

## MOŽNOSTI VYUŽITIA REGULAČNÝCH DIAGRAMOV PRI VÝROBE DREVENÝCH PODLAHOVÝCH PANELOV

### POSSIBILITIES OF USING THE CONTROL CHARTS MANUFACTURE OF WOODEN FLOOR PANELS

Miroslava Ťavodová

#### ABSTRAKT

The article focuses on the use of control diagrams (charts) in the wood industry, specifically to assurance the quality of milling beech (*Fagus sylvatica*) dimension timber for the upper layer wooden floor panels. Various types of diagrams, which operate on different statistical characteristics, were selected as a statistical tool for regulating the detection and assessment of stability of the manufacturing process. The use and effectiveness in the application in the production process will be evaluated by comparing the waveforms in the diagrams.

**Key words:** control charts, statistical process control, milling, wooden floor panels.

#### ÚVOD

Drevo je materiál, ktorý má mnoho výborných vlastností pre výrobu podlahovín, preto je vo veľkej miere pre tento účel využívané. Drevené podlahoviny sú prírodným produktom, ktorý vytvára pocit zdravého prostredia. Drevospracujúci priemysel má na Slovensku dlhú tradíciu. Výroba drevených podlahovín, ako produktu, o ktorý je na trhu stále záujem, by mala spĺňať náročné kritéria kladené na tieto výrobky. Proces výroby by mal byť neustále sledovaný a kontrolovaný. Preto je nevyhnutné poznať a vedieť využiť také metódy, nástroje a techniky štatistickej regulácie pre zlepšenie a udržanie kvality výrobkov a procesov, ktoré nám toto sledovanie umožnia a podajú o procese kvantifikovateľný obraz. Štatistická regulácia výrobných procesov predstavuje účinnú aplikáciu štatistických metód vo všetkých fázach plánovania, zabezpečovania a zlepšovania kvality (ŤAVODOVÁ 2008).

Zavádzanie štatistickej regulácie procesov (SPC – Statistical Process Control) pomocou regulačných diagramov a s tým spojené aj zisťovanie spôsobilosti výrobného procesu či zariadenia je v praxi bežné skôr v strojárskom či elektrotechnickom priemysle. Tieto odvetvia sa vyznačujú vysokou presnosťou výroby. Je však nevyhnutné, aby pre dosiahnutie a neustále zvyšovanie kvality procesov a produktov na princípe Demingovho PDCA cyklu (P–plan, D–do, C–check, A–act) bolo vyvíjané úsilie využívať tento nástroj riadenia kvality aj priemysle spracovania dreva (ELDIN, HAMZA 2009).

Pri štatistickej regulácii výrobných procesov sa používajú rôzne typy regulačných diagramov, ktoré sú zostrojované na základe rôznych štatistických charakteristík. Regulačné diagramy pomáhajú pri odhaľovaní neprirodzených javov variability údajov získaných ako výsledok opakujúcich sa procesov a poskytujú kritériá pri odhalení nedostatkov pri štatistickej regulácii (STN ISO 8258:1995).

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

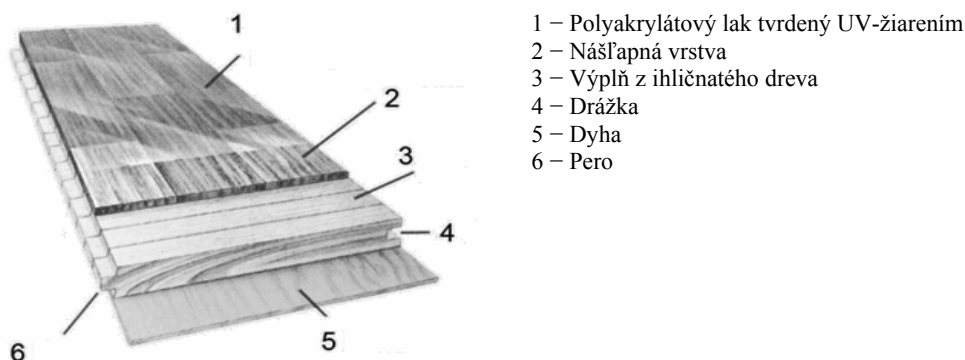
Akýkoľvek proces možno chápať ako súbor vzájomne súvisiacich alebo vzájomne sa ovplyvňujúcich činností, ktoré využívajú zdroje a sú riadené tak, aby umožnili transformáciu vstupov na výstupy. Výstup z jedného procesu je často priamo vstup do ďalšieho procesu. V procese sa vstupy premieňajú na produkt, na ktorom možno definovať charakteristiky a ukazovatele kvality (ŠATANOVÁ 2009).

Proces možno charakterizovať jednou alebo viacerými veličinami, najčastejšie ukazovateľmi kvality alebo technologickými parametrami, ktoré sa súhrnne nazývajú regulované veličiny. Reálny proces neprodukuje (a ani nemôže) dokonale identické položky – výstupy z procesu. Každý proces sa vyznačuje istou variabilitou, ktorá nevyhnutne spôsobuje odlišnosti medzi jednotlivými výstupmi. Variabilitu hodnôt ukazovateľov kvality spôsobujú dva druhy príčin:

- náhodné príčiny variability – *common causes* – sú stálou súčasťou procesu alebo systému a ovplyvňujú všetky zložky procesu;
- vymedziteľné príčiny variability – *assignable causes* – nie sú stálou súčasťou procesu alebo systému alebo neovplyvňujú všetky zložky procesu, ale vznikajú v dôsledku špecifických okolností.

Stabilný proces – v štatisticky zvládnutom stave, je proces alebo systém, ktorý ovplyvňujú len náhodné príčiny. Nestabilný proces – v štatisticky nezvládnutom stave, je proces, ktorého výstupy ovplyvňujú náhodné aj vymedziteľné príčiny. Keď sú vymedziteľné príčiny identifikované a odstránené, proces sa stane stabilným. Štatistická regulácia procesu je súbor nástrojov na udržiavanie stability procesu a zlepšovanie jeho spôsobilosti prostredníctvom redukcie variability (TEREK, HRNČIAROVÁ 2004).

Viacvrstvá parketa – drevený podlahový panel je špeciálna konštrukcia dreveného materiálu, spojeného na krížnu väzbu, ktorá zabezpečuje najlepšie parametre drevených podláh pri dodržaní doporučených podmienok. Skladá sa z troch vrstiev. Vrchnej, nášľapnej vrstvy z rastlého listnatého dreva, ktorá dáva podlahe konečný vzhľad. Nášľapné vrstvy sa vyrábajú v rôznych variantoch uloženia jednotlivých drevených prvkov – lamielok.



**Obr. 1 Drevený podlahový panel.**  
**Fig. 1 Wooden floor panel.**

Na obrázku 1 je drevený podlahový panel s nášľapnou vrstvou zloženou z troch lamielok vedľa seba, ktoré sú na dĺžku nadpájané a vytvárajú tak remeňový vzor. Drevinu, používanú na nášľapnú vrstvu sú zvyčajne buk lesný (*Fagus sylvatica*), dub letný (*Quercus robur*), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior*), prípadne iné, podľa požiadaviek zákazníka. Stredná vrstva, v ktorej sú pre spájanie drevených podlahových panelov do celistvej podlahy vyfrézované pero a drážka, je vyrobená z latiek z mäkkého, ihličnatého dreva, napr. smreka obyčajného (*Picea abies*)

prípadne jedle bielej (*Abies alba*). Spodnú vrstvu tvorí dyha, taktiež najčastejšie vyrábaná z drevín smrek a jedľa. Jej funkcia je pre hotový výrobok veľmi dôležitá, pretože zaisťuje pozdĺžnu aj priečnu stálosť hotového dreveného podlahového panela (TAVODOVÁ 2009).

## METODIKA

Frézovanie združených bukových prírezov pre výrobu nášľapnej vrstvy drevených podlahových panelov bolo uskutočňované na štvorstrannom frézovacom stroji Pa Ke 70. Bolo vykonané meranie hrúbky bukových združených prírezov po štvorstrannom frézovaní, na presnú úpravu združených prírezov. Každý združený prírez sa meral na šiestich miestach pomocou digitálneho posuvného meradla DIGIMATIC MITUTOYO s presnosťou merania 0,01 mm a rozsahom 0–150 mm.

Časový kontrolný interval odberu združených bukových prírezov:  $t = 20$  minút;

Menovitá hrúbka bukového združeného prírezu:  $h = 23,80$  mm;

Dolná tolerančná hodnota:  $LSL = 23,60$  mm;

Horná tolerančná hodnota:  $USL = 24,00$  mm;

Rozsah podskupiny:  $n = 5$  kusov združených prírezov;

Počet podskupín:  $k = 24$ .

Pre sledovanie schopnosti strojného zariadenia dodržať nastavenie a dodržanie kvality opracovania združených bukových prírezov po tejto operácii a boli zvolené regulačné diagramy s rôznymi štatistickými charakteristikami. Regulačné diagramy sú založené na využívaní týchto charakteristík. Medzi základné štatistické charakteristiky, s ktorými diagramy pracujú patria:

- aritmetický priemer  $\bar{x}$  ;
- medián  $Me$ ;
- variačné rozpätie  $R$ ;
- smerodajná odchýlka  $s$ .

Regulačné diagramy sú zostrojované vždy vo dvojiciach a to jeden diagram pre rozptyl a jeden pre priemer. Sú to regulačné diagramy meraním:

- pre priemer a rozptyl ( $\bar{X}$ ,  $R$ );
- pre priemer a smerodajnú odchýlku ( $\bar{X}$ ,  $s$ );
- medián a rozptyl ( $Me$ ,  $R$ ).

Tieto diagramy popisuje norma STN ISO 8258:1995 Shewhartove regulačné diagramy. Sú v nej uvedené vzťahy pre ich zostrojenie ako aj interpretáciu. Regulačný diagram pre maximálnu a minimálnu hodnotu (Min., Max.) nie je v uvedenej norme popísaný. Nie je to dvojica diagramov ale samostatný jeden diagram, v ktorom je zachytený priebeh výrobného procesu.

## VÝSLEDKY

V tab.1 sú vypočítané hodnoty z nameraných hrúbok združených bukových prírezov pre zostrojenie regulačných diagramov.

**Tab.1 Hodnoty pre zostrojenie regulačných diagramov.**

**Tab.1 Values for constructing the control charts.**

Č. podsk.	Priemer $\bar{x}$ hodnôt v podskupine	Priemer rozptylov $R$ podskupiny	Hodnota v podsk.		Smerodaj. odchýlka $s$	Medián $Me$
			Max.	Min.		
1	23,809	0,092	23,83	23,79	0,031	23,81
2	23,797	0,096	23,88	23,75	0,031	23,80
3	23,809	0,096	23,91	23,85	0,044	23,79
4	23,803	0,110	23,90	23,76	0,036	23,79
5	23,827	0,112	23,81	23,70	0,043	23,83
6	23,835	0,086	23,90	23,68	0,058	23,87
7	23,829	0,120	23,98	23,76	0,032	23,81
8	23,844	0,096	23,96	23,74	0,045	23,84
9	23,796	0,094	23,89	23,75	0,026	23,79
10	23,839	0,118	23,93	23,67	0,045	23,85
11	23,832	0,118	23,92	23,73	0,027	23,84
12	23,876	0,100	23,84	23,76	0,033	23,76
13	23,755	0,110	23,88	23,64	0,047	23,76
14	23,815	0,116	23,88	23,73	0,015	23,82
15	23,816	0,118	23,89	23,74	0,024	23,80
16	23,814	0,102	23,89	23,72	0,019	23,80
17	23,812	0,118	23,85	23,60	0,039	23,82
18	23,831	0,112	23,90	23,76	0,042	23,82
19	23,829	0,116	23,91	23,74	0,015	23,83
20	23,821	0,118	23,89	23,67	0,020	23,82
21	23,784	0,098	23,83	23,67	0,024	23,78
22	23,774	0,086	23,87	23,78	0,039	23,78
23	23,820	0,102	23,92	23,74	0,018	23,82
24	23,834	0,096	23,89	23,80	0,008	23,83

Tab.2 uvádza hodnoty centrálnej priamky, hornej a dolnej regulačnej medze regulačných diagramov, použité pri ich konštrukcii.

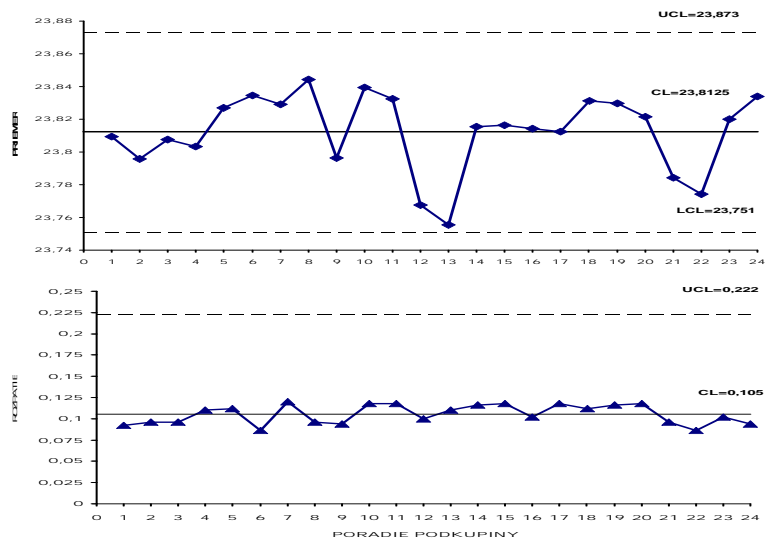
**Tab.2 Hodnoty regulačných medzí a centrálnych priamok reg. Diagramov.**

**Tab.2 Values control lines and central lines of the control charts.**

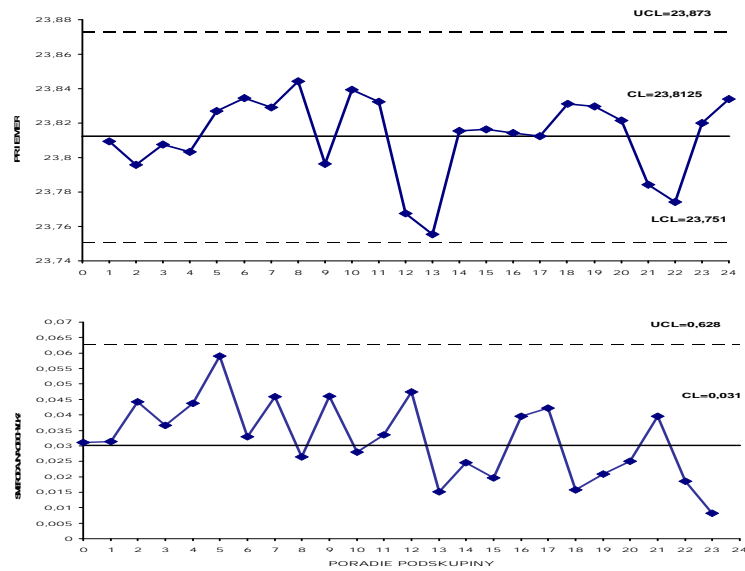
	$\bar{\bar{X}}$ (mm)	R (mm)	s (mm)	Me (mm)	Max. (mm)	Min. (mm)
<b>Horná reg. medza UCL</b>	23,873	0,222	0,628	23,888	23,998	–
<b>Dolná reg. medza LCL</b>	23,750	–	–	23,743	–	23,619
<b>Centrál. priamka CL</b>	23,812	0,105	0,031	23,815	23,899	23,730

Pri rozsahu podskupín  $n < 7$  by regulačné medze pri diagramoch rozptylu a smerodajnej odchýlky boli záporné čísla. V týchto prípadoch neexistuje žiadna dolná regulačná medza, preto sa nepočíta a do diagramov nezakresľuje.

Na obrázkoch 2, 3 a 4 sú zostrojené regulačné diagramy z hodnôt uvedených v tab. 1 a 2.

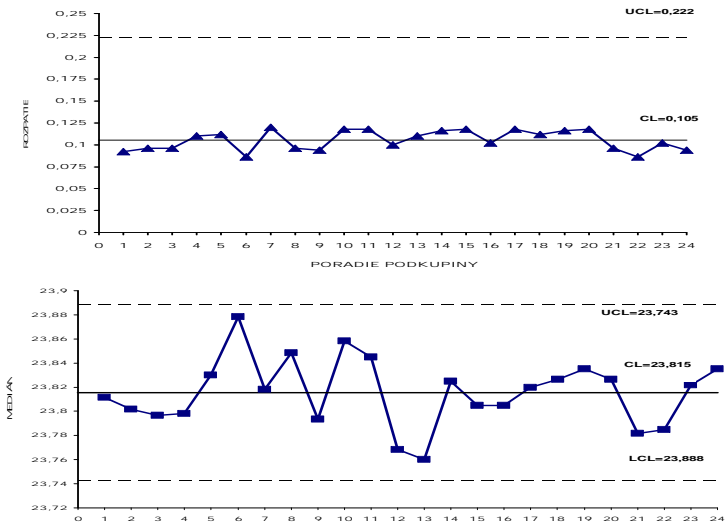


**Obr. 2** Priebeh výrobného procesu v reg. diagramoch ( $\bar{x}$ , R).  
**Fig. 2** Running of productions process in the control charts ( $\bar{x}$ , R).

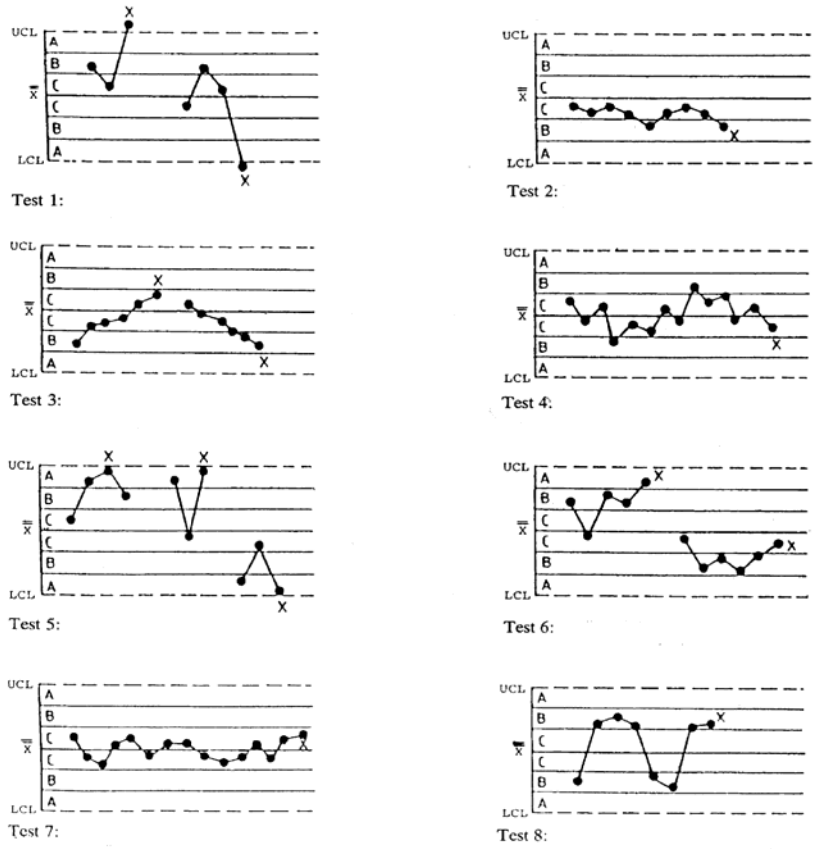


**Obr. 3** Priebeh výrobného procesu v reg. diagramoch ( $\bar{x}$ , s).  
**Fig. 3** Running of productions process in the control charts ( $\bar{x}$ , s).

Pre hodnotenie výrobného procesu pomocou regulačných diagramov je v norme STN ISO 8258:1995 uvedená analýza (testy) a interpretácia zoskupení bodov pre vymedziteľné príčiny variability procesu. Regulačný diagram indikuje možnosť prítomnosti vymedziteľných príčin v procese, keď je bod mimo regulačných hraníc. Je však užitočné sledovať a registrovať aj niektoré typické zoskupenia bodov, z ktorých žiadny neleží mimo týchto hraníc, ktoré však môžu tiež indikovať prítomnosť vymedziteľných príčin.



Obr. 4 Príbeh výrobného procesu v reg. diagramoch (Me, R).  
 Fig. 4 Running of productions process in the control charts (Me, R).



Obr. 5 Testy vymedziteľných príčin (STN ISO 8258:1995).  
 Fig. 5 Tests assignable causes of variability (STN ISO 8258:1995).

Vo všeobecnosti sa definuje niekoľko typických postupností bodov (obr. 5). Názna akéhokoľvek stavu špecifikovaného v týchto testoch je určitou predzvesťou prítomnosti príčin variability, ktoré je nevyhnutné diagnostikovať a odstrániť.

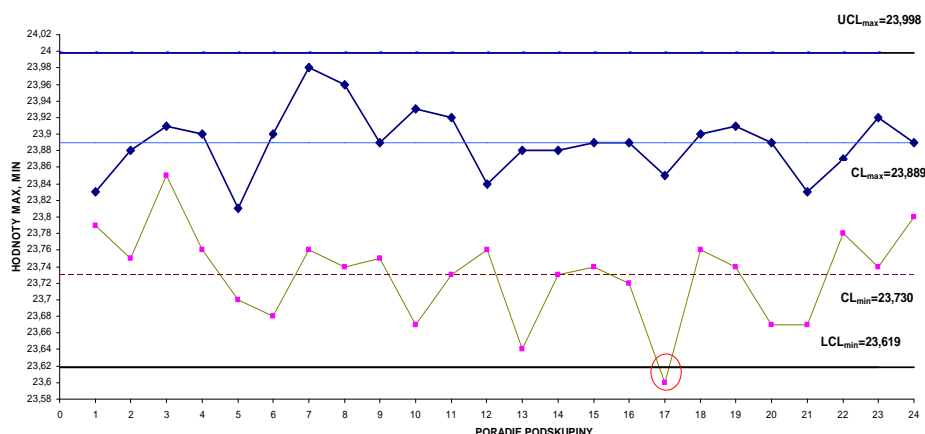
Pre udržanie stability procesu je potrebné pohotovo reagovať na každé „podozrivé“ zoskupenie bodov v regulačnom diagrame. Pokiaľ ostávajú procesy v rámci hraníc regulácie, predpokladá sa, že variabilita vznikla v dôsledku náhodných príčin. Ak však pozorovanie dokáže opak, je nutné dôsledne sa venovať pozorovaniu, aby sme odhalili príčiny odchýlok.

Ako je zrejmé z obrázkov 2, 3 a 4 nie je viditeľný trend alebo také zoskupenie bodov, ktoré by signalizovalo prítomnosť vymedziteľných príčin variability. Pre zisťovanie a hodnotenie stability výrobného procesu boli použité tri druhy dvojíc regulačných diagramov. Každá štatistická charakteristika ukázala, že proces je stabilný, pretože ani jeden bod neprekročil vypočítané regulačné medze UCL a LCL. Takže použitie ktorejkoľvek uvedenej štatistickej charakteristiky v regulačných diagramoch dáva rovnaký záver pri hodnotení stability sledovaného výrobného procesu.

Pre analýzu zostrojených dvojíc regulačných diagramov porovnáme diagramy pre polohu a rozpätie.

Pri podrobnejšom skúmaní priebehu kriviek v regulačných diagramoch pre sledovanie polohy výrobného procesu pomocou štatistických charakteristík  $\bar{X}$  a  $Me$ , môžeme konštatovať podobný priebeh týchto kriviek. Body v diagramoch sú podobne rozptýlené okolo centrálnej priamky. Nie sú pozorované žiadne vplyvy vymedziteľných príčin kolísania výrobného procesu. Nie sú tu náznaky trendov, cyklických javov ani iných zvláštnych zoskupení bodov.

Pri analýze regulačných diagramov pre rozpätie  $R$  a  $s$  je viditeľný rozdielny priebeh kriviek, resp. pozorujeme odlišný rozptyl bodov v zostrojenom diagrame. Zatiaľ čo regulačný diagram pre rozpätie  $R$  vykazuje malý rozptyl bodov okolo centrálnej priamky, body v diagrame pre  $s$  kolíšu okolo centrálnej priamky s väčším rozptylom. Podľa testov zoskupenia pre vymedziteľné príčiny kolísania (obr. 5), môžeme i tu konštatovať, že pri porovnaní nepozorujeme žiadny vplyv pôsobenia vymedziteľných príčin variability sledovaného výrobného procesu.



**Obr. 6** Priebeh výrobného procesu v regulačnom diagrame (Min, Max.).  
**Fig. 6** Running of productions process in the control charts (Min, Max.).

Na obr. 6 je zostrojený diagram (Min, Max) tak isto z hodnôt uvedených v tab. 1 a 2. Na rozdiel od predchádzajúcich regulačných diagramov priebeh krivky zachytávajúcej výrobný proces pozorujeme, že jeden bod, a to bod 17 sa nachádza mimo pásma regulačných hraníc.

## DISKUSIA

V diagrame (Min, Max), obr. 6 pozorujeme jeden bod, ktorý sa nachádza mimo pásma regulačných hraníc, na rozdiel od regulačných diagramov  $(\bar{x}, R)$ ,  $(\bar{x}, s)$  a  $(Me, R)$ , kde z priebehu krivky zachytávajúcej výrobný proces nie sú zjavné žiadne vplyvy vymedziteľných príčin. Podľa posledných troch uvedených dvojíc diagramov by sme mohli konštatovať stabilitu výrobného procesu a teda pôsobenie len náhodných príčin variability.

Norma STN ISO 8258:1995 uvádza tzv. „Riziko zbytočného signálu – chyby prvého druhu“. Tieto chyby nastávajú, ak zostane výrobný proces stabilný – v štatisticky zvládnuteľnom stave, ale zistená hodnota sledovanej charakteristiky sa vyskytne náhodou mimo regulačných medzí. V dôsledku toho sa môže nesprávne vyžadovať odstránenie príčin neexistujúceho problému. A práve tento jav bol pozorovaný v diagrame (Min, Max).

Oveľa vhodnejšie je sledovať celý priebeh výrobného procesu zakresleného v diagrame. Pozorovaním a porovnávaním diagramov s testami vymedziteľných príčin variability procesu a následným zásahom pri podozrení výskytu trendov alebo cyklických javov v regulačnom diagrame môžeme skôr a presnejšie odhaliť ich pôsobenie. Vtedy je použitie regulačných diagramov pre udržanie a zlepšovanie kvality procesu a produktu efektívne (HRUBEC, ŽABÁR 2006).

Ďalším krokom pre zistenie a potvrdenie stability výrobného procesu je zistenie spôsobilosti výrobného procesu pomocou indexov spôsobilosti rôznych generácií. Najčastejšie sa vo výrobnej praxi využívajú indexy spôsobilosti prvej generácie, a to indexy  $c_p$  a  $c_{pk}$  (PEARN, CHEN 1998). Sú súčasťou štatistickej regulácie procesov. Je preto v ďalšom kroku vhodné tieto indexy vypočítať a vyhodnotiť. Tak by sa presnejšie dala určiť stabilita výrobného procesu frézovania bukových združených prírezov.

## ZÁVER

Identifikácia problémov súvisiacich s nekvalitou výrobkov, zisťovanie ich príčin vzniku a nepretržité zlepšovanie je pre udržanie a zlepšovanie kvality procesov a produktov nevyhnutná. Využívanie nástrojov štatistickej regulácie v drevospracujúcom priemysle, medzi ktoré regulačné diagramy patria dovoľuje tento stav dosiahnuť (GEJDOŠ 2006).

Pre zisťovanie stability výrobného procesu existujú kombinácie regulačných diagramov pre sledovanie polohy a rozpätia výrobného procesu.

Experimentom bolo zistené, že aj keď sú pre zostrojenie regulačných diagramov použité rôzne štatistické charakteristiky a majú rôznu výpovednú hodnotu, dávajú podobný obraz o správaní sa výrobného procesu. Podľa regulačných diagramov pre priemer a rozptyl  $(\bar{X}, R)$ , pre priemer a smerodajnú odchýlku  $(\bar{X}, s)$  a pre medián a rozptyl  $(Me, R)$  je výrobný proces stabilný, bez pôsobenia vymedziteľných príčin variability a prítomné sú len náhodné príčiny. Aj podľa diagramu (Min., Max.), ktorý nie je síce klasickým diagramom konštruovaným vo dvojici, môžeme konštatovať, že aj keď sa jeden bod nachádza mimo regulačných hraníc, výrobný proces je stabilný – teda pracuje v štatisticky zvládnuteľnom stave. Norma STN ISO 8258:1995 pracuje s pevnou chybou prvého druhu, ktorá má hodnotu 0,27 % a aplikáciu regulačných diagramov zjednodušuje. Súčasne ide aj o menej presný výpočet regulačných medzí, čo však znamená, že sa do výrobného procesu nevstupuje príliš často. Zbytočné zasahovanie do výrobného procesu nesprávnym interpretovaním, že proces je nestabilný, t.j. v štatisticky nezvládnuteľnom stave vznikajú náklady na snahu nájsť príčiny neexistujúceho problému.

Pre zistenie stability výrobného procesu frézovania bukových združených prírezov sa ešte odporúča vypočítať indexy spôsobilosti  $c_p$  a  $c_{pk}$ .



## LITERATÚRA

- ELDIN S., HAMZA, A. 2009. Monitoring and controlling design process using control charts and process sigma, *Business Process Management Journal*, 2009,15: 358–370. ISSN: 1463-7154
- GEJDOŠ, P. 2006. Zlepšovanie procesov prostredníctvom štatistického riadenia kvality. In. *Ekonomika a manažment podniku*, 2/2006, s. 30–44, ISSN 1336-4103.
- HRUBEC, J., ŽABÁR, P. 2006. Spôsobilosť procesu brúsenia teliesok valivých ložísk. In. *Kvalita a spoľahlivosť technických systémov*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2006. 25–30 s. ISBN 80-8069-707-8.
- PEARN W. L., CHEN, K. S. 1998. New generalization of process capability index  $C_{pk}$ , *Journal of Applied Statistics, Routledge, part of the Taylor & Francis Group*, 1998,25(6): 801–810.
- ŠATANOVÁ, A. a kol. 2009. *Manažérstvo kvality*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009, s. 353. ISBN 978-80-228-1928-2.
- TEREK, M., HRNČIAROVÁ, Ľ. 2004. *Štatistické riadenie kvality*. Bratislava: IURA EDITION 2004, 234 s. ISBN 80-89047-97-1.
- ĎAVODOVÁ, M. 2009. *Stabilita procesu výroby podlahovín ako podklad pre riadenie technologického procesu*. Doktorská dizertačná práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 103 s.
- ĎAVODOVÁ, M. 2008. Spôsobilosť procesu frézovania združených prírezov. In. *Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2008*. Z: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. 243–248 s. ISBN 978-80-228-1913-8.
- STN ISO 7870:2000 Regulačné diagramy. Všeobecná príručka.
- STN ISO 8258:1995 Shewhartove regulačné diagramy.

### Adresa autora

Ing. Miroslava Ďavodová, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Fakulta environmentálnej a výrobnjej techniky  
Katedra výrobných technológií a materiálov  
ul. Študentská 26  
960 53 Zvolen  
e-mail: tavodova@vsld.tuzvo.sk