
STABILITY ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MECHANICAL WOOD PROCESSING USING CONTROL CHARTS

Damjan Stanojević

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Serbia,
damjan.stanojevic@akademijanis.edu.rs

Milos Kocić

The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Serbia, milos.kocic@akademijanis.edu.rs

Abstract: This paper presents a quality control tool, that is, a quality control method, which in this case concerns the mechanical processing of wood, but in general, it can be implemented in any form of production (mechanical engineering, traffic, food technology...). The goal of the research is to show the way of applying the control chart method, that is, to determine the stability of the technological process of mechanical wood processing in order to be able to define appropriate corrective measures in order to improve that part of the production process. The control chart that was created in this paper is a graph consisting of a horizontal (abscissa) and a vertical axis (ordinate). The order of observations is plotted on the abscissa, and the corresponding values on the ordinate. Apart from the precise creation of control charts, their correct interpretation is also of great importance. It is easiest to interpret control charts where the process is "outside statistical control", that is, the process where the values of individual measurements are outside the control limits. This means that some special cause of variation is present in the process and an adjustment needs to be made. However, placing all points within the control limits, that is, obtaining a control map on which the process is "within statistical control", does not necessarily mean that such a process is acceptable by statisticians. On the basis of the results, that is, on the basis of the graph that has the shape of a broken line, we observe whether the control limits have been exceeded, and we draw certain conclusions about the stability of the process. If the graph is between the control limits, we can conclude that our process is stable and under control, that is, that our quality variation is within normal limits. If there are any jumps, ie. if some value in some observation is out of bounds (above the upper control limit or below the lower control limit), then we conclude that our process is not stable, not under control and that our quality variation is not within normal limits. In that case, certain corrective measures were proposed, which should improve the technological process of mechanical wood processing and bring it under control.

Control charts, as an engineering-mathematical tool, are a very suitable tool for achieving the goals of statistical control. Optimal application of control charts ensures constant monitoring of the process, direction towards the desired flow and undertaking of possible corrective measures. Also, their application ensures the fulfillment of the designed or required quality characteristics, that is, the fulfillment of the requirements of a certain standard. With their simplicity of application and reliability, they provide users with convenience in work and relevant process indicators, and provide process controllers with valid data about the process flow. As such, they represent a tool that keeps the entire process within the given limits.

Keywords: Mechanical processing of wood, quality control, control chart

АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА МЕХАНИЧКЕ ПРЕРАДЕ ДРВЕТА ПОМОЋУ КОНТРОЛНЕ КАРТЕ

Дамјан Станојевић

Академија техничко-васпитачких струковних студија Ниш, Србија
damjan.stanojevic@akademijanis.edu.rs

Милош Коцић

Академија техничко-васпитачких струковних студија Ниш, Србија milos.kocic@akademijanis.edu.rs

Резиме: У овом раду је приказан један алат контроле квалитета односно метода контроле квалитета која се у овом случају тиче механичке прераде дрвета, али генерално, може се имплементирати у сваком облику производње (машинство, саобраћај, прехранбена технологија...). Циљ истраживања је приказати начин примене методе контролне карте односно утврдити стабилност технолошког процеса механичке прераде дрвета како бисмо били у стању да дефинишемо одговарајуће корективне мере у циљу побољшања тог дела производног процеса. Контролна карта која је рађена у овом раду представља један графикон који се састоји од хоризонталне (апсцисе) и вертикалне осе (ординате). На апсциси је нанешен редослед посматрања, а на

ординату одговарајуће вредности. Осим прецизне израде контролних карата, од велике је важности и њихово правилно тумачење. Најједноставније је тумачити контролне карте код којих се процес налази «изван статистичке контроле», односно онај процес код којег се вредности појединих мерења налазе изван контролних граница. То значи да је у процесу присутан неки од посебних узрока варијације и да треба обавити прилагођење. Међутим, смештај свих тачака унутар контролних граница, односно добијање контролне карте на којој је процес «унутар статистичке контроле», не мора значити да је такав процес прихватљив од стране статистичара. На основу резултата, односно на основу графика који има облик изломљене линије, посматрамо да ли су пређене контролне границе, доносимо одређене закључке о стабилности процеса. Уколико је график између контролних граница можемо да закључимо да нам је процес стабилан и под контролом, односно, да нам је варирање квалитета у границама нормале. Уколико има неких искакања, тј. уколико нам нека вредност у неком посматрању излази ван граничних оквира (изнад горње контролне границе или испод доње контролне границе), онда закључујемо да нам процес није стабилан, није под контролом и да нам варирање квалитета није у границама нормале. У том случају су предложене одређене корективне мере, које би требало да дати технолошки процес механичке прераде дрвета побољшају и доведу у стање контроле.

Контролне карте, као инжењерско-математичко средство, представљају веома погодан алат за остварење циљева статистичке контроле. Оптималном применом контролних карата обезбеђује се константно праћење процеса, усмеравање ка жељеном току и предузимање евентуалних корективних мера. Такође, њиховом применом осигурава се испуњење пројектованих или захтеваних карактеристика квалитета, односно испуњење захтева одређеног стандарда. Својом једноставношћу примене и поузданошћу обезбеђују корисницима погодност у раду и релевантне показатеље процеса, а контролорима процеса дају валидне податке о току процеса. Као такве, представљају алат којим се читав процес држи у задатим границама.

Кључне речи: Механичка прерада дрвета, контрола квалитета, контролна карта

1. УВОД

Контрола квалитета, као специфична област у производним системима и системима одржавања, у свету се одавно наметнула као нужан и незаобилазан алат у свим процесима рада. Стога, све озбиљне институције имају посебне секторе контроле квалитета, задужене за прописивање, спровођење и контролу активности и резултата, а све ради достизања, одржавања и унапређења стандарда квалитета. У производним погонима квалитет се дефинише као степен подударности са захтевима датим у техничкој документацији или неком општем стандарду.

Контролне карте су алат инжењерства квалитета који припада групи В7, и који се користи самостално или у оквиру напредне технике инжењерства квалитета – статистичко управљање процесом (Statistical Process Control – SPC) и представљају основни алат за мерење и контролу варијација процеса и за проналажење појава неуобичајених варијација. Контролне карте за нумеричке податке се краће називају нумеричким контролним картама или варијабилним контролним картама.

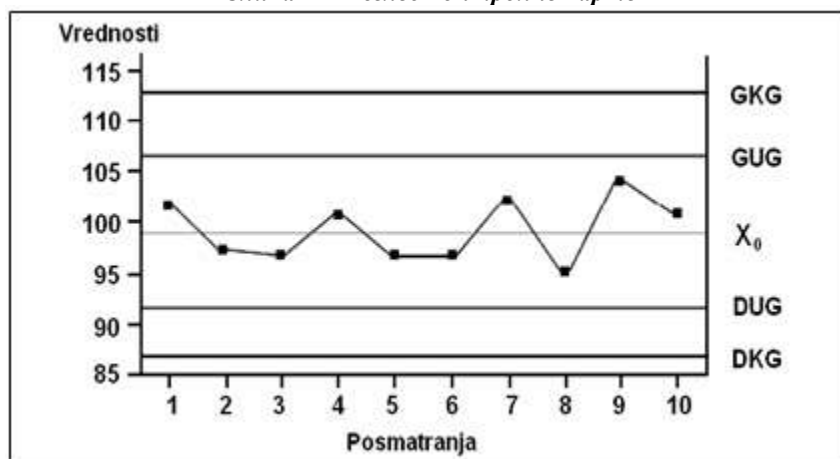
У процесу производње појављује се велики број фактора који утичу на квалитет производа. Да би се ти фактори открили и на њих благовремено утицало, потребно је да се процес стално прати. Сваком процесу иманентни су недостаци који узрокују поправке, дораде, губитке, додатно време израде и повећане трошкове. Усредсређивањем на те недостатке и концентрисањем напора за њихово смањење, смањиће се и време израде и трошкови процесирања (Рајковић, 2012). Трошкови се могу смањити смањењем расипања.

Контролна карта је у првом реду „слика“ процеса. Контролна карта показује како се мерни подаци (значајни процеси, производи и сл.) крећу у времену и што треба подузмати у циљу побољшавања квалитета. Основни су инструмент помоћу којег се проводи статистичка контрола производа или производног процеса. Основна улога контролних карата је у откривању и визуализацији поремећаја квалитета производа. Контролна карта представља врло ефикасан алат за регулисање и управљање квалитетом производа и процеса рада. Користи се како у производним, тако и у услужним делатностима.

2. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Што се методологије тиче, рађена је нумеричка контролна карта, тачније X - R контролна карта, која се дефинише аритметичком средином као мером централне тенденције и распоном као мером варијације измерених резултата. На слици 1 приказан је модел једне контролне карте са свим елементима.

Слика 1 – Изглед контролне карте



Уколико су у низу узетих узорака средње вредности x између граница ДКГ и ГКГ, процес производње је стабилан; уколико x пређе испод ДКГ или изнад ГКГ, онда је процес изашао ван контролисаног стања и захтева регулисање. Тада се обично контролишу сви производи од претходне задовољавајуће провере.

Како би се спречило одступање производа од задатих граница, веома често се дефинишу и доње и горње упозоравајуће границе (ДУГ и ГУГ), које представљају вредности које сигнализирају да процес има тенденцију нестабилности, односно да је потребно пратити резултате наредних мерења са повећаном пажњом.

Поред тога, контролне карте пружају објективну информацију о стању квалитета руководећем особљу.

Оне имају и психолошко дејство, јер радник, подешавач, контролор, непосредни руководиоцац и технолози добијају визуелну представу о ваљаности и способности процеса, па доживљавају личну сатисфакцију за успешно обављене послове или осећају потребу да предузму или покрену корективну активност за отклањање узрока лошег квалитета.

За мерна својства користе се X карта (\bar{X} chart) и R карта (R chart). Те две врсте контролних карата називају се још и Shewhartove контролне карте. Њихова конструкција темељи се на просецима и распонима узорака. Потребно је скупити већи број узорака (најмање 50 – 100), које треба поделити у подгрупе, из којих се израчунавају просеци (\bar{X}) и распони (P). Тек тада се приступа израчунавању централне линије и контролних граница. Централна линија може бити просек прошлих података или жељени просек (тј. нормализована вредност). Контролне се границе обично постављају на три стандардна одступања ($\pm 3\sigma$) за просеке и распоне узорака, али се могу одабрати и друге вредности контролних граница (нпр. помоћне контролне линије на $\pm 1\sigma$ и $\pm 2\sigma$).

Основне формуле за израчунавање контролних граница базирају се на $\pm 3\sigma$ и користе централну линију, која је једнака просеку података који се користе за израчунавање контролних граница.

Контролне се границе врло лако израчунавају помоћу статистичких програма (SPSS, Statistica, SAS и други), који омогућавају и израду контролних карата, а постоје и надоградње које у Microsoft Excelu омогућавају израду контролних карата. Такође, постоје скраћене формуле за израчунавање контролних граница X и R карата. Поступак израде R карата састоји се од израчунавања појединачних распона за сваки узорак. Распоне чине разлике између највећих и најмањих размера у узорку. Из тако добијених распона израчунава се просечни распон R . Израда X карата темељи се на израчунавању великога просека (\bar{X}), који представља просек просека свих узорака. На крају, израчунавају се контролне границе X и R карата, на основу којих се израђују контролне карте.

Контролна карта је графички приказ карактеристике квалитета која се мери у зависности од величине узорка или времена. Карта садржи централну линију (CL) која представља просечну вредност карактеристике квалитета када је процес у стању контроле (присутни су само случајни узроци), као и две хоризонталне линије: горњу контролну границу (GKG) и доњу контролну границу (DKG).

3. РЕЗУЛТАТИ

У току технолошког процеса производње паркета од буковог дрвета контролише се квалитет букових призми при чему је у 10 посматрања регистровано стање приказано на слици 2

Слика 2 – Пропорција лоших у 10 посматрања

Br. posmatranja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pregledana količina n	200	200	200	400	400	400	400	400	200	200
Broj loših m	8	5	8	9	10	6	11	10	5	5
Proporcija loših p	0,040	0,025	0,040	0,022	0,025	0,015	0,027	0,025	0,025	0,025

Прорачун:

1. Прорачун централне линије

$$\bar{p} = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{8 + 5 + \dots + 5}{200 + 200 + \dots + 200} = 0,0256$$

2. Прорачун контролних граница процеса

$${}^G_D KG = \bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

за $n = 200$

$${}^G_D KG = 0,0256 \pm 3 \sqrt{\frac{0,0256(1-0,256)}{200}} = 0,0256 \pm 0,0335$$

$$GKG = 0,059; \quad DGK = 0$$

за $n = 400$

$${}^G_D KG = 0,0256 \pm 3 \sqrt{\frac{0,0256(1-0,256)}{400}} = 0,0256 \pm 0,0236$$

$$GKG = 0,049; \quad DGK = 0,002$$

Прорачун контролних граница из задатог стандарда.

Познато је $100 p_0 = 2\%$, па је $p_0 = 0,02$.

$${}^G_D KG_{(ST)} = p_0 \pm 3 \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}$$

За дате податке израчунате су вредности контролних граница.

за $n = 200$

$$GKG_{(ST)} = 0,0497; \quad DKG_{(ST)} = 0.$$

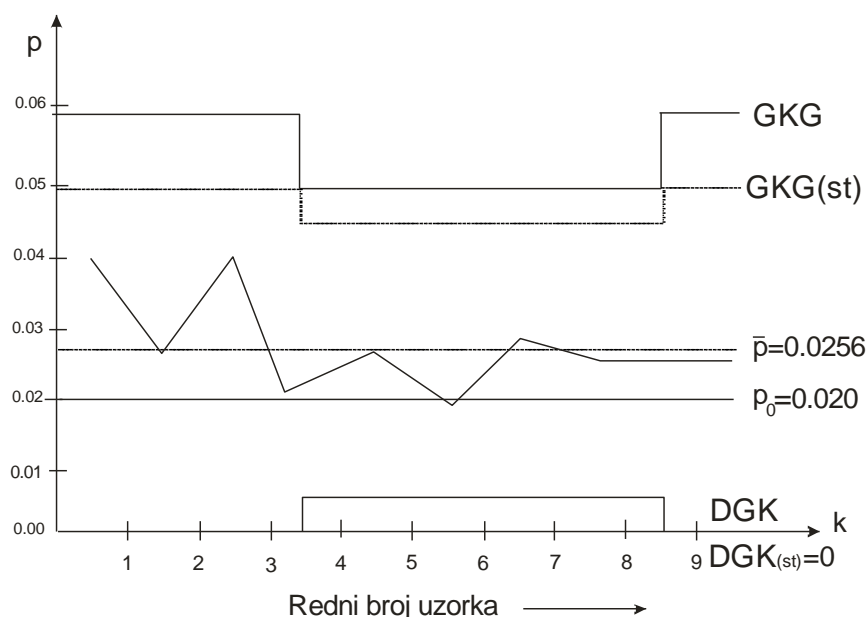
за $n = 400$

$$GKG_{(ST)} = 0,041; \quad DKG_{(ST)} = 0.$$

4. Графички приказ

Графички приказ овог процеса дат је на слици 3

Слика 3 – P контролна карта



4. ЗАКЉУЧЦИ

Најзначајнију примену контролне карте могу наћи у производним процесима, али и у осталим повезаним функцијама, попут одржавања, снабдевања, транспорта, итд. Прилагођавањем конкретним проблемима, статистичка контрола квалитета и контролне карте могу имати значајно место у војној индустрији. Тако, на пример, процеси производње пешадијског наоружања, артиљеријских оруђа умногоме могу бити зависни од калибра цеви или масе пројектила, а у ваздухопловству елементи крила авиона или хидро-компоненти стајног трапа захтевају строгу контролу квалитета. Стога, статистичка контрола квалитета треба да има прворазредни значај у успостављању или достизању стандарда, а све ради сталног унапређења стања и обезбеђења позиција на тржиштима.

На основу извршеног прорачуна и графичког приказа за овај процес производње, може се констатовати следеће:

- Да је под контролом и да је стабилан. У просеку можемо очекивати 2,56 % лоших производа, а тај проценат варира у границама од 0 - 5,9 %.
- У односу на постављен захтев процес производње је ексцентричан на више у смислу погоршања квалитета.
- У просеку се дозвољава 2 % лоших, а остварује се 2,56 %.
- Остварено расипање резултата је у ширим границама од прописаних.

На основу изложеног, овај процес не задовољава постављени захтев и да би се стање побољшало потребно је извршити радикалне промене спровођењем програма који би довео до побољшања квалитета.

РЕФЕРЕНЦЕ

- Калајџић, М. (1998). *Технологија обраде резањем* – приручник, Машински Факултет Београд
- Поповић, Б., & Камберовић, Б. (1987). *Управљање квалитетом*, Научна књига, Београд
- Славковић, Р. (2014). *Програмско управљање машина алаткама*, Чачак
- Станојевић, Д. (2009). *Управљање квалитетом-скрипта*, ВШПСС, Врање
- Станојевић, Д., Стефановић, С., & Станисављевић, Б. (2013). Стање развоја и модели TQM-а, XXXVI Конференција мајски скуп одржавалаца Србије – Мерење индикатора перформанси одржавања техничких система у компанијама, Врњачка Бања
- Kondić, Ž., Maglić, L., Pavlečić, D., & Samardžić, I. (2018). Kvaliteta 1, Varaždin
- Mićić, T., Bogdanović, G., & Stanojević, D. (2017). Morpho-Anatomical Differentiation of the Leaf of Species *Quercus Coccifera* L. from the Location of Republic of Serbia and Two Different Location from Republic of Macedonia, XV-th Jubilee International Scientific Conference, Bansko, Bulgaria, December 15-17

- Stanojevic, D. (2021). ANALYSES OF THE PROCESSING MODE ON THE CUTTING FORCE WHEN CUTTING BEECH WOOD, Proceedings, 5th international scientific conference WOOD TECHNOLOGY & PRODUCT DESIGN, Ohrid, Republic of North Macedonia, pp 244-250
- Stanojevic, D. (2020). POSTUPAK SPROVOĐENJA PARETO METODE U DRVNOJ INDUSTRIJI, Zbornik radova ATVSS Niš, pp.112-115
- Stanojevic, D., Mandic, M., Danon, G., & Svrzic, S. (2017). Prediction of the Surface Roughness of Wood in Machining Process, Journal of Forestry Research, DOI 10.1007/s11676-017-0401-z, , Volume 28, Issue 6, pp 1281–1283
- Svrzic, S., Djurkovic M., Danon, G., & Stanojevic, D. (2021). „On Acoustic Emission Analysis in Circular Saw Cutting Beech Wood in Respect to Power Consumption and Surface Roughness”, BioResources 16(4), 8239-8257