené v tabuľke 2. Z nameraných hodnôt boli najskôr vypočítané stredne hodnoty zo všetkých meraní jednotlivých operátorov $\bar{X}_A=0,1385$ mm, $\bar{X}_B=0,1605$ mm, $\bar{X}_C=0,1515$ mm. Ďalej sa vypočíta smerodajne odchyľky z rady merania 1 a 2 pre každého operátora $\bar{s}_{\Delta A}=0,1293$ mm, $\bar{s}_{\Delta B}=0,1342$ mm, $\bar{s}_{\Delta C}=0,1290$ mm. Ďalej sa vypočíta stredná smerodajná odchyľka merania $\bar{s}=0,0925$ mm, smerodajná odchyľka vplyvu obsluhy $s_v=0,1541$, a potom celkove pásmo rozptylu meradla $S_M=0,55$. Celkove pásmo rozptylu meradla sa vyjadrilo v percentách $s_M\%=13,75\%$. Hodnota $s_M\%$ vyhovuje podmienke od 0% do 20% , čo je dobre pásmo rozptylu používaného meradla.

Tab. 2 Formulár pre vyhodnotenie celkového pásma rozptylu S_M

MATADOR Automotive Vrábľa, a.s.	Formulár pre vyhodnotenie celkového						Metóda 2		
	Pásma rozptylu S_M						List. číslo: 2		
	(podľa metódy s)						Počet listov : 1		
Číslo zariadenia	Označenie meracieho zariadenia		Výrobca	Rok. Výroby:	Dieľna:				
500-181-20	DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20		DIGIMATIC	2000	Ťažká lisovňa				
Údaje o výrobku		Údaje o normále			Údaje o výrobku				
Názov : Bodenteil		Názov : Kontrolný prípravok			Index C_{gm} : 1,76				
Číslo : 717-0698		Číslo : 7P0.803093 A			Index C_{gmk} : 1,41				
Hodnota znaku : $4,5 \pm 0,5$ mm		Skutočná hodnota :			Dátum : 09.04.2010				
Tolerancia : 1 mm									
Podmienky merania : Teplota 21 °C									
Namerané hodnoty :			Jednotky : mm		Odchýlka od hodnoty : 1 mm				
Obsluha	A:			B:			C:		
	Operátor			Operátor			Operátor		
Výrobok	Rada 1	Rada 2	(1-2)	Rada 1	Rada 2	(1-2)	Rada 1	Rada 2	(1-2)
1	0,07	0,05	0,02	0,08	0,09	-0,01	0,07	0,07	0
2	0,12	0,09	0,03	0,09	0,09	0	0,11	0,09	0,02
3	0,21	0,23	-0,02	0,26	0,25	0,01	0,23	0,24	-0,01
4	-0,02	0,01	-0,03	0,02	0,06	-0,04	0,01	0,04	-0,03
5	0,13	0,15	-0,02	0,19	0,21	-0,03	0,2	0,18	0,02
6	0,11	0,08	0,03	0,19	0,09	0,1	0,15	0,09	0,06
7	0,01	0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	-0,02
8	0,09	0,07	0,02	0,2	0,13	0,07	0,14	0,1	0,04
9	0,23	0,21	0,02	0,15	0,19	-0,04	0,19	0,2	-0,01
10	0,46	0,44	0,02	0,5	0,45	0,05	0,48	0,44	0,04
	$\bar{s}_{\Delta A} = 0,1293$			$\bar{s}_{\Delta B} = 0,1342$			$\bar{s}_{\Delta C} = 0,1290$		
	$\bar{X}_A = 0,1385$			$\bar{X}_B = 0,1605$			$\bar{X}_C = 0,1515$		
Priemerná smerodajná odchýlka meracieho zariadenia \bar{s} :							Jednotka : mm		
$\bar{s}_{\Delta} = (s_{\Delta A} + s_{\Delta B} + s_{\Delta C}) \cdot (1/3) = (0,1293 + 0,1342 + 0,1290) \cdot 1/3 =$							0,1309		
$\bar{s} = \bar{s}_v / \sqrt{2} = \frac{0,1309}{\sqrt{2}} =$							0,0925		
Smerodajná odchýlka s_v z priemerných hodnôt $\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{X}_C$ (vplyv obsluhy):									
$s_v = \bar{X}_A + \bar{X}_B + \bar{X}_C = 0,1385 + 0,1605 + 0,1515 =$							0,1541		
Celkové pásmo rozptylu meracieho zariadenia S_M :									
$S_M = 6 \cdot \sqrt{s^2 + s_v^2} = 6 \sqrt{0,0925^2 + 0,1541^2} =$							0,55		
$S_M \% = S_M / T \cdot 100 = 0,55 / T \cdot 100 =$							13,75		
Výsledky : $S_M \% = 0 - 20\% =$ (DOBRÝ)									

4.6 HODNOTENIE SPOSÔBILOSTI VYROBNEHO ZARIADENIA

4.6.1 Zákonitosti

4.6.1.1 Skúmanie zákonitosti nameraných hodnôt

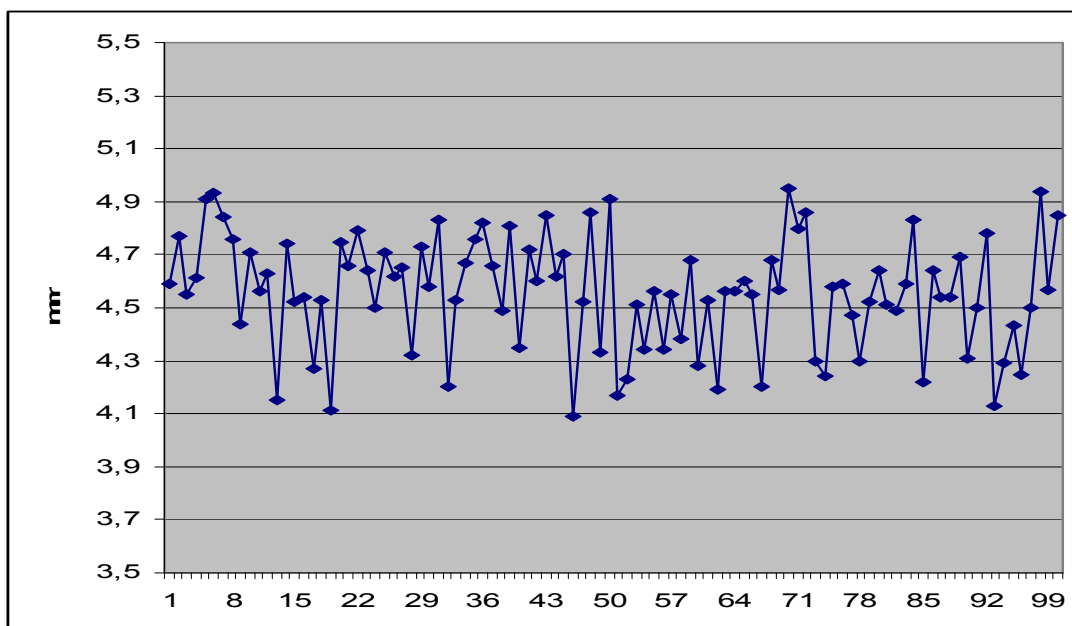
Pri zisťovaní spôsobilosti lisu sa postupovalo podľa metodiky uvedenej v kapitole „3. Metodika práce“.

Z výrobného procesu bolo odobratých 100 za sebou vyrobených výliskov. Namerané hodnoty boli rozdelené do 10 podskupín po 10 hodnotách. Z päťdesiatich po sebe odobratých výrobkov sa vytvoria umelé podskupiny s rozsahom $n = 10$. Na každom výlisku bol v poradí odmeraný príslušný rozmer ktorý bol $4,5 \pm 0,5$ mm.

Namerané hodnoty sa zapísali do desaťmiestnych kolónok do tabuľky 3. Následne sa nanášajú jednotlivé hodnoty do karty nameraných hodnôt, obr. 10.

Tab.3: Namerané hodnoty výlisku

P.č.	Namerané hodnoty, mm									
	x1	x2	x3	x4	X5	x6	x7	x8	x9	x10
1	4,59	4,56	4,66	4,80	4,72	4,17	4,53	4,83	4,51	4,5
2	4,77	4,63	4,79	4,86	4,6	4,23	4,19	4,20	4,49	4,78
3	4,55	4,15	4,64	4,30	4,85	4,51	4,56	4,53	4,59	4,13
4	4,61	4,74	4,5	4,24	4,62	4,34	4,56	4,67	4,83	4,29
5	4,91	4,52	4,71	4,58	4,7	4,56	4,6	4,76	4,22	4,43
6	4,93	4,54	4,62	4,59	4,09	4,34	4,55	4,82	4,64	4,25
7	4,84	4,27	4,65	4,47	4,52	4,55	4,20	4,66	4,54	4,5
8	4,76	4,53	4,32	4,30	4,86	4,38	4,68	4,49	4,54	4,94
9	4,44	4,11	4,73	4,52	4,33	4,68	4,57	4,81	4,69	4,57
10	4,71	4,75	4,58	4,64	4,91	4,28	4,95	4,35	4,31	4,85
\bar{X}	4,71	4,48	4,62	4,53	4,62	4,40	4,54	4,61	4,54	4,52
s	0,0486	0,0686	0,0399	0,063	0,0769	0,0494	0,0660	0,0649	0,0529	0,0805



Obr. 10 Karta nameraných hodnôt

4.6.2 Stabilita

4.6.2.1 Určenie stability nameraných hodnôt

Pri teste na stabilitu sa pre každú podskupinu vypočítali priemerné hodnoty \bar{X}_i a smerodajné odchýlky s_i , ktoré sa naniesli do diagramu na \bar{X} - karte a s - karte. Priebeh grafov na oboch diagramoch je spojitý, bez vymedziteľných vplyvov.

Aby sme dostali vhodnú mierku pre obidva diagramy, zistili sme extrémne hodnoty $\bar{X}_{\max}, \bar{X}_{\min}, s_{\max}$.

$$\bar{X}_{\max} = 4,71mm, \bar{X}_{\min} = 4,40mm, s_{\max} = 0,0805mm$$

4.6.2.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku

Strednú polohu skúmaného procesu možno považovať za stabilnú, keď jednotlivé hodnoty \bar{X}_{\max} a \bar{X}_{\min} neprekračujú hornú medzu stability $HMZ_x=4,739\text{mm}$ a dolnú medzu stability $DMZ_x=4,332\text{mm}$:

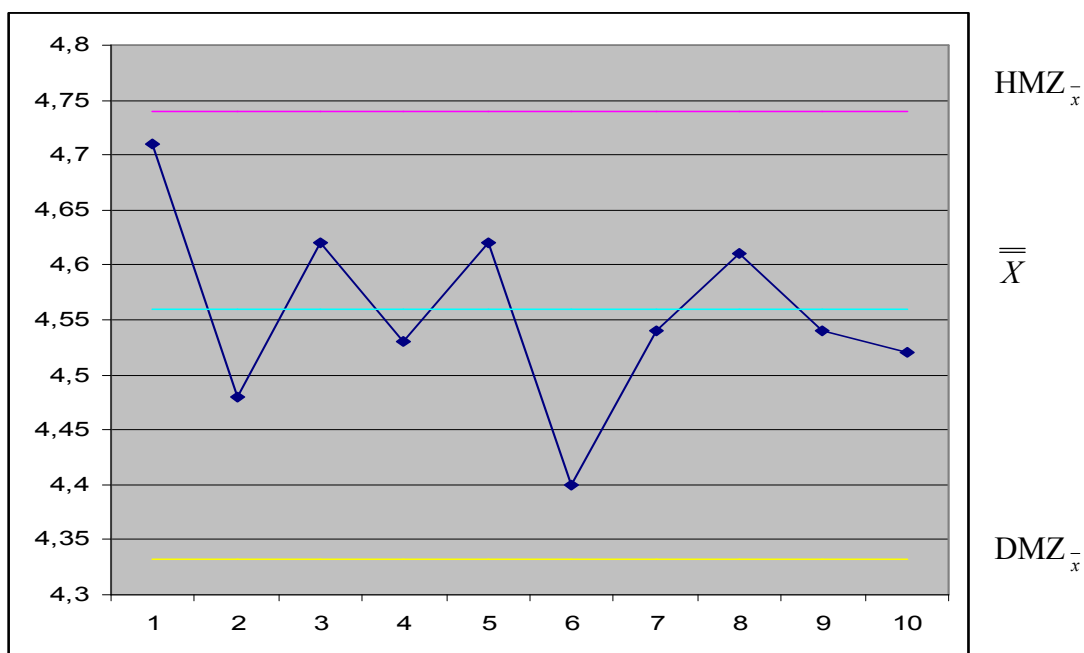
$$HMZ_x = 4,739\text{mm} \geq \bar{X}_{\max} = 4,71\text{mm}$$

$$DMZ_x = 4,332\text{mm} \leq \bar{X}_{\min} = 4,40\text{mm}$$

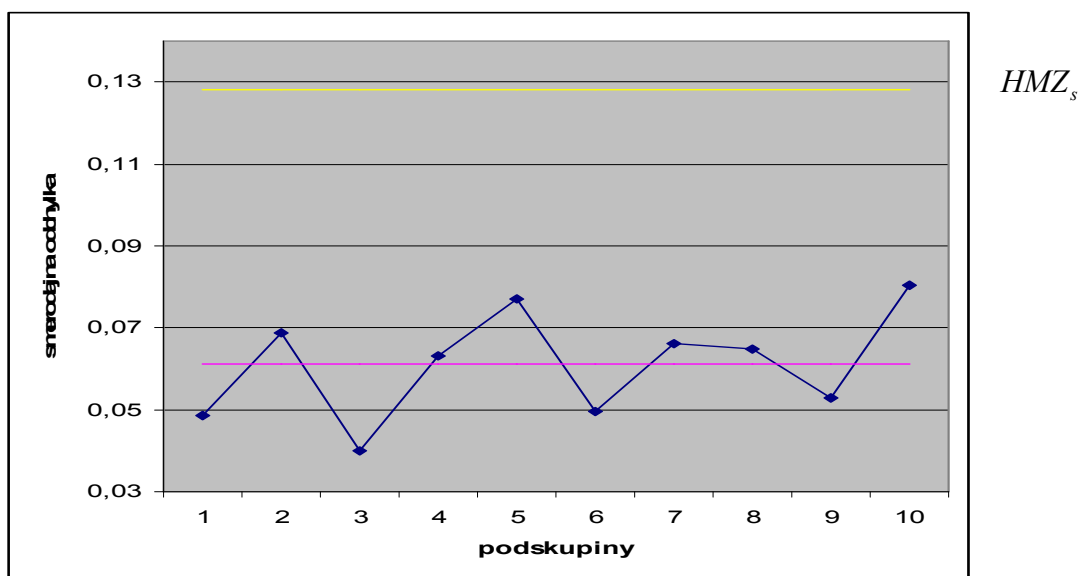
Smerodajnú odchylku považujeme za stabilnú, keď neprekračuje hornú medzu stability $HMZ_s = 0,128\text{mm}$:

$$HMZ_s = 0,128\text{mm} \geq s_{\max} = 0,0805\text{mm}$$

Ak je najväčšia zistená smerodajná odchýlka z päťčlených skupín s_{\max} menšia ako $2,1 \cdot \bar{s}$, potom môžeme považovať smerodajnú odchylku za stabilnú. Následné vypočítané hodnoty nanesieme na \bar{X} - kartu (obr.11) a s - kartu (obr.12)



Obr. 11 \bar{X} -karta



Obr. 12 s-karta

Z testu stability vyplýva, že na proces nepôsobia žiadne rušivé vplyvy. Stredné hodnoty a smerodajné odchylky neprekračujú medzi stability a preto sa prešlo k vyhodnocovaniu normality.

4.6.3 Vyhodnotenie normality nameraných hodnôt

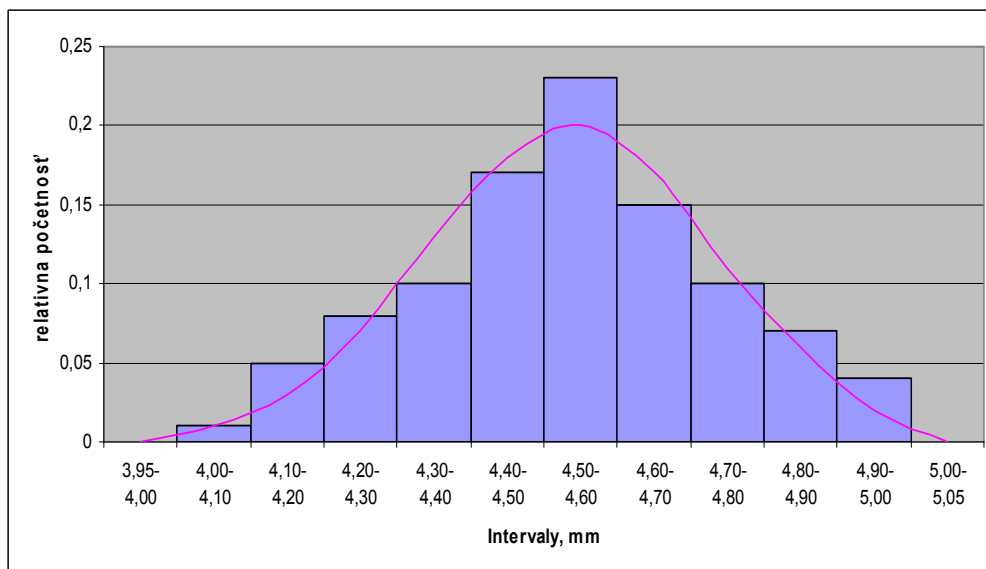
Pomocou normálneho rozdelenia sa skontrolovala normalita nameraných hodnôt. Súbor s nameranými hodnotami som rozdelil do tried, ktoré reprezentujú triedene intervaly. Predstavu o výsledkoch nám umožňuje ich zobrazenie pomocou histogramu. Histogram je symetrického tvaru z vrcholom blízko nominálnej hodnoty. Histogram zvonovitého tvaru je obvyčajne obrazom normálneho Gaussovho rozdelenia.

Na os x sa naniesli hodnoty reprezentujúce jednotlivé triedy. Na os y sa naniesli relatívne početnosti.

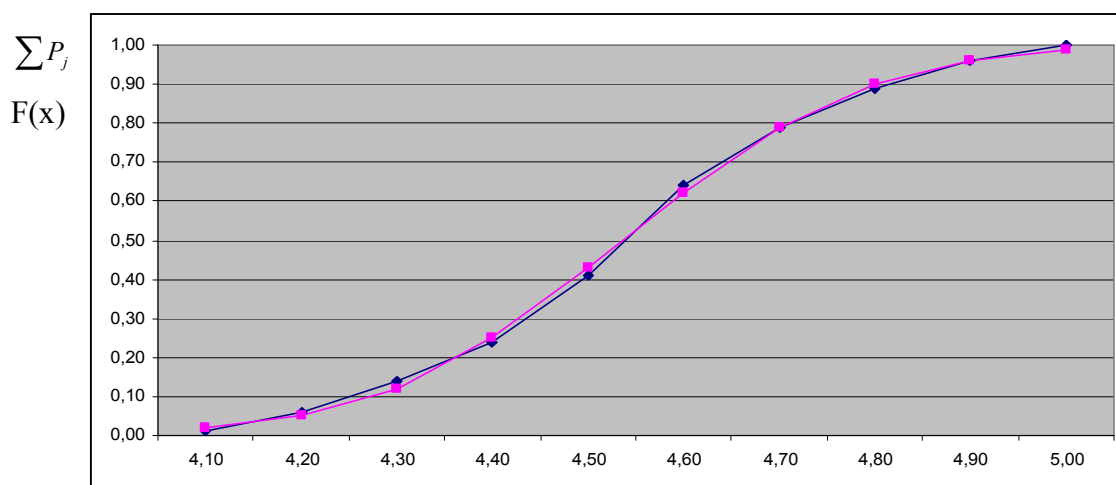
Vypočítali sme hustota pravdepodobnosti $f(x)$, distribučná funkcia normálneho rozdelenia a hodnoty boli zapísané do tabuľky 4. S nameraných hodnôt sme histogram a funkcia hustoty pravdepodobnosti $f(x)$ (obr. 13). Následné sme nakreslili krivku kumulatívnej relatívnej početnosti $\sum P_j$ a distribučná funkcia (obr. 14).

Tab.4: Rady rozdelenia početnosti

Interval, mm	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90
	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00
n_j	1	5	8	10	17	23	15	10	7	4
$\square n_j$	1	6	14	24	41	64	79	89	96	100
P_j	0,01	0,05	0,08	0,10	0,17	0,23	0,15	0,10	0,07	0,04
$\square P_j$	0,01	0,06	0,14	0,24	0,41	0,64	0,79	0,89	0,96	1,00
$f(x)$	0,01	0,03	0,07	0,13	0,18	0,20	0,17	0,11	0,06	0,02
$F(x)$	0,02	0,05	0,12	0,25	0,43	0,62	0,79	0,90	0,96	0,99



Obr. 13 Histogram a funkcia hustoty pravdepodobnosti $f(x)$



Obr. 14 Krivka kumulatívnej relatívnej početnosti $\sum P_j$ a distribučná funkcia $F(x)$

4.6.4 Testy zhody empirického rozdelenia s teoretickým Pearsonovo kritérium χ^2

Pri preverovaní súhlasu medzi empirickým a teoretickým rozdelením som vychádzal zo súčtu štvorcov rozdielov medzi pozorovanými početnosťami m_j a teoretickými početnosťami m_{Tj} v každom triedenom intervale radu rozdelenia početnosti (tabuľka 5).

Vypočítali sme pearsonovu kritérium $\chi^2 = 4,58$ a počet stupňov voľnosti $r=5$. Na základe týchto výpočtov sme určili percento zhody empirického rozdelenia s teoretickým, ktoré bolo $P = 46\%$, čím **normalita údajov bola potvrdená**.

Tab.5: Rozšírené rady rozdelenia početnosti

Interval, mm	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90
	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00
n_j	1	5	8	10	17	23	15	10	7	4
m_j	6		8	10	17	23	15	10	11	
m_{Tj}	4		7	8	18	26	12	8	7	

Teoretické rozdelenie sa považuje za vhodné lebo pravdepodobnosť P je väčšia ako 10%.

4.7 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÉHO ZARIADENIA C_m, C_{mk}

Po potvrdení stability nameraných hodnôt a po zistení tvaru rozloženia sa stanovil: aritmetický priemer $\bar{X}_N = 4,557\text{mm}$ a smerodajnú odchýlku $\sigma_{N-1} = 0,21$ a index spôsobilosti lisu C_m smerodajná odchýlka zo všetkých nameraných hodnôt.

Hodnota indexu spôsobilosti lisu bola $C_m = 2,57$ to znamená že, spôsobilosť lisu je väčšia ako stanovená $C_m \geq 1,66$.

Ďalej sa počítal korigovaný index spôsobilosti lisu C_{mk} . Index spôsobilosti lisu C_{mk} zohľadňuje proti indexu C_m polohu procesu \bar{X}_N v tolerančnom poli.

Pre vyhodnotenie sa použije menšia hodnota z oboch vzorcov. Minimálna požiadavka hodnoty C_{mk} pre spôsobilý stroj $C_{mk} \geq 1,67$

Korigovaný indexu spôsobilosti stroja $C_{mk} = 2,49$ to znamená že $C_{mk} = 2,49 \geq 1,67$.

Na základe vypočítaných indexov spôsobilosti bola potvrdená spôsobilosť výrobného zariadenia lisu EDMIC 800-320/32-19/19-12.

4.8 REGULAČNÉ DIAGRAMY MERANÍM PRE PRIEMER A ROZPÄTIE (\bar{X}, R)

V procese bolo odobratých $N=100$ vzoriek v podskupinách (1 podskupina mala rozsah $n = 4$, po sebe idúce vzorky), každých 12,5 minúty. Vzorky z výrobného procesu odobrali poverení pracovníci podľa pracovného postupu. Meranie vôle výlisku zabezpečovali pracovníci riadenia kvality, ktorí tuto činnosť bežne vykonávajú.

Vôľa výlisku (Príslušný rozmer kontrolovaného znaku kvality) bola meraná DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20 rozlíšenie 0,01mm. Namerane hodnoty jednotlivých vzoriek sú uvedené v tabuľke 6.

Počet podskupín bolo stanovený:

$$k = \frac{100}{n} = \frac{100}{4} = 25$$

4.8.1 Výpočet regulačných medzí

Najskôr boli odvodené regulačné medze pre rozpätie R , po nich regulačné medze pre priemer \bar{X} . Pre výpočty regulačných medzí boli použité konštanty, ktoré sú uvedené v tabuľke 6, ktorá sa nachádza v norme STN EN ISO 8258 Shewhartove regulačné diagramy. Tieto konštanty závisia od rozsahu podskupiny a majú hodnoty: $D_4 = 2,282$, $D_3 = 0,000$, $A_2 = 0,729$.

Priemerne rozpätie bolo vypočítané podľa vzorca 36 :

$$\bar{R} = 0,40mm$$

a priemer procesu bol vypočítaný podľa vzorca 37 :

$$\bar{\bar{X}} = 4,43mm$$

Priemerne rozpätie \bar{R} a priemer procesu \bar{X} v regulačných diagramoch tvoria centrálnu priamku (CL). Boli zakreslené ako plne vodorovné priamky.

Horná a dolná regulačná medza pre rozpätie a priemery bola vypočítaná podľa vzorcov 38,39,40,41 :

$$UCL_R = 0,9128mm$$

$$LCL_R = 0,000mm$$

$$UCL_{\bar{X}} = 4,7216mm$$

$$LCL_{\bar{X}} = 4,1384mm$$

Horné a dolné regulačné medze (UCL_R, LCL_R a $UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}}$) boli do diagramu zakreslené ako čiarkované vodorovné priamky. Výsledky sú uvedené v tabuľke 7.

4.8.2 Vyhodnotenie regulačných diagramov

Ako prvý bol analyzovaný R – diagram. Body výberových rozpätí neprekračujú regulačné medze a nevyskytujú sa žiadne zoskupenia a trendy. Možno konštatovať, že proces je v štatisticky zvládnutom stave, rozptylenie procesu – kolísanie vo vnútri podskupín je stabilné. Potom boli analyzované priemery na \bar{X} - diagrame. Body charakteristík \bar{X}_i neprekračujú regulačné medze a nevyskytujú sa zoskupenia a trendy, možno konštatovať, že poloha procesu sa nemení v priebehu času.

4.8.3 Vyhodnotenie normality

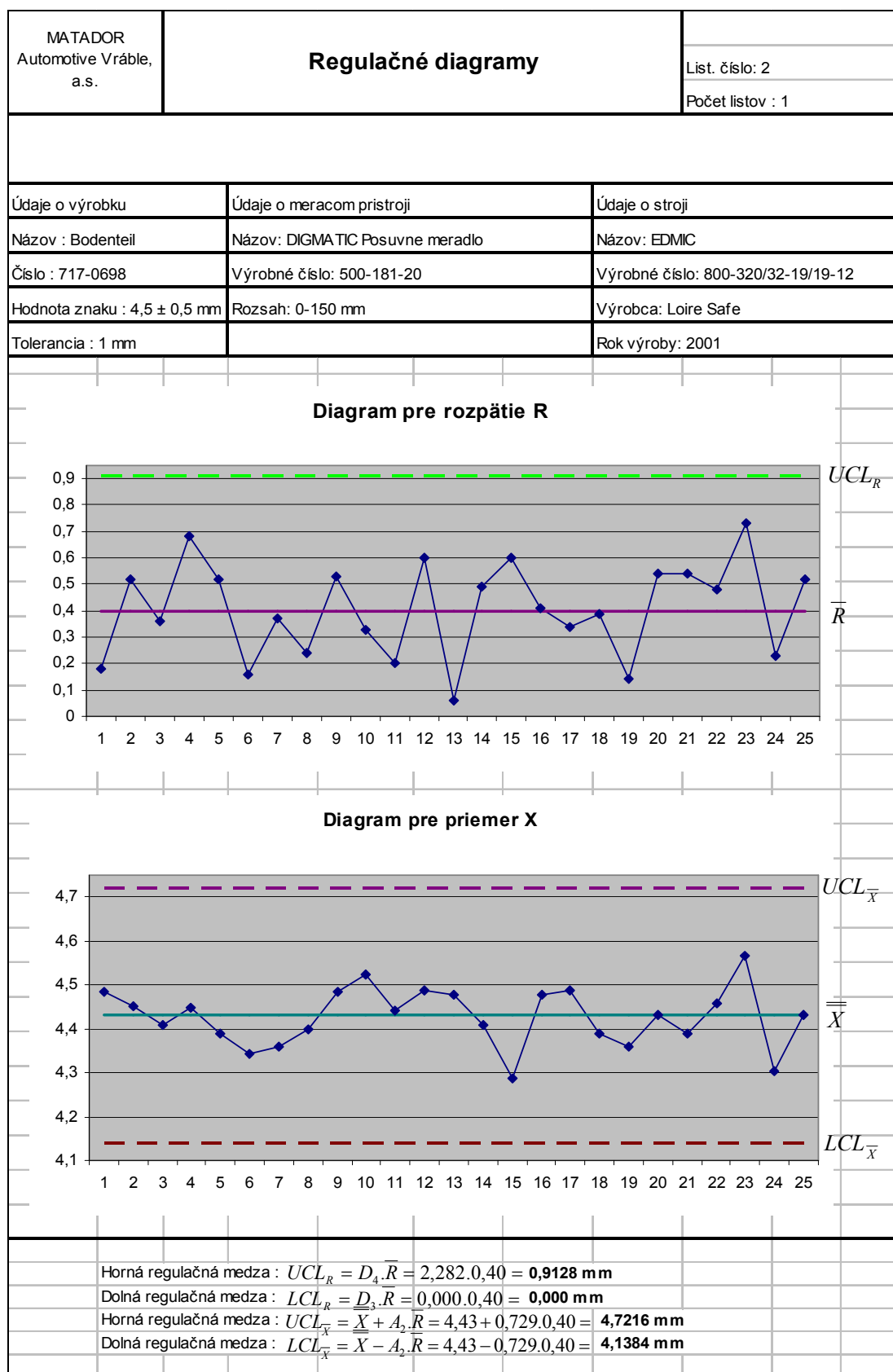
Zo súboru nameraných hodnôt $n=100$ bol vypočítaný počet triedených intervalov k , podľa rovnice 18:

$$k = \sqrt{100} = 10$$

Tab. 6 Namerané hodnoty, výberové charakteristiky

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	Namerané hodnoty				List. číslo: 1		
	Výberové charakteristiky				Počet listov : 1		
Údaje o výrobku		Údaje o meracom prístroji		Údaje o stroji			
Názov : Bodenteil		Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo		Názov: EDMIC			
Číslo : 717-0698		Výrobné číslo: 500-181-20		Výrobné číslo: 800-320/32-19/19-12			
Hodnota znaku : 4,5 ± 0,5 mm		Rozsah: 0-150 mm		Výrobca: Loire Safe			
Tolerancia : 1 mm				Rok výroby: 2001			
	P.č.	X_{i1}	X_{i2}	X_{i3}	X_{i4}	\bar{X}_i	R_i
	1	4,49	4,49	4,57	4,39	4,485	0,18
	2	4,4	4,38	4,77	4,25	4,45	0,52
	3	4,56	4,42	4,2	4,45	4,4075	0,36
	4	4,05	4,73	4,7	4,31	4,4475	0,68
	5	4,63	4,31	4,5	4,11	4,3875	0,52
	6	4,42	4,37	4,32	4,26	4,3425	0,16
	7	4,32	4,49	4,5	4,13	4,36	0,37
	8	4,53	4,4	4,29	4,37	4,3975	0,24
	9	4,41	4,81	4,43	4,28	4,4825	0,53
	10	4,39	4,72	4,41	4,58	4,525	0,33
	11	4,5	4,38	4,34	4,54	4,44	0,2
	12	4,35	4,24	4,84	4,52	4,4875	0,6
	13	4,46	4,52	4,47	4,46	4,4775	0,06
	14	4,51	4,19	4,68	4,26	4,41	0,49
	15	4,02	4,15	4,62	4,36	4,2875	0,6
	16	4,45	4,28	4,69	4,49	4,4775	0,41
	17	4,68	4,34	4,38	4,55	4,4875	0,34
	18	4,16	4,41	4,55	4,43	4,3875	0,39
	19	4,4	4,4	4,38	4,26	4,36	0,14
	20	4,4	4,59	4,1	4,64	4,4325	0,54
	21	4,31	4,06	4,6	4,59	4,39	0,54
	22	4,48	4,43	4,7	4,22	4,4575	0,48
	23	4,9	4,61	4,17	4,59	4,5675	0,73
	24	4,44	4,21	4,3	4,27	4,305	0,23
	25	4,23	4,39	4,75	4,36	4,4325	0,52
						□ 110,685	□ 10,16
Priemerné rozpätie : $\bar{R} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} 10,16 = 0,40\text{mm}$		Priemer procesu: $\bar{X} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} 110,685 = 4,43\text{mm}$					

Tab. 7 Regulačné diagramy



Šírka triedeného intervalu bola vypočítaná podľa rovnice 19 :

$$d = \frac{4,02 - 4,9}{10} = \frac{0,88}{10} = 0,088 \text{ mm}$$

Začiatok prvého triedeného intervalu bol určený tam, kde je prvý bod informácie x_{\min} :

$$x_{\min} = 4,02 \text{ mm}$$

Bola určená absolútna početnosť n_j - počet hodnôt, ktorý sa nachádza v danom intervale, a relatívne početnosti P_j % pre každý interval podľa rovnice 20 . Výsledky sú uvedené v tabuľke 8.

Z výsledkov bola vykonaná grafická prezentácia vo forme histogramu, kde na os x sa naniesli hodnoty reprezentujúce jednotlivé triedy a na os y boli nanesene zodpovedajúce relatívne početnosti P_j .

Pre výpočet smerodajnej odchyľky bol vypočítaný aritmetický priemer \bar{X} pre každý súbor podľa rovnice 21 z nich bol určený celkový aritmetický priemer :

$$\bar{X} = 4,427 \text{ mm}$$

Pre každý súbor bol vypočítaný rozptyl σ^2 podľa rovnice 22 a bol určený celkový rozptyl :

$$\sigma^2 = 0,2809 \text{ mm}$$

Smerodajná odchyľka σ bola vypočítaná podľa rovnice 23 :

$$\sigma = \sqrt{0,2809} = 0,53 \text{ mm}$$

Hustota pravdepodobnosti normálneho rozdelenia bola pre každý interval vypočítaná podľa rovnice 24, distribučná funkcia bola vypočítaná podľa rovnice 25 a Pearsonovo kritérium bolo stanovené podľa rovníc 26, 27, 28.

Vypočítané hodnoty sú uvedené v tabuľke 8, 9 a 10.

Normalita bola testovaná pearsonovým kritériom χ^2 , bola zástena pravdepodobnosť zhody $P = 26\%$, normalita sa považuje za vhodnú.

4.8.4 Vyhodnotenie spôsobilosti procesu

Odhad skutočnej hodnoty smerodajnej odchyľky bol vypočítaný podľa rovnice 42 :

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,40}{3,735} = 0,087 \text{ mm}$$

Index spôsobilosti procesu C_p bol vypočítaný podľa rovnice 43 :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{5,00 - 4,00}{0,42} = 2,38$$

Korigovaný index spôsobilosti procesu C_{PK} bol vypočítaný podľa rovnice 44 a 45 :

$$C_{PK} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{5,00 - 4,43}{0,21} = \frac{0,57}{0,21} = 2,71$$

$$C_{PK} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{4,43 - 4,00}{0,21} = \frac{0,43}{0,21} = 2,05$$

Bola uprednostnená menšia hodnota z oboch vzorcov : $C_{PK} = 2,05$

Proces sa považuje za spôsobilý, pretože boli splnene požiadavky :

$$C_p = 2,38 > 1,33 \text{ a } C_{PK} = 2,05 > 1,33$$

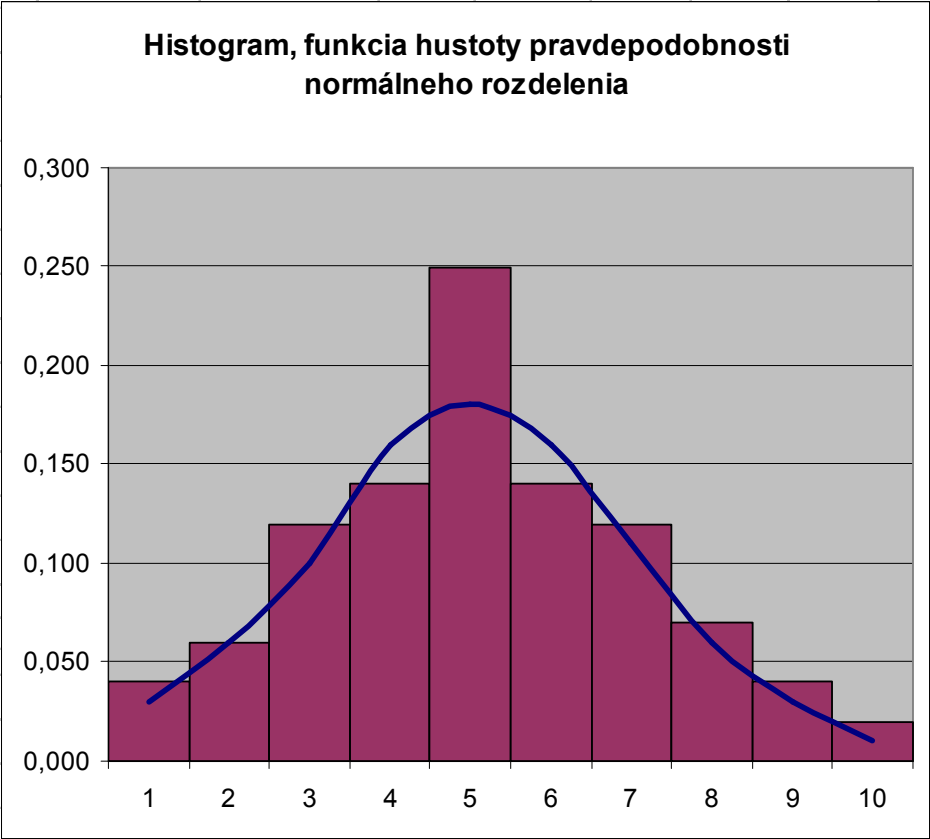
Tab. 8 Vypočítané hodnoty

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	Normálne rozdelenie		List. číslo: 3
	Vypočítané hodnoty		Počet listov : 1
Údaje o výrobku			Údaje o meracom prístroji
Údaje o stroji			
Názov : Bodenteil	Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo	Názov: EDMIC	
Číslo : 717-0698	Výrobné číslo: 500-181-20	Výrobné číslo: 800-320/32-19/19-12	
Hodnota znaku : $4,5 \pm 0,5$ mm	Rozsah: 0-150 mm	Výrobca: Loire Safe	
Tolerancia : 1 mm		Rok výroby: 2001	
Rady rozdelenia početností			
P.č.	Interval, mm	Abs. početnosť n_j	Kumulatívna abs. počet. Σn_j
			Relatívna počet. $P_j = \frac{n_j}{N}$
			Kumul. rel. počet. ΣP_j
1	4,02 - 4,108	4	4
2	4,108 - 4,196	6	10
3	4,196 - 4,284	12	22
4	4,284 - 4,372	14	36
5	4,372 - 4,460	25	61
6	4,460 - 4,548	14	75
7	4,548 - 4,636	12	87
8	4,636 - 4,724	7	94
9	4,724 - 4,812	4	98
10	4,812 - 4,900	2	100
Hustota pravdepodobnosti normálneho rozdelenia			
P.č.	X_{is}	\bar{X}	σ^2
			$f(x)$
1	4,064	0,163	0,073
2	4,152	0,249	0,067
3	4,24	0,509	0,065
4	4,328	0,606	0,037
5	4,416	1,104	0,006
6	4,504	0,631	0,029
7	4,592	0,551	0,057
8	4,68	0,328	0,067
9	4,768	0,191	0,068
10	4,856	0,097	0,061
		$\square 4,427$	$\square 0,53$

Tab. 9 Pearsonovo kritérium

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	Pearsonovo kritérium							List. číslo: 4
								Počet listov : 1
Údaje o výrobku			Údaje o meracom prístroji			Údaje o stroji		
Názov : Bodenteil			Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo			Názov: EDMIC		
Číslo : 717-0698			Výrobné číslo: 500-181-20			Výrobné číslo: 800-320/32-19/19-12		
Hodnota znaku : 4,5 ± 0,5 mm			Rozsah: 0-150 mm			Výrobca: Loire Safe		
Tolerancia : 1 mm						Rok výroby: 2001		
P.č.	Interval	n_j	m_t	m_{Ti}	$F_{(x)}$	F_{tiz}	χ^2	
1	4,02 - 4,108	4	10	9	0,1	0,01	0,11	
2	4,108 - 4,196	6						
3	4,196 - 4,284	12	12	11	0,21	0,1	0,11	
4	4,284 - 4,372	14	14	17	0,38	0,21	0,24	
5	4,372 - 4,460	25	25	16	0,6	0,38	5,06	
6	4,460 - 4,548	14	14	17	0,79	0,6	0,52	
7	4,548 - 4,636	12	12	13	0,89	0,79	0,11	
8	4,636 - 4,724	7	7	7	0,94	0,98	0	
9	4,724 - 4,812	4	6	6	1	0,94	0,2	
10	4,812 - 4,900	2						
							6,35	
Počet stupňov voľnosti:								
$r = k - z - 1 = 8 - 2 - 1 = 5$								
Pravdepodobnosť zhody P (%) podľa kritéria súhlasu χ^2 je P = 25 %, pričom normálne rozdelenie sa považuje za vhodné.								

Tab. 10 Histogram, funkcia hustoty pravdepodobnosti

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	Histogram, funkcia hustoty pravdepodobnosti normálneho rozdelenia		
			List. číslo: 5 Počet listov : 1
Údaje o výrobku	Údaje o meracom prístroji	Údaje o stroji	
Názov : Bodenteil	Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo	Názov: EDMIC	
Číslo : 717-0698	Výrobné číslo: 500-181-20	Výrobné číslo: 800-320/32-19/19-12	
Hodnota znaku : 4,5 ± 0,5 mm	Rozsah: 0-150 mm	Výrobca: Loire Safe	
Tolerancia : 1 mm		Rok výroby: 2001	
			
Počet meraní : N = 100			
Histogram je obrazom normálneho (Gaussovho) rozdelenia.			
Graf hustoty pravdepodobnosti je symetrická zvonovitá krivka, svoj vrchol dosahuje v bode, ktorý sa rovná strednej hodnote $\mu = 4,43mm$			
Proces podlieha normálnemu rozdeleniu.			

5. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV

Štatistické metódy sa využívajú na zlepšovanie kvality výrobných procesov. Ak sú stabilizované dodávateľské vzťahy, môžeme na základe pozorovania šírky pásma, v ktorom sa so stanovenou pravdepodobnosťou vyskytuje namerané hodnoty a tolerančného pásma posudzovať, či dodávatelia spĺňajú požiadavky na daný proces. Ak zavedieme takýto systém hodnotenia dá sa zaručiť kvalita vstupov.

Zavedením štatistických metód do organizácie sa snažíme udržať proces pod štatistickou kontrolou, zvyšovať spokojnosť zákazníka vyrábať efektívnejšie a zabrániť vzniku nezhodných výrobkov.

Vypracované štatistické metódy procesu lisovania výrobku Bodenteil sa môže využiť vo všetkých výrobných sférach organizácie MATADOR Automotive Vráble a.s., ale aj v hociktorej inej výrobných organizácií.

6. ZÁVER

V súčasnosti je nevyhnutná certifikácia systémov kvality v organizáciách podľa noriem STN EN ISO 9000. Je to nevyhnutný postup pri budovaní silnej pozície na trhu, ale aj pri vytváraní jednoduchších, viac výhodnejších dodavatelsko-odberateľských vzťahov. Jednou z hlavných podmienok udelenia certifikátu je aj funkčné riadenie a kontrola procesov pomocou štatistických metód.

Cieľom diplomovej práce bolo pre organizáciu MATADOR Automotive Vráble a.s. vypracovať metodicky postup slúžiaci k posúdeniu spôsobilosti meracích zariadení, spôsobilosti výrobného zariadenia a spôsobilosti procesu podľa noriem STN EN ISO 9000.

Pri určovaní indexov spôsobilosti meradla DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20. Bolo vykonaných 50 meraní normálu, ktorými boli koncové mierky zostavene na rozmer 4,48 mm, čo je hodnota stredu tolerančného pola sledovaného rozmaru. Po spracovaní nameraných hodnôt podľa metodiky bola preukázané, že hodnoty C_{gm} a C_{gmk} vysoko prekračujú minimálne požiadavky : $C_{gm} = 1,76 \geq 1,33$ a $C_{gmk} = 1,41 \geq 1,33$. Meracie zariadenie vyhovuje pre ďalšie meranie, ktorým bolo stanovenie celkového pásma rozptylu S_M . Pri tomto meraní bolo z procesu odobratých 10 vodiacich profilov. Meranie sledovaného rozmeru vykonali traja pracovníci nezávislé od seba, pričom každý pracovník uskutočnil dva rady merania, s rovnakým meracím zariadením a za rovnakých podmienok. Po spracovaní nameraných hodnôt podľa metodiky bolo stanovené percentuálne pásmo rozptylu $S_M \% = 13,75\%$. Keďže je tato hodnota menšia ako 20%, celkove pásmo rozptylu sa považuje za vyhovujúce.

Na určenie indexov spôsobilosti stroja EDMIC 800-320/32-19/19-12, bolo z procesu odobratých 100 po sebe vyrobených profilov Bodenteil. Na každom profile bol odmeraný príslušný rozmer kontrolného znaku kvality a bol zapísaný do tabuľky nameraných hodnôt v podskupinách. Hodnoty boli nanesené a vyhodnotené v karte jednotlivých hodnôt, z ktorej bolo zistene, že priebeh nameraných hodnôt podlieha normálnemu rozloženiu. Bolo preskúmaná normalita Pearsonovým kritériom χ^2 , pričom pravdepodobnosť zhody $P = 20\%$, možno konštatovať, že normálne rozdelenie sa považuje za vhodné a určila sa stabilita nameraných hodnôt. Bola vypočítaná priemerná hodnota $\bar{\bar{X}}$ priemerov v podskupinách a stredná hodnota výberových

smerodajných odchýliek \bar{s} a medze stability. Hodnoty boli nanesené do diagramov na \bar{X} - karte a S - karte. Strednú polohu skúmaného procesu možno považovať za stabilnú, jednotlivé hodnoty \bar{X} neprekračujú hornú medzu stability HMZ a dolnú medzu stability

$$DMZ_x : HMZ_x = 4,74\text{mm} \geq \bar{X}_{\max} = 4,71\text{mm}, \quad DMZ_x = 4,33\text{mm} \leq \bar{X}_{\min} = 4,40\text{mm}.$$

Smerodajnú odchylku považujeme za stabilnú, keď neprekračuje hornú medzu stability HMZ_s : $HMZ_s = 0,128\text{mm} \geq s_{\max} = 0,0805\text{mm}$.

Z testu stability vyplýva, že na proces nepôsobia žiadne rušivé vplyvy a prešlo sa k vyhodnoteniu indexov spôsobilosti stroja EDMIC 800-320/32-19/19-12. Hodnoty C_m a C_{mk} vysoko prekračujú minimálne požiadavky : $C_m = 2,57 \geq 1,66$, $C_{mk} = 2,49 \geq 1,67$, preto spôsobilosť stroja EDMIC 800-320/32-19/19-12 bola preukázaná.

Pre vyhodnotenie spôsobilosti procesu, bola vykonaná štatistická regulácia procesu regulačným diagramom pre priemer (\bar{X}) a diagram pre rozpätie (R). z výstupu procesu ohýbania vodiaceho profilu bolo odobratých 100 profilov v podskupinách. A na každom profile bol odmeraný príslušný rozmer a bolo stanovených 25 podskupín s vypočítanými výberovými charakteristikami, ktoré boli zakreslene do diagramov. Bolo stanovené priemerne rozpätie \bar{R} a priemer procesu \bar{X} , ktoré v regulačných diagramoch tvoria centrálnu priamku (CL) a boli vypočítané horné a dolné regulačné medze a zakreslene v diagramoch. Ako prvý bola analyzovaný R - diagram, z ktorého vyplýva, že proces je v štatisticky zvládnutom stave, všetkých body ležia medzi regulačnými medzami a vyskytujú sa žiadne zoskupenia a trendy. Z \bar{X} - diagramu vyplýva, že proces je v štatisticky zvládnutom stave.

Bola preskúmaná normalita Pearsonovým kritériom χ^2 , pričom pravdepodobnosť zhody $P = 26\%$, možno konštatovať, že normálne rozdelenie sa považuje za vhodné. Z výsledkov možno konštatovať, že meranie z tohto procesu podliehajú normálnemu rozdeleniu a bolo prejdene na vyhodnotenie spôsobilosti procesu indexmi C_p a C_{pk} , ktoré vysoko prekračujú minimálne požiadavky : $C_p = 2,38 > 1,33$ a $C_{pk} = 2,05 > 1,33$, čím možno konštatovať, že pri procese lisovania profilu Bodenteil bolo preukázaná spôsobilosť.

Sprane navrhnuté a vypočítané metodické postupy umožnia vykonávať štatistické riadenie výroby profilu Bodenteil v organizácii Matador Automotive Vráble a.s. a zvýšiť kvalitu produkcie profilov Bodenteil a efektívnosť výroby.

7. POUŽITÁ LITERATÚRA

- ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ, Česká společnost pro jakost, Praha 4/199, 128s,
ISBN 80-02-01291-7
- CHAJDIAK, J. 1995: Štatistika a riadenie kvality. STATIS, Bratislava 1995,
ISBN 80-85659-04-2
- CHAJDIAK, J. 1998: Štatistika a riadenie kvality. STATIS, Bratislava 1998,
ISBN 80-85659-12-3
- HRUBEC, J. Riadenie kvality. Nitra, VES SPU. 2001, 203s. ISBN 80 – 7137 – 849 - 6
- HRUBEC, J. Zvyšovanie kvality a spoľahlivosti výrobkov vo výrobnom procese. Nitra,
SPU, 2001, 130s. ISBN 80 -7137 – 896 – 8
- KOLEKTÍV AUTOROV : Riadenie kvality vo firme I, II. Žilina, MASM, 1995, 509s.
ISBN 80-85348-27-6
- MATEIDES, A. a kol. 2006 : Manažerstvo kvality, Bratislava 2006, ISBN 80-80576-
56-4
- ŠTEFÁNIK, J., VAJDEČKA, J. 2004: Systémy manažerstva kvality v automobilovom
priemysle 4/2004
- LINCZÉNY, A. 1996: Riadenie kvality 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU. 1996,
ISBN 80-227-0886-0.
- STN EN ISO 8258: 1995. Shewartové regulačné diagramy
- STN EN ISO/IEC 17021 : 2007 Posudzovanie zhody. Požiadavky na orgány
vykonávajúce audit a certifikáciu systémov manažerstva.
- STN EN ISO/IEC 17024 : 2004 Posudzovanie zhody. Všeobecné požiadavky na orgány
vykonávajúce certifikáciu osôb.
- STN EN 45010: 2000. Všeobecné požiadavky na posudzovanie a akreditáciu
certifikačných orgánov
- STN EN 45011: 2000. Všeobecné požiadavky na orgány prevádzajúce certifikačné
systémy pre výrobky.
- STN EN ISO 9001 : 2001. Systémy manažerstva kvality. Požiadavky
- STN EN ISO 9001 : 2009. Systémy manažerstva kvality. Požiadavky
- STN EN ISO 9004 : 2010. Systémy manažerstva kvality. Návod na zlepšovanie
výkonnosti

STN ISO/TS 16949 : 2005. Systémy manažérstva kvality. Osobitne požiadavky na používanie normy ISO 9001: 2000 v organizáciách na výrobu automobilov a ich náhradných dielcov.